



Arbeitsgemeinschaft **G**rünland und **F**utterbau
der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.



61. Jahrestagung in Berlin/Paulinenaue vom 24. bis 26. August 2017

„Nachhaltige Futterproduktion auf Niedermoorgrünland“



Professur für Landnutzungssysteme
am Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und
Gartenbauwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin



in Zusammenarbeit mit dem
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.

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

**61. Jahrestagung in Berlin/Paulinenaue
vom 24. bis 26. August 2017**

Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 18
„Nachhaltige Futterproduktion auf Niedermoorgrünland“

Redaktion:

Jürgen Pickert
Viola Kannemann

Impressum

Herausgeber:

Professur für Landnutzungssysteme am Albrecht Daniel Thaer-Institut
für Agrar- und Gartenbauwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin

in Zusammenarbeit mit dem
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.

Bezug: Über den Herausgeber

Druck: Pro BUSINESS
digital printing Deutschland GmbH
Schwedenstraße 14
13357 Berlin

ISBN: 978-3-943679-58-8

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.

Alle Rechte vorbehalten.

© 2017 Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.

Geleitwort

Liebe Grünländer und Futterbauer,

herzlich willkommen zur 61. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in Berlin und Paulinenaue! Es ist mehr als 20 Jahre her, dass sich die AGGF in Paulinenaue getroffen hat. Und in Berlin hat bislang noch keine Jahrestagung stattgefunden. Es wurde also höchste Zeit, dass wir den Weg in die Bundeshauptstadt nehmen.

Uns erwarten wieder einmal 2 % spannende Tage, dieses Mal zum Schwerpunkt „Nachhaltige Futterproduktion auf Niedermoorgrünland“. Die Moore werden als Kohlenstoffspeicher den Wäldern Deutschlands gleichgestellt. Darüber hinaus dienen sie der Retention und Filterung von Wasser und als Stoffsenke. 90 % der Moore Deutschlands wurden allerdings für die Bewirtschaftung entwässert, was ihre Ökosystemleistungen einschränkt und sie wegen der damit verbundenen Treibhausgasemissionen in den Fokus des Klimaschutzes rückte.

Dabei scheinen Niedermooere in Deutschland nicht besonders relevant zu sein, schaut man allein auf die Flächengröße. Allerdings sind sie in einigen Regionen, wie der unserer diesjährigen Jahrestagung prägend für die Grünlandwirtschaft und unersetzbares Produktionsmittel landwirtschaftlicher Betriebe. Denn 50 % dieser entwässerten Moore werden als Grünland und zur Futterproduktion genutzt. Wie ist dies auf nachhaltige Art und Weise möglich? Dieser Frage stellen wir uns am ersten Tag.

Am zweiten Tag folgt ein Streifzug durch aktuelle Themen aus der AGGF-Familie. Der Bogen umspannt wiederum Fragen von Mischungen und Arten, über die Düngung bis hin zur Sicherung der Produktqualität.

Dann schauen wir uns im Havelländischen Luch in Paulinenaue gründlich um. Und schließlich erkunden wir auf der Exkursion am Samstag das Rhinluch, ein für Berlin und Brandenburg auch historisch bedeutsames Niedermoorgebiet nahe Fehrbellin, wo es offenbar gelingt, Artenschutz, Tourismus, landwirtschaftliche Produktion, Verarbeitung und Vermarktung in Einklang zu bringen. Wir sind gespannt.

Viel Spaß, interessante neue Eindrücke und intensive Diskussionen wünschen



Nicole Wrage-Mönnig und Jürgen Pickert.

Inhaltsverzeichnis

Vorträge Sektion I: „Nachhaltige Futterproduktion auf Niedermoorgrünland“

Klimaschutz in Deutschland – Was soll und kann die Landwirtschaft beitragen? <i>Grethe, H.</i>	11
Grünland auf Niedermooren – Balance zwischen Nutzung und Schutz <i>Zeitz, J. und Pickert, J.</i>	13
Ergebnisse 20-jähriger Untersuchungen zur Phosphor- und Kaliumdüngung von Niedermoorgrünland in Nordostdeutschland als Basis für eine entzugsgerechte Düngungsempfehlung <i>Hertwig, F., Wacker, J. und Schuppenies, R.</i>	19
Auswirkung der Weideintensität auf bodenphysikalische und -chemische Parameter und Vegetation <i>Ittner, S., Zeitz, J. und Drexler, S.</i>	25
Sozioökonomische Betrachtung der Niedermoornutzung in Schleswig-Holstein unter besonderer Berücksichtigung des Klimaschutzes <i>Reinsch, T., Albrecht, E., Poyda, A., Henning, C. und Taube, F.</i>	33

Posterpräsentation Sektion I: „Nachhaltige Futterproduktion auf Niedermoorgrünland“

Kooperativer Moorschutz durch Landschaftspflegeverbände <i>Babiychuk, S. und Raschke, I.</i>	39
Attraktive Grünlandnutzung mit Wildwiederkäuern in Paulinenaue <i>Behrendt, A., Fischer, A. und Kaiser, T.</i>	41
WETSCAPES: Stoffumsetzungsprozesse an Moor- und Küstenstandorten als Grundlage für Landnutzung, Klimawirkung und Gewässerschutz <i>Berendt, J., Schmacka, F. und Wrage-Mönnig, N.</i>	45
On-Farm Projekt zur Optimierung der Nährstoffeffizienz von Grünland in Schleswig-Holstein <i>Bockwoldt, M.H. und Wiermann, C.</i>	49
Die Aktivitäts- und Laufleistung von Mutterkühen in drei Winterphasen auf einem Niedermoorstandort <i>Fischer, A., Pickert, J. und Kranepuhl, M.</i>	53
Satellitengestützte Erfassung von Schnitffrequenz und Grünlandertrag auf organischen Böden <i>Grant, K., Kluß, C., Taube, F., Herrmann, A. und Hartmann, S.</i>	57
Untersuchungen zur Stabilität der organischen Bodensubstanz in agrarisch genutzten Niedermoorfolgeböden <i>Heller, C. und Lammel, M.</i>	61
Auswirkungen von Grünlandextensivierungsmaßnahmen auf den Phosphorhaushalt eines degradierten Niedermoorstandortes <i>Heller, S., Kayser, M. und Müller, J.</i>	65
Nachhaltige Bewirtschaftung der Rohrglanzgraswiesen auf Niedermoor <i>Hochberg, H., Hochberg, E. und Zart, S.</i>	69
<i>Festuca arundinacea</i> auf Niedermoor – Sorten und ihre Futterqualität <i>Jänicke, H.</i>	73

Sanftblättriger Rohrschwengel im Vergleich zu herkömmlichen Rohrschwengel- und Futtergräserbeständen bei Rinderbeweidung <i>Kaiser, T., Pickert, J. und Behrendt, A.</i>	77
Untersuchungen zum Management von <i>Juncus articulatus L.</i> auf degradiertem Niedermoor <i>Müller, J., Behrendt, A. und Pickert, J.</i>	81
Siliereignung von Grünlandbeständen und Gärqualität der mittels Anwelkverfahren produzierten Grassilagen <i>Paries, A., Weiß, K., Pickert, J., Weise, G., Herrmann, A., Hoffmann, T., Mersch, F., Thaysen, J. und Wellenbrock, K.-H.</i>	85
Wie lange muss ein Grünlanddüngungsversuch dauern? Betrachtung der Trockenmasseerträge eines 55 Jahre laufenden N-Düngungsversuches auf Niedermoorgrünland in Nordostdeutschland <i>Pickert, J., Behrendt, A. und Käding, H.</i>	89
Erfassung von Aktivitäts- und physiologischen Parametern zur Charakteristik des Tierwohles von Mutterkühen auf der Weide in Nordostdeutschland <i>Pickert, J., Fischer, A., Ehlert, S. und Behrendt, A.</i>	93
10 Jahre Reifeprüfung für den 1. Grünlandaufwuchs auf dem Niederungsgrünland in Brandenburg <i>Weise, G., Pickert, J. und Tesch, U.</i>	97
Nahrungspräferenzen von Wisent (<i>Bison bonasus</i>) und Przewalski-Pferd (<i>Equus ferus przewalskii</i>) in einem Semi-Reservat <i>Zielke, L., Wrage-Mönnig, N. und Müller, J.</i>	101

Vorträge Sektion II: „Allgemeine Themen“

Schlag-orientierte Qualitätssicherung in der Grassilageproduktion – ein Paradigmenwechsel? <i>Pickert, J., Herrmann, A., Hoffmann, T., Mersch, F., Thaysen, J., Weise, G., Weiß, K. und Wellenbrock, K.-H.</i>	105
Zusammenhang zwischen Betriebsstruktur und Milchleistung ökologisch wirtschaftender Betriebe und der Pflanzenartenvielfalt des Grünlands <i>Morgenstern, L., Schmitz, A., Tichter, A. und Isselstein, J.</i>	111
Erarbeitung von Differenzierungsmerkmalen von Wiesenmilch: Einfluss der wiesenfutterbasierten Fütterung auf die Milchzusammensetzung und die Futterautonomie <i>Sutter, M., Bär, C., Egger, C., Portmann, R., Bisig, W. und Reidy, B.</i>	117
Infrarotthermometrie: einfache Ausrüstung zur Temperaturerfassung im agrarischen Grünland?.... <i>Schick, K., Müller, J., und Wrage-Mönnig, N.</i>	123
Echtzeitmessung der Ammoniak-Emissionen mit Gassensoren nach Gärrestapplikationen auf Grünland bei variierter Applikationsmenge und Beimischung von Gips <i>Wolf, M. und Laser, H.</i>	129
Ertragsleistung und Umweltwirkungen von Winterzwischenfrüchten in einer Silomaiselbstfolge unter den klimatischen Bedingungen Norddeutschlands <i>Komainda, M., Taube, F., Kluß, C. und Herrmann, A.</i>	135
Nachsaaterfolg und Persistenz von Leguminosen im Dauergrünland bei unterschiedlicher Nutzungs- und Düngeintensität <i>Meister, L., Thumm, U. und Elsäßer, M.</i>	141

Das Berggrünlandprojekt Thüringer Wald – Erfassung und Bewertung des Grünlands einer Mittelgebirgsregion <i>Petersen-Schlapkohl, U. und Hochberg, H.</i>	147
---	-----

Posterpräsentation Sektion II: „Allgemeine Themen“

Rohnährstoffgehalte und Proteinqualität in Rotklee und Luzerne (frisch und siliert) in Abhängigkeit von der Anwelkdauer <i>Baumgärtel, T.</i>	153
Einfluss der Bewirtschaftung von FFH-Mähwiesen auf die botanische Zusammensetzung <i>Boob, M., Thumm, U., Lewandowski, I., Truckses, B., Seither, M. und Elsäßer, M.</i>	157
Regionale und zeitliche Variation der Sauerstoffisotope im Milchwasser <i>Chen, G., Schäufele, R. und Auerswald, K.</i>	161
Vergleich der Auswirkungen einer Gülledüngung im Herbst und im Frühjahr auf Wachstumsverhalten und Ertrag im ersten Schnitt auf benachteiligten Grünland-Standorten Süddeutschlands – Zwischenergebnisse <i>Dentler, J., Kiefer, L., Bahrs, E. und Elsäßer, M.</i>	165
Untersuchungen zur Dynamik und zur Ursache von Harnschäden auf der Weide <i>Diepolder, M. und Raschbacher, S.</i>	169
Ergebnisse eines P-Düngungsversuchs zu Grünland im Allgäuer Alpenvorland <i>Diepolder, M. und Raschbacher, S.</i>	173
Ergebnisse eines P-Düngungsversuchs auf einer Wiesenfuchsschwanzwiese im vorderen Bayerischen Wald <i>Diepolder, M. und Raschbacher, S.</i>	177
Nischenüberlappung und Ressourcenpartitionierung zwischen seltenen Leierantilopen (<i>Damaliscus korrigum</i>) und anderen Herbivoren im Pendjari Biosphärenreservat (Nordbenin) <i>Djagoun, C.A.M.S. und Wrage-Mönnig, N.</i>	181
Eignung von Mantel-Saatgut und Hochzuckergras im Vergleich zu handelsüblichen Nachsaatmischungen auf Ertrag und Qualitätsparameter bei Frühjahrs- und Herbstnachsaat von Dauergrünland <i>Elsäßer, M. und Wurth, W.</i>	183
Entscheidungsverhalten von Landwirten mit Moorstandorten im Kontext von Produktion und Nachhaltigkeit <i>Häfner, K. und Weltin, M.</i>	187
Einfluss von Heu aus artenreichen Bergwiesen mit erhöhten Gehalten an Polyphenolen auf die Stickstoffverwertung von Milchkühen <i>Ineichen, S., Künzler, A.D., Marquardt, S., Kreuzer, M. und Reidy, B.</i>	191
Ertragsleistungen und Futterqualitäten von Rohrschwengel, Festulolium, Lieschgras und Deutschem Weidelgras – dreijährige Untersuchungen in Nordwestdeutschland <i>Kalzendorf, C. und Hinrichsen, H.-C.</i>	195
Ertrag und Rohproteingehalt in Kleegrasmischungen <i>Leisen, E.</i>	199
Flächenproduktivität von Kuhweiden: Vergleich Kurzrasen und Umtriebsweiden <i>Leisen, E.</i>	203

