



Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau
der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

Chancen der Wertschöpfung, Probleme der Wertschätzung im Grünland

Beiträge zum Sonderband des AGGF Online-
Workshop am 27. August 2020



Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau

Vorläufige Version. ISBN wird noch ergänzt

Impressum

Herausgeber:

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

Redaktion

Hannah Bergmann (bergmann.hannahlouisa@fh-swf.de)

Harald Laser (laser.garald@fh-swf.de)

FH Südwestfalen Soest, Lübecker Ring 2, 59494 Soest

Die Beiträge unterliegen der alleinigen wissenschaftlichen Verantwortung des jeweiligen Autors.

Für die Ergebnisdarstellung mit Schlussfolgerungen, Konzepten und fachlichen Empfehlungen sowie die Beachtung etwaiger Autorenrechte sind ausschließlich die Verfasser zuständig. Daher können mögliche Fragen, Beanstandungen oder Rechtsansprüche u. ä. nur von den Verfassern bearbeitet werden.

Inhaltsverzeichnis

Vorträge

Grünland unter dem Einfluss erhöhter CO ₂ Konzentration – Ergebnisse aus den langjährigen Gießener FACE-Experimenten	1
Flächenproduktivität im mehrjährigen Vergleich – Entwicklung einzelbetrieblicher Modelle. 5	
Grüne Aussichten: mehr Weidegang für Milchkühe durch virtuelle Zäune?	9
Verbesserung von Nährstoffeffizienz und Energieverbrauch in Grünlandbetrieben benachteiligter Regionen Süddeutschlands	13
Beträchtliches Biodiversitätspotential auf Roughflächen von Golfplätzen	17
Leichte Kontamination eines Pflanzenbestandes mit Colchizin durch Herbstzeitlose-haltige Mulchschicht	21
Modell- und Demonstrationsnetzwerk kleinkörnige Leguminosen – Demonet-KleeLuzPlus 25	
Einsatz von Spitzwegerich in Saatmischungen für Wechselgrünland: Ertragseffekte, Potential von Ökotypen, Wirkung wertvoller Inhaltsstoffe und offene Fragen.....	29
Morphologische Plastizität von Weißklee in Reinbeständen und Mischungen im Jahresverlauf	37
Einfluss von kombinierter organisch-mineralischer Düngung im Wechselgrünland auf die $\delta^{15}\text{N}$ Werte im Oberboden nach kurzer Etablierungszeit	42
Unterscheiden sich Fütterungsregime von Rindern verschiedener Haltungskategorien? Eine Untersuchung von Rindfleisch mit Hilfe stabiler Isotope.....	47
Förderung von blütenbesuchenden Insekten durch angepasste Nutzungstermine im Kleegrasanbau	51
Kurzrasenweide: Gewichtsveränderungen aufgrund von Pansenfüllung.....	56
Test von Rotkleesorten unter Weidenutzung 2015 - 2019.....	60

Grünland unter dem Einfluss erhöhter CO₂ Konzentration – Ergebnisse aus den langjährigen Gießener FACE-Experimenten

R. Seibert

Institut für Pflanzenökologie, Justus-Liebig-Universität Giessen, Heinrich-Buff-Ring 26,
35392 Giessen; Ruben.Seibert@bot2.bio.uni-giessen.de

Einleitung

Steigende Emissionen von Treibhausgasen wie Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) führen zu Klimaveränderungen und Extremwetterereignissen. Steigende CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre, höhere Lufttemperaturen und variierende Niederschlagsereignisse verändern die Wachstumsbedingungen für Pflanzen und beeinflussen dadurch deren Ertragsbildung, Futterqualität und Nahrungssicherheit (Andresen *et al.*, 2018; Augustine *et al.*, 2018). Auch wird angenommen, dass im Grünlandökosystem unter erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentrationen der Kohlenstoffkreislauf und der daran gekoppelte Stickstoffkreislauf beeinflusst werden und sich damit auch die Treibhausgasflüsse und -bilanz verändern.

Zur Untersuchung von sich verändernden klimatischen Bedingungen, vor allem in landwirtschaftlichen Systemen, werden CO₂-Anreicherungsanlagen verwendet. Mit Hilfe dieser sogenannten FACE-Systemen (**F**ree-**A**ir **C**O₂ **E**nrichment), lassen sich unter realistischen Freilandbedingungen der Einfluss von erhöhtem CO₂ in der Atmosphäre auf Pflanzen untersuchen (Hendrey & Kimball, 1994).

Das Institut für Pflanzenökologie der Justus-Liebig-Universität Giessen, untersucht seit über 20 Jahren mit Hilfe eines FACE-Systems die Auswirkungen von erhöhtem atmosphärischen CO₂ auf extensiv bewirtschaftetes Grünland. Damit gehört dieser FACE-Freilandversuch zu einem der am längsten laufenden Versuche weltweit.

Material und Methoden

Das sogenannte Giessen FACE (GiFACE) startete im Mai 1998 mit 6 randomisierten FACE-Ring-Systemen in einem artenreichen, extensiv bewirtschafteten Grünland. Drei Ringe werden dabei mit 20 % mehr CO₂ als in der aktuellen Atmosphäre angereichert und drei Ringe dienen als Kontrolle ohne zusätzliche CO₂-Anreicherung. Die CO₂-Anreicherung erfolgt ganzjährig während der Tageslichtstunden und wird in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit und Windrichtung geregelt. Jeder Ring hat einen Durchmesser von 8 m und eine innere Monitoringfläche von 9 m². Bei dem untersuchten Grünland handelt es sich um ein wechselfeuchter Glatthaferbestand, welcher einmal im Jahr mit 40 kg N ha⁻¹ + 600 kg ha⁻¹ Thomaskali (P, K, Mg, Ca) gedüngt wird (Jäger *et al.*, 2003) Jeweils zweimal im Jahr (Mitte/Ende Mai und Ende August/Anfang September) werden die Flächen geerntet. Das Mahdgut wird danach in die drei funktionellen Hauptgruppen Gräser, Kräuter und Leguminosen aufgetrennt, getrocknet und für weitere Untersuchungen (z.B. Ertragsbildung, C/N-Analyse, Futterqualitätsanalyse) aufbereitet.

Des Weiteren werden die Treibhausgasflüsse des Grünlandökosystems untersucht. Dazu wird gemessen, wieviel CO₂, N₂O und CH₄ aus dem Ökosystem in die Atmosphäre strömt bzw. vom Ökosystem aus der Atmosphäre aufgenommen wird.

Ergebnisse und Diskussion

Seit Beginn der CO₂-Behandlung im Jahr 1998 war der Ertrag der oberirdischen Biomasse höher unter erhöhtem CO₂ (eCO₂), mit Ausnahme der Jahre 1999 und 2003 – 2005 (Abb. 1). Der CO₂-Düngungseffekt auf die oberirdische Biomasseproduktion ist unter ausgewogener Temperatur und Bodenfeuchte am höchsten und erreicht eine Ertragszunahme von +16 % für den Zeitraum 2007 – 2014 (Andresen *et al.*, 2018). Unter sehr trockenen und heißen, aber auch sehr feuchten Vegetationsbedingungen, wird der unter eCO₂ steigende Pflanzenwachstum verringert (Obermeier *et al.*, 2017; Yuan *et al.*, 2018). In den meisten Jahren des Untersuchungszeitraums, war die gestiegene Wassernutzungseffizienz der Pflanzen unter eCO₂ verantwortlich für einen leichten Anstieg der Bodenfeuchte und eine Verringerung der Bodentemperatur.

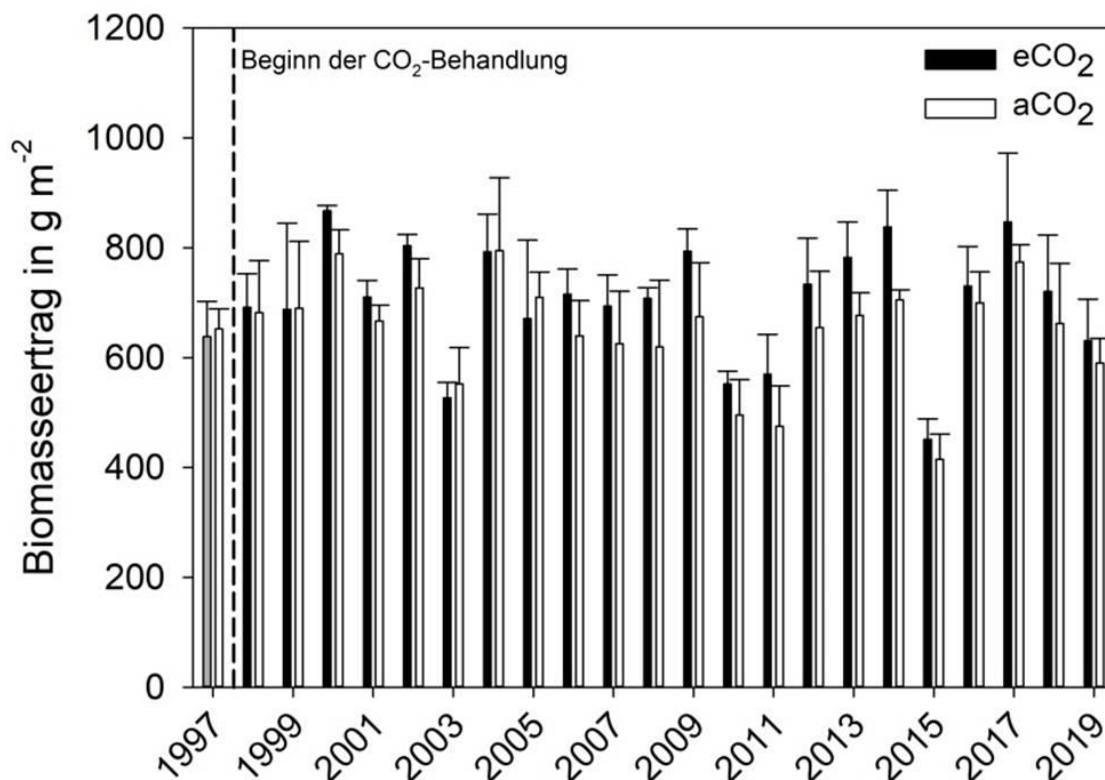


Abb. 1: Gesamterträge der oberirdischen Biomasse in g m⁻²; eCO₂ = erhöhte CO₂-Konzentration, aCO₂ = aktuelle CO₂-Konzentration.

Untersuchungen der Futterqualität der Biomasse zeigten eine Abnahme des Rohproteingehalts (Abb. 2a-d) und eine Zunahme des Rohfasergehalts (nicht gezeigt) in den meisten Jahren des Zeitraums 2006 – 2015 unter eCO₂. Allerdings zeigten nur die Kräuter einen signifikanten CO₂-Effekt für die zweite Ernte im Jahr bei den Rohproteinen (Abb. 2d) und den Rohfasern (nicht gezeigt).

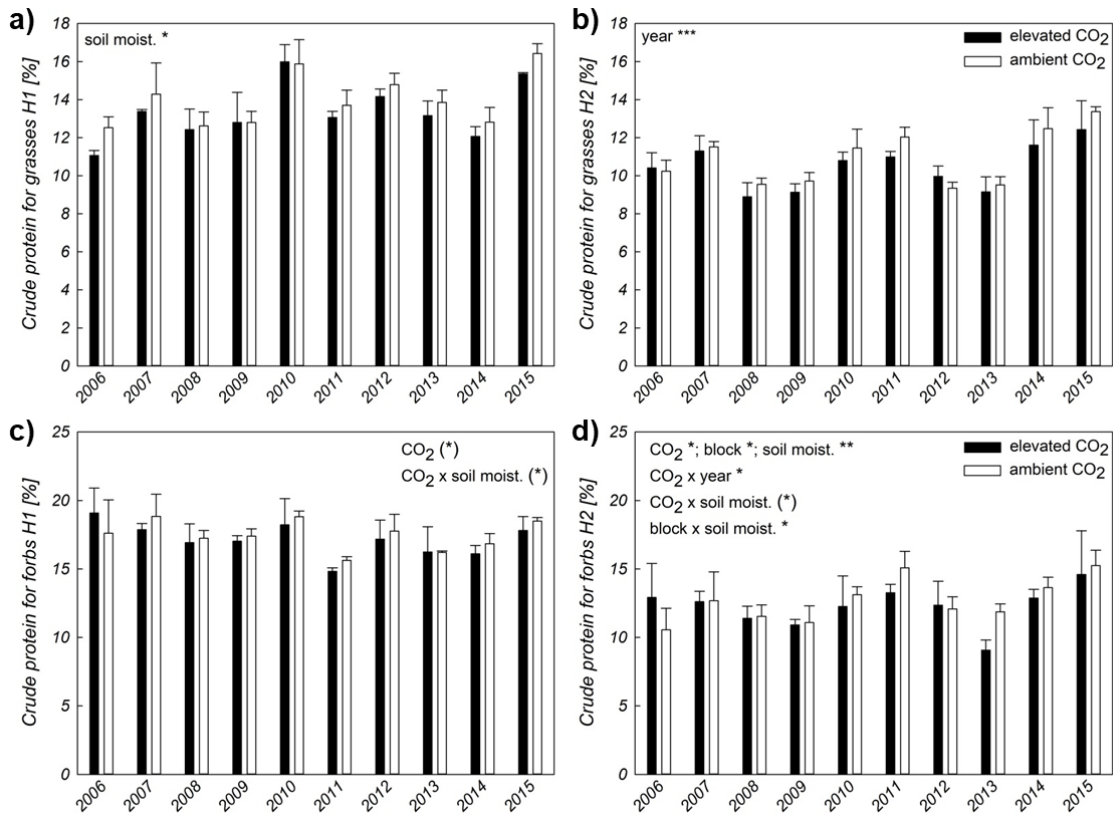


Abb. 2: Rohproteingehalt in % für Gräser a) erste jährliche Ernte (H1), b) zweite jährliche Ernte (H2) und Kräuter c) erste jährliche Ernte (H1), d) zweite jährliche Ernte (H2). Auswertungen eines linearen Mischmodells zeigen die Ergebnisse für Behandlung (CO₂), Ringpaare (block), Zeit (year) und Bodenfeuchte (soil moist.). Signifikanzen werden angezeigt als: signifikant $p \leq 0.05$ [*], sehr signifikant $p \leq 0.01$ [**], hochsignifikant $p \leq 0.001$ [***] und tendenzielle Signifikanz $p \leq 0.1$ [(*)]. (Abbildung aus Seibert *et al.*, unveröffentlicht).

Die meisten Nährstoffe zeigten einen signifikanten negativen CO₂-Effekt für die drei funktionellen Hauptgruppen. Ausnahmen bildeten Phosphor bei den Leguminosen und Mangan bei den Kräutern, jeweils zur zweiten jährlichen Ernte (Tab. 1).

Tab. 1: Signifikante Unterschiede zwischen den CO₂-Behandlungen der einzelnen Nährstoffe für Gräser, Kräuter und Leguminosen, getrennt nach den beiden jährlichen Ernten (H1; H2). Signifikanzen für den CO₂-Effekt werden als signifikant $p \leq 0.05$ [*], sehr signifikant $p \leq 0.01$ [**], hochsignifikant $p \leq 0.001$ [***] und tendenzielle Signifikanz $p \leq 0.1$ [(*)] angezeigt. [↓] bedeutet negativer CO₂-Effekt, [↑] bedeutet positiver CO₂-Effekt. (Tabelle aus Seibert *et al.*, unveröffentlicht).

Nutrients	Grasses		Forbs		Legumes	
	H1	H2	H1	H2	H1	H2
Nitrogen	* ↓	*** ↓	-	-	-	-
Phosphorus	-	* ↓	-	-	-	* ↑
Calcium	** ↓	*** ↓	(*) ↓	* ↓	(*) ↓	-
Magnesium	* ↓	** ↓	* ↓	-	* ↓	(*) ↓
Manganese	-	-	-	(*) ↑	-	-
K, Zn, Fe, Cu	-	-	-	-	-	-

Untersuchungen von Moser et al. (2018) zeigten deutlich, dass Grünlandökosysteme, welche typischerweise Kohlenstoffsinken für atmosphärisches CO₂ sind, allmählich zu Kohlenstoffquellen werden und in Zukunft mehr Treibhausgase zur globalen Erwärmung beitragen werden. Die Langzeitdatenreihe der Treibhausgasflüsse zeigte einen Anstieg von +12 % in der jährlichen Respiration des Ökosystems. Außerdem ein Anstieg der jährlichen N₂O-Emission von +179 % und eine Abnahme von -81 % der CH₄-Oxidation.

Schlussfolgerungen

Die verschiedenen Untersuchungen im GiFACE zeigen einen deutlichen Einfluss von erhöhtem CO₂ auf das Grünlandökosystem. Veränderungen in der Ertragsbildung, der Futterqualität oder den Treibhausgasflüssen, auf Grund von gestiegenen CO₂-Konzentrationen oder erhöhter Lufttemperatur, können zu erheblichen Veränderungen in den Ökosystemdienstleistungen führen.

Literatur

Andresen, L.C., Yuan, N., Seibert, R., Moser, G., Kammann, C.I., Luterbacher, J., Erbs, M., Müller, C. (2018) Biomass responses in a temperate European grassland through 17 years of elevated CO₂. *Global Change Biology* 24, 3875-3885.

Augustine, D.J., Blumenthal, D.M., Springer, T.L., LeCain, D.R., Gunter, S.A., Derner, J.D. (2018) Elevated CO₂ induces substantial and persistent declines in forage quality irrespective of warming in mixedgrass prairie. *Ecological Applications* 28, 721-735.

Hendrey, G.R. and Kimball, B.A. (1994) The FACE program. *Agricultural and Forest Meteorology* 70, 3-14.

Jäger H.-J., Schmidt S.W., Kammann C., Grünhage L., Müller C., Hanewald K. (2003) The University of Giessen Free-Air Carbon Dioxide Enrichment Study: Description of the experimental site and of a new enrichment system. *Journal of Applied Botany* 77: 117-127.

Moser, G., Gorenflo, A., Brenzinger, K., Keidel, L., Braker, G., Marhan, S., Clough, T.J., Müller, C. (2018) Explaining the doubling of N₂O emissions under elevated CO₂ in the Giessen FACE via in-field ¹⁵N tracing. *Global Change Biology* 24, 3897-3910.

Obermeier, W.A., Lehnert, L.W., Kammann, C.I., Müller, C., Grünhage, L., Luterbacher, J., Erbs, M., Moser, G., Seibert, R., Yuan, N., Bendix, J. (2017) Reduced CO₂ fertilization effect in temperate C3 grasslands under more extreme weather conditions. *Nature Climate Change* 7: 137-141.

Yuan, N., Moser, G., Müller, C., Obermeier, W.A., Bendix, J., Luterbacher, J. (2018) Extreme climatic events down-regulate the grassland biomass response to elevated carbon dioxide. *Scientific Reports* 8, 17758.

Flächenproduktivität im mehrjährigen Vergleich – Entwicklung einzelbetrieblicher Modelle

E. Leisen, A. Jacobs

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

Einleitung und Problemstellung

Die langfristige Konkurrenzfähigkeit des Futterbaubetriebes wird gerade in Zeiten des Klimawandels maßgeblich durch die Ertragsfähigkeit und Ertragsstabilität seiner Flächen beeinflusst: Mit welchem Milchertrag (kg ECM) kann er in normalen Jahren rechnen, wie stark sind die Schwankungen und besonders die Einbußen in feuchten und trockenen Perioden? Nach dem Trockenjahr 2011 und dem feuchteren Folgejahr 2012 war hierzu eine erste Auswertung erfolgt (Leisen, 2013a). Zwischenzeitlich wurden die Untersuchungen auf weitere Betriebe und Regionen ausgeweitet. Dabei wurden folgende Fragestellungen hinsichtlich der Flächenproduktivität untersucht:

- Wie produktiv ist Weide- im Vergleich zu Schnittnutzung?
- Auf welchen Standorten gibt es geringe bzw. größere Schwankungen?
- Welchen Einfluss hat das Weidesystem?
- In welchem Umfang kann Beregnung stabilisierend wirken?

Die genannten Vergleiche können helfen, realistische Modelle für den Einzelbetrieb zu entwickeln.

Material und Methoden

In den letzten 9 Jahren (2011 bis 2019) wurde im Rahmen des Projektes „Öko-Leitbetriebe in NRW“ die Flächenproduktivität (ausgedrückt in ECM/ha) von Kuhweiden auf der Basis von Wochendaten und die Flächenproduktivität des Gesamtbetriebes auf der Basis von Jahresdaten berechnet. Festgehalten wurden dabei: Viehbesatz, ha, ermolzene Milch, Milchinhaltsstoffe, Zufütterung, Niederschläge. Bei der Berechnung der Flächenproduktivität wurde die realisierte Milchleistung anteilig der Energiezufuhr aufgeteilt (Leisen *et al.* 2013b). Zu Beginn waren es 11 Betriebe, ab 2017 60 – 70 Betriebe.

Ergebnisse und Diskussion

Vergleich Schnitt- und Weideflächen

Auf 73 % der Betriebe bringen Kuhweiden im Vergleich zu Schnittflächen eine höhere Flächenproduktivität: > 50 % Mehrertrag (+ 50 bis + 200%) auf 35 % der Betriebe, > 1 – 50 % Mehrertrag: auf 38 % der Betriebe, 25 – 1 % Minderertrag: auf 27 % der Betriebe (hier stehen Kuhweiden auf schlechteren Standorte)

Einer der Gründe für die geringere Flächenproduktivität der Schnittflächen: Wenig oder kein Klee im Aufwuchs von Dauergrünland. Damit besteht die Gefahr, dass die Flächen langsam ausmagern.

Umtriebsweide und Kurzrasenweide auf grundwassernahen Standorten

Auf grundwassernahen Standorten, schweren Böden und in Tallagen gibt es Betriebe, die über die Jahre eine vergleichbar hohe Flächenproduktivität erzielen, sowohl in den einzelnen Wochen im Laufe der Weideperiode als auch im Jahresvergleich. So auch 2019 in den Niederlanden. Der Vergleich mit der im 4-jährigen Vergleich maximal zu erzielenden Flächenproduktivität läßt kaum einen Unterschied zwischen Umtriebs- und Kurzrasenweide erkennen: Auf grundwassernahen Standorten war Wasser in beiden Weidesystemen nur wenig begrenzend.

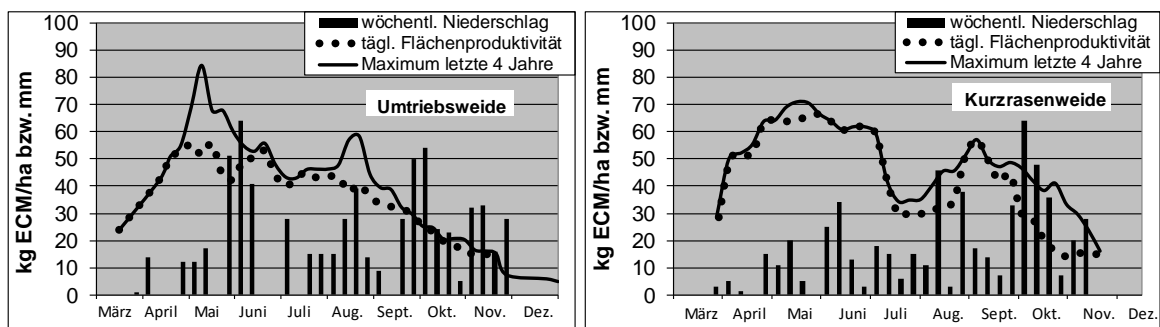


Abb. 1: Flächenproduktivität bei Kurzrasenweide u. Umtriebsweide, Niederlande 2019

Standorte mit großen Jahresschwankungen

Große Schwankungen zwischen den Jahren gibt es auf grundwasserfernen Standorten mit leichten oder flachgründigen Böden und bei geringen Niederschlägen. Im Extrem wird in trockenen Jahren weniger als die Hälfte gegenüber guten Jahren erzielt. Trotzdem können diese Betriebe sehr wirtschaftlich sein. Auf dem nachfolgenden Hochmoorstandort begrenzen regelmäßig sowohl zu hohe als zu niedrige Niederschläge die Flächenproduktivität: 2016 war es im Frühjahr und Sommer zeitweise zu nass, so dass die Kühe vorübergehend ganz im Stall blieben oder nur einen Teil der ansonsten überschwemmten Fläche beweideten konnten. Zum Herbst zu wurde es dann zu trocken. 2019 war das Wachstum infolge der Trockenheit fast durchgehend begrenzt. Nicht nur im oberen Bereich fehlte das Wasser. Das Moor war nach 2 Trockenjahren so stark ausgetrocknet, dass es nur langsam wieder sich anfeuchtet. Trotz oberflächlich stehendes Wasser blieb der Bereich unterhalb 30 cm auch im Frühjahr 2020 trocken.

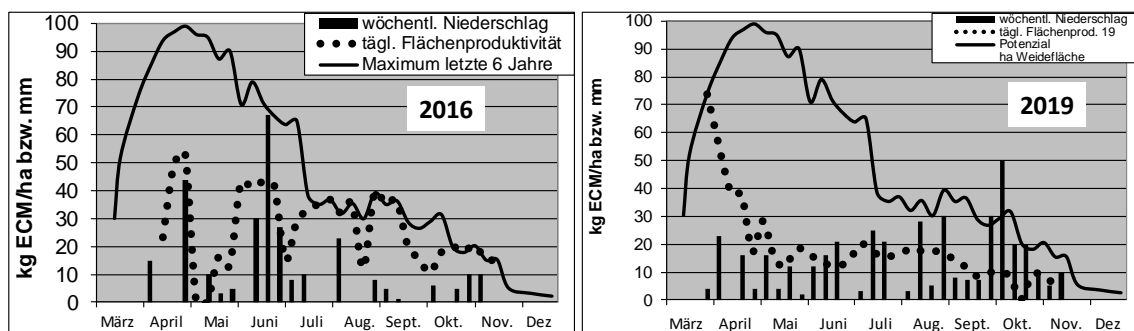


Abb. 2: Flächenproduktivität auf Hochmoor 2016 und 2019

Holistic grazing und Kurzrasenweide auf trockenheitsbedingt stärkeren Schwankungen

Holistic grazing wird als Alternative zu Kurzrasenweide speziell für trockenere Standorte diskutiert. Hierzu der Vergleich zweier Betriebe, die beide schon seit mehr als 10 Jahren holistic grazing bzw. Kurzrasenweide auf sandigem Lehm machen. In früheren Jahren wurden pro ha in beiden Betrieben zwischen 7.000 und 9.000 kg ECM/ha erzielt, im Mittel der Jahre 2018 und 2019 waren es dagegen in beiden Betrieben nur um die 5.500 kg ECM/ha.