Test von Kleegrasmischungen: Rotkleesorten unter Weidenutzung <i>Leisen, E.</i>	207
Der Effekt von Bestandeszusammensetzung und Nutzungsfrequenz auf Ertragsleistung und Futterqualität von Klee grasbeständen <i>Lorenz, H., Loges, R., Hamacher, M., Kluß, C. und Taube, F.</i>	211
Die Flüxwiesen der belgischen Ardennen. Ein bemerkenswertes natürliches Erbe, das es zu beschützen gilt <i>Luxen, P., Philippe, A. und Rouxhet, S.</i>	215
Zuwachsdynamik von intensiven Rotationsweiden unter Berücksichtigung unterschiedlicher Standortbedingungen in Schleswig-Holstein <i>Peters, T., Kluß, C., Reinsch, T., Loges, R. und Taube, F.</i>	219
„Die neue Kuh?!“ – zu Bedeutung und Charakteristika der Grünlandbewirtschaftung durch Pferdehalter <i>Schmitz, A., Hüppe, C., Recktenwald, C., Dingfeld, J., Brinsa, C., Florek, J., Maulhardt, J. und Isselstein, J.</i>	223
„50 shades of green“ – Qualität und floristische Diversität von Heu der pferdehaltenden Praxis <i>Schmitz, A., Brinsa, C., Hüppe, C., Recktenwald, C., Dingfeld, J., Florek, J., Maulhardt, J. und Isselstein, J.</i>	227

Klimaschutz in Deutschland – Was soll und kann die Landwirtschaft beitragen?

Grethe, H.

Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim BMEL

Humboldt-Universität zu Berlin
Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften
Hannoversche Straße 27, 10115 Berlin

Einlegedokument



Klimaschutz in Deutschland - was soll und kann die Landwirtschaft beitragen?

Prof. Dr. Harald Grethe

Humboldt-Universität zu Berlin, Thaer-Institut

Vortrag auf der Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Schwerpunkt „Nachhaltige Futterproduktion auf Niedermoorgrünland“, Berlin, 24. August 2017

Basiert weitgehend auf: „Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung“; Gutachten des WBAE und des WBW beim BMEL, 2017

- Deutschland und EU streben THG-Reduktion um 80-95% bis 2050 an
- Hieraus folgt:
 - Es müssen für alle relevanten Sektoren kostengünstige Emissionsminderungs- und Kohlenstofffestlegungsstrategien entwickelt werden!
- Land- und Forstwirtschaft sowie Ernährung und Holzwirtschaft sind in Deutschland relevante Sektoren!
 - Landwirtschaft: Etwa 11 % der nationalen THG-Emissionen
 - Ernährung: Etwa 25 % der nationalen THG-Emissionen inkl. großer Teile der Landwirtschaft

Herausforderungen der Einbeziehung der betrachteten Sektoren

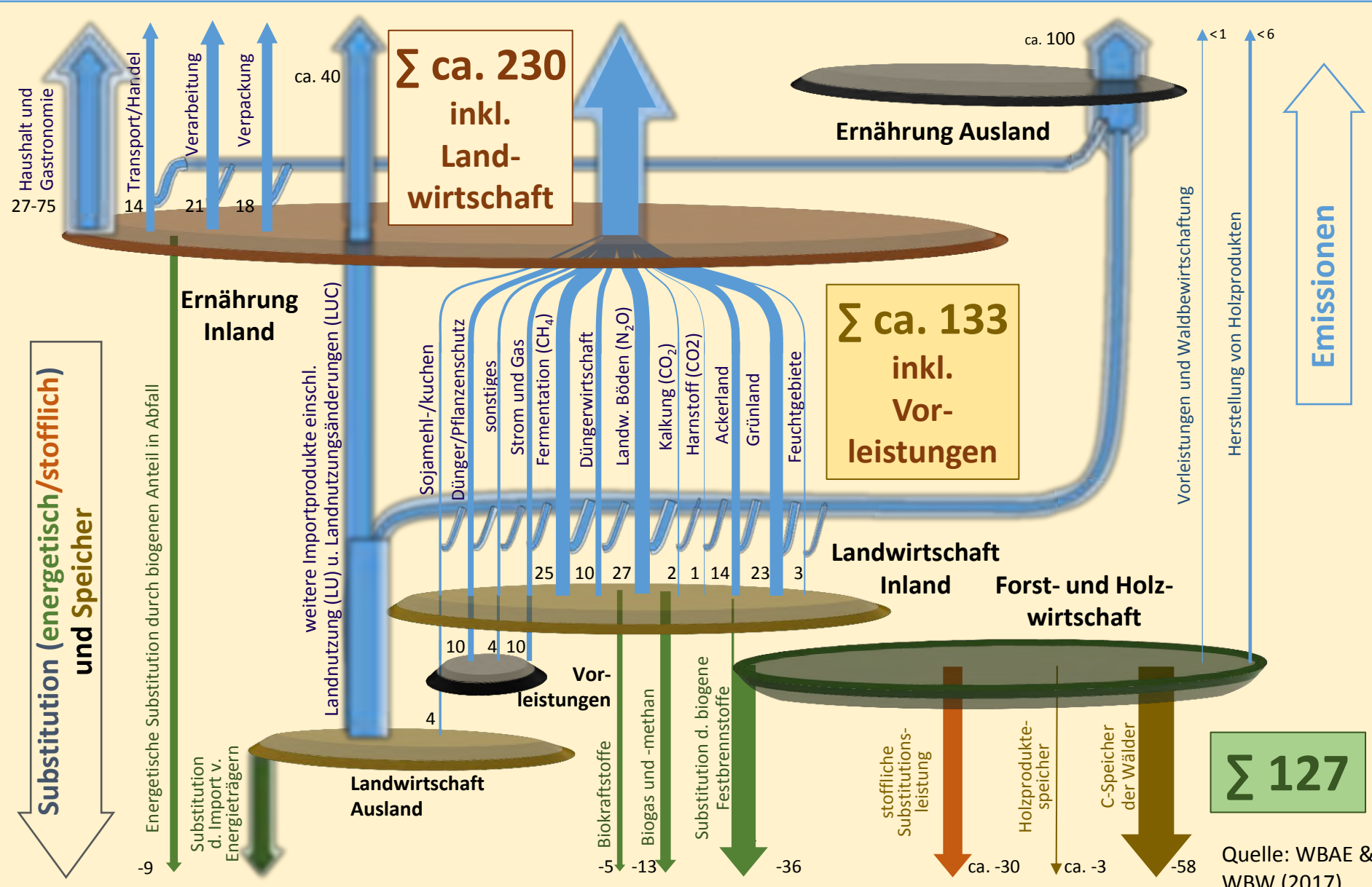
- Diffuse Emissionen im Sektor Landwirtschaft statt punktförmiger Quellen
 - Schwierigkeit, Zielerreichung zu messen und direkt zu honorieren bzw. anzulasten!
 - Deshalb nicht geeignet für Aufnahme in das Europäische Emissionshandelssystem!

Herausforderungen der Einbeziehung der betrachteten Sektoren

- Berücksichtigung indirekter Effekte erforderlich!
 - Preisgebundene Effekte von Maßnahmen in Deutschland auf Konsum und Erzeugung in anderen Ländern
 - Beispiele:
 - Geringere Fleischproduktion durch stärkere Tier- und Umweltschutzauflagen!
 - Mehr Importe!
 - Engagierter Moorschutz: Wiedervernässung und Aufgabe der landwirtschaftlichen Produktion
 - Mehr Importe!
 - Insbesondere deshalb, ist Ernährungspolitik für den Klimaschutz wichtig; das kann die Agrarpolitik alleine nicht leisten!

1. THG-Emissionen aus Landwirtschaft und Ernährung: Größenordnungen
2. Maßnahmen und THG-Minderungspotenzial
3. Beispiele
 - Verringerung des Konsums tierischer Produkte
 - Moorschutz
4. Fazit

Größenordnungen der THG-Emissionen, Substitutions- und Speicherleistungen (in Mio. t CO₂-Äq/Jahr)



Empfehlungen im Bereich Landwirtschaft: Maßnahmenpakete „Moderater“ und „Ambitionierter Klimaschutz“

7

Potenziale der Emissionsminderungen bzw. zusätzlichen Kohlenstofffestlegungen (in CO₂-Äq/Jahr)

	Moderater Klimaschutz	Ambitionierter Klimaschutz
Landwirtschaft	23 bis 24 Mio. t	40 bis 44 Mio. t
Konsum von Lebensmitteln	14 Mio. t	34-35 Mio. t
Forstwirtschaft u. Holzverwendung	28 Mio. t	56 Mio. t
Summe ¹⁾ der erfassten Maßnahmen	65 bis 66 Mio. t	130 bis 135 Mio. t

¹⁾ Teilweise Doppelzählung bei Konsum von Lebensmitteln und Landwirtschaft.

Wo liegen die großen Potenziale im Bereich Landwirtschaft und Ernährung?

8

- **Landwirtschaft und Ernährung – ambitionierter Klimaschutz: -75 Mio. t CO₂-Äq. = -33%**
 1. Konsum tierischer Produkte gemäß Empfehlungen DGE
- 22 Mio. t (29%)
 2. **Schutz von Mooren unter landwirtschaftlicher Nutzung**
- **15 Mio. t (20%)**
 3. Lignozellulose aus landwirtschaftlicher Produktion
-12 Mio. t (16%)
 4. Verringerung vermeidbarer Lebensmittelabfälle um 75%
- 9 Mio. t (12%)
 5. Stickstoffeffizienz in der Düngung und Düngelagerung
- 7 Mio. t (9%)
 6. Erhalt Dauergrünland (gegenüber 2005-2010)
- 3 Mio. t

Summe: 68 Mio. t von 75 Mio. t (91%)

Beispiel: Verringerung Konsum tierischer Produkte

Verzehrgewohnheiten der deutschen
Bevölkerung
(Daten aus der NVS II, 2008)

Männer:

Durchschnittlich
1,1 kg Fleisch
pro Woche

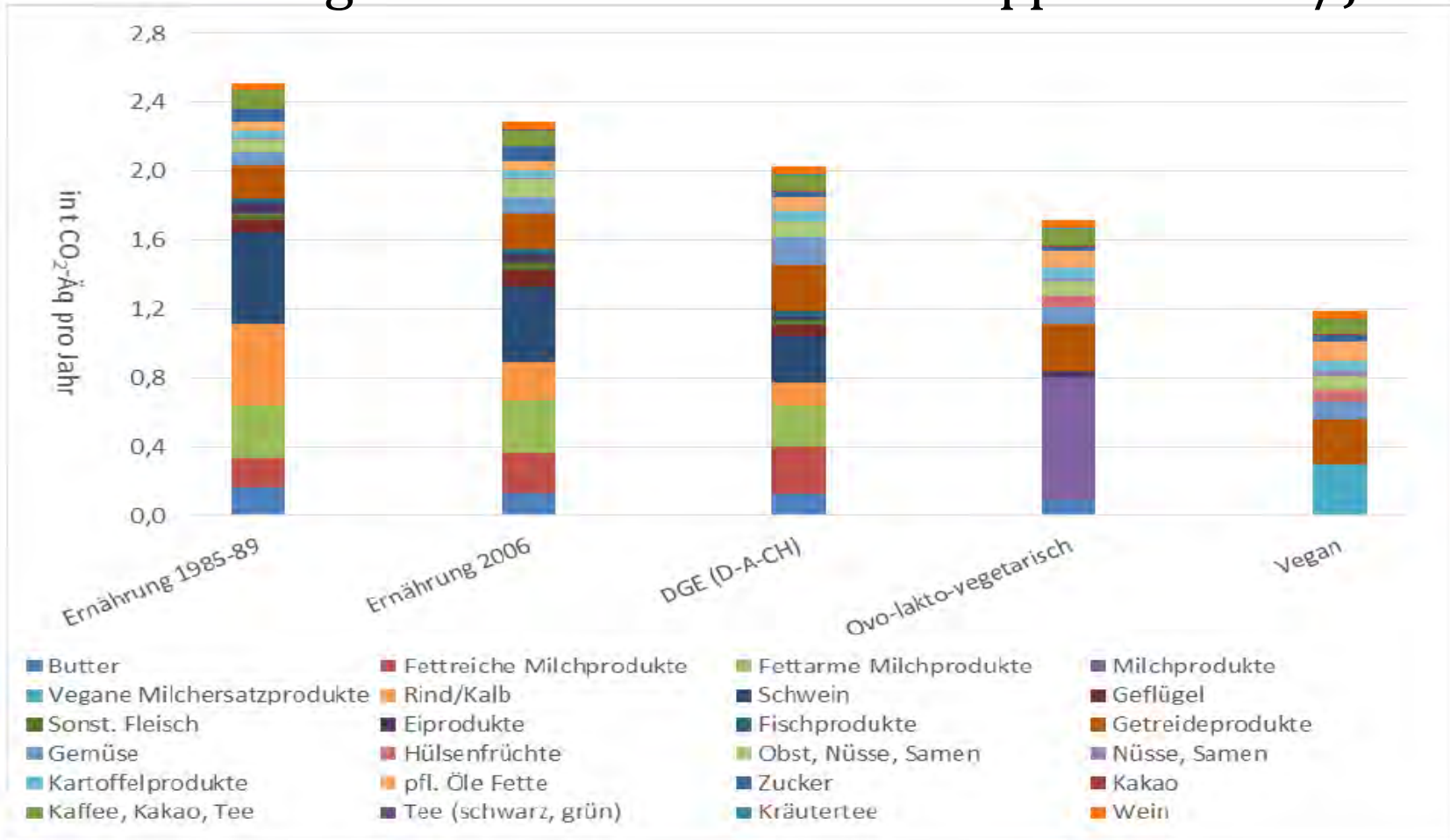
Frauen:

Durchschnittlich
600 g Fleisch
pro Woche

Empfehlungen der DGE: 300-600 g Fleisch/Woche

Ernährungsstile – Auswirkungen auf THG- Emissionen

Treibhausgasemissionen in t CO₂-Äq pro Person/Jahr



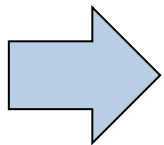
Anm.: Systemgrenzen cradle-to-store, d. h. ohne Emissionen aus Haushalt/Gastronomie.

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Meier und Christen (2013), Meier (2014a) und Meier et al. (2014).

Reduktion des Konsums tierischer Lebensmittel

Steuerung durch:

- Informations- und Bildungskampagnen
- Erhöhung der Mehrwertsteuer von 7% auf 19 % bei Lebensmitteln tierischen Ursprungs
- Einbindung der Gemeinschaftsverpflegung



Erlöse der Mehrwertsteuer zur Finanzierung einer für die Eltern kostenfreien Kita- und Schulverpflegung

Was bedeutet dies für den Einzelnen?

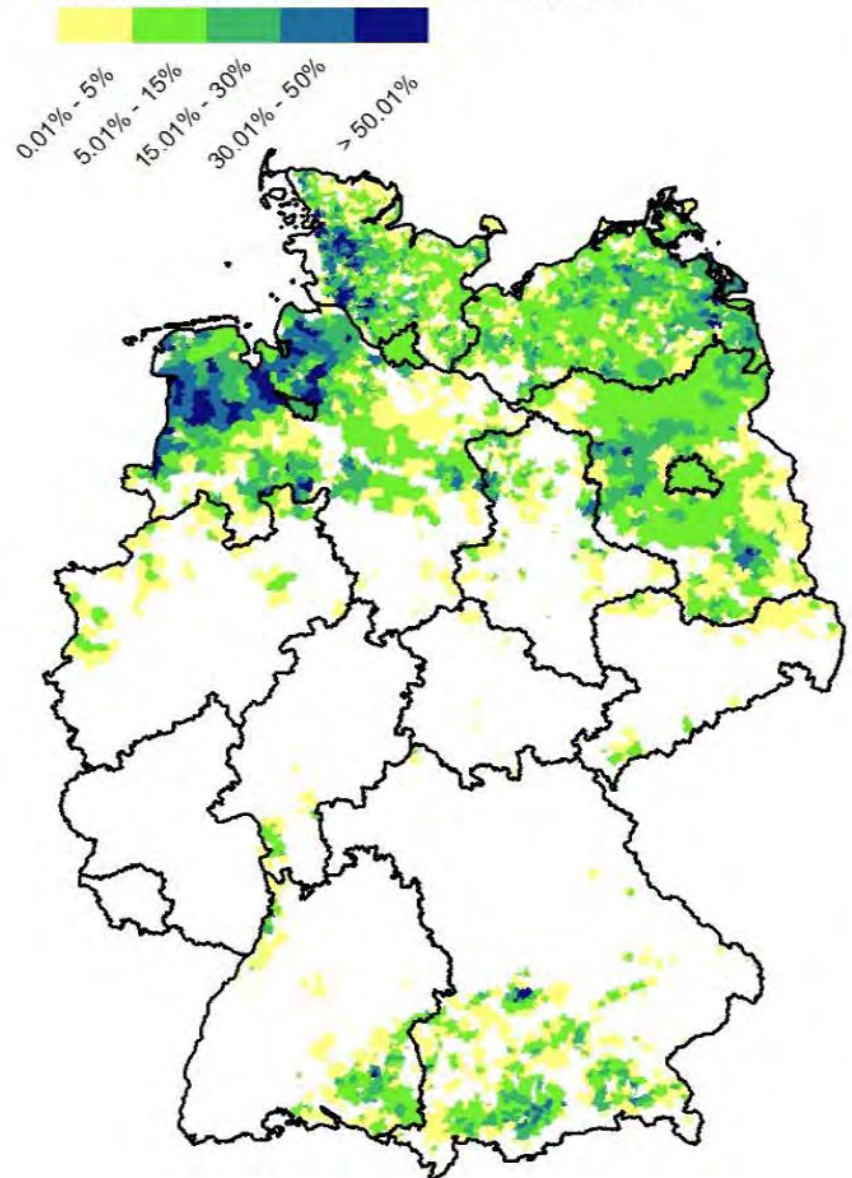
- aktuell ca. 100,- € Ausgaben für Lebensmittel tierischen Ursprungs im Monat
- bedeutet ca. 11,2 % Kostensteigerung – also 11,- € im Monat mehr
 - Sollte für niedrige Einkommensgruppen durch Anpassungen in der Sozial- und Steuerpolitik ausgeglichen werden

- Potenziell hoher Beitrag des Moorschutzes zum Klimaschutz:
 - Etwa 38% der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft und der landwirtschaftlichen Bodennutzung in Deutschland resultieren aus der Moornutzung!
 - Die Moornutzung umfasst aber nur ca. 5% der LF
- Im Maßnahmenpaket „ambitionierter Klimaschutz“ wird angenommen, dass von 1,3 Mio ha. Moorfläche
 - 75% = 0,9 Mio. ha extensiviert werden, davon
 - 0,3 Mio. ha. Wiedervernässung ohne Nutzung
 - 0,6 Mio. ha. Extensivierung

Beispiel Moorschutz

- Zielkonflikt:
Landwirtschaftliche
Nutzung
 - Einkommen
 - Regionale Wirtschaft
 - Kulturlandschaft
 -
- Wirksamkeit erst nach
einem relativ langen
Zeitraum (20+ Jahre)....

Anteil der LF auf Mooren an der Gesamt-LF



- Landwirtschaft und Ernährung werden einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten müssen!
- Das geht nicht nur über „Effizienzverbesserungen“, sondern erfordert auch teilweise kontrovers diskutierte Veränderungen im Konsum und in der Produktion
- Beispiele Verringerung des Konsums tierischer Produkte und Moorschutz:
 - Es handelt sich um graduelle Entscheidungen; mehr oder weniger; nicht ja oder nein!
 - Ziele müssen kontinuierlich nachjustiert werden!
 - Viele Unsicherheiten!

Fazit/Diskussion zum Konsum tierischer Produkte

- Dringender politischer Handlungsbedarf!
- Warum ist das Thema in weiten Teilen der politischen Landschaft so tabu?
- Und so polarisiert?
 - Diskussionsbeitrag: Sonntagsbraten;
 - Antwort: Mord!
 - Diskussionsbeitrag: Staatliche Anreize für einen geringeren Konsum tierischer Produkte setzen;
 - Antwort: „Ernährungsdiktatur“!
 - Diskussionsbeitrag: Ust.-Reduzierung auf Fleisch aufheben;
 - Antwort: „Strafsteuer“!
- Zentrale Fragen: „Darf der Staat in Konsumententscheidungen eingreifen“? Bis zu welcher Eingriffstiefe?

- Moorschutz als Klimaschutzbeitrag unerlässlich
- Maßnahmen müssen standortspezifisch umgesetzt werden:
 - Klimaschutzbeitrag regional/lokal sehr unterschiedlich!
 - Vermeidungskosten regional/lokal sehr unterschiedlich!
 - Z.B. Moor-Futures im Polder Kieve (Mecklenburg-Vorpommern): 35 €/Tonne CO₂-Äq
 - Bis hin zu Vermeidungskosten an intensiv genutzten Moorstandorten von mehreren hundert Euro
 - Das heißt: Vermeidungskosten steigen bei zunehmendem Umfang in Deutschland!
- Alternativen für die extensive Nutzung („Paludikulturen“)?
- Perspektive für europäische Moorschutzprogramme (zur Zeit noch neue Moorkultivierung in Nordosteuropa)!

- Verringerung des Konsums tierischer Produkte und Moorschutz:
 - Zwei Politikbereiche, die wenig populär sind und erhebliche Widerstände generieren....
 - und langfristige politische Strategien erfordern!
 - Hat die Politik den Mut, solche langfristigen Strategien zu entwickeln und zu verfolgen?

Grünland auf Niedermooren – Balance zwischen Nutzung und Schutz

Zeitz, J.¹ und Pickert, J.²

¹ Humboldt-Universität zu Berlin

Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften
Invalidenstraße 42, 10115 Berlin

² Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.

Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg

jutta.zeitz@agrar.hu-berlin.de

Das Wissen sowie die Qualität und Verfügbarkeit von Produktionsmitteln beeinflussen die Art und Intensität jeglicher Landnutzung (Zeitz 2014). Die Moore wurden in der Vergangenheit je nach Stand der Technik, aber auch der finanziellen Mittel sehr unterschiedlich in der Tiefe und Intensität verändert. Urbarmachungen und Meliorationen der Moore erfolgten oft im Zusammenhang mit politischen Veränderungen. Moore – und somit auch die hier zu betrachtenden Niedermoore – wurden vergleichsweise spät, als letzte Standorte in einer Landschaft in Kultur genommen und wurden bzw. werden genutzt als Weiden, Wiesen oder in Kombination Wiese/Weide und als Acker. Um diese Nutzungen auf einstmals natürlichen Niedermooren zu ermöglichen, mussten die Flächen entwässert werden. Durch eine Entwässerung sollte die Trittfestigkeit und später dann die Befahrbarkeit verbessert, Früh- und Spätfröste durch verändertes Mikroklima eingeschränkt und mittels Düngung und Pflegemaßnahmen der Anbau von gezüchteten und leistungsfähigeren Kulturpflanzen als Saatgrasland oder Ackerbau ermöglicht werden.