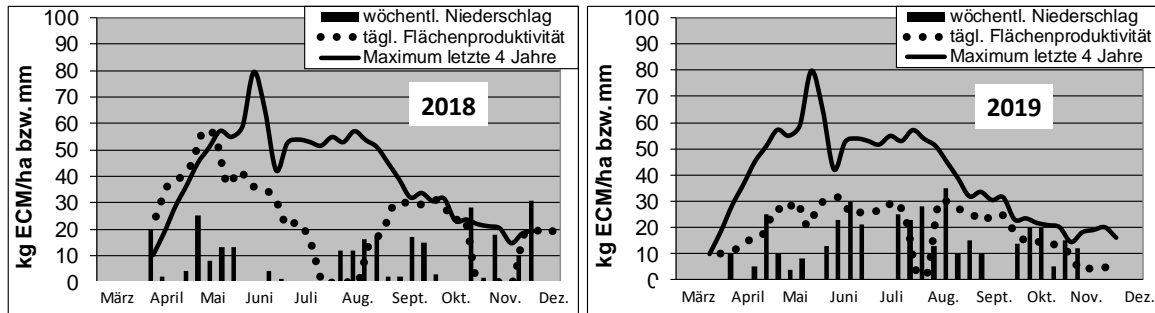


Abb. 3: Flächenproduktivität bei holistic grazing 2018/2019, N-Deutschland

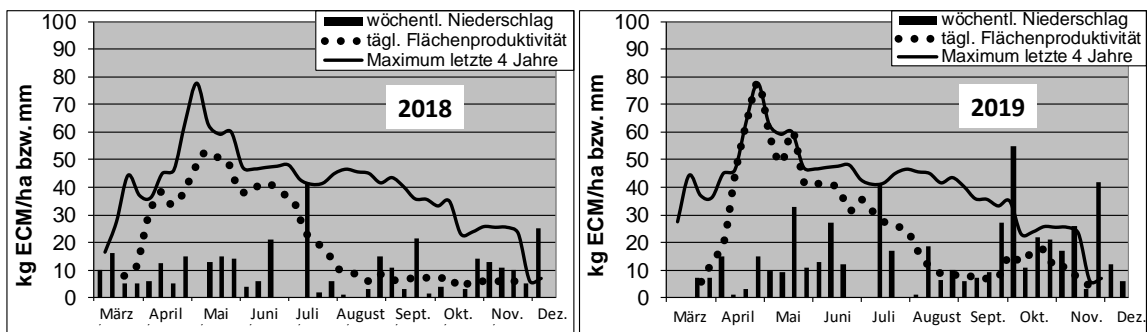


Abb. 4: Flächenproduktivität bei Kurzrasenweide 2018/ 2019, N-Deutschland

Effekt der Beregnung

Auf 4 Betrieben in den Niederlanden mit sandigen Böden wird Beregnung eingesetzt. Dadurch kann die Flächenproduktivität auch in Trockenzeiten höher gehalten werden. Im Trockenjahr 2018 konnten Betrieb 1 und 2 wöchentlich 20 – 25 mm geben. Damit blieb die tägliche Flächenproduktivität auch in der Trockenheit meist um die 50 kg ECM/ha. Betrieb 3 liegt grundwassernah. Hier reichten auch kleine Gaben von um die 10 mm. Betrieb 4 liegt dagegen grundwasserfern. Trotz 10 mm Beregnung fiel die Flächenproduktivität im Sommer deutlich ab und lag täglich etwa 20 kg ECM/ha unterm bisher maximal erzielten Wert.

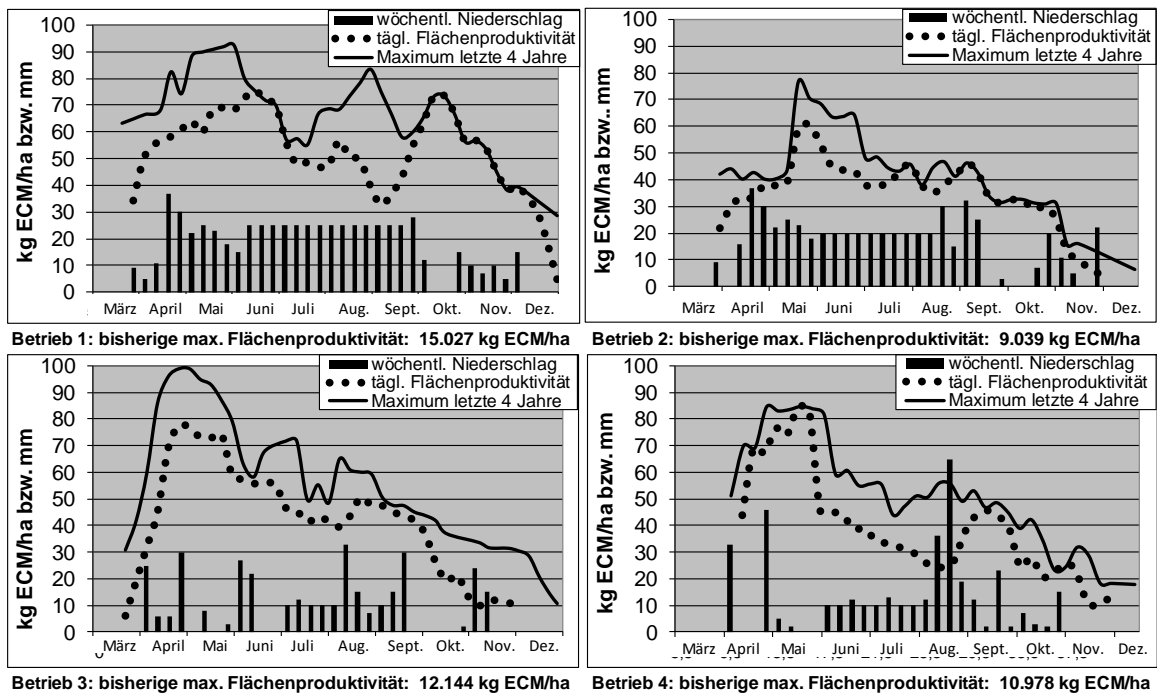


Abb. 5: Flächenproduktivität bei Kurzrasenweide und Beregnung 2018

Schlussfolgerungen

Die mehrjährigen Vergleiche liefern dem Einzelbetrieb vor dem Hintergrund des Klimawandels realistische Modelle. Weideflächen sind meist produktiver als Schnittflächen. Auf grundwassernahen Standorten gab es eine vergleichbare Flächenproduktivität wie in den Vorjahren, sowohl bei Umtriebs- als auch Kurzrasenweide. Auf grundwasserfernen Standorten können die Jahresschwankungen groß sein, sowohl unter holistic grazing als unter Kurzrasenweide. Mit wöchentlich 20 – 25 mm Beregnung konnte eine Flächenproduktivität von täglich um die 50 kg ECM/ha meist gehalten werden, bei wöchentlich nur 10 mm lag sie deutlich darunter.

Ausblick

Die bisherigen Untersuchungen werden in den nächsten 15 Jahren ab 2020 auf 80 Betrieben (D, NL, L, B, CH, A) weitergeführt. Es werden sowohl regionale Austauschgruppen als auch thematische Gruppen gebildet.

Literatur

Leisen, E. (2013a): Flächenleistung von Futterflächen und Kuhweiden in unterschiedlichen Regionen unter Bedingungen des ökologischen Landbaus. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Tagungsband 2013, 176 – 180.

Leisen E., Spiekers H., Diepolder M. (2013b): Notwendige Änderungen der Methode zur Berechnung der Flächenleistung (kg Milch/ha und Jahr) von Grünland- und Ackerfutterflächen mit Schnitt- oder Weidenutzung. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Tagungsband 2013, 181 – 184.

Grüne Aussichten: mehr Weidegang für Milchkühe durch virtuelle Zäune?

F. Riesch^{1,2}, M. Komainda¹, J. Horn¹, J. Isselstein^{1,2}

¹ Graslandwissenschaft, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

² Zentrum für Biodiversität und nachhaltige Landnutzung, Georg-August-Universität Göttingen, Büsgenweg 1, 37077 Göttingen

Einleitung und Problemstellung

Die typische europäische Milchkuh lebt das gesamte Jahr über im Stall (Läpple und Sirt, 2019) und wird dort mit einer Totalmischung (Schingoethe, 2017) bestehend aus Konzentrat- und konserviertem Raufutter versorgt. Mit zunehmender Intensivierung der Milchviehwirtschaft wurden Herden vergrößert und der Weidegang reduziert, um den Milchertrag pro Kuh zu maximieren (Knaus, 2016). Um die hohen Energieansprüche einer heutigen Hochleistungsmilchkuh überhaupt mit einer grasbasierten Ernährung erfüllen zu können, ist ein aufwendiges Weidemanagement erforderlich. Solche Weidesysteme, wie beispielsweise aus Irland bekannt (Humphreys *et al.*, 2009), sind abhängig von physischen Zäunen. Das Einzäunen von Weiden ist arbeitsintensiv: Zäune müssen aufgestellt, instand gehalten und umgesetzt werden, damit die Kühe regelmäßig Zugang zu frischem Futter erhalten. Demnach ist es aus ökonomischen und praktischen Gründen naheliegend, sich als Landwirt gegen die Weidehaltung von Milchkühen zu entscheiden – vor allem wenn wenig arrondierte Flächen vorliegen. Forschungsergebnisse zeigen hingegen, dass Weidegang in Bezug auf die Gesundheit der Kühe und das Tierwohl vorteilhaft ist (Burow *et al.*, 2013). Auch aus diesen Gründen gewinnt die Weidehaltung von Milchkühen bei Kaufentscheidungen von Kunden an Bedeutung (Weinrich *et al.*, 2014). Hinzu kommt, dass eine grasbasierte Ernährung von Kühen mit einem moderaten Leistungsniveau den Einsatz importierter Futtermittel aus Tropenregionen reduzieren und damit die globalen ökologischen Kosten der Milcherzeugung (z.B. Treibhausgasemissionen, Landkonversion) senken könnte (Weiss und Leip, 2012). Auf lokaler Ebene kann Beweidung bei umweltfreundlichem Management die strukturelle, funktionelle und biologische Diversität sowie Ökosystemdienstleistungen im Grünland fördern (Tallowin *et al.* 2005; Peyraud *et al.*, 2010; Enri *et al.*, 2017).

Neuartige Technologien, welche die praktische Durchführung der Weidehaltung erleichtern, indem sie Kosten und Arbeitsaufwand für das Einzäunen von Weiden reduzieren, könnten Landwirten einen Anreiz liefern, ihre Kühe wieder auf die Weide zu lassen. Eine solche Rückkehr zur Weidehaltung mit modernen Mitteln könnte die ökologischen Auswirkungen der Milchproduktion abmildern, das Tierwohl fördern und auf diese Weise sowohl den gesellschaftlichen als auch ökonomischen Ansprüchen an die Landwirtschaft gerecht werden. Hier präsentieren wir eine Zusammenstellung der wissenschaftlichen Literatur zur Entwicklung von virtuellen Zäunungstechnologien, welche eine Rückkehr zur Weidehaltung attraktiv machen könnten, weil konventionelle physische Einzäunungen überflüssig werden. Basierend auf den Ergebnissen unserer Literaturrecherche beurteilen wir die Aussichten von

virtuellen Zäunen als ein geeignetes Hilfsmittel, um die Bewegung von Weidetieren zu kontrollieren, die Beweidung mit der räumlich-zeitlichen Verteilung und der Qualität des Futteraufwuchses abzustimmen sowie wertvolle Habitatstrukturen auf der Weide zu schützen.

Material und Methoden

Um den neuesten Stand der Forschung und Entwicklung in Bezug auf virtuelles Zäunen zu untersuchen, haben wir in Web of Science and Google Scholar nach entsprechenden wissenschaftlichen Artikeln (Reviews und originäre Forschung) gesucht (Dez. 2019). Dazu wurden folgende Schlagwörter in verschiedenen Kombinationen verwendet: *virtual/wireless/fenceless fencing; dairy cows, cattle, sheep, goat, ruminants; control/movement control, animal management; pasture/grazing system/management; animal welfare, ethically acceptable; animal/cattle/cow responses/behaviour; nature conservation, landscape/habitat restoration; grazing/pasture efficiency/utilization, agronomic outcome/performance*. Insgesamt wurden 47 relevante Studien herausgefiltert.

Ergebnisse und Diskussion

Unter dem virtuellen Einzäunen von Nutztieren versteht man den Einsatz moderner Technik zur Fernlokalisierung zusammen mit einer Kombination aus einem konditionierten Vorwarnsignal und einem aversiven Reiz (z. B. Umstatter, 2011), wodurch die Tiere davon abgehalten werden, eine virtuell definierte Grenze zu überschreiten. Die Signale werden den Tieren von einem Gerät an einem Halsband entweder an der Kehle oder am Nacken erteilt. Wenn ein Tier nicht auf das Vorwarnsignal reagiert, folgt der aversive Reiz in Form eines elektrischen Impulses. Die zurzeit fortschrittlichsten Entwicklungen erlauben es, virtuelle Zäune via Smartphone-Apps zu setzen und nach Bedarf im Raum zu verschieben.

Erste Ansätze, die Bewegung von Tieren ohne sichtbare physische Barrieren zu kontrollieren, wurden bereits in den 1970er Jahren erprobt (Anderson, 2007). Trotzdem sind heute die meisten virtuellen Zaunsysteme noch in der Prototypenphase.

Bisher publizierte Studien zum virtuellen Zäunen beschäftigten sich vorwiegend mit der Technik zur Kontrolle und Überwachung von Tierbewegungen (17 Studien). Diese technischen Studien behandelten die Eignung der Algorithmen zum Setzen der virtuellen Zäune, die Genauigkeit des Lokalisationssystems sowie Batteriekapazitäten. Experimentelle Untersuchungen wurden in zehn Studien mit Schafen, drei Studien mit Ziegen und 17 Studien mit Rindern durchgeführt, darunter vorwiegend Färsen (acht Studien) gefolgt von nicht laktierenden Kühen (fünf Studien) und Bullen (vier Studien). In den meisten Fällen untersuchten diese Studien, wie effektiv virtuelle Zäune verhindern konnten, dass Versuchstiere eine Ausschlusszone betreten (Tabelle 1). Nur zwei Studien beschäftigten sich mit Aspekten des Tierwohls, wobei Herzfrequenz und Cortisolwerte als Kurzzeitindikatoren dienten, um die Stressbelastung einzuschätzen. Langzeitbeobachtungen zu Verhalten, Tierwohl oder Gruppendynamiken bei virtuell eingezäunten Tieren wurden bisher nicht veröffentlicht.

Experimente mit virtuellen Zäunen zum Lernvermögen und Verhalten von Rindern, beispielsweise zur Raumnutzung und Aktivitätsmustern im Vergleich zu konventionell eingezäunten Kontrolltieren, wurden bisher nur mit wenigen Tieren (sechs bis 12 Individuen) und über kurze Zeiträume (drei bis 23 Tage) durchgeführt. Diese Studien zeigten, dass Rinder auf eine virtuelle Einzäunung individuell reagieren und sich unterschiedlich verhalten. Von Tier zu Tier ist eine unterschiedliche Anzahl an Interaktionen mit dem virtuellen Zaun

erforderlich, bis ein Individuum die Bedeutung des Vorwarnsignals durch assoziatives Lernen verstanden hat.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Anzahl aversiver Reize grundsätzlich mit fortschreitender Versuchsdauer abnimmt (z.B. Lee *et al.*, 2009). Es gibt bisher nur zwei Studien, in denen ein virtueller Zaun während eines Experiments an eine neue Position im Paddock versetzt wurde.

Tab. 1: Untersuchungsschwerpunkte publizierter Studien, in denen virtuelle Zäunungstechnologien an Rindern getestet wurden.

Schwerpunkt der Studie	Anzahl Studien
Effektivität des virtuellen Zäunungssystems (Erlernbarkeit, Lerndauer)	15
Tierverhalten (räumliche Verteilung und Aktivitätsmuster, Sozial- und Gruppenverhalten)	15
Kurzzeitige Indikatoren für Stress und Tierwohl	2
Weidezuteilung (Verschieben virtueller Zäune)	2

Diese ersten Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, dass die virtuelle Zäunungstechnologie auch für Rotations- oder Portionsweiden eingesetzt werden könnte. Die Tiere zeigten keine Scheu sich den virtuellen Grenzen zu nähern und auch eine neu zugeteilte Paddockeinheit wurde zügig angenommen, nachdem die ursprünglich gesetzte virtuelle Abgrenzung entfernt wurde (z.B. Lomax *et al.*, 2019). Auch unter Naturschutzgesichtspunkten erscheint der Einsatz virtueller Zäune vielversprechend, denn sie eröffnen eine Möglichkeit, ökologisch sensible Bereiche flexibel auszuzäunen (Campbell *et al.*, 2018), beispielsweise um die Nester bodenbrütender Vögel zu schützen.

Schlussfolgerungen

Virtuelle Zäune scheinen ein geeignetes Mittel zu sein, um die Bewegung von Tieren auf der Weide effektiv räumlich zu begrenzen. Unsere Recherchen verdeutlichen allerdings, dass noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht, bevor virtuelle Zäune im Rahmen eines nachhaltigen, modernen Beweidungsmanagement in der landwirtschaftlichen Praxis angewandt werden können.

Multidisziplinäre Studien sollten virtuelle Zäunungstechnologien hinsichtlich langfristiger Auswirkungen auf Tierwohl, Tierverhalten und Gruppendynamiken untersuchen. Das Potential, virtuelle Zäune zur flexiblen Weidezuteilung in Rotations- oder Portionsweidensystemen einzusetzen, sollte eingehend geprüft werden, ebenso wie der Einsatz zu Naturschutzzwecken und Aussichten zur Verbesserung der Weidenutzungseffizienz. Auch eine Beurteilung des Systems aus ökonomischer Sicht ist erforderlich. Daher plädieren wir für weitere Studien, die den potentiellen agronomischen und ökologischen Nutzen der virtuellen Zäunungstechnologie unter den unterschiedlichen sozio-ökonomischen und ökologischen Bedingungen und der Milchviehhaltung in Mitteleuropa betrachten sollten.

Literatur

- Anderson, D.M. (2007): Virtual fencing – past, present and future. *The Rangeland Journal* 29, 65-78.
- Burow E., Rousing T., Thomsen P.T., Otten N.D. and Sørensen J.T. (2013): Effect of grazing on the cow welfare of dairy herds evaluated by a multidimensional welfare index. *Animal* 7, 834-842.
- Campbell D.L.M., Haynes S.J., Lea J.M., Farrer W.J., Lee C. (2018): Temporary Exclusion of Cattle from a Riparian Zone Using Virtual Fencing Technology. *Animals* 9, 1-12.
- Enri S.R., Probo M., Farruggia A., Lanore L., Blanchetete A., Dumont B. (2017): A biodiversity-friendly rotational grazing system enhancing flower-visiting insect assemblages while maintaining animal and grassland productivity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 241, 1-10.
- Humphreys J., Aarts H.F.M., Watson C.J., Wachendorf M., Gall A.L., Taube F., Pflimlin A. (2009): Sustainable options for grassland-based dairy production in the northwest of Europe. *Tearmann: Irish Journal of agri-environmental research* 7, 175-194.
- Knaus, W. (2016): Perspectives on pasture versus indoor feeding of dairy cows. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96, 9-17.
- Läpple D., Sirr G. (2019): Dairy Intensification and Quota Abolition: A Comparative Study of Production in Ireland and the Netherlands. *EuroChoices* 18: 26-32.
- Lee C., Henshall J.M., Wark T.J., Crossman C.C., Reed M.T., Brewer H.G., O'Grady J., Fisher A.D. (2009): Associative learning by cattle to enable effective and ethical virtual fences. *Applied Animal Behaviour Science* 119, 15-22.
- Lomax S., Colusso P. and Clark C.E.F. (2019): Does Virtual Fencing Work for Grazing Dairy Cattle? *Animals* 9, 1-11.
- Peyraud J.L., van den Pol A., Dillon P., Delaby L. (2010): Producing milk from grazing to reconcile economic and environmental performances. *Grassland Science in Europe* 15: 163–164.
- Schingoethe, D.J. (2017): A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100, 10143-10150.
- Tallowin J.R.B., Smith R.E.N., Goodyear J. and Vickery J.A. (2005): Spatial and structural uniformity of lowland agricultural grassland in England: a context for low biodiversity. *Grass and Forage Science* 60, 225-236.
- Umstatter, C. (2011): The evolution of virtual fences: A review. *Computers and Electronics in Agriculture* 75, 10-22.
- Weinrich R., Kühl S., Zühlsdorf A. and Spiller A. (2014): Consumer Attitudes in Germany towards Different Dairy Housing Systems and Their Implications for the Marketing of Pasture Raised Milk. *International Food and Agribusiness Management Review* 17, 1-18.
- Weiss F., Leip A. (2012): Greenhouse gas emissions from the EU livestock sector: A life cycle assessment carried out with the CAPRI model. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 149, 124-134.

Verbesserung von Nährstoffeffizienz und Energieverbrauch in Grünlandbetrieben benachteiligter Regionen Süddeutschlands

M. Elsässer¹, T. Hummler¹, J. Dentler¹, L. Kiefer² und E. Bahrs².

¹ Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), D 88326 Aulendorf

² Universität Hohenheim, D 70599 Stuttgart

martin.elsaesser@lazbw.bwl.de

Einleitung

Die hohe Ausnutzung von Nährstoffen und der Energieverbrauch standen in einem baden-württembergischen Projekt zur nachhaltigen Nutzung von Grünland in benachteiligten Regionen von Südwestdeutschland im Fokus (Bahrs *et al.*, 2019). Bedingt durch hügelige Landschaft, steile Hänge und harte Winter, lässt sich ein großer Teil des baden-württembergischen Grünland als marginales Grünland bezeichnen (55% des gesamten Grünlands = 246.476 ha). Zudem beschränkt das Vorhandensein von Natura2000 Gebieten die Bewirtschaftung. Die Grünlanderträge sind hier von schlechter Qualität und Quantität. Gleichwohl ist der Erhalt solchen Grünlands von erhöhter Bedeutung für den Schutz vor Erosionen, Wasserschutz und den Erhalt gesteigerter Biodiversität in den Regionen (Thomet *et al.*, 2011). Diese genannten Ökosystemfunktionen variieren allerdings deutlich in Abhängigkeit von der Intensität der Grünlandbewirtschaftung (Schellberg & Pötsch, 2014). Obwohl auch die Gesellschaft in hohem Maß am Erhalt solcher ökologisch wertvoller Flächen interessiert ist, nimmt Grünland hauptsächlich in benachteiligten Regionen ab (Elsässer, 2018) was sich auf Änderungen in den Ernährungsgewohnheiten, der ökonomischen Situation von Betrieben und deren niedrigere Produktivität zurückführen lässt. Ziel dieser Studie war es Faktoren der ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeit von Betrieben in benachteiligten Regionen zu identifizieren. Dargestellt werden hier der Nährstoffstatus und die Energiesituation von im EIP Projekt mitmachenden Milchviehbetrieben.

Material und Methoden

Im EIP Projekt „Nachhaltige Grünlandwirtschaft auf marginalen Standorten in Baden-Württemberg“ wurde eine operationelle Gruppe aus Mitgliedern der Universität Hohenheim, des LAZBW Aulendorf sowie weiteren Vertretern der Landwirtschaftsverwaltung und insgesamt 24 bäuerlichen Betrieben, die teilweise auf der Schwäbischen Alb und im Schwarzwald wirtschaften, gebildet. Die Landwirtschaftsbetriebe lagen auf einer Höhe zwischen 250 und 1100 m über NN. Im Durchschnitt hatten die Betriebe 51 Milchkühe, 1.3 ha Futterfläche je Kuh und sie fütterten 0.9 t Kraftfutter je Kuh und Jahr. 15 Betriebe, von denen die Betriebe EIP 1-13 ökologisch und EIP 14 und 15 konventionell wirtschafteten, waren Teil einer vertieften Auswertung hinsichtlich des Nährstoff- und Energieverbrauchs über drei Jahre hinweg (2014-2017). Die Daten wurden einerseits mittels „Hoftorbilanz“ und bezgl. des Energieverbrauchs mit dem „AgriClimatChange-Tool“ (Soalgro, 2014) gesammelt und bewertet. Nährstoffbilanzen wurden als Differenz zwischen dem Gesamtinput (Dünger, Kraftfutter, etc.) und dem Gesamtoutput (Milch, Fleisch, etc.) berechnet, wobei N- und P-Effizienzen als Relation zwischen In- und Output dargestellt sind.

Ergebnisse und Diskussion

Im Verlauf der Untersuchungsperiode wurden Stickstoff- und Phosphorflüsse analysiert (Abb. 1). Die berechneten Stickstoffbilanzen zeigten im Mittel die geringe Intensität der Betriebe in diesen Regionen.