Für die **Regulierung des Wasserhaushaltes** im klassischen landwirtschaftlichen Sinn kamen und kommen grundsätzlich nachfolgende Verfahren einzeln oder kombiniert zum Einsatz: Grabenentwässerung teilweise mit zweiseitiger Wasserregulierung (An- und Einstau) sowie Entwässerung durch Dränung. Noch bis Ende des 19. Jahrhunderts wurden alle Vorfluter und großen Verbindungskanäle, wie z.B. der Große Havelländische Hauptkanal in Brandenburg, manuell hergestellt. Erst mit Verfügbarkeit von Maschinen und auch des verbesserten Wissens über die hydrologischen und hydraulischen Zusammenhänge der Wasserbewegung im Boden und in der Landschaft erfolgte eine systematische Entwässerung. Aus landtechnischer und ökonomischer Sicht sind große zusammenhängende Schläge günstig, zumal der Anteil an pflegeaufwändigen Überfahrten dann geringer ist. So wurden im Zuge der *Komplexmelioration* im Osten Deutschlands in den 1960iger bis 1980iger Jahren sehr viele extensiv entwässerte Moore erneut melioriert und die Vorfluter teilweise bis auf 2,5 m vertieft, wobei der Abstand zwischen die Gräben stieg und kleinere Gräben verfüllt wurden. Mehrere sehr trockene Sommer in den 1970iger Jahren und die ersten Erscheinungen der Bodendegradation auf zu stark entwässerten Niedermooren führten dazu, dass die Gräben mit regulierbaren Stauanlagen zur zweiseitigen Grundwasserregulierung (Anstau und Einstau) ausgerüstet wurden. Bereits zu dieser Zeit wurde von Bodendegradation oder „Vermulung“ berichtet; Fragen der Freisetzung klimarelevanter Gase untersuchte Mundel (1978) erstmals an den Lysimetern der Forschungsstation in Paulinenaue.

Niedermoore neigen wie alle durch Wasser geprägten Standorte zu einer verzögerten Erwärmung im Frühjahr und damit zu Einschränkungen im Pflanzenwuchs. Landwirte hatten insbesondere im 19. Jahrhundert durch empirisches Beobachten erkannt, dass die **Standorteigenschaften der Niedermoore durch Besanden zu verbessern** sind. Damit wurde das Verfahren der *Sanddeckkultur* auf den Niedermooren begründet. Weiterhin gibt es umfangreiche Niedermoorflächen die mit einer *Moordammkultur* verbessert wurden. Dabei wurde das Niedermoor durch ein engmaschiges Netz von offenen Gräben in etwa 25 m breite Beete geteilt, über die der Mooraushub aus den Gräben gleichmäßig verteilt wurde. Abschließend wurde eine 10–12 cm starke Mineralbodenschicht aufgebracht, die entweder den Gräben oder – bei tiefgründigem Moor die einzige Möglichkeit – der Umgebung des Moores entnommen worden war. Aus heutiger Sicht wäre es interessant zu untersuchen, inwiefern eine über 100 Jahre währende Sandauflage zum Verzögern des Torfabbaus bzw. zum Erhalt der Torfsubstanz beigetragen hat.

Erwähnt werden muss auch die in Ostdeutschland auf ca. 2.500 ha durchgeführte *Tiefpflugsand-deckkultur*, die bereits zum Zeitpunkt der Durchführung (in den 1980iger Jahren) das Ziel des Aufhaltens der Vermulmung hatte.

Die **Entwässerung** der Niedermoore war, wie bereits geschildert, grundlegende Voraussetzung der landwirtschaftlichen Nutzung. Welche Auswirkungen auf den Boden und die Umwelt die Inkulturnahme dieser besonderen Böden dann verursachen würde, war lange nicht bekannt, wurde aber aufmerksam bereits auch in der Vergangenheit beobachtet. In der ersten Zeit erfolgte dies eher mit Besorgnis, ob und wie Flächen nutzbar werden, in den 1960er, 1970er Jahren dann mit Besorgnis, ob und wie Flächen nutzbar bleiben, weil sie immer schlechter entwässerbar und erneute Meliorationen notwendig wurden. Seit Anfang der 1980iger Jahre steht die klassische landwirtschaftliche Nutzung der Niedermoore in kritischer öffentlicher Diskussion. Über diese Prozesse der Bodenveränderung und – degradierung der Niedermoore liegen umfangreiche Veröffentlichungen vor (Succow und Joosten 2001, Ilnicki und Zeitz 2003, Oleszczuk *et al.* 2008 sowie Zeitz 2014 und 2016). Die Hauptprozesse Sackung und Verdichtung sowie Mineralisierung führen zu einem **Moorhöhenverlust** von ca. 1 cm pro Jahr (Weinzierl und Waldmann 2015). In küstennahen Niedermoorgebieten, wie z.B. in Schleswig-Holstein, kann es durch die Höhenverluste bei gleichzeitigem Anstieg der Meeresspiegel zu einem Verlust der Landflächen durch Überflutung kommen (Trepel 2013). In Deutschland fehlen flächendeckende Informationen zum Zustand der Moorböden; vorhandene Karten und Daten betreffen entweder nur Landschaftsausschnitte oder sind Teil von speziellen Forschungsfragen oder die Daten sind veraltet. Daher wurde in Brandenburg zwischen 2013 und 2015 mit finanzieller Unterstützung aus dem EFRE-Programm eine umfangreiche Bestandsaufnahme zu den Moorböden und den Anmooren durchgeführt.

Für anmoorige Böden und Niedermoore Brandenburgs konnten Fell *u.a.* (2015) durch einen Vergleich von 7.725 aktuellen Moorkartierungsergebnissen mit Altdaten Mächtigkeitsverlusten ableiten wie folgt (Verlust in cm pro Jahr / dazugehörige Klasse der Torfmächtigkeit in cm aus den Altdaten): 0,32 / < 30; 0,50 / < 70; 0,74 / < 100 sowie 1,07 / > 100. Der Verlust bei den ackerbaulich genutzten Standorten war bei allen Mächtigkeitssklassen immer höher als der als Grünland genutzten Flächen. Schätzungsweise sind 90 % der Niedermoore Ostdeutschlands in einem vererdeten oder vermulmten Bodenzustand.

Die mikrobielle und oxidative Umwandlung der organischen Substanz führt zu einfachen Endprodukten, die das Moorökosystem in Form von Gasen (CO₂, N₂O) oder gelösten Stoffen (DOC) verlassen oder in tiefere Schichten verlagert werden. Die **Freisetzung klimarelevanter Gase** aus entwässerten Niedermooren unterstreicht daher die Diskussion über eine nachhaltige Landnutzung und mögliche Veränderungen und deren Management aus Klimaschutzsicht. Die Auswirkungen dieser Prozesse auf die Produktionsfunktion traditioneller landwirtschaftlicher Erzeugnisse betreffen die Befahr- und Bearbeitbarkeit, die Trittfestigkeit und somit Beweidbarkeit, die Wasserspeicherfähigkeit, die Wasserregulierbarkeit, die Fähigkeit der Nährstoffspeicherung und Nährstoffnachlieferung, den Luft- und Wärmehaushalt sowie zusammenfassend die Ertragsfähigkeit nach Menge und Qualität.

Hier besteht ein **kompliziertes Konfliktgeflecht**: einerseits ist der Fokus eindeutig auf die Minderung der Freisetzung klimarelevanter Gase gelegt – insbesondere auch durch die internationalen Forderungen (z.B. zuletzt: Paris 4 Promille-Grenze), Forderung: keine Entwässerung, andererseits werden auf landwirtschaftlich extensiv genutztem Moorgrünland mithilfe von EU-Mitteln wichtige Artenschutzprogramme (z.B. Wiesenbrüter) umgesetzt, Forderung: geringe bis mäßige Entwässerung. Drittens bilden die Standorte deutschlandweit für hunderttausende Hektar in den landwirtschaftlichen Betrieben mit intensiver Milchproduktion die wesentlichste Produktionsvoraussetzung, Forderung: zielscharfe Wasserhaltung, ggf. schnelle Wasserableitung. Obwohl sich letztlich die Produktivität der Niedermoore verschlechtert und die Bewirtschaftungskosten steigen, sind sie für die Existenz vieler landwirtschaftlicher Betriebe unersetzbar und daher wie auch eigentumsrechtlich heiß umkämpft.

Die entwässerungsbasierte, traditionelle landwirtschaftliche Nutzung der Moore benötigt in vielen Regionen für eine hohe Effizienz sehr gute technisch/technologische Bedingungen und Erträge mit hoher Quantität und Qualität. Diese Bedingungen sind durch die Befahrbarkeit und das Ertragspotenzial beschreibbar. Die **Befahrbarkeit der Moore** steigt mit ihrer Entwässerung infolge der höheren Bodendichte zunächst an, verbessert sich also aus Sicht des Einsatzes schwerer leistungsfähiger Landmaschinen. Mit fortschreitender sekundärer Bodenentwicklung und Ausbildung vermulmter Horizonte im Oberboden wird die Befahrbarkeit wieder schlechter. Die veränderten bodenphysikalischen Eigenschaften schränken den Wasserhaushalt ein, die Versorgung der Vegetation insbesondere in den Sommermonaten ist eingeschränkt und die Bestände werden lückig. Somit fehlt den Rädern die mechanische Abstützung durch eine Pflanzendecke. Auch das eigentliche Gefüge des vermulmten Torfes hat keine Festigkeit. Durch Mikroreliefierung sind die Oberbodenfeuchten sehr unterschiedlich, nach Starkniederschlägen liegen wassergesättigte Bodenabschnitte eng neben Kleinstwasserlachen und trockneren Flächen. Durch das Vorhandensein von Stauschichten (vermutlich entstanden durch Fahrschäden und Porenverstopfung infolge pedogenetischer Prozesse) ist das Phänomen zu beobachten, dass sich in einem Profil zwei Wasserstände ausbilden: das oberflächennahe die Befahrung einschränkende Stauwasser steht über dem wesentlich tiefer liegenden Grundwasser. Es wird bereits jetzt aus der Praxis berichtet, dass durch die im Zuge der Klimaänderungen gestiegene Anzahl und Intensität von sommerlichen Starkniederschlägen dazu führt, dass dieser Überstau im Sommer ein Ausfaulen der Narbe mit nachfolgenden Problemen bis hin zur Winderosion bedingt.

Alle bisher dargestellten Aussagen führen zu einer Verschlechterung des Ertragspotenzials der Grünlandflächen auf Mooren. Chronologisch sollen nachfolgend die **drei Phasen der Veränderung der Produktionsfunktion** beschrieben werden. In der ersten Phase der Moornutzung – ca. bis Mitte des 20. Jahrhunderts – führten die extensiven Entwässerungsmaßnahmen und dann auch die Möglichkeit der Zuführung des Pflanzenwachstum stark fördernder mineralischer Stickstoffdünger zu einer Verbesserung der Erträge und der Qualität. In der zweiten Phase führten technische Möglichkeiten, Züchtungsfortschritte und intensives Management des Grünlands verbunden mit einer vorausgehenden erneuten aber tieferen Entwässerung, die teilweise als „Komplexmellioration“ noch kombiniert war mit gefällelos verlegten Dränen, zu Maximalerträgen mit sehr hoher Futterqualität. Dieser Zustand hielt nur kurzfristig an, in Deutschland vermutlich weniger als 20 Jahre. Die derzeitige dritte Phase ist gekennzeichnet von einem Ertragsrückgang verbunden mit Ertragsunsicherheit auf den zwischenzeitlich stark degradierten Mooren. Durch die Prozesse der sekundären Bodenbildung ist die freie Vorflut nicht mehr gegeben, der von Kuntze bereits 1983 als „Teufelskreis“ der Moornutzung bezeichnete Zustand hat sein Ende gefunden. Einer weiteren Vertiefung bzw. eines Ausbaus der Vorfluter stehen in Deutschland zwischenzeitlich die Gesetze des Natur- und Bodenschutz entgegen. Um die Flächen zu nutzen, sind erhöhte Aufwendungen in der Wasserregulierung, einschließlich Instandsetzung und -haltung der Brücken und Überfahrten notwendig. In gepolderten Flächen würde eine erneute Nachentwässerung zu einem ständigen Pumpenbetrieb führen, der mit derzeitigen Gebühren nicht gedeckt ist.