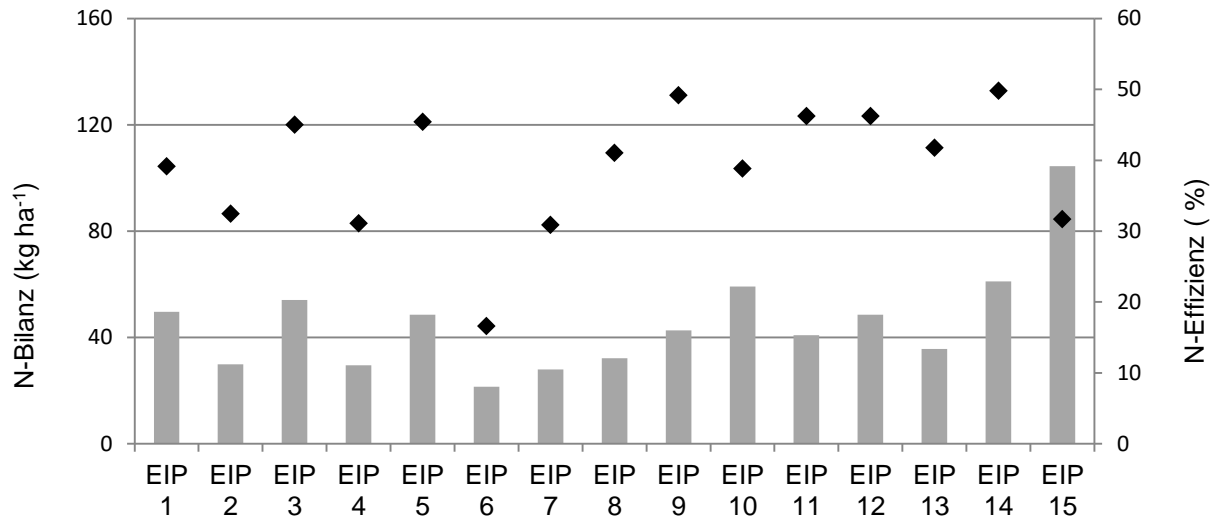


Abb. 1: N-Bilanzen (Balken) und N-Effizienz (Punkte) im Durchschnitt von 15 EIP Betrieben (2014-2017)

Die mittlere Stickstoffeffizienz lag bei 39,3% mit einer Abweichung von 17 bis 51%, was auf hohe Anteile recht unproduktiven Grünlandes rückschließen lässt. Besonders das Grünland in Betrieb „EIP 6“ besteht aus großen ungenutzten Flächen, mit Büschen, starker Hangneigung und unproduktivem Grünland das als „Nardetum“ angesprochen werden kann. Die mit 242 % sehr hohe P-Effizienz in Betrieb „EIP 12“ (Abb. 2) verdeutlicht eine Situation die sehr häufig in ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit stark

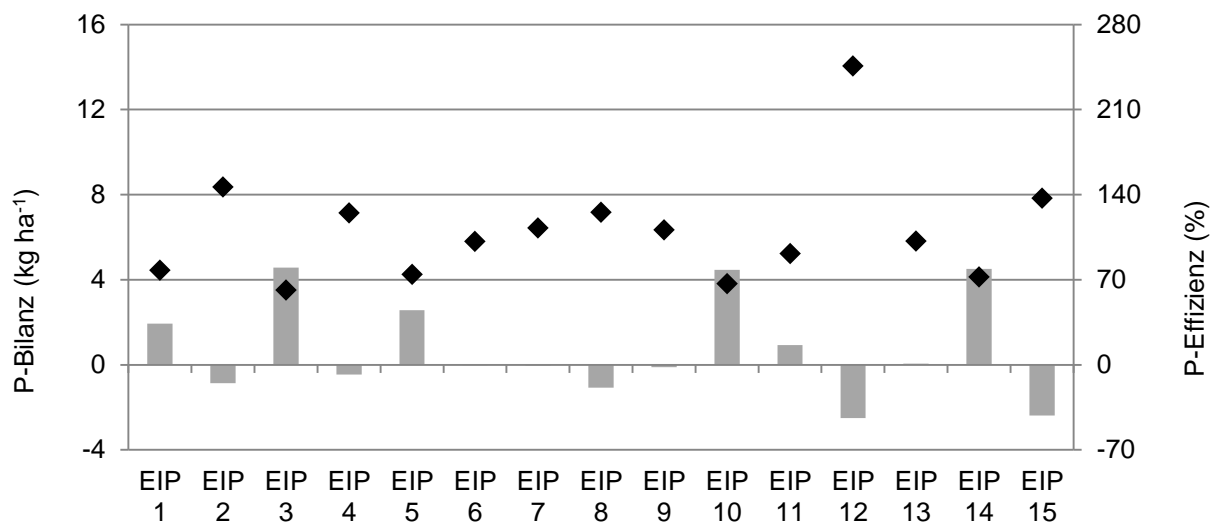


Abb. 2: P-Bilanzen (Balken) und P-Effizienz (Punkte) im Durchschnitt von 15 EIP Betrieben (2014-2017)

eingeschränkter Zufuhr von P-Düngern und Kraftfutter zu beobachten ist. Dies erscheint wenig nachhaltig, selbst wenn die P-Mobilisierung aus dem Boden in Betracht gezogen wird. Im Durchschnitt lag die P-Effizienz bei 110%.

Die globale Energieausnutzung der untersuchten 15 Betriebe betrug im Durchschnitt 1.2 (Abb. 3), wobei die Energieeffizienz zwischen 0.3 (Betrieb EIP 6) und 2.1 (Betrieb EIP 12) variierte. Im Gesamten zeigten 12 Betriebe Werte größer 1, was als Zielgröße avisiert wurde. Diese Betriebe produzierten damit mehr Energie als sie verbrauchten. Der durchschnittliche Energieverbrauch lag bei 15.25 GJ/ha. Hauptfaktoren für hohen Energieverbrauch waren der Verbrauch von Kraftstoff (28%), Strom (22%) und Kraftfutter (21%). CO₂ Emissionen lagen im Durchschnitt bei 182.9 Mg /ha/Jahr. Nur 14 % der CO₂ Emissionen wurden durch die Nutzung und Bewirtschaftung der Böden verursacht. Reduktion der Treibhausgasemissionen ist eines der Hauptziele in Deutschland. Um diese Umweltziele zu erreichen sollte eine deutliche Verminderung der Stickstoffüberschüsse, die Steigerung der N-Effizienz, der Erhalt der Kohlenstoffspeicherung der Böden und die Optimierung der Grünlandbewirtschaftung und -düngung angestrebt werden.

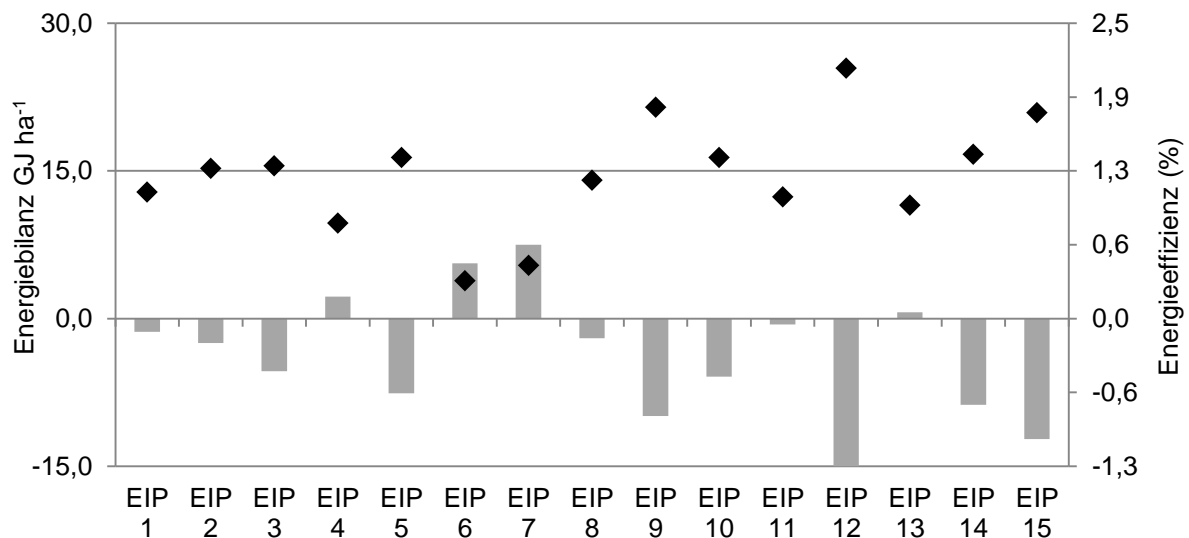


Abb. 3: Energie-Bilanzen (Balken) und Energie-Effizienz (Punkte) im Durchschnitt von 15 EIP Betrieben (2014-2017)

Schlussfolgerungen

Die großen Unterschiede zwischen allen untersuchten Parametern zeigen, dass die Betriebsergebnisse selbst in benachteiligten Grünlandregionen weit differierten. Die Bewirtschaftungsintensität und das Düngeniveau sind offensichtlich die maßgeblichen Faktoren der Nährstoff- und Energieeffizienz. Auch in ökologisch wirtschaftenden Betrieben scheint die Analyse von N- und P-Flüssen von besonderem Wert zu sein. Zudem kann die Verbesserung von Grünlandbeständen, so sie möglich und hinsichtlich der Restriktionen des Naturschutzes erlaubt ist, im Weiteren zu einer Verbesserung der Nährstoff- und Energiebilanzen beitragen.

Literaturverzeichnis

Bahrs E., Kiefer L., Dentler J., Hummler T. und Elsaesser M. (2018): Nachhaltige Grünlandnutzung in ausgewählten Problemgebieten Baden-Württembergs. Endbericht EIP Projekt, Universität Hohenheim.

Elsaesser M. (2018): Grünlandnutzung und Biodiversität – Synergien und Antagonismen. Landwirtsch. Hochschultag Hohenheim, Landinfo, 13–17.

Thomet P., Cutullic E., Bisig W., Wuest C., Elsaesser M., Steinberger S. und Steinwidder A. (2011) Merits of full grazing systems as a sustainable and efficient milk production strategy. Grassland Science in Europe 16, 273–285.

Schellberg J. und Poetsch E. (2014): Multiple functions of organisms and their interaction – a different approach to multifunctionality of permanent grassland. Tagungsband 58. Jahrestagung AG Grünland und Futterbau, Arnstadt, 20-30.

Solagro (2014): The agriclimate change tool (ACCT). <https://extranet.solagro.org/ACCTool>

Beträchtliches Biodiversitätspotential auf Roughflächen von Golfplätzen

K. Grant¹, N. Böhling² und M. Elsäßer¹

¹ Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW),
Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

² Flora-X, Römersteinstr. 12, 73230 Kirchheim unter Teck

kerstin.grant@lazbw.bwl.de

Einführung und Problemstellung

Artenreiches Grünland hat einen hohen ökologischen Wert, aber die floristische und faunistische Vielfalt nimmt in der Landschaft u.a. bedingt durch intensive landwirtschaftliche Bewirtschaftung zur Erzielung hoher Futtermenge und -qualität beständig ab (Manning *et al.* 2015). Zudem geht der Grünlandanteil in Deutschland durch intensive Bautätigkeit, den Straßenbau und die Intensivierung der Landwirtschaft stark zurück. Neben landwirtschaftlich genutztem Grünland, gibt es jedoch beträchtliche Flächen in Deutschland mit hohem Potential an Biodiversität, so zum Beispiel in Parks, Golfplätzen oder Privatgärten. Die Öffentlichkeit und auch der Naturschutz blicken dabei eher skeptisch gerade auf Golfplätze, vor allem wenn es um Biodiversität geht. Im Blickpunkt stehen meist nur die in der Tat artenarmen Grüns oder Spielbahnen, deren Pflanzenbestände in der Regel aus hochspezialisierten Grasarten und nur wenigen extrem nutzungstoleranten Kräutern wie *Bellis perennis* oder Leguminosen wie *Trifolium repens* bestehen. Dieser einseitige, meist negative Blick trifft allerdings nicht die Realität eines Golfplatzes im Ganzen, denn Grüns und Abschläge machen in der Regel nur etwa 4-6 % der Fläche eines Golfplatzes aus. Etwa 30-45 % der Fläche sind Spielbahnen, die restliche Fläche sind eher extensiv genutzte Roughflächen oder anderweitige Strukturelemente wie Gebüsche, Bäume, Gräben oder Teiche. Abhängig von der standörtlichen Lage und den damit verbundenen geologischen oder klimatischen Gegebenheiten und auch bedingt durch unterschiedliches Greenkeeping, können solche Roughflächen eine beträchtliche Artenvielfalt aufweisen und auch zu Refugialflächen für Vögel oder Kleinsäuger und Insekten werden. Dabei umfassen Golfroughs in Baden-Württemberg mit insgesamt etwa 6000 ha eine durchaus respektable Gesamtfläche.

Um die Bedeutung dieser wiesenähnlichen Roughflächen zu würdigen, hat das Landwirtschaftliche Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW) 2019 auf etlichen Golfplätzen in Baden-Württemberg botanische Untersuchungen durchgeführt. Ziel dieser Untersuchung war es das floristische Potential dieser Golfanlagen darzustellen und zudem die Bedeutung der dort zu findenden Biodiversität der kritischen Sicht der Öffentlichkeit gegenüber zu stellen. Zusätzlich sollten bestimmte Managementstrategien identifiziert werden, die zu einer besseren floristischen Diversität führen können.

Material und Methoden

Die Vegetationsaufnahmen wurden zwischen dem 14. Mai und 5. Juli 2019 auf 15 der insgesamt über 80 Golfplätze in Baden-Württemberg durchgeführt (Tab. 1). Auf jedem der Plätze wurden 10 Teilflächen in Roughs mit einer Aufnahme­fläche von 25 m² beprobt und sowohl die Artenzahl und deren Häufigkeit mit der Braun-Blanquet-Methode erfasst. Zusätzlich erfasste Parameter waren: Deckungsgrad, Höhe der Vegetation, Vegetationsdichte und beobachtete Störungen. Die Artenzusammensetzungen aller 150 Teilflächen konnten sechs Lebensraumtypen zugeordnet werden: Magere Flachland-Mähwiesen (n=104), Berg-Mähwiesen (n=6), Feuchtwiesen (n=15), Nass- oder Sumpfflächen (n=5), Halbnatürliches Trockengrünland in zwei Ausprägungen: Magerrasen (n=9) und (Halb)Trockenrasen (n=7) sowie 2 undefinierte Lebensraumtypen (n=6).

Tab. 1: Details der 15 Golfanlagen sowie Gesamtartenzahl und Anzahl gefährdeter Arten

Golf-anlage Nr.	Name	Standort in Baden-Württemberg	Meeres-höhe (m üNN)	Arten-zahl	Anzahl gefährdeter Arten [#]
1	Niederreutin	Obere Gäuflächen	495	66	6
2	Freudenstadt	Schwarzwald-Randplatten	655	91	5
3	Gröbernhof	Mittlerer Schwarzwald	225	60	4
4	Bad Waldsee	Oberschwäbisches Hügelland	620	92	14
5	Kirchheim u.T.	Mittleres Albvorland	320	63	2
6	Owingen	Bodenseebecken	560	60	5
7	Sonnenbühl	Mittlere Kuppenalb	768	79	10
8	Rickenbach	Hochschwarzwald	770	94	19
9	Liebenstein	Neckarbecken	265	87	4
10	Monrepos	Neckarbecken	260	81	4
11	Schaichhof	Schönbuch	510	73	3
12	Langenstein	Hegau	485	87	6
13	St.Leon-Rot	Ober­rheintiefland	107	105	13
14	Mönsheim	Neckarbecken	445	71	6
15	Illerrieden	Unteres Illertal	620	91	14

#beinhaltet Arten der Vorwarnstufe

Die im Feld bestimmten Deckungsgrade der Pflanzenarten nach den Aufnahmeklassen von Braun-Blanquet wurden für die statistische Analyse gemäß dem Code aus Tabelle 2 umgerechnet.

Tab. 2: Code um Braun-Blanquet-Werte aus dem Feld in Deckungsgrad umzusetzen

Feld-Code BB	r	+	1	2m	2a	2b	3	4	5
Umsetzungswerte (mittlerer Deckungsgrad %)	0,05	0,55	2,5	3,5	10	20	37,5	62,5	87,5

Eine uneingeschränkte Ordination wurde angewendet, um die (Un)Ähnlichkeit der Artenzusammensetzungen zwischen den Versuchsflächen zu verdeutlichen. Dazu wurde die

nicht-metrische, multidimensionale Skalierung (NMDS) nach dem empfohlenen Verfahren von Minchin (1987) verwendet. Dies geschah im Statistikprogramm R mittels der Funktion metaMDS des Paketes "vegan 2.5-4" mit dem Bray-Curtis-Unähnlichkeitsindex. Um Unterschiede in den Artenzusammensetzungen zwischen den Lebensraumtypen zu finden, wurden Analysen der Ähnlichkeiten (ANOSIM) durchgeführt. Im Falle von signifikanten Unterschieden wurden paarweise Vergleiche zwischen allen Leveln des Faktors (hier: Lebensraumtypen) berechnet. Zusätzlich wurde der Datensatz auf Indikatorarten mittels des Statistikpakets "labdsv version 1.8-0" analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Pflanzenbestandsanalysen zeigten eine hohe Diversität zwischen den einzelnen Aufnahmen. Insgesamt wurden 349 Arten gefunden. Im Durchschnitt wiesen die Roughs 23 Arten auf, mit einer Spanne zwischen 7 und 40. Hier ist festzustellen, dass dieser Vegetationsüberblick nur einen kleinen, aber doch repräsentativen Überblick zwischen den Roughflächen auf Golfplätzen in Baden-Württemberg gibt. Dementsprechend können leicht mehr Arten und auch mehr Lebensraumtypen bei einer detaillierteren Analyse aufgefunden werden. Indikatorarten wie *Arrhenatherum elatius* und *Galium album* waren Hauptarten in den Roughflächen mit einer Bedeckung von mehr als 80%. In Roughs mit geringerer Gesamtdeckung war *Festuca rubra* die häufigste Art und zeigte geringe Stickstoffdüngung und eher trockenere Bedingungen an.

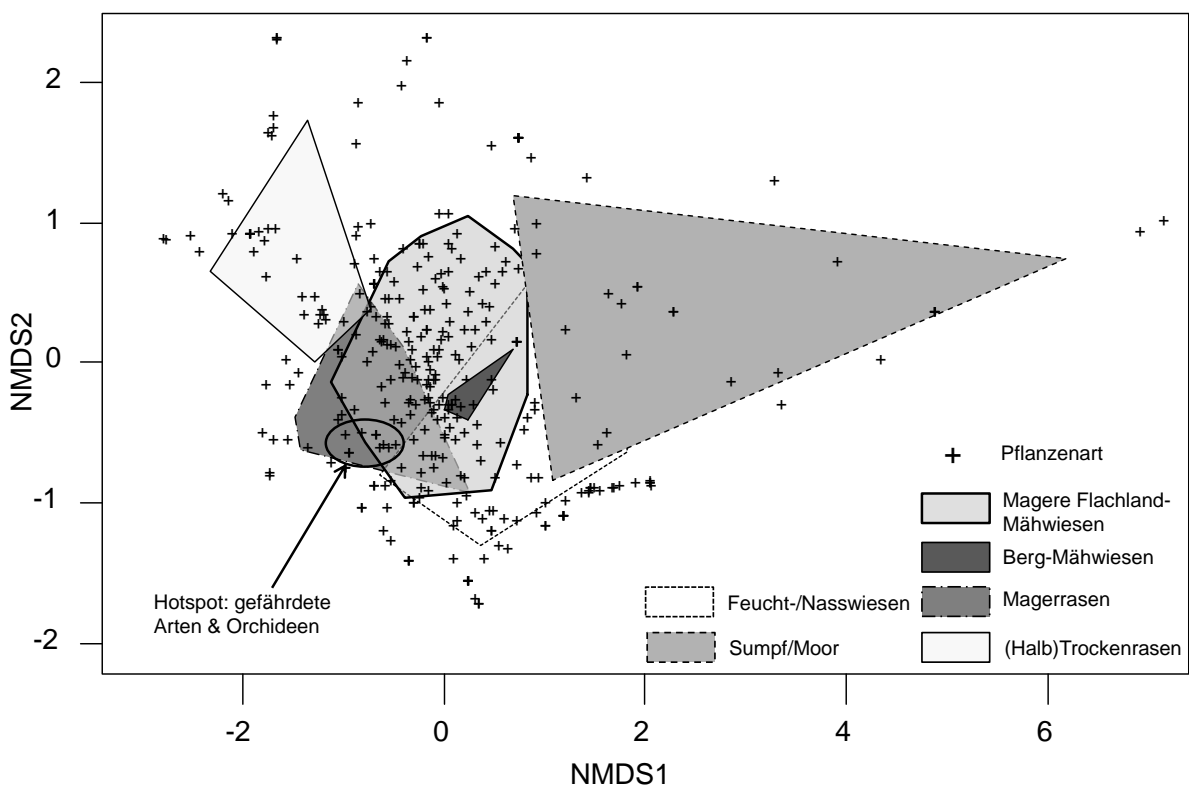


Abb. 1: Nicht-metrische, multidimensionale Skalierung (NMDS) von Arten (+) aus 150 Teilflächen der Golfplatz-Roughs; Flächen zeigen Grenzen der Lebensraumtypen im Ordinationsraum gemäß kürzester Distanz. Ein Hotspot an gefährdeten Arten ist mit Ellipse und Pfeil markiert.

Die meisten Flächen zählten zum Lebensraumtyp Magere Flachland-Mähwiesen, was das häufige Auftreten des Glatthafters als Indikatorart erklärte. NMDS (Abb.1) und ANOSIM verraten, dass sich die als Berg-Mähwiesen eingeordnete Gruppe von Aufnahmeflächen in den Roughs nicht signifikant von denen der Flachland-Mähwiesen unterschied ($P = 0.99$). Dagegen unterschieden sich die Arten der Feucht- oder Nasswiesen, die sich hauptsächlich entlang von Brücken, Flüssen oder Wasserkörpern fanden, und die des Trockenrasens deutlich von den mesophilen Grünlandarten. Bemerkenswert war, dass sich entlang der Linie von Flachland-Mähwiesen und nährstoffarmem Trockenrasen ein Hotspot mit verschiedenen Orchideen und gefährdeten Arten befand (Abb. 1 mit *Orchis ustulata*, *Dactylorhiza majalis*, *Muscari botryoides*, *Campanula glomerata*), der letztlich klar die Bedeutung des extensiven Managements zeigte. Ideales Management für artenreiche Roughs scheint daher Folgendes: Ein später Schnitt pro Jahr und nicht mehr als 2 Nutzungen insgesamt, möglichst kein Mulchen und nur sehr geringe Düngung.

Schlussfolgerungen

Die Studie zeigte, dass Roughs auf Golfanlagen sehr artenreich und oft von erheblichem ökologischen Wert sind. Wenn das Greenkeeping extensiv wirtschaftet, sind die Golfanlagen in der Lage auch künftig ihre Bedeutung für die Artenvielfalt zu unterstreichen und wertvolle Lebensräume für gefährdete Arten darzustellen.

Danksagungen

Wir danken dem Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Sonderprogramms zur Stärkung der biologischen Vielfalt Baden-Württemberg. Dank gebührt auch den Greenkeepern und den Managern der Golfclubs für ihre Mithilfe bei der Feldarbeit und Herrn Dr. Gunther Hardt für seinen hilfreichen Rat und die gute Kommunikation.

Literatur

Minchin P. R. (1987): An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination, *Vegetatio* 69, 89-107.

Manning P., Gossner M., Bossdorf O., Allan E., Zhang Y., Prati D., Blüthgen N., Boch S., Bohm S., Borschig C., Holzner N., Jung K., Klaus V., Klein A., Kleinebecker T., Krauss J., Lang M., Müller J., Pasali E., Socher S., Tschapka M., Turke M., Weiner C., Werner M., Gockel S., Hemp A., Renner S., Wells K., Buscot F., Kalko E., Linsenmair K., Weisser W., Fischer M. (2015): Grassland management intensification weakens the associations among the diversities of multiple plant and animal taxa, *Ecology* 96, 1492-1501.

Leichte Kontamination eines Pflanzenbestandes mit Colchizin durch Herbstzeitlose-haltige Mulchschicht

K. Grant, A. Jilg, J. Messner, M. Elsäßer

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Atzenberger Weg 99,
88326 Aulendorf

Kerstin.Grant@lazbw.bwl.de

Einleitung und Problemstellung

In Baden-Württemberg ist der Besatz von Herbstzeitlosen (*Colchicum autumnale* L.) in extensiv genutzten Grünlandflächen ein großes Problem (Höll, 2018). Viele Landwirte befürchten die totale Wertlosigkeit ihrer Aufwüchse, denn in der Regel wird der Grünlandaufwuchs als Heu konserviert und an Pferde und Rinder verfüttert. Die Herbstzeitlose enthält über 20 Alkaloide, darunter das für Mensch und Tier sehr giftige Colchizin (Jung et al., 2011). Dieses ist in allen Teilen der Pflanze, vor allem aber im Samen enthalten. Erst nach einer stunden- oder sogar tagelangen Latenzzeit treten Vergiftungserscheinungen auf. Eine Konservierung von Herbstzeitlose-haltigen Schnittguts (Heu oder Silage) führt zu keinem oder nur geringem Abbau des Giftes Colchizin und es behält noch nach mehreren Wochen und Monaten seine Wirksamkeit (Jung et al., 2011). Rechtlich darf Schnittgut, das Herbstzeitlose enthält und damit die Tiergesundheit beeinträchtigen kann, nicht verfüttert oder in Verkehr gebracht werden (LFGB, 2019). Damit ist nicht nur die landwirtschaftliche Verwendung des Schnittgutes wesentlich eingeschränkt, sondern auch die aus Sicht des Naturschutzes gewünschte Offenhaltung der Landschaft gefährdet. Zu einer Regulierung der Herbstzeitlosen auf landwirtschaftlich genutztem Grünland wird daher geraten. Die momentane Empfehlung zur Reduktion der Herbstzeitlosen ist ein frühes Mulchen bzw. ein früher Schnitt mit Abfuhr Anfang-Mitte Mai, wenn die Herbstzeitlose (HZL) bereits ihre Kapsel geschoben hat und mehr als zwei Pflanzen pro m² im Pflanzenbestand vorzufinden sind (Seither et al., 2014). Es stellt sich jedoch die Frage, ob das Colchizin einer sich zersetzenden Herbstzeitlosen-haltigen Mulchschicht an die darunter wachsenden Pflanzen weitergegeben wird und so das Futter im Folgeaufwuchs kontaminieren könnte. Daher wurde in einem Freilandversuch des Landwirtschaftlichen Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW) Pflanzenmaterial des Folgeaufwuchses auf Colchizingehalt getestet, das vorher durch eine Herbstzeitlosen-haltige Mulchschicht bedeckt gewesen war. Einflüsse von HZL-Besatzdichte und Zeitpunkt der Mulchregulierung (unterschiedliches Wuchsstadium der HZL) wurden zusätzlich untersucht.

Material und Methoden

Als Versuchsfläche wurde eine homogen gewachsene, grasdominierte Schnittwiese im ebenen Gelände gewählt, auf der bisher keine Herbstzeitlose gewachsen war, um sicherzustellen, dass möglicherweise festgestelltes Colchizin nur aus der ausgebrachten Mulchschicht stammen kann. Im Versuch wurden die zwei Faktoren HZL-Besatzdichte (0, 2, 10 HZL-Pflanzen/m²) und Mulchtermin (Ende April, Ende Mai) getestet. Dazu wurden zwei Experiment-Blöcke mit

je 9 Plots von einem Quadratmeter im Strip-Design angelegt. Die Variante Besatzdichte wurde dreifach wiederholt und pro Wiederholung randomisiert angeordnet. Der erste Experiment-Block wurde Ende April 2019 auf Höhe 5 cm abgeschnitten und das Material vollständig abgefahren, separat gehäckselt und für die Mulchschicht verwendet. Zeitgleich wurden auf einer HZL-befallenen Fläche in der Region Herbstzeitlosepflanzen geerntet. Die Pflanzen befanden sich im Wuchsstadium „nur Blätter“ (durchschnittlich 20 cm lang) und hatten keinen Kapselansatz. Als Einzelpflanzengewicht wurde 20 g FM festgesetzt. Die jeweilige Anzahl an Herbstzeitlosen wurden mit einer Handschere zerkleinert, abgewogen und unter das ebenfalls abgewogene und gehäckselte Schnittgut gemischt, so dass jeweils eine Gesamtmenge von 3,75 kg/m² Mulchschicht zur Verfügung stand. Die jeweilige Mulchschicht-Masse wurde dann auf die Versuchsflächen ausgebracht und gleichmäßig per Hand verteilt. Ende Mai wurde der Versuch entsprechend wiederholt: Dazu wurde in unmittelbarer Nähe des ersten Experiment-Blockes ein zweiter Streifen abgemäht, abgefahren, das Material gehäckselt, abgewogen und mit der jeweiligen Menge an Herbstzeitlosen vermischt als Mulchschicht ausgebracht. Der Unterschied zum ersten Block war das Wuchsstadium der Herbstzeitlosen. Sie hatten bereits alle eine Samenkapsel ausgebildet, die ca. 5 cm über den Boden herausschaute und deren enthaltenen Samen noch nicht reif waren („Blätter und junge Kapsel“). Für die Vergleichbarkeit wurde auch hier ein Einzelpflanzengewicht von 20 g FM und eine Gesamtmulchschichtmenge von 3,75 kg/m² gewählt. Zur Kontrolle wurden vom Ausgangsmulchmaterial sowie von den Herbstzeitlosen Proben für die Analyse auf Colchizin entnommen und bis zur Laboranalyse eingefroren.

Jeweils 8 Wochen (63 Tage) nach der Ausbringung der Mulchschicht war diese komplett zersetzt und Pflanzenproben des Folgeaufwuchses wurden für die Laboranalysen entnommen. Dazu wurde im Zentrum des Quadratmeters eine Fläche von 40 x 40 cm auf 8 cm abgeschnitten und im Trockenschrank bei 40 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die getrockneten Proben wurden dann zermahlen und zur Analyse an ein externes Labor versandt (JenaBios, Jena). Dort wurden die Proben auf Colchizingehalte nach einer Extraktion mit Acetonitril (gemäß QuEChERS Methode) mit einem HPLC-MS/MS untersucht.

Es wurde statistisch mit einem linearen Gemischte-Effekte-Modell (Paket ‚nlme‘ Version 3.1-131 in R (R Development Core Team 2006)) in Verbindung mit einer Varianzanalyse untersucht, ob es Unterschiede im Colchizingehalt zwischen den Varianten der Besatzdichte gemittelt über beide Mulchtermine gab. Im Modell wurde Variante und Mulchtermin als fixe Faktoren, Wiederholung als zufälliger Faktor gesetzt.

Ergebnisse

Die Laboranalysen ergaben sehr geringe Colchizingehalte im Pflanzenmaterial des Folgeaufwuchses. Mehrere Proben lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,01 mg/kg. Der höchste Wert von 0,06 mg/kg TM wurde in der Variante 10 Pflanzen/m² und Mulchzeitpunkt Ende Mai detektiert. Die Pflanzenproben der Variante 0 Pflanzen/m² lagen bis auf eine Probe (0,03 mg/kg TM) alle unterhalb der Bestimmungsgrenze. Dieser Wert kann höchstwahrscheinlich auf eine Verunreinigung in der Mühle zurückgeführt werden und wurde als Ausreißer bewertet, aber im Datensatz belassen.

Die statistische Analyse zeigte signifikante Unterschiede im Colchizingehalt durch die HZL-Besatzdichte (F=4,6; p=0,03). Der Colchizingehalt im Folgeaufwuchs unter einer Mulchschicht mit 10 Pflanzen/m² war mit im Mittel um 0,03 mg/kg TM signifikant höher als in der Kontrolle mit 0 Pflanzen/m² (Abb. 1). Der Zeitpunkt des Mulchtermins, und damit das Wuchsstadium der Herbstzeitlosen, hatte ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf den

Colchizingehalt im Folgeaufwuchs ($F=15,7$ $p=0,002$). Hier lagen die detektierten Colchizingehalte in der späteren Variante „Blätter und junge Kapsel“ Ende Mai um 0,01 mg/kg TM höher als in der frühen Variante Ende April im Stadium „nur Blätter“.

Besatzdichte und Mulchtermin hatten keinen signifikanten Interaktionseffekt auf den Colchizingehalt im Folgeaufwuchs, d.h. zu beiden Terminen waren die höchsten Colchizingehalte bei der höchsten Besatzdichte zu finden.

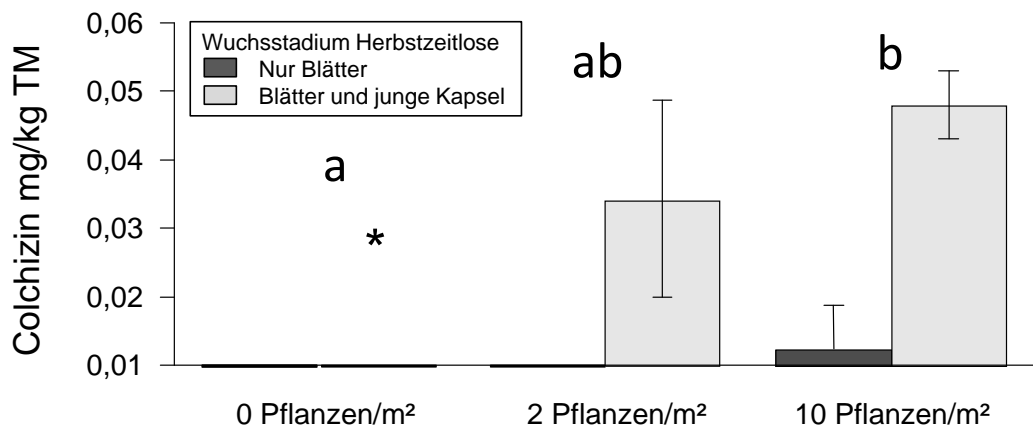


Abb. 1: Colchizingehalte (mg/kg TM) im Pflanzenmaterial des Folgeaufwuchses 8 Wochen nach Bedeckung mit Mulchschicht; Anzahl an Herbstzeitlosen (HZL) variiert in der Mulchschicht (0, 2, 10 Pflanzen/m²); zwei Mulchzeitpunkte (Ende April: Wuchsstadium der HZL „nur Blätter“, Ende Mai: „Blätter und junge Kapsel“); dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler pro Variante; Stern zeigt Ausreißerwert; kleine Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede in HZL-Menge gemittelt über beide Mulchzeitpunkte gemäß Linear Mixed Effect Model $p=0,05$; Bestimmungsgrenze des Colchizin 0,01 mg/kg.

Der Colchizingehalt des Ausgangsmaterials für die Mulchschicht, in das die jeweiligen Portionen der HZL eingemischt wurden, lag unterhalb der Bestimmungsgrenze. Die reinen Herbstzeitlosen-Pflanzen zum Zeitpunkt der Probennahme enthielten im Mittel 1686 mg/kg TM Colchizin im Stadium „nur Blätter“ und 1757 mg/kg TM im Stadium „Blätter und junge Kapsel“.

Diskussion

Die Ergebnisse der Analyse zeigen eine sehr leichte Kontamination des Folgeaufwuchses durch eine vorherige Bedeckung und Zersetzung einer Herbstzeitlose-haltigen Mulchschicht in Abhängigkeit des Wuchsstadiums sowie der Anzahl an Herbstzeitlosen.

Die separat beprobten HZL-Pflanzen zeigten einen höheren Gehalt an Colchizin im Stadium „Blätter und junge Kapsel“, der wahrscheinlich durch das Vorhandensein der unreifen Samen verursacht wurde. Jung et al. (2012) konnten nachweisen, dass die Samen der Herbstzeitlosen die höchsten Colchizingehalte im Vergleich zu allen anderen Pflanzenteilen beinhalten. Diese höheren Colchizingehalte in den HZL-Pflanzen mit junger Kapsel spiegeln sich daher auch in der leicht höheren Kontamination der Mulchtermin-Variante Ende Mai „Blätter und junge Kapsel“ wieder.

Die Ergebnisse zum Colchizingehalt bei unterschiedlicher Besatzstärke an HZL-Pflanzen im Bestand untermauern auch von Seiten der Kontamination des Folgeaufwuchses eine Regulierung des Bestandes ab 2 Pflanzen/m², wie bereits empfohlen (Seither et al., 2014).

Die detektierten Colchizingehalte lagen sehr nahe an der Bestimmungsgrenze des Colchizins (Maximalwert 0,06 mg/kg TM). Eine Verfütterung des Materials (frisch oder Heu) scheint daher unbedenklich. Tiere wie z. B. Rinder oder Pferde (hier: Annahme 500 kg Körpergewicht) müssten schon unrealistisch hohe Mengen (10 t TM/d) fressen, um die tödliche Dosis von Colchizin von 1 mg/kg Körpergewicht (Clinitox, 2019) zu erreichen.

Schlussfolgerungen

Eine Bedeckung des Pflanzenbestandes durch eine Herbstzeitlose-haltige Mulchschicht führt nur zu einer sehr leichten Kontamination des Folgeaufwuchses mit Colchizin. Die Methode zur Regulierung der Herbstzeitlosen durch ein frühes Mulchen Anfang-Mitte Mai, wenn die Herbstzeitlose (HZL) bereits ihre Kapsel geschoben hat, kann daher beibehalten und der Folgeaufwuchs verfüttert werden.

Literatur

Clinitox (2019): Giftpflanze: *Colchicum autumnale* – Veterinaertoxikologie https://www.vetpharm.uzh.ch/giftdb/pflanzen/0022_tvm.htm (14.10.2019).

Höll N. (2018): Die Herbstzeitlose in FFH-Mähwiesen, Naturschutzinfo 2/2018, 27-33.

Jung L., Winter S., Eckstein R.L., Kriechbaum M., Karrer G., Welk E., Elsäßer M., Donath T., Otte A. (2011): Biological Flora of Central Europe - *Colchicum autumnale* L. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 13, 227– 244.

Jung L., Donath T., Eckstein L., Otte A. (2012): Regulierung der Herbst-Zeitlose (*Colchicum autumnale* L.) in extensiv genutztem Grünland, Abschlussbericht DBU (Deutschen Bundesstiftung Umwelt)-Projekt.

LFGB (2019): §17 – Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch, Fassung der Bekanntmachung vom 3. Juni 2013 (BGBl. I S.1426), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 24. April 2019 (BGBl. I S. 498).

R Development Core Team (2006): R: a language and environment for statistical computation, Wien, <http://www.r-project.org>

Seither M., Engel S., King K., Elsäßer M. (2014): FFH-Mähwiesen Grundlagen – Bewirtschaftung – Wiederherstellung, Aulendorf.

Modell- und Demonstrationsnetzwerk kleinkörnige Leguminosen – Demonet-KleeLuzPlus

I. Jacob¹, D. Grill², K. Bader³, A.-K. Bessai⁴, A. Bilau³, E. Engels⁵, S. Fittje¹,
S. Glowacki⁵, U. Jäckel⁶, H. Jänicke⁷, M. Johannes², J. Junghans⁶, K. Kempkens⁵,
B. Köhler⁸, P. Köhler⁹, A. Kowalewicz⁷, G. Papke⁸, J. Schättler², R. Schätzl²,
M. Schneider², W. Wurth⁹, S. Hartmann²

¹ Öko-BeratungsGesellschaft mbH, Eichethof 1, 85411 Hohenkammer,
i.jacob@naturland-beratung.de

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Str. 38, 85354 Freising,
Demonet-KleeLuzPlus@LfL.bayern.de

³ Demeter e.V., Brandschneise 1, 64295 Darmstadt

⁴ Bioland Beratung GmbH, Kaiserstr. 18, 55116 Mainz

⁵ Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Gartenstraße 11, 50765 Köln-Auweiler

⁶ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Waldheimer Straße 219,
01683 Nossen

⁷ Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern,
Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf

⁸ Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Kölnische Str. 48-50, 34117 Kassel

⁹ Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild
und Fischerei Baden-Württemberg, Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

Einleitung und Problemstellung

Ziel des vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie geförderten Vorhabens ist es, den Anbau und die Verwertung von Kleearten und Luzerne in Deutschland nachhaltig auszuweiten und zu verbessern.

Durch den verstärkten Anbau von Klee-/Luzernegras sowie von Klee und Luzerne soll der Einsatz dieser heimischen Proteinträger gesteigert und die Versorgung mit regional produzierten Futtermitteln verbessert werden. Das Netzwerk hat zum Ziel, den Anbau und die Nutzung von kleinkörnigen Leguminosen zu optimieren und eine verbesserte Wertschöpfung im Futterleguminosenanbau zu erzielen. Es werden verschiedene Einsatzmöglichkeiten

dargestellt und weiterentwickelt. Betriebsindividuelle Lösungen sollen optimiert und die Akteure in Praxis, Beratung und Bildung für einen nachhaltigeren Futterbau auf Basis kleinkörniger Leguminosen sensibilisiert werden. Das Vorhaben wendet sich an konventionell und ökologisch wirtschaftende Betriebe.

Material und Methoden

2019 ist das bundesweit agierende Modell- und Demonstrationsvorhaben kleinkörnige Leguminosen (Demonet-KleeLuzPlus) mit einer geplanten Laufzeit von fünf Jahren gestartet. Insgesamt 73 konventionell und ökologisch wirtschaftende Demonstrationsbetriebe zeigen in sieben Aktionszentren den Anbau und verschiedene Verwertungsmöglichkeiten der Futterleguminosen. Die Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette ist dabei das Kernstück des Netzwerkes.

Im Fokus steht der Einsatz von Klee, Luzerne und deren Mischungen zur Fütterung von Milchkühen und deren Nachzucht. Aber auch weitere Nutzungsmöglichkeiten werden demonstriert, sei es die Produktion von Saatgut oder die innovative Verwertung im viehlosen Öko-Ackerbau. Hier soll beispielsweise eine verbesserte Wertschöpfung für die Betriebe im Vergleich zum Mulchen aufgezeigt werden.

Auf den Demonstrationsbetrieben werden relevante Kennzahlen und Parameter zu Anbau und Nutzung erhoben, die die Grundlage für eine betriebswirtschaftliche Bewertung bilden. Auf den Praxisflächen werden die Qualitäten der Futteraufwüchse analysiert. Diese Ergebnisse fließen in die Optimierung der Futterwirtschaft und von Rationen ein.

Die Netzwerkbetriebe zeigen auf den Demonstrationsanlagen verschiedene Möglichkeiten des Anbaus, darunter u. a. unterschiedliche Mischungen, Nutzungs- oder Düngevarianten. Sie fungieren als Best-Practice-Beispiele und vermitteln Wissen und Erfahrungen aus der Praxis an Berufskollegen. Der Austausch zwischen Praktikern steht im Mittelpunkt des Netzwerkes, aber auch der Dialog mit Beratung, Bildung und Wissenschaft findet statt. Dies geschieht zum einen über Felderbegehungen und Feldtage sowie über weitere öffentlichkeitswirksame Maßnahmen wie Betriebsporträts in Fachzeitschriften oder auf der Website des Projektes. Auf dieser finden sich nützliche Informationen zu Anbau und Verwertung sowie Terminhinweise für das gesamte Bundesgebiet (www.demonet-kleeluzplus.de). Das Netzwerk dient zudem als Schnittstelle zwischen Praxis und Forschung. Einerseits werden aktuelle Erkenntnisse aus Forschungsvorhaben in den Demonstrationen veranschaulicht, andererseits wird der Forschungsbedarf aus der Praxis an Akteure in der Forschung kommuniziert. Eng eingebunden in das Demonstrationsnetzwerk ist das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben der Stiftung Ökologie & Landbau (SÖL) „Erweiterung und ackerbauliche Auswertung der Praxiserhebungen und -untersuchungen im Rahmen des modellhaften Demonstrationsnetzwerks feinsamige Leguminosen der Eiweißpflanzenstrategie“. Darin werden weitergehende ackerbauliche Fragestellungen untersucht. Im Wesentlichen sollen Faktoren identifiziert werden, die den Erfolg des Anbaus kleinkörniger Leguminosen in der Praxis bedingen und zur betriebspezifischen Optimierung beitragen.

Neueinsteiger in den Futterleguminosenanbau sind im Demonet-KleeLuzPlus jederzeit willkommen und können bei den Projektmitarbeitern und Demobetrieben Erfahrungen sammeln und Beratung erhalten.

Erste Ergebnisse und Ausblick

Aktuell sind bundesweit 73 Demonstrationbetriebe im Netzwerk aktiv (Abb. 1), darunter 45 konventionell und 28 ökologisch wirtschaftende. Diese bauen auf durchschnittlich 31 ha kleinkörnige Leguminosen und deren Gemenge mit Gräsern auf ihrer Betriebsfläche an. Rund 2/3 der Demonstrationbetriebe bauen Klee-/Luzerne-Gras-Gemenge an, 1/3 bauen Reinsaaten an – hauptsächlich Luzerne, weniger häufig Kleearten. Die Aufwüchse werden vor allem an Milchkühe verfüttert. Bei einem weiteren Teil der Demonstrationbetriebe werden die Futterleguminosen in der Fütterung der Mastrinder bzw. Mutterkühe eingesetzt oder auch bei Schwein und Geflügel. Bei der innerbetrieblichen Verfütterung setzt die Hälfte der Demonstrationbetriebe auf Silage. Beweidung, die Verfütterung als Heu oder Grünfutter spielen eine untergeordnete Rolle.

Auch die Abgabe im Rahmen einer Futter-Mist-Kooperation oder die Vermarktung als Heu, Cobs oder Biogassubstrat wird auf einigen Betrieben praktiziert. Daneben sind saatzuterzeugende Betriebe Teil des Demonstrationnetzwerkes. Damit werden vielfältige Möglichkeiten in Anbau und Nutzung der Futterleguminosen gezeigt.

Im Projektjahr 2019/2020 wurden erste Demonstrationanlagen auf den Betrieben angelegt. Zudem erfolgten die Entnahme von Probeschnitten von den Praxisflächen sowie die Datenerfassung auf den Betrieben. Dies wird in der folgenden Laufzeit des Projektes fortgeführt und im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit zur Darstellung optimierter Anbauverfahren und Nutzungskonzepte für kleinkörnige Leguminosen herangezogen.

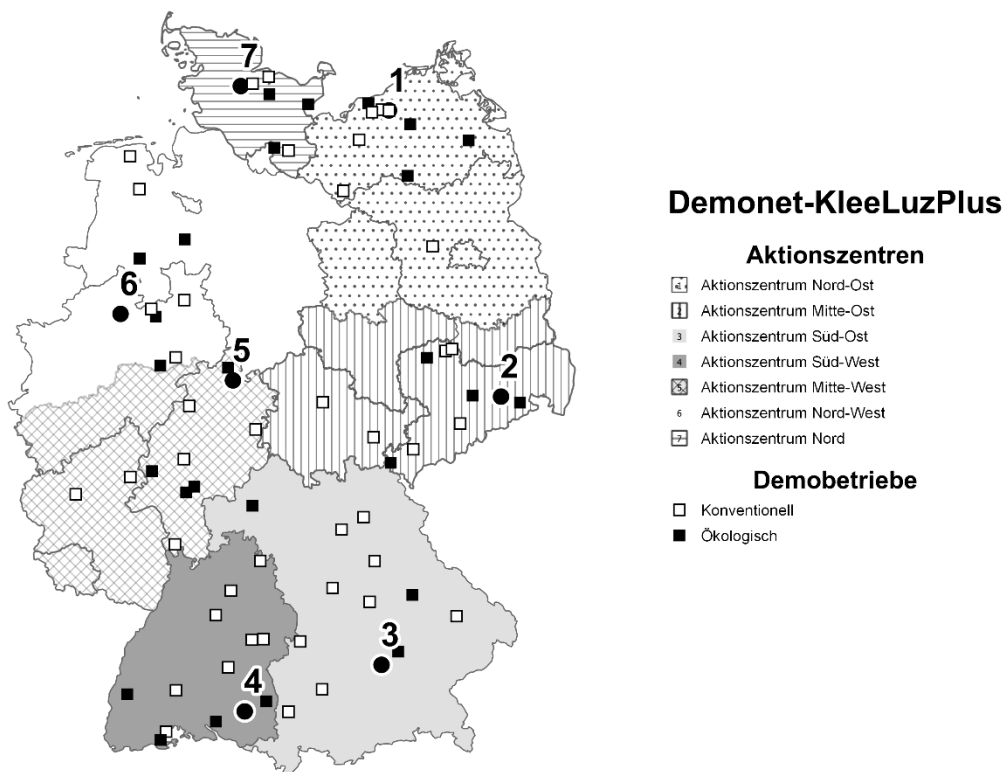


Abb. 1: Verteilung der Demonstrationbetriebe im Demonet-KleeLuzPlus. 1 = Aktionszentrum Nord-Ost, 2 = Aktionszentrum Mitte-Ost, 3 = Aktionszentrum Süd-Ost, 4 = Aktionszentrum Süd-West, 5 = Aktionszentrum Mitte-West, 6 = Aktionszentrum Nord-West, 7 = Aktionszentrum Nord.

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie.

Einsatz von Spitzwegerich in Saadmischungen für Wechselgrünland: Ertragseffekte, Potential von Ökotypen, Wirkung wertvoller Inhaltsstoffe und offene Fragen

M. Komainda¹, B. Reidy², J. Isselstein^{1,3}, S. Ineichen²

¹Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften,
Abteilung Graslandwissenschaft, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

²Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen, Schweiz

³Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung (CBL), Büsungenweg 1,
37077 Göttingen

Einleitung

Durch Diversifizierung von angesätem Grünland kann unter variierender Nutzungsintensität und -art die Ertragsleistung gesteigert werden (z.B. Grace *et al.*, 2018). Leistungsfähige Leguminosen führen über einen weiten Anteil an der Mischung zu starken Ertragseffekten bei massiv verringertem Stickstoffeinsatz (Nyfeler *et al.*, 2009). Im semi-intensiven Anbau dominieren deshalb Kleegrasmischungen. Diese sind hinsichtlich ihrer Ertragsfähigkeit, Futterqualität und Eignung zur Beweidung und Konservierung umfangreich untersucht worden (Gierus *et al.*, 2012; Lüscher *et al.*, 2014; Elgersma & Sørensen, 2016; Ergon *et al.*, 2016ab). Die Erweiterung von Mischungen um die funktionelle Gruppe der dikotylen nicht-leguminösen Kräuter wird bereits länger diskutiert (Foster, 1988). Der Anbau von Mischungen (mit und ohne Kräutern) erlaubt eine Steigerung der Konkurrenzfähigkeit gegenüber Unkräutern (Cong *et al.*, 2017), eine verbesserte Ausnutzung von limitierten Ressourcen (Husse *et al.*, 2017) und eine generell gute Futterqualität (mit Ausnahme des Sommers, wenn die Bestände stark altern) (Komainda & Isselstein, 2020). Feldexperimente zur Ertragsfähigkeit unterschiedlicher Kräutergrasmischung zeigen ein ausgesprochenes Potential unter variierenden Nutzungsintensitäten und sich verändernden Umweltbedingungen (Hofer *et al.*, 2016; Heshmati *et al.*, 2016; 2020). Hierbei zeigen vor allem Wegwarte (*Cichorium intybus* L.) und Spitzwegerich Potential (*Plantago lanceolata* L.), wobei letztere noch durch wertvolle Inhaltsstoffe besticht (Judson *et al.*, 2019). Ein Großteil der verfügbaren Untersuchungen in der Literatur befasst sich mit Vergleichen von mehr oder weniger standardisierten Mischungen mit solchen, die eine unterschiedliche Anzahl weiterer Kräuter enthalten (z.B. Grace *et al.*, 2018; Lorenz *et al.*, 2018). Systematische Studien, die die Hinzunahme einer Krautart bewerten sind rar oder häufig auf andere Krautarten als Spitzwegerich bezogen (z.B. Heshmati *et al.*, 2020). Für Spitzwegerich gibt es deshalb bislang wenig aussagekräftiges Datenmaterial, das eine agronomische Gesamtbewertung unter variierenden Anteilen in der Mischung erlaubt. Im vorliegenden Beitrag sollen verfügbare Informationen zum Potential von Spitzwegerich zur Absicherung der agronomischen Eigenschaften und der Tierleistung herangezogen und zusammengefasst dargestellt werden.

Erweiterung von Mischungen um Kräuter – Potential im Futterbau und der Tierernährung

Abbildung 1 zeigt einen Vergleich von Kleegrasmischungen gegenüber Mischungen mit Spitzwegerich und Wegwarte in Abhängigkeit des Krautanteils in der Mischung sowie der Düngung für eine Reihe aus der Literatur zusammengestellte Versuche in unterschiedlichen Ländern (Dodd *et al.*, 2017; Cong *et al.*, 2017; Dhamala *et al.*, 2018; Maloney *et al.*, 2018; Heshmati *et al.*, 2016; 2020). Dabei wurden nur Versuche einbezogen, die eine klare Bewertung des Effekts einer Krautart erlauben. Es zeigt sich generell zumeist ein Ertragsvorteil sowie ein signifikanter Anstieg des Vorteils mit Düngung ($P < 0.05$). Dieser scheint jedoch unabhängig vom Krautanteil an der Mischung zu sein.