Um zu vermeiden, dass die für Moorgrünland typischen, unregelmäßig auftretenden, extremen Witterungs- und Wasserverhältnisse der einzelnen Jahre das Versuchsergebnis unverhältnismäßig stark beeinflussen, ist gerade auf Niedermoorgrünland bei Biomasseermittlungen eine **lange Versuchslaufzeit dringend erforderlich**. Daher finden sich in der Literatur nur relativ wenige Angaben zu Erträgen auf Moorgrünland in Abhängigkeit der Veränderung der Produktionsfunktion; Forschungsarbeiten zu dieser Thematik finden kaum mehr statt. So manchen ehemaligen Moor-Versuchsstandort gibt es nicht mehr, viele Versuchsflächen sind reduziert oder ganz beseitigt worden. Einer der wenigen noch geführten Dauerversuche in Paulinenaue zeigt, dass – sofern die Wasserführung gelingt – auf flach- bis mitteltiefgründigem Niedermoor unabhängig von N-Düngungshöhe im 55jährigen Trend stabile und tendenziell sogar leicht steigende Trockenmasseerträge erreicht werden können (Pickert und Behrendt 2017, im Tagungsband, S. 89ff). Er zeigt aber auch, dass bei Betrachtung einzelner, auch mehrjähriger Versuchsperioden sehr widersprüchliche Ergebnisse auftreten.

Wenn man nun aber die Ergebnisse von Schmidt u.a. (1981) von ostdeutschen Exaktversuchen nutzt und die damaligen absoluten Ergebnisse auf Prozentbasis vergleicht, wobei der höchste Ertrag mit 100 % gesetzt wird, kann man sehr gut den Einfluss von Grundwasserständen, sekundärer Bodenentwicklung, Stickstoffstufen und Torfmächtigkeiten erkennen: tendenziell sinken die Erträge umso stärker, je niedriger die N-Düngung und je größer der Grundwasserflurabstand ist. Mit der sekundären Bodenentwicklung steigen die Erträge zunächst, um dann wieder (Erdfen zu Mulm) zu fallen. Bei flachgründigen Mooren, das sind die großen Versumpfungsmoore in den Tallungen, in Nordostdeutschland z.B. die Luchgebiete, sinken die Erträge bei flachgründigeren Mooren wesentlich stärker als bei tiefgründigeren.

Moore speichern je Flächeneinheit im Vergleich zu anderen Ökosystemen die größten Mengen an **Kohlenstoff** (C) (> 2000 t/ha; z.B. Zauft *et al.* 2010), werden aber durch zu tiefe Entwässerung zu starken Quellen von THG (z.B. Drösler *et al.* 2013). Aus Hochrechnungen punktueller Gasmessungen auf landwirtschaftlich genutzten Mooren ist bekannt, dass ca. 4 % aller THG in Deutschland von diesen stammen. Es wird also folgerichtig seit vielen Jahren gefordert, Nutzung und Wassermanagement der Moore anzupassen. Dringender Handlungsbedarf besteht auch deshalb, da bisher keinerlei verbindliche Regelungen zum Moorschutz auf/für landwirtschaftlich genutzte Moore bestehen und die Landwirte aufgrund des hohen ökonomischen Drucks weiterhin eine die Bodendegradierung in Kauf nehmende Nutzung favorisieren (müssen). Dies widerspricht nicht nur den nationalen Anforderungen nach der guten fachlichen Praxis (BBSchG 1998, §17 und BNatSchG 2010, §5) sondern auch den aktuellen internationalen Zielen der „Sustainable Development Goals“, Target 15.3. Forderung nach einer „land degradation-neutral-world“ (z.B. in www.un.org/depts/german/millennium/SDG%20Bericht%202016.pdf).

Erfahrungen mit einem Moormanagement, welches C-erhaltend ist, liegen nur von den wiedervernässten und unter Naturschutz stehenden Mooren oder aufgelassenen Niederungen (z.B. Pohnsdorfer Stauung in Schleswig-Holstein) vor. Die Veränderungen der Moore – Verlust von natürlichen Flächen; Verschlechterung der Produktionsfunktion; Austrag von gasförmigen und gelösten Stoffen – wurde in den letzten Jahren zunehmend in der Öffentlichkeit diskutiert, wobei zu Beginn häufig eine einseitige Argumentation der Schuldzuweisung bezüglich der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung erfolgte. Verbesserte Messtechnik und vertieftes Wissen um die Klimaänderungen und die sie beeinflussenden Treiber zeigen, dass die (Nieder-)Moore wichtigste Senken aber auch Quellen des Kohlenstoffs sowie der klimarelevanten Gase und somit Täter und Opfer des Klimawandels sind. Hierzu gibt es inzwischen sehr umfangreiche Forschungsergebnisse, wohlwissend dass in ihnen methodisch bedingt auch noch sehr große Unsicherheiten stecken. Die 1,3 Mio. ha derzeit landwirtschaftlich genutzten Moore in Deutschland (i.w.S. auch Anmoore und Auen) sind mit knapp 40 Mio t CO₂-Äq./Jahr zu einem Drittel an den THG-Emissionen aus der Landwirtschaft und landwirtschaftlichen Bodennutzung beteiligt (Osterburg *et al.* 2013). Dabei kommt der Ackernutzung auf Mooren die größte Bedeutung zu. So konnte für Moore in Schleswig-Holstein unter Acker und trocknerem Grünland eine um 20 t CO₂-Äq. höhere Freisetzung im Vergleich zu nassem Grünland gemessen werden (Poyda *et al.* 2016).

Aufgrund der Bedeutung der Moore als Senken aber auch als Quellen haben sich Politik und Fachbehörden/fachliche Einrichtungen in den letzten Jahren verstärkt der Thematik angenommen, wobei der **Fokus zunehmend von Aspekten des Naturschutzes auf Mooren zu denen des Klimaschutzes gewandert** ist. Andererseits sind viele Vorschläge aus Sicht des Naturschutzes und des Moor-Bodenschutzes eng mit dem Klimaschutz verbunden bzw. bedingen einander. Zu nennen sind die Veröffentlichungen des LANA 2012 „Potenziale zum Moor- und Klimaschutz“, das SRU-Gutachten 2012 mit einem eigenen Kapitel 7 zu den Moorböden, das im Herbst 2016 veröffentlichte Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlichen Beirats Waldpolitik beim BMEL „Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung“ sowie die im Juni 2017 veröffentlichte Broschüre aus dem Thünen-Institut „Die 4-Promille-Initiative „Böden für Ernährungssicherung und Klima“ – Wissenschaftliche Bewertung und Diskussion möglicher Beiträge aus Deutschland“.

Allen Veröffentlichungen ist gemein, dass es bezüglich der Moore (oder weiter gefasst der organisch reichen Böden) einer Landnutzung bedarf, die als „torfschonend oder torferhaltend“ einzustufen ist. Allgemein werden Forderungen genannt zur Erhöhung des Wasserstandes, der Umwandlung von Ackernutzung zu Grünland, des Verbotes des Grünlandumbruchs, der Düngungseinschränkung; der Nutzung als „Paludikultur“ wird eine große Bedeutung beigemessen. Im Bundesland Brandenburg wurde erstmalig für Deutschland 2015 eine Maßnahme zur **Förderung der hohen Stauhaltung** verabschiedet – die Agrar-Umwelt- und Klimaschutz-Maßnahme (AUKM) „Moorschonende Stauhaltung“ (www.lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.427130.de). Die Teilnahme ist freiwillig, die klimaschädigende Wirkung entwässerter Moor- und Anmoorböden soll mit dieser Förderung gering gehalten oder verringert werden. Erstmals wird dafür eine festgelegte Stauhöhe als Prüfkriterium eingesetzt. Das vereinfacht die Durchführung und Prüfung dieser Maßnahme. Bei Wasserständen von 10 bis 30 cm unter Flur kann der Verlust von Torf- und Antorfsubstanz gebremst bzw. teilweise gestoppt werden. Durch von der Landesregierung/EU bereitgestellte Fördermittel kann ein Dienstleister diese Maßnahmen begleiten und die Landwirte entsprechend beraten. Die Landwirte müssen die Flächen bis 15.10. eines Jahres durch Beweidung oder Mahd nutzen. Je nach dem realisierten Nutzungstermin liegt Biomasse mit einer sehr unterschiedlicher Futterqualität vor und erfordert eine angepasste Verwendung.

Zunehmend wird auch darauf hingewiesen, dass (Nieder-) Moor nicht gleich (Nieder-) Moor ist, Versumpfungsmoore anders zu nutzen sind als Durchströmungsmoore – also eine sehr genaue Standortkenntnis von ausschlaggebender Bedeutung ist. Eine enge Zusammenarbeit mit den wasserwirtschaftlichen Behörden, wie WBV oder UWB wird eingefordert. Das Klimaschutz-Gutachten (BMEL 2016) fordert zu Recht eine Strategie für landwirtschaftlich genutzte Moore, die aus Sicht des Klimaschutzes auf besonders schutzwürdige Standorte fokussiert. Es werden die Kategorien „schützenswürdige Moorflächen“, „höhere Schutzwürdigkeit“ und „höchste Schutzwürdigkeit“ (S. 330) vorgeschlagen. Nach welchen Kriterien Moore diesbezüglich zu differenzieren sind, ist allerdings nicht genannt. Unter Hinweis auf die Darlegungen zu dem Konfliktgeflecht der landwirtschaftlichen Moornutzung ist dieser Ansatz nur zu begrüßen, denn durch ein Verbot der Wasserableitung aus allen Mooren kann die Emissionsfrage ad hoc ohnehin nicht flächendeckend gelöst werden. Entscheidend ist, da zunächst anzusetzen, wo das Konfliktpotenzial lösbar erscheint. Eine Arbeitsgruppe aus Vertretern der Wissenschaft, Verwaltung und Verbände in den Bereichen Umwelt, Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Forstwirtschaft hat 2015 für das Bundesland Brandenburg einen Entwurf für ein **Programm zum Schutz der Moore** vorgelegt. Von den in 10 Punkten zusammengefassten Kernforderungen versuchen vor allem die nachfolgend genannten vier auch diesem Ansatz Rechnung zu tragen:

- „1. Moorschutz kann nicht einzelflächenbezogen erfolgen, sondern nur unter Einbeziehung des Wasserdargebots im jeweiligen Einzugsgebiet. Der Bezugsraum für die Verbesserung der Wasserverhältnisse von der Planung bis zur Bewirtschaftung muss daher das Wassereinzugsgebiet des Moores sein.
2. Die Verbesserung der Wasserverhältnisse erfolgt unter Abwägung aller Flächenanforderungen. Die Beeinträchtigung von Infrastruktur ist zu vermeiden.
7. Die landwirtschaftliche Nutzung von Moorflächen erfolgt ausschließlich als Dauergrünland oder nach einer Erprobungsphase mit Paludikulturen, wie z.B. Anbau von Schilf, Erlen, Rohrglanzgras u.a. Ackerbaulich genutzte Moore werden in Grünland überführt.
8. Eine breite Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit sind zur Begleitung jeglicher Moorschutzaktivitäten erforderlich. Information und Beratung sind wichtige Voraussetzungen für die Umsetzung dieses Programms.“

Die größten **Wissensdefizite** bestehen in einer wie auch immer dann zu definierenden landwirtschaftlichen Grünlandnutzung mit Detailwissen zu angepasstem moorschonendem Einsatz von all den für eine Grünlandnutzung notwendigen Parametern: besser geeignete Pflanzenarten, z.B. der Rohrschwengel mit seiner Anpassungsfähigkeit und Ausdauer unter sehr wechselnden Wassersituationen, weiterhin spezielle Sorten hochwertiger Futtergräser, wie das Deutsche Weidelgras oder der Wiesenschweidel, geeignete Ansaatverfahren für Arten mit langsamer Anfangsentwicklung wie

Weißstraußgras oder Rohrglanzgras, für das Moor geeignete Leguminosenarten und -sorten wie vom Schwedenklee oder Weißklee auf den kalkreichen Mooren in Ostdeutschland; Pflégetechnik, Düngung und Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (wo noch möglich) sowie Ernteverfahren und Technik. Die alleinige Diskussion über angewandte Technik – also Verminderung von Radlasten, Ausstattung mit bestimmten Fahrwerken (z.B. Kettenlaufwerken) ist zu kurz gedacht, weil letztendlich für eine bestimmte Futterqualität auf Grünland, die dann von leistungsorientierten Milchviehbetrieben auch genutzt werden kann, andere Managementverfahren nötig sind als bisher, aber auch als auf den Paludikulturen. Interessante Erfahrungen aus den Niederlanden mit einer wechselseitigen unterirdisch regulierenden Stauhaltung (Regulierung über Dränrohre) mit dem Ziel einer maximal hohen Wasserführung könnten hier zielführend sein, benötigen aber wiederum Änderungen in der ganzen Wertschöpfungskette, wie eben den Beginn mit angepassten Gräsern/Pflanzen.