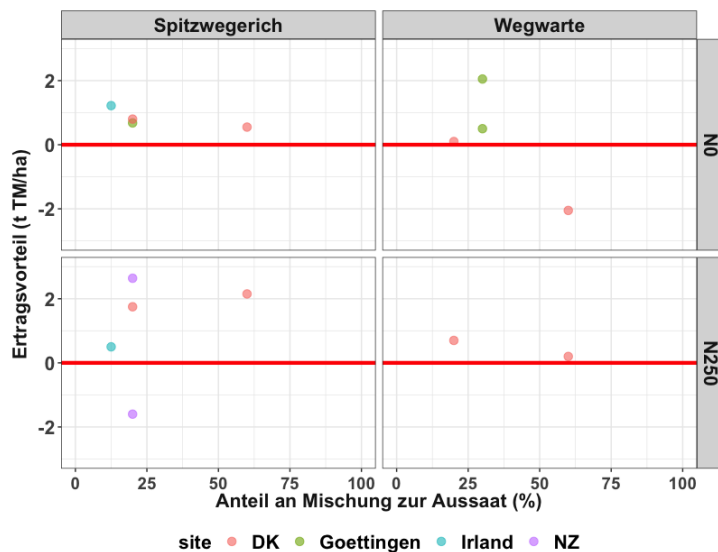


Abb. 1: Veränderung der Ertragsleistung durch den Einsatz von Kräutern in Abhängigkeit von Mischungsanteil und Stickstoffdüngung. Werte basierend aus Literaturangaben für unterschiedliche Länder (DK: Dänemark, NZ: Neuseeland). Positive Werte zeigen Mehrertrag durch Hinzunahme von Kräutern.

Unter Beweidung wurde dokumentiert, dass artenreiche Mischungen mit Kräutern gegenüber artenarmen Mischungen die Futteraufnahme und tierische Leistung steigern (Soder *et al.*, 2006; Seither *et al.*, 2012), was auf geringere NDF-Gehalte zurückgeführt wird (Derrick *et al.* 1993). Beweidung von Kräutern in Reinsaat oder Mischung führte in verschiedenen Versuchen zudem zu einer Steigerung der Milchleistung und Stickstoffnutzungseffizienz bei Milchkühen bzw. einer verbesserten Tageszunahme bei Lämmern (Fraser & Rowarth, 1996; Totty *et al.*, 2013; Pembleton *et al.*, 2016; Grace *et al.*, 2018). Kräuterreiches Wiesenfutter kann auch die Fettsäurezusammensetzung von Kuhmilch positiv beeinflussen (Ineichen *et al.*, 2019ab; Leiber *et al.*, 2004).

Spitzwegerich – Bedeutung für den Futterbau

Spitzwegerich ist historisch betrachtet eine wichtige ausdauernde Weidefutterpflanze (Foster, 1988) und ubiquitär im gemäßigten Klimabereich vom Flachland bis in Höhenlagen auf 1700 m präsent (Dietl & Jorquera, 2004). Ursprünglich als winter-dormantes, flach am Boden liegendes Kraut (Senghas & Seybold, 2003) beschrieben, wurde durch Züchtungsarbeit eine Bandbreite von Sorten entwickelt, die von spät blühenden, winter-dormanten Formen bis zu

winteraktiven und aufrecht wachsenden Sorten reicht, beispielsweise ‚Ceres Tonic‘ oder ‚Grasslands Lancelot‘ (Stewart, 1996).

Medizinisch betrachtet kommt der Gattung *Plantago* eine Bedeutung als adstringierendes, demulgierendes, diuretisches, antivirales und antibakterielles Mittel zu (Marchesan *et al.*, 1998). Die biologisch aktiven Inhaltsstoffe von Spitzwegerich werden vorwiegend auf die sekundären Pflanzeninhaltsstoffe Aucubin und Catalpol (zwei Iridoidglycoside), sowie das Phenylpropanoid Acteosid zurückgeführt (Damtoft *et al.*, 1983; Navarette *et al.*, 2016). Variabilität in der Konzentration dieser Inhaltsstoffe ist dabei zum einen genetisch determiniert (Bowers & Stamp, 1992; Stewart, 1996). Zum anderen wirken Umwelteffekte (Al-Mamun *et al.*, 2008). In einer Studie von Al-Mamun *et al.* (2008) wurden die Aucubinkonzentrationen von im Freiland gesammelten Spitzwegerichökotypen untersucht. Die Aucubinkonzentration der Ökotypen lag zwischen 0.98 und 4.2% der TM, diejenige von Zuchtsorten im Vergleich deutlich geringer (0.7 und 1.8% TM). Nach Tamura and Nishibe (2002) verändert sich die Konzentration von Aucubin in Spitzwegerichblättern über die Vegetationsperiode mit einer Zunahme zum Herbst, wobei junge Blätter 7-fach erhöhte Iridoid-Konzentrationen enthalten als alte Blätter (Bowers & Stamp, 1993). Lee *et al.* (2015) konnten zeigen, dass morpho-physiologische Änderungen im Verlauf der phänologischen Entwicklung mit der Nutzungsintensität interagieren. Wie sich diese Änderungen auf die Aucubinkonzentration von Spitzwegerich und damit den Gesamtbestand auswirken, ist weitgehend unbekannt. Ungeklärt ist bislang auch, ob die Aucubinkonzentration von Ökotypen asymptotisch auf veränderte Umweltbedingungen reagiert, d.h. ob eine Veränderung der Umwelt durch Nutzung (Schnitt vs. Weide, häufig vs. selten, viel vs. wenig Nährstoffeinsatz) mit einer veränderten Aucubinkonzentration einhergeht (Brower & Stamp, 1993).

Konsequenzen für Tier-Pflanze-Boden

Auswirkungen von Spitzwegerich auf tierindividuelle Leistungsparameter werden u.A. mit der Aucubinkonzentration erklärt. Einen Überblick zu möglichen Auswirkungen zeigt Tabelle 1. Durch Beweidung einer Mischung mit Spitzwegerich wurde die Stickstoffkonzentration im Urin von Milchkühen um 19% verringert (Totty *et al.*, 2013; Box *et al.*, 2016). Nach Cheng *et al.* (2017) wird ein größerer Anteil der Stickstoffaufnahme durch Körperretention angesetzt oder im Kot organisch gebunden ausgeschieden. *In vitro* konnte von Navarrate *et al.*, (2016) gezeigt werden, dass die ruminale Ammoniakbildung bei Verfütterung von Spitzwegerich verringert ist. So wird auch von einer Vergrößerung der Relation von Kot- zu Urinstickstoff ausgegangen. Aber auch die Konzentration diuretischer Inhaltsstoffe wird als Erklärung für eine reduzierte Stickstoffausscheidung via Urin herangezogen (O’Connell *et al.*, 2016). Die genetische Variabilität der Aucubinkonzentration von Spitzwegerichsorten ist am Tier messbar (Bowers & Stamp, 1992). In einem Fütterungsversuch unterschiedlicher Spitzwegerichsorten an Schafe, wurde die Variabilität der diuretischen Wirkung auf die sortenbedingte Variabilität der Aucubinkonzentration zurückgeführt (Judson *et al.*, 2018). Der diuretische Effekt wird auch mit einer erhöhten Wasseraufnahme durch die Spitzwegerichbiomasse erklärt (Cheng *et al.*, 2017).

Tab. 1: Wirkung der Fütterung von Rationen mit Spitzwegerich an Wiederkäuer

Effekt	Tierart	Quelle
gesteigerte Futterraufnahme	Mutterschafe	Robertson <i>et al.</i> , 1995
Anthelmintische Wirkung	Mutterschafe	Judson <i>et al.</i> , 2019
erhöhte Milchproduktion	Mutterschafe	Kenyon <i>et al.</i> , 2010
erhöhte Tageszunahmen	Mastlämmer	Kemp <i>et al.</i> , 2013
geringere Stickstoffausscheidung im Urin	Milchkühe	Totty <i>et al.</i> , 2013; Cheng <i>et al.</i> , 2017
geringere ruminale Ammoniakbildung	Milchkühe	Navarrette <i>et al.</i> , 2016
verbesserte Milchfettsammensetzung,	Milchkühe	Ineichen <i>et al.</i> , 2019a
verbesserte Stickstoffnutzungseffizienz	Milchkühe	Pembleton <i>et al.</i> , 2016
geringere Lachgasemissionen	Milchkühe	Simon <i>et al.</i> , 2019
geringere Nitratauswaschung	Milchkühe	Judson <i>et al.</i> , 2018

Lachgas- und Nitratemissionen an Urinstellen sind die maßgeblichen Verlustquellen auf Weideflächen. Spitzwegerich verringert nicht nur die Stickstoffkonzentration im Urin, sondern auch die gesamte Stickstoffausscheidung von Rindern und wirkt offensichtlich hemmend auf die Nitrifikation im Boden (Bryant *et al.*, 2018; Judson *et al.*, 2018). Durch eine Steigerung der Spitzwegerichanteile in Weideflächen konnte die Emission von Lachgas (N₂O) verringert werden (Simon *et al.*, 2019), was sich durch eine verlangsamte Nitrifikation im Boden erklären lässt (Pijlman *et al.*, 2020). Kräuter erweisen sich offensichtlich auch als Option zur Verringerung der Methanemission (Bodas *et al.*, 2008). In Neuseeland und den Niederlanden gewinnt Spitzwegerich aufgrund seiner Eigenschaften derzeit an Bedeutung (Judson *et al.*, 2019; Pijlman *et al.*, 2020). Spitzwegerich besitzt somit Potential für die Entwicklung klimaschonender Anbausysteme unterschiedlicher Nutzungsrichtungen.

Ableitungen und Ausblick

In Deutschland sowie der Schweiz werden zurzeit offiziell keine Mischungen mit Spitzwegerich oder Kräutern empfohlen. Vorbehalte gegenüber Spitzwegerich in der landwirtschaftlichen Praxis sind vermutlich auf nicht hinreichend bekannte Auswirkungen auf die Futterqualität Bestandsentwicklung und Futterkonservierungseigenschaften zurückzuführen.

Es ergeben sich zwei zentrale Fragen: Es ist erstens nicht hinreichend untersucht, wie sich die morpho-physiologische Entwicklung von Spitzwegerich im Verlauf der Vegetationsperiode auf die Aucubinkonzentration auswirkt und ob diese Änderung von der Nutzungsintensität und dem Pflanzenbestand beeinflusst wird. Zudem sind Effekte auf die Futterqualität von Spitzwegerich und des Gesamtbestandes sowie auf die Aucubinkonzentration in Interaktion mit der Nutzungsintensität unbekannt. Zweitens ist die Variabilität der Aucubinkonzentration von Ökotypen in Abhängigkeit sich veränderter Umweltbedingungen ungeklärt. Erst durch Erkenntnisse in diesem Kontext, können geeignete Kandidaten in Zuchtprogramme aufgenommen werden. Diese Fragen sind vor der Empfehlung von Mischungen für den Anbau sicher zu beantworten. Hierbei ist auch ungeklärt, ob Spitzwegerich in Mischungen den Gras-, den Leguminosenpartner oder beide anteilig ersetzen sollte und in welchen Anteilen ein Einsatz sinnvoll erscheint.

Literatur

- Al-Mamun, M., Abe, D., Kofujita, H., Tamura, Y., Sano, H. (2008). Comparison of the bioactive components of the ecotypes and cultivars of plantain (*Plantago lanceolata* L.) herbs. *Animal Science Journal*, 79, 83–88.
- Bodas, R., López, S., Fernández, M., García-González, R., Rodríguez, A.B., Wallace, R.J., González, J.S. (2008). *In vitro* screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 145, 245–258.
- Bowers, M.D., Stamp, N.E. (1992). Chemical variation within and between individuals of *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae). *Journal of Chemical Ecology*, 18, 985–995.
- Bowers, M.D., Stamp, N.E. (1993). Effects of plant age, genotype, and herbivory on *Plantago* performance and chemistry. *Ecology*, 74, 1778–1791.
- Box, L.A., Edwards, G.R., Bryant, R.H. (2016). Milk production and urinary nitrogen excretion of dairy cows grazing perennial ryegrass-white clover and pure plantain pastures. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 76, 18–21.
- Bryant, R.H., Welten, B.G., Costall, D., Shorten, P.R., Edwards, G.R. (2018). Milk yield and urinary-nitrogen excretion of dairy cows grazing forb pasture mixtures designed to reduce nitrogen leaching. *Livestock Science*, 209, 46–53.
- Cheng, L., Judson, H.G., Bryant, R.H., Mowat, H.A., Guinot, L., Hague, H., Taylor, S., Edwards, G.R. (2017). The effects of feeding cut plantain and perennial ryegrass-white clover pasture on dairy heifer feed and water intake, apparent nutrient digestibility and nitrogen excretion in urine. *Animal Feed Science and Technology*, 229, 43–46.
- Cong, W.-F., Jing, J., Rasmussen, J., Soegaard, K., Eriksen, J. (2017). Forbs enhance productivity of unfertilised grass-clover leys and support low-carbon bioenergy. *Scientific Reports*, 7, 1422, 1–10.
- Damtoft, S., Rosendal Jensen, S., Nielsen, B.T. (1983). The biosynthesis of iridoid glucosides from 8-epi-deoxyloganic acid. *Biochemical Society Transactions*, 11, 593–594.
- 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.
- Dhamala, N.R., Rasmussen, J., Carlsson, G., Sjøgaard, K., Eriksen, J. (2018). Effects of including forbs on N₂-fixation and N yield in red clover-ryegrass mixtures, *Plant Soil*, 424, 525–537
- Dietl, W., Jorquera, M., (2004). *Wiesen- und Alpenpflanzen: Erkennen an den Blättern – Freuen an den Blüten*. Österreichischer Agrarverlag, 2. Auflage 2004. ISBN: 3-7040-2082-6.
- Dodd, M.B., Dalley, D.E., Elliott, D., Wims, C.M. (2017). Establishment year productivity, botanical composition and nutritive value of grass/lucerne/plantain dairy pasture mixtures. *Journal of New Zealand Grasslands*, 79, 223–228.
- Elgersma, A., Sjøgaard, K. (2016). Effects of species diversity on seasonal variation in herbage yield and nutritive value of seven binary grass-legume mixtures and pure grass under cutting. *European Journal of Agronomy* 78, 73–83.
- Ergon, Å., Kirwan, L., Bleken, M.A., Skjelvåg, A.O., Collins, R.P., Rognli, O.A. (2016a). Species interactions in a grassland mixture under low nitrogen fertilization and two cutting

- frequencies. I. dry-matter yield and dynamics of species composition. *Grass and Forage Science* 71, 667–682.
- Ergon, Å., Kirwan, L., Fystro, G., Bleken, M.A., Collins, R.P., Rognli, O.A. (2016b). Species interactions in a grassland mixture under low nitrogen fertilization and two cutting frequencies. II. Nutritional quality. *Grass and Forage Science* 72, 333–342.
- Fraser, T.J., Rowarth, J.S. (1996). Legumes, herbs or grass for lamb performance. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 58, 49-52.
- Foster, L. (1988). Herbs in pastures. Development and research in Britain, 1850-1984. *Biological Agriculture and Horticulture* 5, 97–133.
- Grace, C., Boland, T.M., Sheridan, H., Lott, S., Brennan, E., Fritch, R., Lynch, M.B. (2018). The effect of increasing pasture species on herbage production, chemical composition and utilization under intensive sheep grazing. *Grass and Forage Science*, 73, 852–864.
- Heshmati, S., Tonn, B., Isselstein J. (2016). Does the variety of *Lolium perenne* affect the performance of binary and multi-species mixtures? In Höglind M, Bakken AK, Hovstad KA, Kallioniemi E, Riley H, Steinshamn H, Østrem L (eds), *The Multiple Roles of Grassland in the European Bioeconomy*. Trondheim, Norway, *Grassland Science in Europe*, 21, pp. 660–662.
- Heshmati, S., Tonn, B., Isselstein, J. 2020. White clover population effects on the productivity and yield stability of mixtures with perennial ryegrass and chicory. *Field Crops Research*, 252, 107802.
- Hofer, D., Suter, M., Haughey, A., 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. *J Appl Ecol*. 53, 1023-1034.
- Husse, S., Lüscher, A., Buchmann, N., Hoekstra, N.J., Huguenin-Elie, O. (2017). Effects of mixing forage species contrasting in vertical and temporal nutrient capture on nutrient yields and fertilizer recovery in productive grasslands. *Plant and Soil*, 420, 505–521.
- Ineichen, S., Marquardt, S., Wettstein, H.-R., Kreuzer, M., Reidy, B. (2019a). Milk fatty acid profile and nitrogen utilization of dairy cows fed ryegrass-red clover silage containing plantain (*Plantago lanceolata* L.). *Livestock Science*, 221, 123–132.
- Ineichen, S., Kuenzler, A.D., Kreuzer, M., Marquardt, S., Reidy, B. (2019b). 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.
- Judson, H.G., Fraser, P.M., Peterson, M.E., Edwards, G.R. (2018). Specific genotypes of plantain (*Plantago lanceolata*) vary in their impact on sheep urine volume and nitrification in the urine patch. *Journal of New Zealand Grasslands*, 80, 125–128.
- Judson, H.G., Stewart, A.V., Moorhead, A.J., Fraser, T.M., Peterson, M., Kemp, P.D., Edwards, G.R. (2019). The use of *Plantago lanceolata* to reduce nitrate leaching from the urine patch. *Grassland Science in Europe*, 24, 60–62.
- Komainda, M., Isselstein, J. (2020). Effects of functional traits of perennial ryegrass cultivars on forage quality in mixtures and pure stands. *The Journal of Agricultural Science*, 2020, 1–12.

- Lee, J.M., Hemmingson, N.R., Minnee, E.M.K., Clark, C.E.F. (2015). Management strategies for chicory (*Cichorium intybus*) and plantain (*Plantago lanceolata*): impact on dry matter yield, nutritive characteristics and plant density. *Crop and Pasture Science*, 66, 168-183.
- Leiber, F., Kreuzer, M., Jörg, B., Leuenberger, H., Wettstein, H.-R. (2004). Contribution of altitude and alpine origin of forage to the influence of alpine sojourn of cows on intake, nitrogen conversion, metabolic stress and milk synthesis. *Animal Science*, 78, 451-466.
- Li, D., Watson, C.J., Yan, M.J., Lalor, S., Rafique, R., Hyde, B., Lanigan, G., Richards, K.G., Holden, N.M., Humphreys, J. (2013). A review of nitrous oxide mitigation by farm nitrogen management in temperate grassland-based agriculture. *Journal of Environmental Management*, 128, 893-903.
- Lorenz, H., Loges, R., Kluß, C., Taube, F. (2018). Der Einfluss der Nutzungshäufigkeit auf die Ertragsleistung von Klee grasbeständen mit und ohne Kräuteranteil - eine 4-jährige Feldstudie, AGGF-Tagungsband, 2018, 203-208
- Lüscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, F., Rees, R.M., Peyraud, J.L. (2014). Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science*, 59, 206-228.
- Marchesan, M., Paper, D.H., Hose, S., Franz, G. (1998). Investigation of the anti-inflammatory activity of liquid extracts of *Plantago lanceolata* L. *Phytotherapy Research*, 12, 33-34.
- Moloney, T., Sheridan, H., Grant, J., O’Riordan, E.G., O’Kiely, P. (2018). Yield of binary- and multi-species swards relative to single-species swards in intensive silage systems. *Irish J of Agricultural and Food Research*, 59, 12-26.
- Navarrete, S., Kemp, P.D., Pain, S.J., Back, P.J. (2016). Bioactive compounds, aucubin and acetoside, in plantain (*Plantago lanceolata* L.) and their effect on *in vitro* rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 222, 158-167.
- Pembleton, K.G., Hills, J.L., Freeman, M.J., McLaren, D.K., French, M., Rawnsley, R.P. (2016). More milk from forage: Milk production, blood metabolites, and forage intake of dairy cows grazing pasture mixtures and spatially adjacent monocultures. *Journal of Dairy Science*, 99, 3512-3528.
- Pijlman, J., Berger, S.J., Lexmond, F., Bloem, J., van Groenigen, J.W., Visser, E.J.W., Erisman, J.W., van Eekeren, N. (2020). Can the presence of plantain (*Plantago lanceolata*) improve nitrogen cycling of dairy grassland systems on peat soils? *New Zeal Journal Agricultural Research*,
- O’Connell, C.A., Judson, H.G., Barrell, G.K. (2016). Sustained diuretic effect of plantain when ingested by sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 76, 14-17
- Seither, M., Wrage, N., Isselstein, J. (2012). Sward composition and grazer species effects on nutritive value and herbage accumulation. *Agronomy Journal*, 104, 497.
- Senghas, K., Seybold, S. (2003). *Flora von Deutschland und angrenzender Länder*. Quelle & Meyer, Wiebelsheim, Germany, 92 edition.
- Simon, P.L., de Klein, C.A.M., Worth, W., Rutherford, A.J., Dieckow, J. (2019). The efficacy of *Plantago lanceolata* for mitigating nitrous oxide emissions from cattle urine patches. *Science of the Total Environment*, 691, 430-441.
- Soder, K., Sanderson, M., Stack, J., Muller, L. (2006). Intake and performance of lactating cows grazing diverse forage mixtures. *Journal of Dairy Science*, 89, 2158-2167.

- Stewart, A.V. (1996). Plantain (*Plantago lanceolata*) – a potential pasture species. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 58, 77–86.
- Stewart, A.V., Judson, H.G. (2019). Developments in the use of plantain (*Plantago lanceolata*) cultivars in New Zealand. Grassland Science in Europe, 24, 518–520.
- Tamura, Y., Nishibe, S. (2002). Changes in the concentration of bioactive compounds in plantain leaves. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 2514–2518.
- Totty, V., Greenwood, S., Bryant, R., Edwards, G. (2013). Nitrogen partitioning and milk production of dairy cows grazing simple and diverse pastures. Journal of Dairy Science, 96, 141–149.

Morphologische Plastizität von Weißklee in Reinbeständen und Mischungen im Jahresverlauf

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

Weißklee (*Trifolium repens*) zeigt eine starke innerartliche Variabilität von morphologischen Merkmalen, wozu die Blattfläche, die Petiolenlänge, die Internodienlänge, die spezifische Blattfläche, die spezifische Petiolenlänge und die spezifische Internodienlänge zählen (Caradus & Woodfield, 1997). Frühere Studien machen deutlich, dass diese Merkmale die Konkurrenzkraft von Weißklee in Mischungen mit anderen Futterpflanzen und damit die Erträge beeinflussen und plastisch auf Veränderungen der kompetitiven Umwelt reagieren können (Annicchiarico *et al.*, 2015). Wie diese plastische Reaktion von der Identität von Konkurrenten beeinflusst wird, wurde schon mehrfach untersucht (Annicchiarico, 2003; Bittebiere *et al.*, 2012; Nassiri & Elgersma, 2002), wobei sich diese Untersuchungen jedoch meist auf Gräser als Mischungspartner beschränkten. Darüber hinaus ist bislang wenig über Veränderungen im Jahresverlauf bekannt. Unser Ziel war es daher, den Einfluss von Anbausystem und Aufwuchs auf die morphologischen Merkmale und Erträge unterschiedlicher Weißklee-Populationen zu testen. Dafür wurden diese in Reinbeständen sowie Mischungen mit Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) oder Zichorie (*Cichorium intybus*) über vier Aufwüchse beprobt.

Material und Methoden

Der zugrundeliegende Feldversuch wurde Ende 2017 auf der Fläche eines Versuchsgutes der Universität Göttingen angelegt. Der dortige Boden ist ein ertragreicher tiefgründiger Auenlehm. Um die gesamte Bandbreite an Ausprägungen agronomisch wichtiger Merkmale zu erfassen, wurden sechs Weißklee-Populationen eines laufenden Züchtungsprogramms zur Verbesserung der Erträge in Mischungen (Deutsche Saatveredelung AG) und zwei Weißklee-Sorten (im Folgenden ebenfalls als Populationen bezeichnet) verwendet. Jede der Populationen wurde in ungedüngtem Reinbestand (1000 Samen m⁻²) sowie als Mischung mit Deutschem Weidelgras oder Zichorie (400:600 Samen m⁻²) mit dreifacher Wiederholung (Block) angebaut. Die Parzellengröße betrug 22,5 m². Die Messungen fanden an vier aufeinanderfolgenden Aufwüchsen von April bis Oktober 2019 statt. Aufgrund des schlechten Frühjahrswachstums von Weißklee in Mischungen mit Deutschem Weidelgras startete die Beprobung erst ab dem zweiten Aufwuchs. Am Ende jedes Aufwuchses wurde die oberirdische Biomasse (> 5 cm) der Parzellen geerntet und gewogen. Teilproben davon wurden getrocknet und gewogen, um den Trockenmasseertrag des gesamten Bestandes zu ermitteln. Um den Trockenmasseertrag des Weißklee zu bestimmen, wurden weitere Teilproben nach Arten getrennt und die Fraktionen ebenfalls getrocknet und gewogen. Kurz vor den Ernten wurden von 15 zufällig ausgewählten Klee-Pflanzen je Parzelle das jeweils

jüngste voll entwickelte Blatt, die zugehörige Petiole sowie das Internodium zwischen der genannten und der nächstjüngeren Petiole abgetrennt. Die drei Fragmente wurden gescannt und mittels Analysesoftware (WinFOLIA Pro 2016b und WinRHIZO Reg 2016a; Regent Instruments, Québec, Kanada) die mittlere Blattfläche, Petiolenlänge und Internodienlänge der Parzellen ermittelt. Im Anschluss wurden die Fragmente getrocknet und gewogen und aus dem Verhältnis zwischen mittlerer Fläche bzw. Länge und mittlerem Gewicht jedes Fragments die mittlere spezifische Blattfläche, Petiolenlänge und Internodienlänge der Parzellen berechnet. Die statistische Analyse der erzielten Daten führten wir in R 3.5.1 (R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich) durch. Der Einfluss von Population, Anbausystem und Aufwuchs auf die einzelnen morphologischen Merkmale und die Erträge wurde mittels linearer gemischter Modelle des Pakets „nlme“ (Pinheiro *et al.*, 2018) untersucht. Um alle Anbausysteme trotz der fehlenden Daten im ersten Aufwuchs über alle Aufwüchse hinweg vergleichen zu können, wurde ein neuer, kombinierter Faktor (Anbausystem_Aufwuchs) erstellt. Die vollen Modelle enthielten Population, Anbausystem_Aufwuchs und Block als feste Effekte und Parzelle als zufälligen Effekt. Um den Modellannahmen gerecht zu werden, wurden die Erträge wurzeltransformiert und, wo nötig, Varianzstruktur-Funktionen verwendet. Die Auswahl der finalen Modelle basierte auf dem für kleine Stichprobengrößen korrigierten Akaike-Informationskriterium (AICc). Waren die Effekte in den finalen Modellen signifikant, wurden die Unterschiede zwischen den verschiedenen Faktorstufen mittels Tukey-Tests überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Die Populationen unterschieden sich in den untersuchten morphologischen Merkmalen mit Ausnahme der Internodienlänge und der spezifischen Blattfläche. Alle aufgenommenen Merkmale reagierten plastisch und waren abhängig von Anbausystem und Aufwuchs (Tab. 1). Die Richtung und das Ausmaß der Plastizität, mit der Weißklee auf die verschiedenen Konkurrenten und Zeitpunkte reagierte, waren dabei für alle Populationen gleich. Dieses Ergebnis widerspricht vorangegangenen Studien, die Unterschiede zwischen Weißklee-Genotypen in der morphologischen Reaktion auf verschiedene kompetitive Umwelten feststellten (Annicchiarico, 2003; Nassiri & Elgersma, 2002).