Ergebnisse aus den vom BMBF geförderten Forschungsvorhaben ELaN und VIP wurden in dem DSS TORBOS (www.dss-torbos.de) zu einem **Beratungstool für die Praxis** mit dem Ziel einer torfschonenden Nutzung eingearbeitet. Dieses DSS ist die erste Zusammenführung von Standortanforderungen an bestimmte agrarische Nutzungen auf Niedermooren und erlaubt eine grobe Abschätzung hinsichtlich Klimawirksamkeit. Nachteil ist allerdings, dass keine Aussagen zu ökonomischen Kennwerten getroffen werden konnten. Und hiergenau besteht die Herausforderung: wenn Niedermoore weiterhin genutzt werden sollen oder auch müssen – denn eine 100%ige Wiedervernässung ist auch rein technisch (Ausstattung mit Anlagen zum Grundwassermanagement) und aus Standortgründen (veränderte hydraulische Bodeneigenschaften in den degradierten Niedermooren) nicht machbar – dann bedarf es eines auf Basis exakter Kenntnisse der Böden und Hydrologie abgestimmten Sets an unterschiedlichen Verfahren. Diese sind sowohl technisch/technologisch zu begründen als auch aus Sicht ökonomischer und letztendlich sozialer Aspekte zu bewerten. Die aus Klimaschutzsicht sehr gute Maßnahme der Paludikultur, die nach heutigem Wissen das größte C-Einsparpotenzial aufweist, bedarf der Klärung rechtlicher und ökonomischer Fragen. So sind typische Pflanzen auf Paludikulturen wie Schilf nicht beihilfefähig. Auch ist der Markt für die Produkte aus den Paludikulturen derzeit noch von Beihilfen und sehr von aktuellen Finanzmärkten abhängig, z.B. Preise für Energie aus Schilfpellets versus aktuelle Preise aus fossilen Brennstoffen. Von großer Bedeutung sind Förderprogramme mit einer wesentlich längeren Laufzeit als 5 Jahre, um den Betrieben Planungssicherheit zu geben und sie eventuell zu Umstrukturierungen im Betrieb zu ermuntern.

Von großer **Dringlichkeit ist die Verstärkung der Forschung** zu den Fragen einer moorschonenden/erhaltenden landwirtschaftlichen Nutzung sowie die Einrichtung von Demonstrationsflächen oder -betrieben in der Praxis mit der ganzen Wertschöpfungskette und der Untersuchung aller in der Wertschöpfungskette auftretenden ökonomischen und ökologischen Parameter einer veränderten Niedermoorbodennutzung. Diese Aktivitäten sind einzubetten in langfristig und dauerhaft angelegte Aus- und Weiterbildungen nicht nur der Studierenden an den Hochschulen und Universitäten sondern auch der Flächennutzer in den Betrieben. Durch ein deutschlandweit aufzubauendes Monitoringprogramm müssen die Veränderungen der Landnutzung dokumentiert und evaluiert werden und die entsprechenden Ergebnisse in einem ständigen iterativen Prozess korrigiert werden können. Neue Ergebnisse sind umgehend in die Politikentscheidungen/Förderprogramme einzubringen.

Fazit:

Die Herausforderung einer künftig nachhaltigen Nutzung der Niedermoore als Grünland besteht in der noch nie da gewesenen **Komplexität an Einflussfaktoren**, die es zu berücksichtigen und abzustimmen gilt – über die Häuser der Ministerien und Länder hinaus. Es bedarf dafür neuartiger Institutionen mit veränderten Befugnissen. Und es bedarf eines langen Atems – letztendlich sind die Niedermoore auch in Jahrtausenden entstanden.

Literatur

Eine Liste der verwendeten Literatur kann bei den Autoren abgerufen werden.

Ergebnisse 20-jähriger Untersuchungen zur Phosphor- und Kaliumdüngung von Niedermoorgrünland in Nordostdeutschland als Basis für eine entzugsgerechte Düngungsempfehlung

Hertwig, F.¹, Wacker, J.¹ und Schuppenies, R.²

¹ Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg
Gutshof 7, 14641 Paulinenaue

² Unter den Eichen 25 A, 14641 Paulinenaue
frank.hertwig@lelf.brandenburg.de

Einleitung und Problemstellung

Die nachhaltige Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland erfordert zur effektiven Nutzung der natürlichen Ressourcen Wasser und Bodenstickstoff geeignete Bewirtschaftungsmaßnahmen. Dazu gehört neben der Schaffung bzw. Erhaltung leistungsfähiger Narben ebenso die Düngung. Gleichzeitig fordert die Düngeverordnung auch auf dem Grünland, die durch die Nutzung entzogenen Nährstoffe zu ersetzen und den durch die Gehaltsklassen charakterisierten Versorgungszustand des Bodens entsprechend zu berücksichtigen.

Ein wichtiger Standort für das Grünland in Nordostdeutschland ist das Niedermoor. Es stellt einerseits aufgrund der nahezu ganzjährigen Mineralisierung organischer Substanz große Mengen an Stickstoff (N) bereit, ist aber andererseits oft durch niedrige Gehalte an Makronährstoffen, insbesondere an Kalium (K), gekennzeichnet. Düngungsempfehlungen für Niedermoorgrünland müssen diesen Besonderheiten Rechnung tragen, aber auch ständig auf ihre Aktualität überprüft werden.

Material und Methoden

In den nachfolgenden Ausführungen werden Ergebnisse von Phosphor- und Kaliumdüngungsversuchen auf Niedermoor (Mo IIa) am Standort Paulinenaue im Havelländischen Luch dargestellt.

Der Düngung nach Entzug durch die Pflanzenbestände wurden erwartete Trockenmasseerträge von 65 und 105 dt/ha bei einer Stickstoff (N)-Gabe von 0 bzw. 150 kg/ha nach Dreischnittnutzung unterstellt. Für den Entzug (1,0*E) wurden ein in langjährigen Untersuchungen abgeleiteter Phosphor (P)-Gehalt in der Pflanze von 3 g/kg TM und ein K-Gehalt von 20 g/kg TM in den jeweiligen Versuchen veranschlagt. Die Variation der Grunddüngergaben betrug im P-Versuch das 0,5- und 1,5-fache des Entzuges und im K-Versuch wegen der erwarteten schnelleren Reaktion das 0,7- und 1,3-fache des Entzuges. Bei der N-Stufe von 150 kg/ha wurde auf das sonst im üblichen Düngungsversuch enthaltene Prüfglied „ohne K-Düngung“ auf Grund der fehlenden praktischen Bedeutung verzichtet. Ab dem Versuchsjahr 2009 erfolgte im Kaliumversuch eine Anpassung der Kaliumdüngermenge an die gestiegenen Erträge (Tabelle 1).

Tabelle 1: Darstellung der Varianten

		ohne N	mit N
Nutzungsziele	Nutzungshäufigkeit	3	3
	N-Düngung (kg/ha)	0	150
	Erwarteter Ertrag (dt TM/ha)	65	105
	K-Gehalt (g/kg TM)	20	20
	P-Gehalt (g/kg TM)	3	3
K-Düngung (kg/ha)	ohne K (0,0*E)	0	–
	0,7*Entzug (0,7*E)	112 ¹⁾ (91)	161 ¹⁾ (147)
	1,0*Entzug (1,0*E)	160 ¹⁾ (130)	230 ¹⁾ (210)
	1,3*Entzug (1,3*E)	208 ¹⁾ (169)	299 ¹⁾ (273)
P-Düngung (kg/ha)	ohne P (0,0*E)	0	0
	0,5*Entzug (0,5*E)	10	16
	1,0*Entzug (1,0*E)	20	32
	1,5*Entzug (1,5*E)	30	48

¹⁾ ab Versuchsjahr 2009

Die P-, K-Düngung erfolgte stets zum 1. Aufwuchs. Die Versuche wurden 1997 angelegt, sodass nach Abschluss der Erntearbeiten 2016 die Ergebnisse von insgesamt 20 Versuchsjahren vorliegen. Die N-Gaben (80/70 kg/ha) wurden als Kalkammonsalpeter zu den beiden ersten Aufwüchsen, die P- und K-Düngung als einmalige Frühjahrsgabe als Triplesuperphosphat bzw. 60iger Kali verabreicht. Gleichzeitig wurden 210 kg K/ha in Form von 60iger Kali zu allen Prüfgliedern im Phosphorversuch und 32 kg P/ha als Triplesuperphosphat zu allen Prüfgliedern im Kaliumversuch gedüngt.

Jährlich wurden die Bodengehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium über die Doppel-Lactat-Methode (DL-Methode) bestimmt. Die Ermittlung der Mineralstoffgehalte in der Pflanze und im Boden erfolgte im Landeslabor Brandenburg entsprechend den gültigen VDLUFA-Methoden.

Ergebnisse und Diskussion

Grundsätzlich ist auf diesem Standort festzustellen, dass im Mittel der 20 Versuchsjahre durch den Einsatz von 150 kg N/ha ein Mehrertrag von ca. 40 dt TM/ha realisiert werden kann.

Im K-Versuch (Tabelle 2) sind bei gleicher N-Stufe die Ertragsunterschiede im Bereich der Entzugsdüngung von 0,7*E bis 1,3*E auch nach 20 Versuchsjahren nicht signifikant. In den mit Stickstoff gedüngten Prüfgliedern gab es in den 20 Versuchsjahren zwei witterungsbedingte Ausnahmen. 1999 lag die Variante 0,7*E signifikant niedriger als die Varianten 1,0*E bzw. 1,3*E und 2013 lag die Variante 1,0*E signifikant niedriger als die Varianten 0,7*E und 1,3*E. Dagegen ist bei Verzicht auf die K-Düngung der Ertragsabfall bedeutend und sehr schnell eingetreten. Schon nach drei Versuchsjahren lag der Ertrag dieser Variante dauerhaft signifikant niedriger als die nach Entzug gedüngten Parzellen und erreichte im Versuchsjahr 2016 nur noch ca. 30 % des Ertrages der Vergleichsvariante. Der Ertragsrückgang geht mit einer drastischen Abnahme des K-Gehaltes einher, der schnell unter 10 g/kg TM absinkt und 2016 bei nur noch 5,5 g/kg TM lag. Im Vergleich dazu lagen die Gehaltswerte bei der entzugsgerechten K-Düngung im Mittel aller Versuchsjahre bei 19,6 g/kg TM bei den Prüfgliedern ohne N und bei 21,4 g/kg TM bei den mit 150 kg N/ha gedüngten.

Tabelle 2: Trockenmasseertrag und mittlerer Kaliumgehalt im Versuchszeitraum von 1997 bis 2016

Variante	TM-Ertrag (dt/ha)			Kaliumgehalt in der Pflanze (g/kg TM)		
	1997	1997–2016	2016	1997	1997–2016	2016
ohne N-Düngung						
0,0* K	63,8	43,6	30,8	17,6	8,0	5,5
0,7*Entzug	61,9	80,3	104,8	19,2	15,9	15,8
1,0*Entzug	63,4	81,0	102,1	22,3	19,6	18,4
1,3*Entzug	67,8	85,9	110,1	23,4	22,7	22,1
mit N-Düngung						
0,7*Entzug	107,6	115,1	126,9	19,7	16,8	17,1
1,0*Entzug	112,9	121,4	135,6	26,9	21,4	19,6
1,3*Entzug	103,3	122,3	139,5	27,4	24,4	24,0

Infolge der höheren als zu Versuchsbeginn geplanten Erträge ist die K-Bilanz in allen Varianten negativ (Tabelle 3). Aus diesem Grunde wurde 2009 und 2017 eine Anpassung der Kaliummenge an die höheren Erträge vorgenommen. Trotz dieser negativen K-Bilanz ging nur in den nicht mit Kalium versorgten Parzellen der K-Gehalt im Boden von 12,6 mg auf 7,5 mg/100 g Boden und damit in die Gehaltsklasse B (7–10 mg/100 g Boden) zurück. Dieser eindeutige Zusammenhang zwischen K-Bilanz und Bodengehalt lässt sich aber nicht immer feststellen. So konnte bei den Varianten mit 0,7*E bzw. 1,0*E auch bei negativer K-Bilanz keine deutliche Veränderung der Gehalte im Boden festgestellt werden. Nur bei den höher gedüngten Varianten (1,3*E) stieg trotz negativer K-Bilanz der Bodengehalt von 13,6 auf 29,9 mg/100 g Boden bei den Prüfgliedern ohne N sowie von 8,9 auf 20,3 mg/100 g Boden bei den mit 150 kg N/ha gedüngten an.

Dieser Anstieg ist aber nicht statistisch gesichert und schwankt zwischen den einzelnen Jahren teilweise sehr stark, was auch aus den Ergebnissen der Regressionsberechnungen sichtbar wird.

Die in diesen Untersuchungen ermittelten K-Bilanzen allein erlauben auf dem vorliegenden grundwassernahen Niedermoorstandort keine zuverlässigen Rückschlüsse auf Veränderungen im Gehalt des Bodens an Kalium sowie auch auf die realisierbaren Erträge. Die Ergebnisse weisen auf eine schwierige Beurteilung der K-Dynamik auf Niedermoorgrünland hin. Die Bodenuntersuchungswerte unterliegen dabei deutlichen jährlichen Schwankungen, die sich nicht mit K-Bilanzen erklären lassen (Abbildung 1). Dies wird insbesondere bei der über dem Entzug gedüngten Variante deutlich.

Tabelle 3: K-Bilanz und K-Gehalt des Bodens im Versuchszeitraum von 1997 bis 2016

Variante	K-Bilanz (kg/ha/a)	K-Gehalt im Boden mg K/100 g			Regression Jahre/Bodengehalt	
		1997	1997–2016	2016	Koeffizient	Bestimmtheitsmaß
ohne N-Düngung						
0,0* K	-35,0	12,6	7,8	7,5	-0,22	0,37
0,7*Entzug	-27,8	8,2	9,1	10,7	-0,09	0,05
1,0*Entzug	-16,8	12,0	12,8	15,6	-0,16	0,08
1,3*Entzug	-10,4	13,6	18,2	29,9	0,23	0,04
mit N-Düngung						
0,7*Entzug	-40,3	8,1	6,7	9,3	0,01	0,00
1,0*Entzug	-41,3	10,3	9,8	11,0	-0,04	0,01
1,3*Entzug	-15,3	8,9	13,3	20,3	0,04	0,00

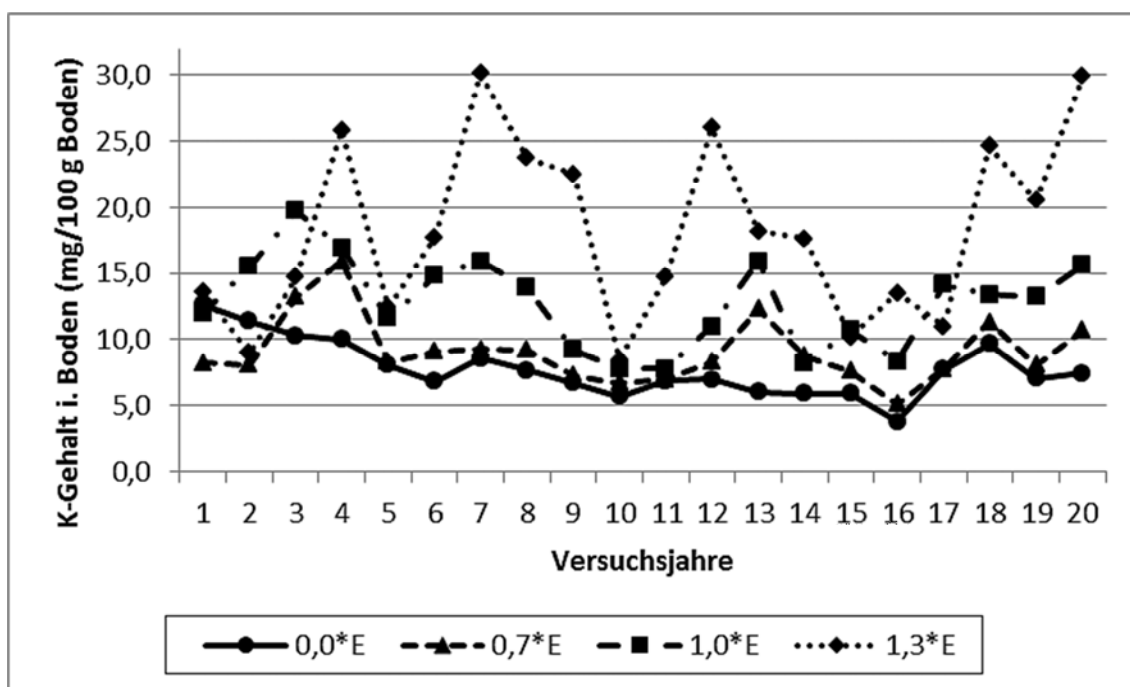


Abbildung 1: Entwicklung des Kaliumgehaltes im Boden in Abhängigkeit von der K-Düngung bei der Variante ohne Stickstoffdüngung

Im P-Versuch (Tabelle 4) sind die Ertragsdifferenzen zwischen den Prüfgliedern auf gleicher N-Stufe im Bereich der Entzugsdüngung von 0,5*E bis 1,5*E statistisch nicht gesichert. In den 20 Versuchsjahren gab es in der Variante mit Stickstoffdüngung nur 1998 eine Ausnahme. Im 2. Versuchsjahr war der Ertrag des entzugsgerecht gedüngten Prüfgliedes (1,0*E) sogar signifikant niedriger als im Prüfglied 0,5*E, was gelegentlich einer größeren Versuchsstreuung bei Versuchen auf Niedermoorstandorten geschuldet ist. In dem Teilversuch ohne N-Düngung waren die Erträge bei Verzicht auf die P-Düngung im Durchschnitt geringer, aber nur in den Jahren 2013 und 2014 konnten die Unterschiede statistisch abgesichert werden.

In dem Teilversuch mit einer N-Düngung von 150 kg/ha sind infolge des höheren Entzuges die Ertragsdifferenzen bei Verzicht auf Phosphor schneller und deutlicher eingetreten. Hier sind die Ertragsunterschiede in einzelnen Versuchsjahren (2001, 2004, 2005, 2007) und ab 2009 dauerhaft signifikant niedriger.

Der P-Gehalt im Pflanzenmaterial als gewogenes Mittel für den Gesamtertrag liegt bei der entzugsgerechten Düngung über die 20 Versuchsjahre im Bereich um die 3 g/kg TM. Damit wurde zwar eine leicht negative P-Bilanz realisiert (Tabelle 5), die Bodengehalte blieben mit jährlichen Schwankungen aber in der Gehaltsklasse C (5,8–8,0 mg/100 g Boden). In einzelnen Jahren wurde trotz negativer P-Bilanz sogar die Klasse D erreicht.

Bei der reduzierten P-Düngung (0,5*E) liegen die P-Gehalte im Pflanzenmaterial im Bereich zwischen 2,3–2,9 g/kg TM. Bei solchen Werten ist noch nicht mit einem signifikanten Ertragsrückgang zu rechnen, die P-Bilanz ist aber mit -13,7 und -14,8 kg/ha/Jahr schon deutlich negativer. Das spiegelt sich auch in den Bodenwerten im unteren Bereich der Klasse C bzw. teilweise schon in der B wider. Pflanzengehalte von unter 2 g P/kg TM, wie sie sich nach mehreren Jahren des Verzichtes auf die Phosphordüngung einstellen, gehen immer mit einem gesicherten Ertragsrückgang einher. Dabei reduzieren sich die P-Bodengehalte schon deutlich und das Bestimmtheitsmaß der linearen Regressionsanalyse erreicht hier Werte von 0,46 bzw. 0,70.

Tabelle 4: Trockenmasseertrag und mittlerer Phosphorgehalt im Versuchszeitraum von 1997 bis 2016

Variante	TM-Ertrag (dt/ha)			Phosphorgehalt in der Pflanze (g/kg TM)		
	1997	1997–2016	2016	1997	1997–2016	2016
ohne N-Düngung						
0,0*P	67,0	78,3	88,9	3,6	2,6	2,2
0,5*Entzug	59,7	82,6	94,1	3,5	2,9	2,3
1,0*Entzug	62,8	80,3	95,2	3,3	3,2	3,2
1,5*Entzug	57,3	82,7	98,5	3,3	3,4	3,4
mit N-Düngung						
0,0*P	109,6	95,5	99,5	3,2	2,0	1,7
0,5*Entzug	106,0	115,7	125,4	3,2	2,7	2,3
1,0*Entzug	98,9	116,6	134,3	3,5	3,2	3,0
1,5*Entzug	105,8	119,9	133,1	3,6	3,7	3,7

Tabelle 5: P-Bilanz und P-Gehalt des Bodens im Versuchszeitraum von 1997 bis 2016

Variante	P-Bilanz (kg/ha*a)	P-Gehalt im Boden mg P/100 g			Regression Jahre/Bodengehalt	
		1997	1997–2016	2016	Koeffizient	Bestimmtheitsmaß
ohne N-Düngung						
0,0* P	-20,3	9,4	6,8	4,9	-0,21	0,70
0,5*Entzug	-13,7	8,3	7,9	5,5	-0,21	0,46
1,0*Entzug	-6,0	7,6	11,7	10,1	-0,03	0,01
1,5*Entzug	1,8	9,7	14,7	16,5	0,16	0,10
mit N-Düngung						
0,0*P	-19,2	7,3	5,4	5,0	-0,09	0,46
0,5*Entzug	-14,8	7,3	7,4	5,5	-0,16	0,38
1,0*Entzug	-5,8	6,9	10,2	7,8	-0,02	0,00
1,5*Entzug	3,9	8,6	15,9	21,7	0,40	0,37

Sehr deutlich sind die Ergebnisse bei dem Prüfglied mit erhöhter P-Düngung (1,5*E). Trotz der höheren Phosphordüngung konnte in allen Jahren kein statistisch gesicherter Mehrertrag gegenüber der entzugsgerechten Düngung realisiert werden.

Diese höheren P-Gaben gehen einher mit einer Steigerung der P-Gehalte in dem Pflanzenmaterial auf über 3,5 g/kg TM und einer Erhöhung des Bodengehaltes an Phosphor bis in die Gehaltsklasse D.

Bei Gehalten von deutlich über 15 g und teilweise sogar über 20 g P/100 g Boden kann zeitweise auf eine Phosphordüngung verzichtet werden.

Grundsätzlich ist aber festzustellen, dass der P-Gehaltswert des Bodens in den einzelnen Jahren sehr stark schwankt, und nicht immer kann ein eindeutiger Zusammenhang zu den hier aufgezeigten Parametern (Ertrag, P-Gehalt im Pflanzenmaterial und im Boden sowie P-Bilanz) hergestellt werden (Abbildung 2). Das zeigen auch die Ergebnisse der Regressionsanalyse mit teilweise nur sehr geringen Bestimmtheitsmaßen.