Tab. 1: Einfluss von Population sowie Anbausystem und Aufwuchs auf die morphologischen Merkmale Blattfläche (BF), Petiolenlänge (PL), Internodienlänge (IL), spezifische Blattfläche (SBF), spezifische Petiolenlänge (SPL) und spezifische Internodienlänge (SIL). Faktoren ohne Wert waren nicht im finalen Modell enthalten.

		BF	PL	IL	SBF	SPL	SIL
Population	<i>F</i>	30,8	20,0	-	-	33,0	34,4
	<i>p</i>	< 0,001	< 0,001	-	-	< 0,001	< 0,001
Anbausystem_Aufwuchs	<i>F</i>	134,4	180,6	58,0	46,9	85,3	48,2
	<i>p</i>	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Die Blattfläche und die Petiolenlänge waren generell in den Reinbeständen am größten und in den Mischungen mit Deutschem Weidelgras am kleinsten, wohingegen die im Vergleich zu den anderen Anbausystemen längeren Internodien in Mischungen mit Deutschem Weidelgras auf den zweiten und den dritten Aufwuchs beschränkt waren (Abb. 1). Das steht teilweise im Gegensatz zu vorherigen Veröffentlichungen, die längere Petiolen in Mischungen mit Gräsern

als in Reinbeständen (Annicchiarico, 2003) sowie längere Internodien in heterogeneren kompetitiven Umwelten beobachtet (Bittebiere *et al.*, 2012). Unabhängig vom Anbausystem waren alle drei Merkmale im zweiten Aufwuchs am größten und im vierten Aufwuchs am kleinsten. Für die spezifische Blattfläche, Petiolenlänge und Internodienlänge konnten keine Aufwuchs-übergreifenden Unterschiede zwischen den Anbausystemen festgestellt werden (Abb. 1). Frühere Untersuchungen fanden hingegen in Mischungen mit Gräsern eine im Vergleich zu den Reinbeständen kleinere spezifische Blattfläche und je nach Weißklee-Genotyp eine kleinere oder größere spezifische Petiolenlänge (Nassiri & Elgersma, 2002). Alle Anbausysteme hatten die höchste spezifische Blattfläche im zweiten Aufwuchs, während die spezifische Petiolenlänge in Aufwuchs drei oder vier und die spezifische Internodienlänge in Aufwuchs zwei oder drei am größten waren.

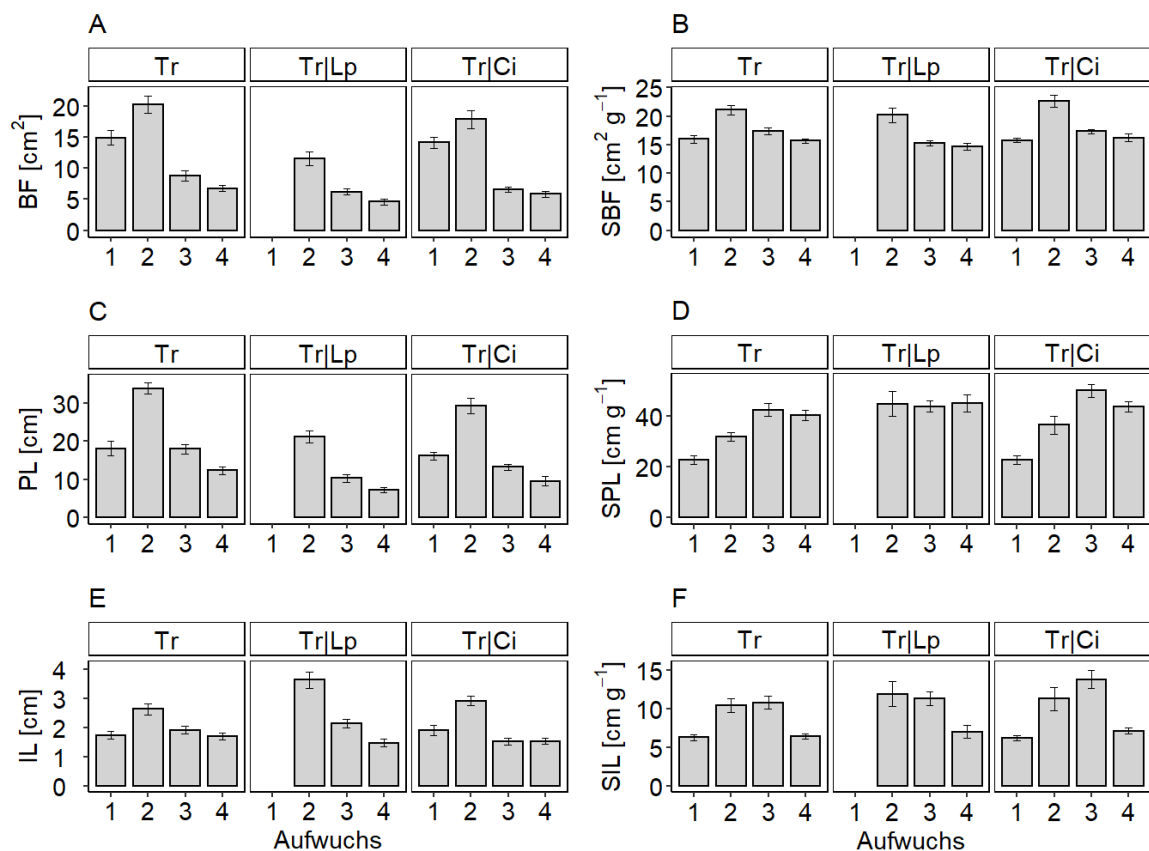


Abb. 1: Morphologische Merkmale (A) Blattfläche (BF), (B) spezifische Blattfläche (SBF), (C) Petiolenlänge (PL), (D) spezifische Petiolenlänge (SPL), (E) Internodienlänge (IL) und (F) spezifische Internodienlänge (SIL) in Abhängigkeit von Anbausystem (Tr: Reinbestand, Tr|Lp: Mischung mit deutschem Weidelgras, Tr|Ci: Mischung mit Zichorie) und Aufwuchs (1-4); Modellschätzer und 95%-Vertrauensintervalle.

Tab. 2: Einfluss von Population sowie Anbausystem und Aufwuchs auf die Trockenmasseerträge des Weißklee (TME Tr) und des gesamten Bestandes (TME Ges).

		TME Tr	TME Ges
Population	<i>F</i>	9,4	5,6
	<i>p</i>	< 0,001	< 0,001
Anbausystem_Aufwuchs	<i>F</i>	109,3	300,2
	<i>p</i>	< 0,001	< 0,001

Die Weißklee- und Gesamt-Erträge hingen ebenfalls von der Population und dem gemeinsamen Effekt von Anbausystem und Aufwuchs ab (Tab. 2). Unter den Aufwüchsen war in der Regel der zweite am ertragreichsten und der vierte am ertragsschwächsten (Abb. 2). Daher reflektierten die Weißklee- und die Gesamt-Erträge überwiegend die Größe der Blattfläche, Petiolenlänge und Internodienlänge der Aufwüchse, weitestgehend aber nicht die der spezifischen Blattfläche, Petiolenlänge und Internodienlänge. Die höchsten Gesamt-Erträge verzeichneten Mischungen mit Zichorie, wohingegen Reinbestände die größten Weißklee-Erträge aufwiesen. Damit folgten letztere in ihrem Verhalten den Unterschieden der Blattfläche und Petiolenlänge zwischen den Anbausystemen. Diese Ergebnisse stimmen größtenteils mit bereits bekannten Zusammenhängen überein (Annicchiarico, 2012).

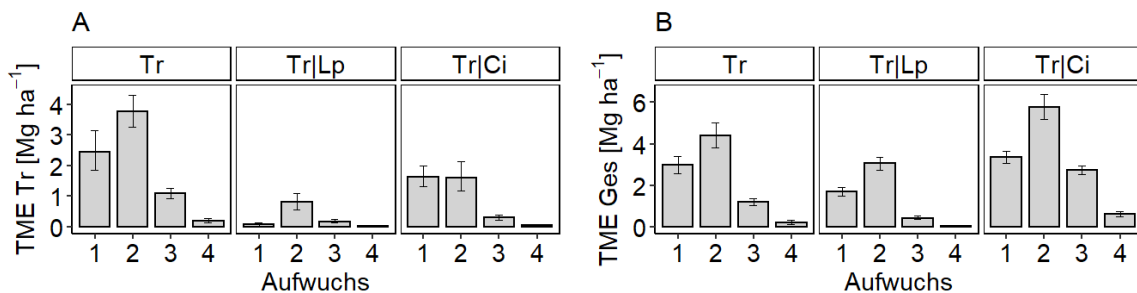


Abb. 2: Trockenmasseerträge (A) des Weißklee (TME Tr) und (B) des gesamten Bestandes (TME Ges) in Abhängigkeit von Anbausystem (Tr: Reinbestand, Tr|Lp: Mischung mit Deutschem Weidelgras, Tr|Ci: Mischung mit Zichorie) und Aufwuchs (1-4); Modellschätzer und 95%-Vertrauensintervalle.

Schlussfolgerungen

Zusammen mit der Identität der Konkurrenten (Anbausystem) scheint auch der Zeitpunkt (Aufwuchs) eine entscheidende Rolle für die Ausprägung der morphologischen Merkmale sowie die Höhe der Erträge bei Weißklee zu spielen. Der Einfluss beider Faktoren war dabei unabhängig vom genetischen Hintergrund des Weißklee (Population).

Literatur

Annicchiarico, P. (2003): Breeding white clover for increased ability to compete with associated grasses. *Journal of Agricultural Science* 140, 255-266.

Annicchiarico, P. (2012): Agronomic value and morphophysiological diversity of non-Ladino Italian white clover wild populations compared with variety germplasm. *Crop and Pasture Science* 63, 377-388.

Annicchiarico, P., Barrett, B., Brummer, E.C., Julier, B., Marshall, A.H. (2015): Achievements and challenges in improving temperate perennial forage legumes. *Critical Reviews in Plant Sciences* 34, 327-380.

Bittebiere, A.-K., Renaud, N., Clément, B., Mony, C. (2012): Morphological response to competition for light in the clonal *Trifolium repens* (Fabaceae). *American Journal of Botany* 99, 646-654.

Caradus, J.R., Woodfield, D.R. (1997): World checklist of white clover varieties II. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 40, 115-206.

Nassiri, M., Elgersma, A. (2002): Effects of nitrogen on leaves, dry matter allocation and regrowth dynamics in *Trifolium repens* L. and *Lolium perenne* L. in pure and mixed swards. *Plant and Soil* 246, 107-121.

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>.

Einfluss von kombinierter organisch-mineralischer Düngung im Wechselgrünland auf die $\delta^{15}\text{N}$ Werte im Oberboden nach kurzer Etablierungszeit

F. Sieve¹, W. Klahsen¹, J. Isselstein¹, M. Kayser^{1,2}

¹ Georg-August Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Graslandwissenschaft, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen,

friederike.sieve@uni-goettingen.de

² Universität Vechta, Fakultät II, Driverstraße 22, 49377 Vechta

Einleitung und Problemstellung

Bei der Identifizierung und Verfolgung von Stickstoff-Verlustpfaden wird die Tatsache genutzt, dass Stickstoff in der Natur in Form von zwei stabilen Isotopen (^{14}N und ^{15}N) vorkommt. Unterschiedliche Düngerformen variieren in ihrem $\delta^{15}\text{N}$ Gehalt, wobei Dünger tierischen Ursprungs wie Gülle oder Festmist im Vergleich zu mineralischen Düngern in ^{15}N angereichert sind (Dittert et al., 1998). Zudem haben Prozesse des N-Kreislaufs (z.B. Nitrifikation, Denitrifikation, Ammoniakverflüchtigung) durch Fraktionierung und Diskriminierung einen Einfluss auf den $\delta^{15}\text{N}$ Gehalt in Substrat und Produkt (Högberg, 1997).

Eine Anwendung der Methode in langjährigen Produktions- und Ökosystemen ist etabliert (Bedard-Haughn et al., 2003; Watzka et al., 2006) und auch über die kurzfristige Veränderung (Tage bis Monate) von isotopischen Signalen im Aufwuchs von Grünland gibt es Untersuchungen (Tonn et al., 2019).

Generell ist aber die zeitliche Reaktion von isotopischen Signalen in unterschiedlich gedüngten Grünlandsystemen noch nicht ausreichend bekannt. Daher sollte in einem Feldversuch mit Wechselgrünland untersucht werden, ob die Anwendung unterschiedlicher Stickstoffaufwandmengen organischer und organisch-mineralischer Dünger in einem Zeitraum von ein bis drei Jahren zu einer Veränderung der isotopischen Signatur von ^{15}N im Oberboden führt. Dabei wird besonders auf den Zusammenhang von Etablierungszeit, Düngung und wetterbedingten Stickstoffüberschüssen im Boden eingegangen.

Material und Methoden

Die Versuchsanlage befindet sich in Nordwestdeutschland im nördlichen Kreis Cloppenburg auf einem leicht anmoorigen Sandboden (666 mm Niederschlag, 10,3°C Jahresmitteltemperatur). Über drei Jahre (2016–2018) wurden auf einem Wechselgrünland (5-jährig) mit Schnittnutzung verschiedene Düngungsvarianten mit organischer Düngung (Rindergülle) und der Kombination aus organischer und mineralischer Düngung (Kalkammonsalpeter) auf Ertrag, N-Effizienz und N-Auswaschung in einer randomisierten Blockanlage mit vier Wiederholungen geprüft (Tab. 1). Die Varianten wurden im Frühjahr

2016 in einem dann zweijährigen Bestand auf Basis einer Dauergrünlandmischung angelegt. Die Parzellen wurden viermal im Jahr beerntet. Gedüngt wurden auf allen Parzellen außer der Kontrolle 120 kg N/ha mit Rindergülle im Frühjahr und mit entsprechenden Folgebaben von jeweils 60 kg N/ha in Form von Gülle und/oder Kalkammonsalpeter nach dem ersten und zweiten Schnitt.

Tab. 1: Düngebehandlungen mit unterschiedlichen Stickstoffgaben, organische Düngung in Form von Rindergülle, mineralische Düngung in Form von Kalkammonsalpeter.

	Gesamt N [kg/ha]	N organisch [kg/ha]	N mineralisch [kg/ha]
Kontrolle	0	0	0
SLR120	120	120	0
SLR240	240	240	0
SLM240	240	120	120
SLM360	360	240	120

Die Probennahme des Oberbodens (0–10 cm) fand jeweils im Herbst statt, 2016 und 2017 im Oktober, 2018 aufgrund des sehr späten vierten Schnittes im Dezember. Diese Proben wurden nach Trocknung und Vermahlung mithilfe eines Massenspektrometers auf ihre isotopische ^{15}N Signatur untersucht. Zusätzlich wurde im Winterhalbjahr mittels einer stationären Saugkerzenanlage das Sickerwasser beprobt und analysiert.

Bei der Untersuchung von natürlichem Vorkommen von ^{15}N wird das Verhältnis $^{14}\text{N}:^{15}\text{N}$ mit $\delta\text{‰}^{15}\text{N}$ als Einheit gewählt, welches den relativen Unterschied zum Standard (atmosphärisches N_2 ; 0 ‰ ^{15}N (Mariotti, 1984)) wiedergibt. Ein höherer Wert bedeutet dementsprechend eine relative Anreicherung von ^{15}N zu ^{14}N .

Zur statistischen Auswertung wurden gemischte lineare Modelle mit Behandlung * Jahr als feste Effekte und Block als zufälligem Effekt gewählt. Für die separate Untersuchung der einzelnen Jahre wurde ein gemischtes lineares Modell mit der Behandlung als festem Effekt und dem Block als zufälligem Effekt genutzt. Zum paarweisen Vergleich der Mittelwerte wurde jeweils der Tukey HSD Test ($\alpha = 0,05$) angewandt.

Ergebnisse und Diskussion

Der $\delta^{15}\text{N}$ Wert im Oberboden wird in diesem Versuch (2016–2018) sowohl von der Düngebehandlung ($p < 0,001$), als auch vom Probenjahr ($p < 0,01$) und ebenfalls durch die Interaktion dieser beiden Faktoren ($p < 0,01$) beeinflusst. Festzustellen ist, dass sich bei der Betrachtung der Wechselwirkung Behandlung * Jahr im ersten Versuchsjahr 2016 noch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen zeigen (Tab. 2). Im zweiten Jahr unterschieden sich die Kontrolle und SLM240 von der Behandlung mit der höchsten rein organischen Düngegabe (SLR240). Auch im letzten Versuchsjahr 2018 unterscheidet sich die Kontrolle signifikant von den beiden Varianten mit der höchsten organischen Düngegabe (SLR240 und SLM360). Dünger tierischen Ursprungs (hier Rindergülle) sind im Vergleich zu mineralischem Dünger in ihrem ^{15}N Gehalt angereichert. Gründe dafür sind neben der Anreicherung von ^{15}N durch die Verdauung von pflanzlichem Material durch die Tiere besonders Ammoniakverflüchtigungen (NH_3) und mikrobielle Prozesse (Högberg, 1997; Kerley und Jarvis, 1996). Dies ist eine mögliche Erklärung für die erhöhten $\delta^{15}\text{N}$ Werte in Behandlungen mit einer Güllegabe von 240 kg N/ha (SLR240 2017; SLR240 und SLM360

2018). Betrachtet man die beiden Behandlungen SLM240 und SLR240 im Jahr 2017 (Tab. 2), so zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Behandlung mit dem rein organischen N und dem organisch-mineralischem Gemisch, obwohl die ausgebrachte Gesamtmenge an Stickstoff identisch ist. Nach der ersten Güllegabe im Frühjahr wird die Folgedüngung bei SLM240 in Höhe von weiteren 120 kg N/ha in Form von KAS ausgebracht, dabei sind NH₃ Verluste zu vernachlässigen. Zudem enthält der mineralische Dünger kein ¹⁵N (0 ‰¹⁵N, SLM240) und hat keinen organischen Anteil, ist also weitgehend sofort pflanzenverfügbar. Damit kann der mineralische Dünger nach dem ersten und zweiten Schnitt effizienter genutzt werden.

Tab. 2: δ¹⁵N Werte für die Behandlungen in den drei Versuchsjahren (Wechselwirkung Behandlung * Jahr) (SLR120 = 120 kg N/ha organisch; SLR240 = 240 kg N/ha organisch; SLM240 = 120 kg N/ha organisch und 120 kg N/ha mineralisch; SLM360 = 240 kg N/ha organisch und 120 kg N/ha mineralisch). Mittelwerte mit identischen Kleinbuchstaben sind nicht signifikant verschieden (p < 0,05).

Behandlung	δ ¹⁵ N		
	2016	2017	2018
Kontrolle	4,73 bc	4,26 ab	3,67 a
SLR120	5,11 bc	4,57 abc	4,23 ab
SLR240	4,74 bc	5,32 c	4,82 bc
SLM240	4,67 bc	4,33 ab	4,27 ab
SLM360	4,50 abc	4,50 abc	4,66 bc

Da das Probenjahr neben den Behandlungen einen signifikanten Effekt (p < 0,01) auf den δ¹⁵N Wert des Bodens hat und insbesondere 2018 klimatisch ein besonderes Jahr war, wurden die Jahre ebenfalls separat voneinander untersucht. In 2018 zeigt sich die deutlichste Ausdifferenzierung der verschiedenen Behandlungen (Abb.1).

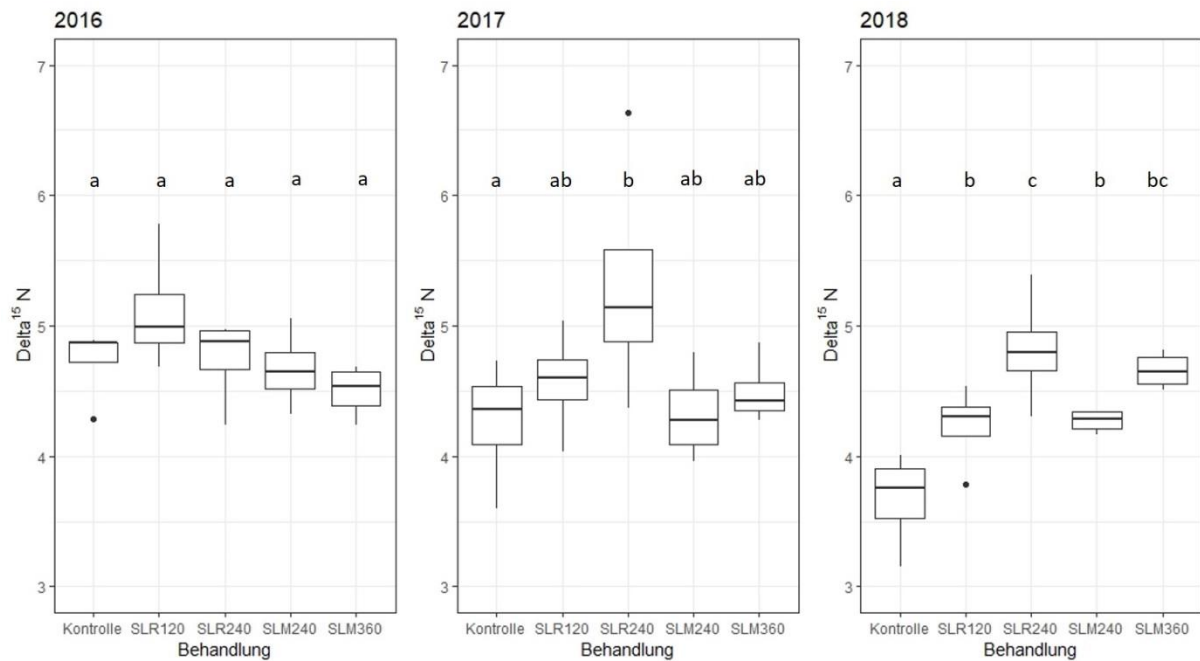


Abb. 1: $\delta^{15}\text{N}$ Werte für die unterschiedlichen Düngebehandlungen (SLR120 = 120 kg N/ha organisch; SLR240 = 240 kg N/ha organisch; SLM240 = 120 kg N/ha organisch und 120 kg N/ha mineralisch; SLM360 = 240 kg N/ha organisch und 120 kg N/ha mineralisch) für die separaten Versuchsjahre. Mittelwerte mit identischen Kleinbuchstaben sind nicht signifikant verschieden ($p < 0,05$).

Werden die Jahre separat für sich betrachtet (Abb. 1), dann hat die Düngebehandlung im ersten Jahr keinen Effekt (2016; $p = 0,191$). Im zweiten Jahr zeigt sich bereits ein signifikanter Einfluss der Behandlung auf den $\delta^{15}\text{N}$ Wert des Oberbodens (2017, $p = 0,043$). Die Behandlung SLR240 mit der höchsten rein organischen Düngegabe hat einen signifikant höheren $\delta^{15}\text{N}$ Wert im Boden als die ungedüngte Kontrolle. Im dritten Jahr 2018 ist der Einfluss hoch signifikant ($p < 0,001$). Die ungedüngte Kontrolle weist weiterhin die niedrigsten $\delta^{15}\text{N}$ Werte im Boden auf, wovon sich alle anderen Behandlungen signifikant unterscheiden. Die Behandlung SLR240 zeigt hier ebenfalls den höchsten $\delta^{15}\text{N}$ Wert und unterscheidet sich damit zusätzlich signifikant von den anderen Düngebehandlungen. Auch hier beeinflussen verschiedene Mechanismen das Ergebnis: Zum einen war 2018 ein sehr trockenes und warmes Jahr, in dem von Mai bis Oktober nur durchschnittlich 54% des langjährigen Mittels an Niederschlag gefallen ist und die Temperaturen im Schnitt 12% über den Werten des langjährigen Mittels lagen (DWD, 2019). Diese Bedingungen begünstigen hohe NH_3 Verluste (Mikkelsen, 2009). In erster Linie bezieht sich dies auf die ersten Stunden bis drei Tage nach der Ausbringung der Gülle (Bronson et al., 1999), doch ist bei den allgemeinen Wetterverhältnissen in 2018 davon auszugehen, dass das Risiko der Ammoniakverflüchtigungen insgesamt erhöht war. Zudem ist zu beachten, dass der Ertrag im Jahr 2018 knapp 70% unter dem von 2016 lag, sodass weniger N von den Pflanzen aufgenommen und zu Biomasse verwertet wurde. Die Abfuhr an Stickstoff war dementsprechend geringer und mehr (schweres ^{15}N) N ist im Boden verblieben bzw. im darauffolgenden Winter ausgewaschen worden. Dies spiegelt sich auch in den Ergebnissen der Sickerwasserbeprobung im Winter wider. Hier lagen die NO_3 Verluste im Winter 2018/2019 im Schnitt aller Behandlungen 443% über denen von 2016/2017.

Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich im dritten Jahr dieses Versuchs deutliche Effekte der Düngebehandlungen auf den $\delta^{15}\text{N}$ Wert des Oberbodens abzeichnen. Dies aber ausschließlich der Zeitdauer seit Etablierung der unterschiedlichen Behandlungen zuzuordnen, ist fraglich. Dazu erscheint der Einfluss der sehr trockenen Bedingungen im dritten Jahr mit den entsprechend höheren gasförmigen Verlusten, der geringeren N-Aufnahme, dem verminderten Aufbau in Biomasse und den entsprechend hohen N-Verlusten über das Sickerwasser als zu maßgeblich.

Literatur

- Bedard-Haughn, A., van Groenigen, J.W., van Kessel, C., 2003. Tracing ^{15}N through landscapes: potential uses and precautions. *J. Hydrol.* 272, 175–190.
- Bronson, K.F., Sparling, G.P., Fillery, I.R.P., 1999. Short-term N dynamics following application of ^{15}N -labeled urine to a sandy soil in summer. *Soil Biol. Biochem.* 31, 1049–1057.
- Dittert, K., Goerges, T., Sattelmacher, B., 1998. Nitrogen turnover in soil after application of animal manure and slurry as studied by the stable isotope ^{15}N : A review. *Z. Für Pflanzenernähr. Bodenkd.* 161, 453–463.
- Högberg, P., 1997. ^{15}N natural abundance in soil-plant systems. *New Phytologist* 179–203.
- Kerley, S.J., Jarvis, S.C., 1996. Preliminary studies of the impact of excreted N on cycling and uptake of N in pasture systems using natural abundance stable isotopic discrimination. *Plant Soil* 178, 287–294.
- Mariotti, A., 1984. Natural ^{15}N abundance measurements and atmospheric nitrogen standard calibration. *Nature* 311, 251–252.
- Mikkelsen, R., 2009. Ammonia emissions from agricultural operations: Fertilizer. *Better Crops* 93, 9–11.
- Tonn, B., Porath, I., Lattanzi, F.A., Isselstein, J., 2019. Urine effects on grass and legume nitrogen isotopic composition: Pronounced short-term dynamics of $\delta^{15}\text{N}$. *PLOS ONE* 14, e0210623.
- Watzka, M., Buchgraber, K., Wanek, W., 2006. Natural ^{15}N abundance of plants and soils under different management practices in a montane grassland. *Soil Biol. Biochem.* 38, 1564–1576.

Unterscheiden sich Fütterungsregime von Rindern verschiedener Haltungskategorien? Eine Untersuchung von Rindfleisch mit Hilfe stabiler Isotope.

A. Thiemann, N. Wrage-Mönnig

Grünland und Futterbauwissenschaften, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

Universität Rostock

antje.thiemann@gmx.net

Einleitung und Problemstellung

Besonders beim Verbraucher gewinnt der Wunsch nach Transparenz bezüglich der Produktionsbedingungen sowie geographischer Herkunft tierischer Lebensmittel zunehmend an Bedeutung (Herwig, 2010; Moloney u.a., 2009). Auch die Erzeugungsform, ökologisch oder konventionell, und die damit verbundenen Anforderungen an Preis und Qualität beeinflussen das Kaufverhalten maßgeblich (Gebbing u.a., 2004). Um dem Wunsch der Verbraucher nach mehr Transparenz nachzukommen, hat sich die Gesellschaft zur Förderung des Tierwohls in der Nutztierhaltung mbH gemeinsam mit mehreren Einzelhandelsketten auf die Einführung des Haltungskompasses geeinigt. Dieser ist ein einheitliches Kennzeichnungssystem, das seit dem 01. April 2019 auf allen Fleischprodukten aufgedruckt ist und diese hinsichtlich ihrer Produktionsweise in vier Kategorien unterteilt. Für die Rindfleischerzeugung sind lediglich die Haltungskategorie 1 (Stallhaltung), die den gesetzlich-en Mindeststandards entspricht und Haltungskategorie 4 (Premium), die ausschließlich Rindfleisch aus ökologischer Erzeugung beinhaltet, im Einzelhandel vertreten. Zur Überprüfung der Einhaltung der entsprechenden Richtlinien sind Nachweismethoden erforderlich. Die Stabilisotopenanalytik erlaubt aus einer Analyse vom Endprodukt Rindfleisch Rückschlüsse über die Fütterung. Dies basiert auf Fraktionierungsprozessen, z. B. durch die Photosynthesewege der Pflanzen bezüglich Kohlenstoff, die sich in der Isotopenstruktur des Rindfleisches niederschlagen (Herwig, 2010; Landau, 2011; Scheid, 2011).

In dieser Arbeit wurde untersucht, ob sich Unterschiede in der Fütterung der Rinder zwischen den Haltungskategorien mit Hilfe von Stabilisotopenuntersuchungen erkennen lassen. Hierfür wurde zunächst ein eigenes Verfahren zur Probenvorbereitung erarbeitet. Außerdem wurden mögliche Einflussfaktoren, wie Einzelhandel oder Preis, hinsichtlich ihrer Bedeutung untersucht.

Material und Methoden

Mit Hilfe von Referenzproben bekannter Rationen wurde eine Regression zwischen dem Maisanteil in der Ration und den Kohlenstoffisotopendaten erstellt. Die Regressionsgleichung diente als Grundlage für die Berechnung der Maisanteile der Einzelhandelsproben. Die Probenahme von 13 Referenzproben zur Erstellung einer Korrelation zwischen Maisanteil in

der Ration und Isotopenwerten erfolgte auf landwirtschaftlichen Betrieben aus Mecklenburg-Vorpommern, Hamburg, Schleswig-Holstein und Niedersachsen. Weitere 20 Proben kamen aus dem Einzelhandel (Tab. 1). Zur besseren Vergleichbarkeit wurden bei den Einzelhandelsproben ausschließlich und bei den Referenzproben weit überwiegend Hüftsteaks verwendet. Vom jeweiligen Stück Fleisch wurden ca. 20 g abgenommen und bis zur Analyse eingefroren.

Tab. 1: Übersicht über die Probenherkunft aus dem Einzelhandel

Einzelhandel	Haltungskategorie 1	Haltungskategorie 4
Aldi Nord	2	-
Lidl	3	5
Netto Marken-Discount	4	-
Kaufland	3	1
Rewe	-	2*
Gesamt	12	8

*Diese Proben sind dem Anbauverband Naturland e.V. zuzuordnen; eine ganzjährige Silagefütterung ist hier untersagt (Naturland e.V., 2019)

Die Probenvorbereitung basierte auf dem Verfahren nach Boner (2006). Dieses wurde anhand von zwei Vortests auf das Forschungsziel dieser Arbeit angepasst (Abb. 1). So konnte festgestellt werden, dass auf eine vorhergehende Fettextraktion verzichtet werden konnte und ein mehrfaches Zerkleinern und Homogenisieren der Probe die Messergebnisse in ihrer Genauigkeit positiv beeinflusste.

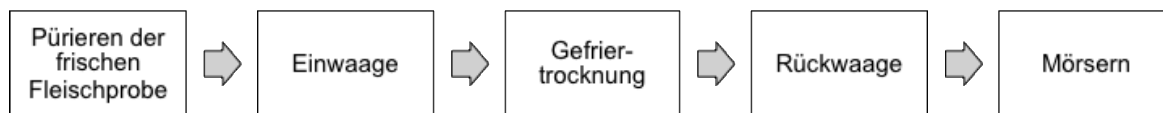


Abb. 1: Schema der Probenvorbereitung

Die Messung der Isotopenverhältnisse von Kohlenstoff ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) erfolgte in einer Doppelbestimmung mithilfe der Elementaranalyse-Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (EA-IRMS). Im vorliegenden Fall war eine Pyrolyseeinheit mit einem IRMS gekoppelt (Elementar). Die gemessenen Isotopenwerte wurden auf den internationalen Standard nach IAEA bezogen und in Promille (‰) angegeben (Scheid, 2011). Die interne Reproduzierbarkeit betrug für $\delta^{13}\text{C}$ 0,11 ‰.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die Erstellung der Regression aus den Referenzproben bekannter Rationen konnte ein positiver linearer Zusammenhang zwischen Maisanteil und $\delta^{13}\text{C}$ bestätigt werden ($R^2 = 0,77$, $p = 0,02$). Die Regressionsgleichung ($y = 21,714 x - 28,463$) wurde im Folgenden für die Berechnung der unbekanntem Maisanteile in der Rinderfütterung der Proben aus dem Einzelhandel verwendet, bei denen nur $\delta^{13}\text{C}$ bekannt war. Die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Proben aus dem Einzelhandel lassen zunächst bereits eine klare Trennung der Proben aus Haltungskategorie 1 und 4 erkennen. $\delta^{13}\text{C}$ variierte in Haltungskategorie 4 von -27,81 ‰ bis -19,31 ‰. Haltungskategorie 1 wies Signaturen von -21,74 ‰ bis -14,48 ‰ auf. Es errechneten sich

deshalb auch geringere Maisanteile in Haltungskategorie 4 als in Haltungskategorie 1. Während die Maisanteile sich in Haltungskategorie 4 zwischen 3,0 % und 42,2 % bewegten, wies Haltungskategorie 1 signifikant höhere Maisanteile zwischen 31,0 % und 64,4 % auf (Abb. 2; $p = 0,0001$; im Mittel $49,4 \% \pm 16,6 \%$ in Haltungskategorie 1 und $20,7 \% \pm 11,6 \%$ in Haltungskategorie 4).

Durch die geringeren Maisanteile in Haltungskategorie 4 kann darauf geschlossen werden, dass hier größere Mengen Gras oder Grassilagen gefüttert wurden. Außerdem werden in Haltungskategorie 4 durch die EG-Öko-Verordnung Auslauf und Weidegang vorgeschrieben. Die Tiere fressen also in der Vegetationsperiode vermehrt Frischgras, während in Haltungskategorie 1 zur Erreichung hoher Zunahmen primär im Stall intensiv mit Maissilage gefüttert wird (Herwig, 2010; Moloney u.a., 2009).

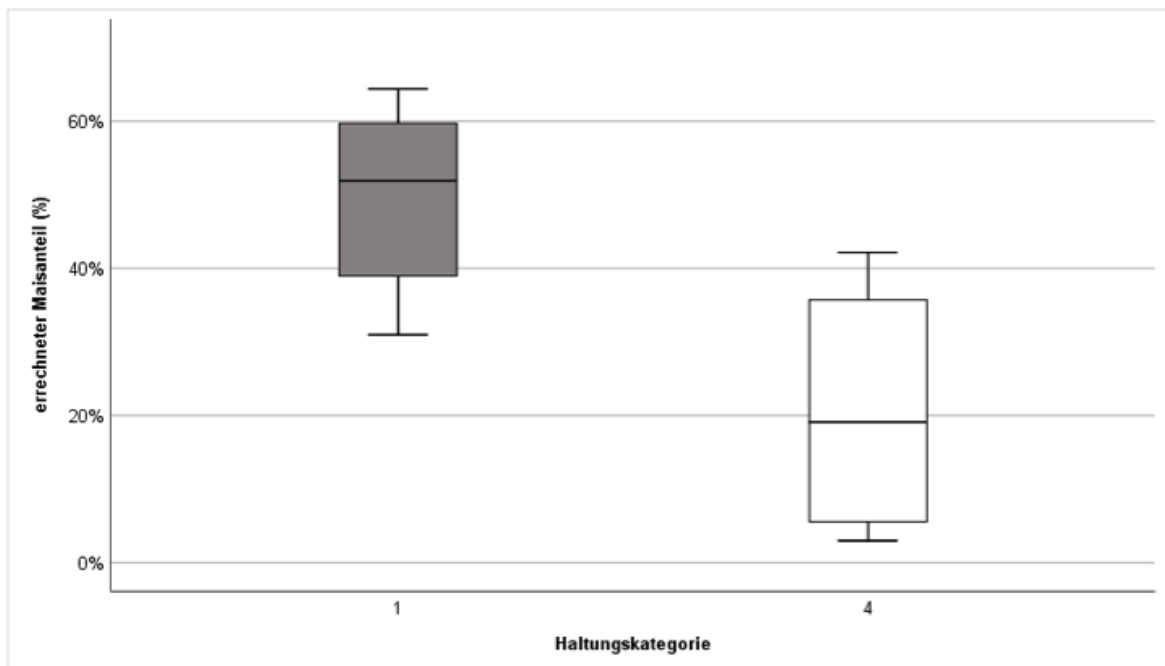


Abb. 2: Darstellung der Maisanteile (%) in Haltungskategorie 1 und 4

Die Schwankungen der Maisanteile innerhalb der Haltungskategorien sind auf unterschiedliche Fütterungskonzepte und unterschiedliche Anteile an Mais-, Gras-, Kleegrassilagen und Frischgras zurückzuführen. Diese werden betriebs- sowie rassespezifisch angepasst und verursachen so die gezeigten Varianzen. Es kann davon ausgegangen werden, dass ca. die Hälfte der Tiere in Haltungskategorie 1 intensiv gefüttert wurde, da sich der Maisanteil in der Ration hier zwischen 51,5 % und 64,4 % befand. Die geringeren Maisanteile kommen wahrscheinlich durch kombinierte Fütterung mit Gras- oder Kleegrassilage und abweichenden Kraftfuttergaben je nach Qualität der Silage zustande. Auch Futterpräferenzen der Rinder können Schwankungen der Maisanteile in beiden Haltungskategorien verursachen (Herwig, 2010).

Unterschiede in den Maisanteilen innerhalb der Haltungskategorien in Abhängigkeit vom Einzelhandel konnten aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nur in Ansätzen gezeigt werden. Bei Proben aus dem Discounter zeigten sich höhere Maisanteile als bei Proben aus dem Supermarkt. Dies liegt allerdings darin begründet, dass 75 % der Proben im Supermarkt dem Anbauverband „Naturland e.V.“ zuzuordnen waren und dort eine ganzjährige Silagefütterung nicht gestattet ist (Naturland e.V., 2019).

Der Preis und der Maisanteil korrelierten nur bei der Betrachtung der Mittelwerte in Haltungskategorie 4. Hier muss jedoch der geringe Stichprobenumfang ($n = 8$) berücksichtigt werden. Allerdings konnten eindeutige Preisunterschiede zwischen Haltungskategorie 1 und 4 festgestellt werden.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Arbeit unterstreichen die bereits bekannten Erkenntnisse über Unterschiede in der Fütterung zwischen ökologischer und konventioneller Haltung von Rindern, die auf der Stabilisotopenanalytik basieren. Es sollten zukünftig besonders hinsichtlich des konkreten Einflusses des Einzelhandels inklusive Preisen und Herkunft der Tiere weitere Untersuchungen mit größerem Stichprobenumfang durchgeführt werden. Für die Probenvorbereitung konnte eine Methodik erarbeitet werden, die auch ohne Fettextraktion reproduzierbare Messergebnisse zeigte, die gut mit Literaturwerten übereinstimmten.

Literatur

Boner, M. (2006): Überprüfung der Authentizität von Rindfleisch (Bio) mithilfe stabiler Isotope. *Dissertation*, Bonn: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Gebbing, T, Schellberg, J, Kühbauch, W (2004): Signaturen stabiler Isotope in landwirtschaftlichen Produkten – Nachweis der Herkunft und des Produktionsverfahrens. In: Schiefer, G., Wagner, P., Morgenstern, M. & Rickert, U. (Hrsg.), Integration und Datensicherheit – Anforderungen, Konflikte und Perspektiven, *Referate der 25. GIL Jahrestagung*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 351-354

Herwig, N. (2010): Isotopenanalytik zur Bestimmung des Einflusses der Ernährung auf die Isotopenzusammensetzung in Rinderproben. *Dissertation*, Berlin: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Hülsemann, F. (2007): Bestimmung der natürlichen Isotopenverhältnisse der organischen Hauptbestandteile von Urin für die Anwendung in der Sportwissenschaft und Dopinganalytik: Harnstoff ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$), Kreatinin/Kreatin ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) und Bicarbonat ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$). *Inaugural-Dissertation*, Köln: Universität zu Köln

Moloney, A.P., Bahar, B., Schmidt, O., Scrimgeour, C.M., Begley, I.S., Monahan, F.J. (2009): Confirmation of the dietary background of beef from its stable isotope signature. *Abschlussbericht Nr. 5214*. Ireland: Teagasc, Grange Beef Research Centre, Dunsany, Co. Meath

Naturland e.V. (Hrsg.) (2019): Naturland Richtlinien - Erzeugung (Stand 5/2019). URL: https://www.naturland.de/images/Naturland/Richtlinien/Naturland-Richtlinien_Erzeugung.pdf, zuletzt angesehen am 02.12.2019

Scheid, N. (2011): Elementanalytik und Isotopenverhältnisbestimmungen an humanbiologischen Materialien. *Dissertation*, Mainz: Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Förderung von blütenbesuchenden Insekten durch angepasste Nutzungstermine im Kleegrasanbau

K. Auferkamp, S. Kesting

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Christgrün Nr. 13,
08543 Pöhl, katharina.auferkamp@smul.sachsen.de

Einleitung und Problemstellung

Im Oktober 2017 erlangte eine wissenschaftliche Studie großes öffentliches Interesse, die eine Abnahme der Biomasse flugaktiver Insekten in Schutzgebieten des deutschen Tieflandes um mehr als 75 % innerhalb von 27 Jahren bescheinigte (HALLMANN et al. 2017). Die Bestäubungsleistung von Insekten ist systemrelevant. 75 % der bedeutendsten Kulturpflanzen profitieren von Insektenbestäubung (KLEIN et al. 2007). Der geschätzte Wert dieser Ökosystemleistung beläuft sich in der Landwirtschaft auf 153 Mrd. Euro pro Jahr (GALLAI et al. 2009). Geeignete Maßnahmen zur Förderung von Bienen als wichtigste Bestäubergruppe sind neben dem Schutz naturnaher Lebensräume und der Schaffung neuer Habitatstrukturen eine angepasste Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen. Im Feldfutterbau kann Klee in Reinsaat und im Gemenge eine attraktive Massentracht für Hummeln, Honigbienen und andere *Apidae* darstellen und das Trachtdefizit in den Sommermonaten verringern (PRITSCH 2007, MAURIZIO & SCHAPER 1994). Bei häufiger Schnittnutzung von Klee grasbeständen gelangt nur ein geringer Anteil der Rotkleepflanzen zur Vollblüte, da sich *Trifolium pratense* zum optimalen Siliertermin vorwiegend im Knospenstadium befindet. Im Rahmen der Fachbegleitung von Agrarumweltmaßnahmen wurde geprüft, wie sich spätere Nutzungstermine im Klee grasanbau auf das Blütenangebot sowie Ertrag und Qualität der Aufwüchse auswirken.

Material und Methoden

Der zweijährige Exaktversuch an den Versuchsstandorten Baruth (D 3), Nossen (Lö 4) und Christgrün (V 5) wurde als Lateinisches Quadrat mit vier Wiederholungen und einer Parzellengröße von 12 m² angelegt. Die Aussaat der Klee grasmischung „Sächsische Qualitätsmischung QA 6“ (4 kg Deutsches Weidelgras, 10 kg Wiesenschwingel, 3 kg Wiesenlieschgras, 11 kg Rotklee) erfolgte im Spätsommer 2016 als Blanksaat mit einer Aussaatstärke von 28 kg/ha. Die vier Prüfglieder sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Prüfglieder des Prüffaktors Schnittregime

Beschreibung der Prüfglieder	
PG 1	Ernte zum optimalen Silierzeitpunkt
PG 2	Später 1. Schnitt: 50 % Rotklee in Vollblüte, andere Schnitte: optimal
PG 3	Später 2. Schnitt: 50 % Rotklee in Vollblüte, andere Schnitte: optimal
PG 4	Sehr später 1. Schnitt: KW 30 - 32, andere Schnitte: optimal

Von Mai bis Oktober wurden wöchentliche Zählungen der Blütenstände von *Trifolium pratense* auf zehn 0,25 m² großen Teilflächen je Parzelle durchgeführt. Die Blütenstände wurden anhand ihrer phänologischen Entwicklung in zwei Kategorien eingeteilt:

- a) Knospe und Vorblüte: Blütenanlagen sichtbar und > 50 % der Einzelblüten noch geschlossen (BBCH 51-64),
- b) Vollblüte und abgehende Blüte: \geq 50 % der Einzelblüten offen bis Ende der Blüte (BBCH 65-69).

Für jeden Aufwuchs wurden Trockenmasseertrag ermittelt und die wertgebenden Inhaltsstoffe sowie die Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) mittels Nahinfrarot-Spektrometrie (DIN EN ISO 12099:2018) bestimmt. Die Berechnung der Energiekonzentration (ME) erfolgte nach der Schätzformel der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2008). Die statistische Auswertung wurde mittels ANOVA und Tukey-Test in R 4.0.2 (R Core Team 2020) durchgeführt. Aufgrund der hohen Variabilität wurden die Versuchsjahre und Standorte einzeln ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Das Blütenangebot zeigt deutliche Schwankungen zwischen den Standorten als auch zwischen den Erfassungsjahren. Die Varianten *Später 2. Schnitt* (PG 3) und *Sehr später 1. Schnitt* (PG 4) weisen dabei mit bis zu 41 (PG 3) bzw. 71 (PG 4) Blütenständen (Vollblüte) pro Quadratmeter die höchsten mittleren Blütenstandsdichten auf (Tab. 2). Eine Verzögerung des ersten Mahdtermins (PG 2) führt zu einem vorübergehend höheren Blütenangebot im ersten Aufwuchs, aber zu keiner signifikanten Zunahme gegenüber PG 1 über die gesamte Erfassungsperiode (Abb. 1, Tab. 2). Der relativ hohe Wert bei PG 1 im Jahr 2018 am Standort Baruth ist auf die ausgesprochene Trockenheit und das damit verbundene langsame Wachstum im dritten Aufwuchses zurückzuführen.

Bei der Variante *Sehr später erster Schnitt* (PG 4) nehmen die Trockenmasse- und Rohproteinерträge im Vergleich zur praxisüblichen Schnittvariante (PG 1) um bis zu 37 % (TM) bzw. 62 % (RP) ab. Die Energiekonzentration im ersten Aufwuchs sinkt ebenfalls deutlich und liegt bei 7,0-8,1 MJ ME/kg TS (Tab.3). Aus futterbaulicher Sicht ist diese Variante daher nicht zu empfehlen. Ein blütenorientierter später 1. Schnitt (PG 2) führt meist zu höheren TM-Erträgen bei einer im Mittel um 0,5 (max. 1,9) MJ ME/kg TS reduzierten Energiekonzentration im ersten Aufwuchs. Die hohe Nutzungselastizität des Klee-grases hält den Qualitätsverlust in Grenzen. Kaum einen Einfluss auf die TM- und RP-Erträge hat der verzögerte zweite Schnitt (PG 3). Der erste und besonders ertragswirksame Aufwuchs wird zum optimalen Termin geerntet, während ein Qualitätsverlust im zweiten, i. d. R. weniger ertragreichen Aufwuchs in Kauf genommen wird (8,2-9,8 ME MJ/kg TS).

Tab. 2: Mittlere Blütenstandsdichte (Blütenstände pro m², Vollblüte bis abgehende Blüte) zwischen der 20. und 39. Kalenderwoche. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede innerhalb eines Standortes und Jahres (p < 0,05).

	2017				2018			
	PG 1	PG 2	PG 3	PG 4	PG 1	PG 2	PG 3	PG 4
Baruth	15,6 ^a	9,7 ^a	31,1 ^b	71,0^c	30,5 ^{n.s.}	33,0 ^{n.s.}	41,3^{n.s.}	22,3 ^{n.s.}
Christgrün	5,0 ^{n.s.}	5,2 ^{n.s.}	5,9 ^{n.s.}	3,8 ^{n.s.}	4,6 ^a	5,7 ^a	6,2 ^a	14,3^b
Nossen	2,0 ^a	2,1 ^a	10,0 ^a	35,9^b	10,3 ^a	11,6 ^a	39,0^b	48,3^b

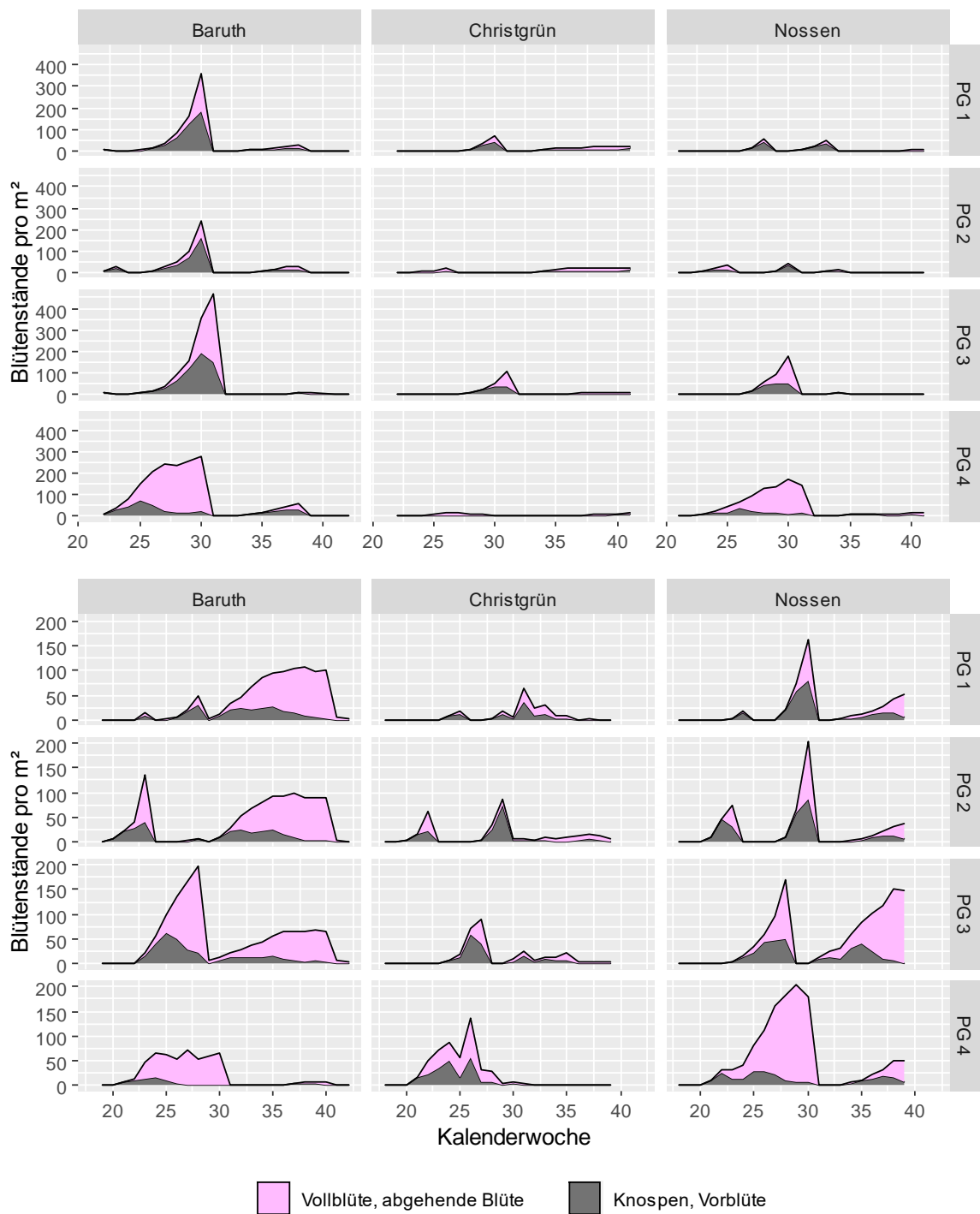


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der Rotkleeblüte bei unterschiedlichen Nutzungsregimen im Klee-grasanbau an drei Versuchsstandorten in den Jahren 2017 (oben) und 2018 (unten).

Tab. 3: Trockenmasse- und Rohproteinjahresertrag sowie Energiekonzentration im 1. (ME 1) und 2. (ME 2) Aufwuchs des Kleegrases bei unterschiedlichen Nutzungsterminen. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede innerhalb eines Standortes und Jahres ($p < 0,05$).

	2017				2018			
	PG 1	PG 2	PG 3	PG 4	PG 1	PG 2	PG 3	PG 4
Baruth								
TM-Ertrag [dt/ha]	122,0 ^a	117,8 ^a	132,9 ^a	90,3 ^b	51,7 ^a	73,1 ^b	49,7 ^a	45,5 ^a
RP-Ertrag [dt/ha]	16,4 ^a	15,7 ^a	16,3 ^a	11,3 ^b	9,9 ^a	9,4 ^a	9,0 ^a	4,0 ^b
ME 1 [MJ/kg TS]	8,7 ^a	8,8 ^a	8,6 ^a	8,1 ^b	10,3 ^a	9,1 ^b	10,3 ^a	7,0 ^c
ME 2 [MJ/kg TS]	9,0 ^a	9,1 ^a	8,7 ^b	9,8 ^c	10,6 ^a	10,4 ^a	8,2 ^b	11,6 ^c
Christgrün								
TM-Ertrag [dt/ha]	105,5 ^a	98,5 ^{ab}	92,7 ^{ab}	78,0 ^b	70,3 ^a	99,9 ^b	77,5 ^a	65,3 ^a
RP-Ertrag [dt/ha]	15,0 ^a	9,9 ^{bc}	12,1 ^b	7,2 ^c	13,1 ^a	13,0 ^a	13,1 ^a	5,1 ^b
ME 1 [MJ/kg TS]	9,3 ^a	8,2 ^b	9,2 ^a	7,6 ^c	10,5 ^a	8,7 ^b	10,4 ^a	7,4 ^c
ME 2 [MJ/kg TS]	9,7 ^a	10,2 ^b	9,4 ^c	10,2 ^b	10,1 ^{n.s.}	10,0 ^{n.s.}	9,8 ^{n.s.}	-
Nossen								
TM-Ertrag [dt/ha]	142,0 ^a	186,7 ^b	147,7 ^a	89,8 ^c	98,7 ^a	132,4 ^b	97,5 ^a	90,4 ^a
RP-Ertrag [dt/ha]	18,0 ^a	28,3 ^b	30,2 ^b	9,4 ^c	21,0 ^a	20,4 ^a	18,5 ^a	10,0 ^b
ME 1 [MJ/kg TS]	10,6 ^a	9,7 ^b	10,6 ^a	10,5 ^a	11,0 ^a	9,3 ^b	10,9 ^a	7,7 ^c
ME 2 [MJ/kg TS]	8,5 ^a	10,0 ^b	10,7 ^c	10,5 ^{bc}	10,1 ^a	9,0 ^b	9,0 ^b	9,5 ^c

Schlussfolgerungen

Angepasste Nutzungstermine im Kleegrasanbau stellen eine Möglichkeit dar, das Blütenangebot für Insekten gezielt zu verbessern. Als guter Kompromiss zwischen Futterproduktion und Förderung blütenbesuchender Insekten stellte sich die Variante mit verzögertem Nutzungstermin des zweiten Aufwuchses (PG 3) heraus. Eine Förderung dieser angepassten Nutzung, auf dem gesamten Schlag oder auf Teilflächen (Randstreifen oder Staffelmahd), könnte über Agrarumweltprogramme erfolgen.

Literatur

Gallai N., Salles J.-M., Settele J., Vaissière B.E. (2009): Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3), 810-821.

Hallmann C.A., 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>

Klein A.-M., Vaissiere B.E., Cane J.H., Steffan-Dewenter I, Cunningham S.A., Kremen C., Tschardtke T. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.

Maurizio A., Schaper F. (1994): *Das Trachtpflanzenbuch. Nektar und Pollen – die wichtigsten Nahrungsquellen der Honigbiene.* Ehrenwirth, München, 334.

Pritsch, G. (2007): *Bienenweide – 200 Trachtpflanzen erkennen und bewerten.* Kosmos Verlag, Stuttgart, 168.

Kurzrasenweide: Gewichtsveränderungen aufgrund von Pansenfüllung

E. Leisen, S. Hoffmanns

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

Einleitung und Problemstellung

Bei Masttieren wurden unter Kurzrasenweide Gewichtsabnahmen im ersten Weidemonat festgestellt (mündliche Mitteilung aus Praxis). Bei Milchkühen auf Kurzrasenweiden wurden im Vergleich zu Stallhaltung und anderen Weidesystemen immer wieder geringere Lebendgewichte festgestellt. So auch in Untersuchungen am Landwirtschaftszentrum Haus Riswick (Verhoeven et al. 2019): Hier gingen gegenüber der Zeit im Stall die Lebendgewichte bei Halbtagsweide um etwa 20 kg, bei Kurzrasenweide dagegen um etwa 60 kg zurück, um im Herbst bei stärkerer Zufütterung wieder anzusteigen. Für diese Veränderungen gibt es 2 Erklärungsansätze:

1. Nach Weideauftrieb ist bei Kurzrasenweide die Futteraufnahme begrenzt und die Tiere leben von der Körpersubstanz. Bei zunehmender Zufütterung im Herbst setzen sie dagegen wieder mehr an. Folge: Die Berechnung der Flächenproduktivität müsste um die Gewichtsabnahme korrigiert werden.
2. Bei Kurzrasenweide wird eine geringere Pansenfüllung beobachtet. Diese ist durch die schnelle Passagerate des sehr jungen Futters im Pansen erklärbar.

In der Mehrzahl der Betriebe wird während einer Übergangsfütterung im Frühjahr und Herbst gleichzeitig Silage und Weide angeboten. Beide Vorgänge, Veränderungen bei der Körpersubstanz und bei Pansenfüllung, können parallel ablaufen und lassen sich mit vertretbarem Aufwand kaum unterscheiden. Bei schnellem Wechsel der Futtration lassen sich beide Vorgänge dagegen besser unterscheiden.

Material und Methoden

Auf einem Betrieb mit abrupter Umstellung von Stall- auf Vollweide im Frühjahr und von Vollweide auf Stallhaltung im Herbst werden die Kühe am Melkroboter gewogen. Dies hat mehrere Vorteile:

- Das Grobfutter wechselt abrupt von Grassilage mit höheren Rohfasergehalten zu Kurzrasenweide mit sehr niedrigen Rohfasergehalten. Entsprechend schnell dürfte sich die Pansenfüllung verändern.
- Die Einzeltiergewichte werden mehrmals täglich (kurze Intervalle) erhoben.

In der Auswertung berücksichtigt wurden Kühe, die im jeweiligen Kalenderjahr durchgehend in der Milchviehherde waren. 2012 fiel die Waage vorübergehend aus, verrechnet wurde hier erst ab Herbst.

Ergebnisse und Diskussion

Gewichtsveränderungen bei abrupter Futterumstellung

Die Gewichtsveränderungen sind vor allem zu Weidebeginn und nach Weideabtrieb am stärksten (Abb. 1). Nach Weidebeginn fällt das Lebendgewicht 2013 innerhalb von nur fünf Tagen um 48 kg, 2011 wurde anfangs etwas zugefüttert, die Gewichtsabnahme wurde dadurch verzögert (Abb. 2). Nach Weideende steigt das Lebendgewicht innerhalb von 9 – 10 Tagen in 2012 und 2013 um 51 kg, 2011 in 18 Tagen um 56 kg (Abb. 3). Derart schnelle Gewichtsveränderungen lassen sich nur durch Veränderungen bei der Pansenfüllung erklären. Veränderungen der Pansenfüllung erklären zumindest teilweise auch Veränderungen während der Stall- und Weideperiode: Abnahme infolge geringeren Futterangebot kurz vor Abtrieb, Zunahme bei Beifütterung im Herbst 2011. Gewichtsveränderungen durch Auf-/Abbau von Körpersubstanz haben dagegen wahrscheinlich eine geringere Bedeutung, zumindest 2013.

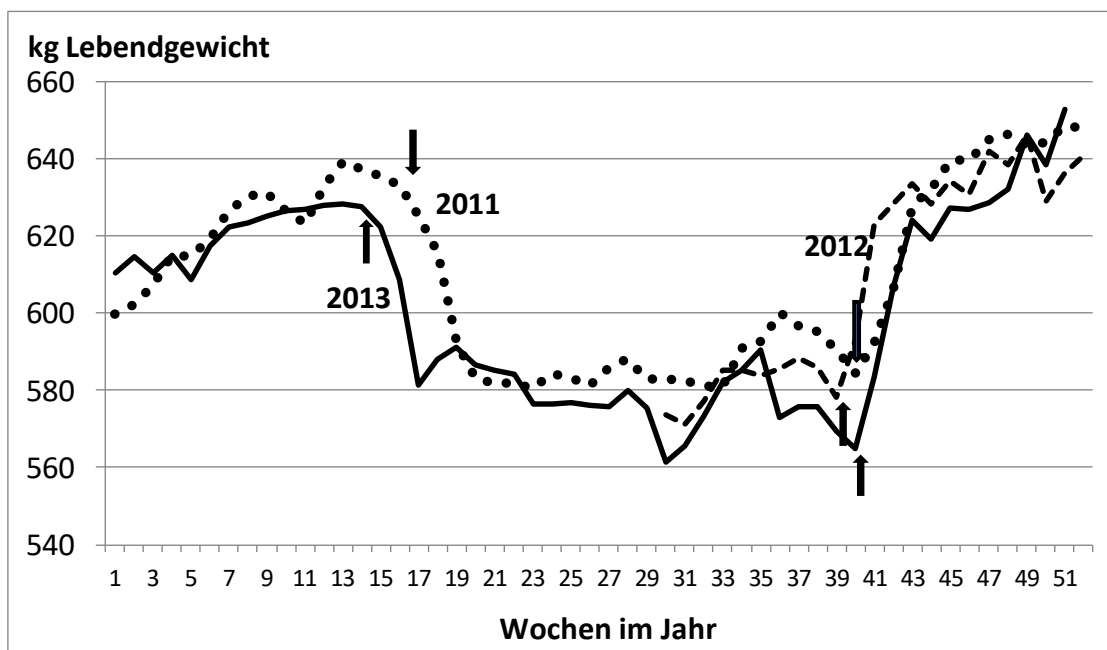


Abb. 1: Gewichtsentwicklung in Stall- und Weideperiode

Weidestart/-ende: markiert durch Pfeile

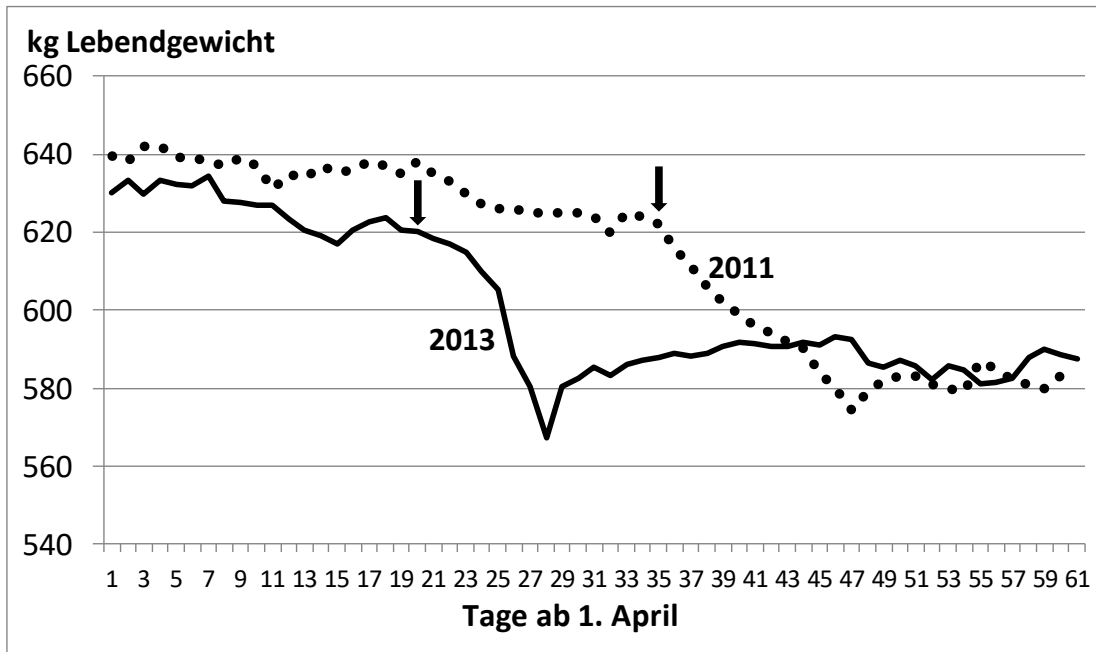


Abb. 2: Gewichtsentwicklung im Frühjahr vor/ nach Weidebeginn
 Weidestart: markiert durch Pfeile

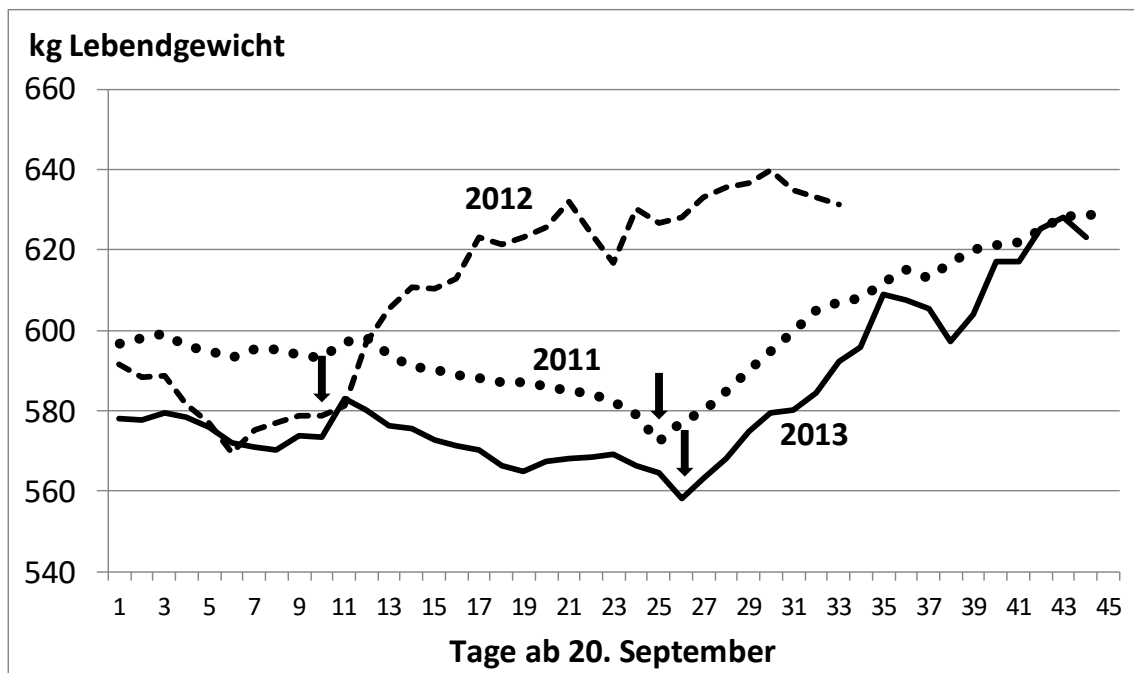


Abb. 3: Gewichtsentwicklung im Herbst vor/ nach Weideende
 Weideende: markiert durch Pfeile

Schlussfolgerungen

Gewichtsveränderungen zu Weidebeginn/Weideende waren bei Kurzrasenweide vor allem auf eine unterschiedliche Füllung des Pansens zurückzuführen, Veränderungen bei der Körpersubstanz dürften im Vergleich dazu nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben. Bei der Konditionsbeurteilung muss die unterschiedliche Pansenfüllung richtig interpretiert werden.

Literatur

Verhoeven A., Hoppe S., Pries M. (2019): Kurzrasenweide ganztags, halbtags oder bei begrenzter Weidefläche mit Kühen nutzen? Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Tagungsband 2019, 254 – 257.

Test von Rotkleearten unter Weidenutzung 2015 - 2019

E. Leisen und S. Glowacki

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

Einleitung und Problemstellung

Auf Klee grasflächen unter Schnittnutzung kann Rotklee maßgeblich zur Ertragsbildung beitragen (in Versuchen: 25 – 30 % Mehrertrag; Leisen et al., 2017). Unter Weidebedingungen findet man neben Weißklee auf Klee grasflächen und an einzelnen Standorten auch auf Dauergrünland Rotklee. Entscheidend sind die Standort- und Weidebedingungen. Bonituren zwischen 2002 und 2004 zeigten: Bei Umtriebsweide und nicht zu tiefem Verbiss kann sich Rotklee in Klee grasbeständen auf Lehmböden bis zu 2 – 3 Jahren in höheren Anteilen halten, auf Sandböden sinkt der Ertragsanteil schon im 1. Jahr deutlich ab (110 Flächen; Leisen, 2004). In den letzten 15 Jahren, seit diesen Erhebungen, haben sich bei der Weidenutzung in vielen Öko-Betrieben die Kurzrasenweide und damit eine sehr intensive Nutzung durchgesetzt. Auf mehreren Standorten hält sich Rotklee auch unter Kurzrasenbedingungen: So in den Niederlanden, der Eifel, dem Bergischen Land und der Rhön. Auf der Rhön nimmt Rotklee stellenweise höhere Ertragsanteile ein als Weißklee und das nach mehrjähriger Kurzrasenweide (Wuchshöhe meist zwischen 3 und 5 cm) (eigene Beobachtung). Es handelt sich wahrscheinlich dabei um Öko-Typen und nicht um Zuchtsorten. Dies gilt vor allem für die reinen Grünlandbetriebe, die kein Klee gras anbauen. Es gibt zwischenzeitlich in der Schweiz die Weide-Rotkleeorte „Pastor“. Diese und weitere Rotkleearten wurden unter Weidebedingungen des Öko-Landbaus getestet.

Material und Methoden

Auf 14 Standorten wurden insgesamt 7 Rotkleearten (Pastor, Astur, Larus, Merula, Milvus, Harmonie und Taifun) unter Weidebedingungen geprüft, dabei auf jedem Standort 3 – 4 Sorten, insgesamt 7 Sorten. Dabei handelte es sich um von den norddeutschen Landwirtschaftskammern empfohlene Sorten. Ausnahmen: die Sorte Taifun wurde zwischenzeitlich aus der Empfehlung genommen. Die Sorte Astur wurde 2014 aus der Empfehlung genommen trotz guter Erträge, Gesundheit und Ausdauer. Sie wurde von einem Schweizer Züchter übernommen. In einem 4-jährigen Ausdauer Versuch konnte sie in den letzten Jahren überzeugen (mündliche Mitteilung Louis-Bolk-Institut). Die Sorte Pastor kommt aus der Schweiz und wird dort auch als Weiderotklee empfohlen.

Ausgesät wurden die Sorten als Bestandteil der Standardmischung A 7. Auf einem Standort lagen nebeneinander 2 – 4 verschiedene Rotkleearten sortenrein in der Mischung. Die Standardmischung A 7 ist eine für den mehrjährigen Klee grasanbau zur Weide- und Schnittnutzung in Norddeutschland empfohlene Mischung (17 % Deutsches Weidelgras, 33 % Wiesenschwingel, 17 % Lieschgras, 13 % Weißklee, 20 % Rotklee).

Um eine breite Übersicht über Praxisbedingungen zu bekommen, stand der Sortenvergleich auf unterschiedlichen Böden (vom lehmigen Sand bis Lehmböden), nach unterschiedlichen Vorfrüchten (verschiedene Getreidearten, Silomais oder Klee gras), bei unterschiedlicher Anlage (Blanksaaten im Herbst 2015 und Frühjahr 2016 sowie Untersaaten im Frühjahr 2016)

Der Sortenvergleich wurde als Langstreifen mit 3 – 4 Wiederholungen angelegt, mit einer Aussaatstärke bei Blanksaat von 30 kg/ha und bei Untersaat von 20 kg/ha.

Bonitiert wurde 3 x jährlich (Frühjahr, Sommer, Herbst) der Ertragsanteil. Am Ende des 3./4. Hauptnutzungsjahres wurde die Anzahl Pflanzen/m² festgehalten.

Ergebnisse und Diskussion

Eine genauere Beschreibung zur Bestandeszusammensetzung wurde auf der AGGF-Tagung 2018 vorgestellt (Leisen, 2018). Auf 10 Standorten wurden die Bestände bis 2019 genutzt. Die Anzahl Rotkleepflanzen nach 3 – 4 Jahren Beweidung wird anschließend beschrieben.

Entwicklung unterwüchsigen Bedingungen

Auf 3 Betrieben befanden sich nach 4 Nutzungsjahren bei Pastor weniger Pflanzen als bei den übrigen beiden Rotkleearten. Die Ackerrotkleearten Taifun und Harmonie waren am häufigsten zu finden, Larus lag in der Mitte (Tab. 1).

Wachstumsbedingungen: Auf allen 3 Standorten stand Rotklee unter starker Konkurrenz. Auf den Betrieben ELK und JUE war die Nährstoffnachlieferung direkt nach mehrjährigen Klee gras sehr hoch, auf Betrieb BOK mit klee grasreicher Fruchtfolge stand der Rotklee sowohl in Konkurrenz zur Deckfrucht Winterweizen als auch zum Obergras Wiesenschwingel als Mischungspartner. Trotz enger Fruchtfolge wurden keine Fruchtfolgekrankheiten beobachtet.

Tab.1: Häufigkeit von Rotkleepflanzen nach 4 Jahren Weidenutzung unter wüchsigen Bedingungen

Betrieb	Betrieb BOK	Betrieb ELK	Betrieb JUE
Bodenart	hLS	Sand	lS
Weidesystem	Kurzrasenweide	Kurzrasenweide	Umtriebsweide*
	Häufigkeit in % (Pastor = 100)		
Pastor	100	100	100
Larus	310	155	385
T(aifun)/H(armonie)	505 (T)	218 (H)	615 (T)
Pastor absolut Pflanzen/m²	0,1	1,1	0,9

*: Umtriebsweide: 3 Wochen Pause zwischen 2 Auftrieben

Entwicklung unter weniger wüchsigen Bedingungen

Auf 7 Betrieben befanden sich nach 3 – 4 Nutzungsjahren bei Pastor mehr Pflanzen als bei den übrigen Rotkleearten. Von den übrigen Sorten hatte Taifun fast durchweg die meisten Pflanzen (Tab. 2).

Wachstumsbedingungen: In fast allen Betrieben stand vorm Klee gras Wintergetreide. Danach erfolgte eine Blanksaat im Herbst, in Betrieb VET erst im Frühjahr, da vorweg Silomais stand.

In Betrieb RIG wurden im Frühlingsaufwuchs des 1. Hauptnutzungsjahres nur noch 3% Ertragsanteil Rotklee gefunden. Diese Fläche war im Herbst nach der Saat schon geschnitten und danach im November nochmal beweidet worden. Ab dem 1. Hauptnutzungsjahr wurde

der Bestand dann als Kurzrasenweide durchgehend beweidet. Nach 4 Jahren sind nur noch einzelne Pflanze zu finden, aber auch hier bei Pastor mehr als bei Astur. Auf rotkleewüchsigen Standorten waren es unter Kurzrasenweide aber auch bis zu 11,2 Pflanzen pro m².

Tab. 2: Häufigkeit von Rotkleepflanzen nach 3 – 4 Jahren Weidenutzung unter weniger wüchsigen Bedingungen

Betrieb	RIG	VET	THE	KRR 1	KRR 2	HAL 1	HAL 2
Bodenart	IS	Esch	sL	tL	tL	sL	sL
Weidesystem*	KRW	UW	KRW	MW	KRW	KRW	KRW
Jahre**	4	4	4	4	4	3	3
Häufigkeit in %, Pastor = 100							
Pastor	100	100	100	100	100	100	100
Astur	62		49				
Larus				79	39	32	18
Merula						11	30
Milvus		51					
Taifun		56	41	81	73	64	89
Pastor absolut Pflanze/m²	0,3	3,9	4,3	7,5	8,4	8,8	11,2

*KRW: Kurzrasenweide; *UW: Umtriebsweide: 3-7,5 Wo. Pause zwischen Auftrieben

*MW: Mähweide: 1 Schnitt, dann Kurzrasenweide; **Jahre Weidenutzung

Schlussfolgerungen

Entscheidend für die Sortenwahl aber auch für zukünftige Züchtung: Die Sorte Pastor verträgt Beweidung besser als die anderen geprüften Rotkleearten, sowohl bei Kurzrasenweide, Umtriebsweide als auch Mähweide. Pastor wurde gezielt auf flachen Wuchs und intensive Triebbildung gezüchtet und unter Umtriebsweide (3 – 4 Wochen Pause) selektiert (Boller *et al.*, 2012). Ausnahme: Wüchsige Startbedingungen für Mischungspartner oder Deckfrucht. Dann scheint Pastor weniger gut geeignet.

Literatur

Boller B., Tanner P., Schubiger F.X. (2012): Pastor: ein neuer, für Weide geeigneter Rotklee. Agrarforschung Schweiz (1): 20-27.

Leisen, E. (2004): Entwicklung von Rotklee gras bei Schnitt- und Weidenutzung. Versuchsbericht Leitbetriebe ökologischer Landbau in NRW.

Leisen E., Böker H., Borstel U. v., Eekeren N. v., König M. (2017): Ertrag und Qualität von Klee gras und Luzerne gras: Zusammenstellung von 28 Mischungsvergleichen der letzten 21 Jahre. Versuchsbericht Leitbetriebe ökologischer Landbau in NRW.

Leisen, E. (2018): Rotkleearten unter Weidebedingungen. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Tagungsband 2018, 197 – 202.