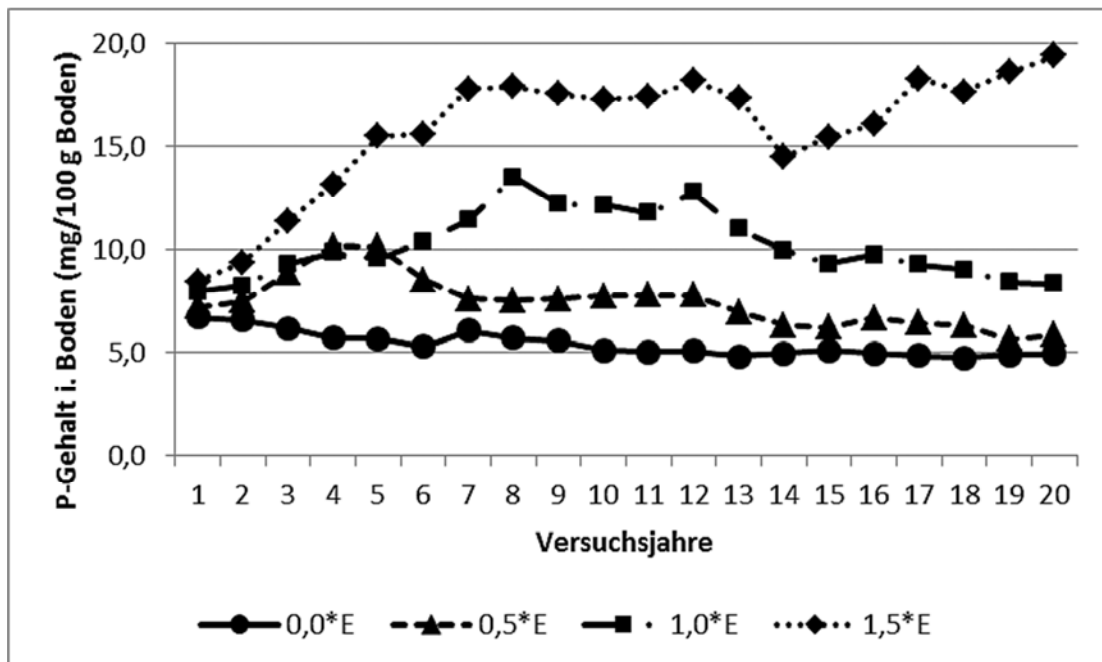


Abbildung 2: Entwicklung des Phosphorgehaltes im Boden in Abhängigkeit von der P-Düngung bei der Variante mit Stickstoffdüngung

Der Nährstoffgehalt an Phosphor und Kalium in der Futtertrockenmasse vom Grünland hängt von der Düngung, dem Versorgungsgrad des Bodens, der Bestandeszusammensetzung und dem Erntetermin ab. Letzterer spielt vor allem beim 1. Aufwuchs eine Rolle, der in Abhängigkeit von den Wachstumsbedingungen und den Anforderungen an den Futterwert in einer großen Spanne erfolgen kann. Dabei hat sich der Erntetermin auch nach der Zusammensetzung des Bestandes und seiner physiologischen Entwicklung zu richten. Unter Beachtung dieser Bedingungen lassen sich aus den in Paulinenaue vorliegenden Versuchen für das Niedermoor und weitere grundwasserbeeinflusste Standorte Spannen ableiten, die für eine ausgewogene Versorgung der Gras dominierten Pflanzenbestände mit Phosphor und Kalium gelten (Tabelle 6).

Tabelle 6: Pflanzenbaulich optimaler Versorgungsgrad mit Phosphor und Kalium von grasbetonten Grünlandbeständen für die Futternutzung

Aufwuchs	Ernte	Nährstoffgehalt (g/kg TM)	
		Phosphor	Kalium
1.	Früh (Anfang Mai)	3,0–3,5	25–30
	Mittel (Mitte–Ende Mai)	2,8–3,3	22–28
	Spät (Anfang Juni)	2,5–3,0	17–25
2.	28–49 Tage ¹⁾	2,5–3,5	15–25
3.	32–42 Tage ¹⁾	3,0–3,5	15–25
4.	35–42 Tage ¹⁾	3,0–3,5	15–25
5.	> 30 Tage ¹⁾	3,0–3,5	15–25

¹⁾Wachstumstage nach letztem Schnitt

Schlussfolgerungen

Auf Niedermoorgrünland sichert eine Entzugsdüngung, die sich an dem erwarteten Jahresertrag und einem Gehalt von 3 g P/kg TM sowie 20 g K/kg TM in der Pflanze orientiert, standorttypische Erträge. Die Über- bzw. Unterversorgung in den untersuchten Bereichen hat in 20 Versuchsjahren keine signifikanten Veränderungen des Ertrages bewirkt. Die Unterlassung der K-Düngung führt dagegen stets zu einem kontinuierlichen Ertragsrückgang. Die Dynamik hängt vom Ausgangswert des K-Gehaltes im Boden ab. Das gilt prinzipiell auch für die P-Düngung. Allerdings spielt sich der Ertragsrückgang wegen der gegenüber Kalium geringeren Aufnahme in größeren Zeiträumen ab und konnte bei diesen Untersuchungen bei der Variante mit N-Düngung erst nach 13 Jahren dauerhaft signifikant festgestellt werden.

Extreme Mangelbereiche für den K-Gehalt in der Pflanzenmasse sind durch Gehalte von weniger als 10 g/kg TM gekennzeichnet. Gedüngte Bestände sollten im Mittel der Aufwüchse mindestens 20 g/kg TM aufweisen. Werden sehr hohe Erträge erwartet und im Frühjahr eine einmalige K-Gabe von mehr als 250 kg/ha verabreicht, reagiert der Pflanzenbestand mit Luxuskonsum an Kalium. Dieser lässt sich nur durch Teilung der Gabe vermeiden.

P-Gehalte, die unter 2,5 g/kg TM liegen, weisen auf Mängel in der Nährstoffversorgung hin. Fällt der Gehaltswert sogar unter 2,0 g/kg TM liegt ein starker Mangel vor und es muss mit empfindlichen Ertragseinbußen gerechnet werden. Das kann durch Düngung auf der Grundlage eines Entzuges von 3 g P/kg TM verhindert werden.

Wenn in gedüngten, grasbetonten Grünlandaufwüchsen im gewogenen Jahresmittel ein P-Gehalt von 3,0 bis 3,5 g und ein K-Gehalt von 18 bis 25 g/kg TM ermittelt wird, liegt ein Versorgungsgrad mit Phosphor bzw. Kalium vor, der eine hohe Ausnutzung des Ertragspotenzials erwarten lässt und Luxuskonsum vermeidet.

Auswirkung der Weideintensität auf bodenphysikalische und -chemische Parameter und Vegetation

Ittner, S., Zeitz, J. und Drexler, S.

Humboldt-Universität zu Berlin

Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften

Albrecht-Thaer-Weg 2, 14195 Berlin

ittnerso@hu-berlin.de

Einleitung und Problemstellung

Seit einigen Jahren besteht in der Tierhaltung ein ausgeprägter Trend zur Stallhaltung. Dabei kann die Weidehaltung unter dem Aspekt des Tierwohles und der Tiergesundheit, in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Milchviehbetriebe und unter Berücksichtigung der ökologischen Landschaftsfunktionen des Grünlandes eine wichtige Rolle spielen. Neben der Bereitstellung von Futtermitteln gehören zu den wichtigsten Ökosystemleistungen des Grünlandes Wasserregulationsfunktionen und Bodenerosionsschutz, zudem das Potenzial zur Klimaregulierung über vermehrte Kohlenstoffspeicherung und der Schutz biotischer Ressourcen über den Erhalt und der Erhöhung der Biodiversität. Wie sich diese Ökosystemleistungen auf intensiv genutzten Weidestandorten mit steigender Nutzungsintensität und Trittbelastung verändern, ist bisher wenig erforscht. Das Verbundprojekt „Ökonomische, ökologische und Tierwohlaspekte der Weidehaltung von Hochleistungskühen“ (ÖKOTAWEK; gefördert 2013–2017 von der BLE) analysiert neben den ökonomischen und Tierwohlaspekten auch das ökologische Wirkungsgefüge der intensiven Weidehaltung. Die nachfolgend vorgestellten Untersuchungen erfolgten anhand von drei ausgewählten Praxisbetrieben in Norddeutschland. Es wurden drei Trittintensitätsklassen auf verschiedene bodenphysikalische und -chemische Parameter, sowie auf ihre Vegetationszusammensetzung, Trockenmasseerträge und Qualitätsmerkmale untersucht. Vorgestellt werden die Ergebnisse des Teilprojektes Bodenökologie aus dreijähriger Projektarbeit.

Material und Methoden

Die drei intensiv beprobten Praxisbetriebe unterscheiden sich in ihren geologischen und klimatischen Standortvoraussetzungen und werden bodenkundlich folgendermaßen eingeordnet: Betrieb A: Knickmarsch (Niedersachsen), Betrieb B: Parabraunerde (Mecklenburg-Vorpommern) und Betrieb C: übersandetes Erdniedermoor (Brandenburg).

Effekte der Beweidung wirken sich innerhalb einer Weidefläche aufgrund der unterschiedlichen Verweildauer der Tiere auf den Flächen räumlich unterschiedlich aus. Um dieser räumlichen Variabilität bei der Analyse gerecht zu werden, wurde innerhalb des ÖKOTAWEK-Projektes ein Kartierschlüssel auf Grundlage der Arbeiten von Singleton und Addison (1999) sowie von Singleton *et al.* (2000) erarbeitet (Tabelle 1). Anhand der Narbenlückigkeit, dem Deckungsgrad von trittanzeigenden Pflanzen und dem Vorhandensein deutlich sichtbarer Klauenabdrücke mit einhergehenden Narbenverletzungen wurden auf jeder Untersuchungsfläche die folgenden drei Trittbelastungsklassen (TBK) flächendeckend kartiert: „durchschnittlich betreten“ (D), „erhöht betreten“ (E) und „stark betreten“ (S). Für jede Klasse wurden folgende Parameter in drei Tiefenstufen (T1: 0–5 cm, T2: 5–10 cm und T3: 10–15 cm) untersucht: Trockenrohdichte (TRD), Gesamtporenvolumen (PV), Luftkapazität (LK), nutzbare Feldkapazität (nFK) Gesamtstickstoff (N_t), organischer Kohlenstoff (C_{org}), doppellaktatlöslicher Phosphor (PDL), doppellaktatlösliches Kalium (KDL) und der pH-Wert (pH). Im Weiteren wurden an vier Terminen Ertragsmessungen durchgeführt und Qualitätsmerkmale mit Hilfe der Weender Futtermittelanalyse bestimmt. Einmalig wurden die Vegetationszusammensetzung und eine Ertragsanteilschätzung nach KLAPP/STÄHLIN am 3. Termin ermittelt.

Die Datenauswertung mittels Hauptkomponentenanalyse (PCA) erfolgte mit Hilfe der Statistiksoftware R und der Funktion *principal*. Falls als sinnvoll erachtet, wurde die Berechnung der Hauptkomponenten (HK) unter Verwendung der Varimax-Rotation durchgeführt. Die Varianzanalyse (ANOVA) basiert auf dem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$.

Bei signifikanten Ergebnissen der ANOVA wurde im Anschluss ein Post-hoc-Test durchgeführt, um die Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten zu überprüfen.

Tabelle 1: Kartierschlüssel zur Unterscheidung der drei Trittbelastungsklassen „durchschnittlich betreten“ (D), „erhöht betreten“ (E) und „stark betreten“ (S)

TBK	Indikatoren
D	Narbenlückigkeit < 10 %; Deckungsgrad Trittanzeiger < 10 %; kaum Trittbelastung am Oberflächenrelief erkennbar
E	Narbenlückigkeit > 10 %; Deckungsgrad Trittanzeiger > 10 %; Trittbelastung deutlich am Oberflächenrelief erkennbar
S	Narbenlückigkeit > 50 %; Deckungsgrad Trittanzeiger > 50 %

Der Bodenkohlenstoffvorrat wurde über die TRD und der Konzentration an C_{org} mittels nachfolgender Gleichung für die Fläche eines Hektars berechnet.

$$C_{org}[t\ ha^{-1}] = C_{org} [10\ mg\ g^{-1}] * TRD [g\ cm^{-3}] * M [cm]$$

Die C-Speichermengen wurden für jede Tiefenstufe (Mächtigkeit (M) = 5 cm) einzeln berechnet und die Gesamtspeichermenge in 0–15 cm über Addition der drei Einzelwerte bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden wird eine Auswahl an Ergebnissen der Betriebe A und B näher vorgestellt und diskutiert. Die Ergebnisse von Betrieb C werden im Vortrag ergänzt.

Auswirkungen der Weideintensität auf bodenphysikalische – und chemische Kennwerte

Das Ergebnis der PCA für Betrieb A zeigt, dass durch die ersten beiden HK 89 % der gesamten Varianz des Datensatzes erklärt werden können (Tabelle 2). Die physikalischen Parameter weisen eine enge Korrelation mit HK 1 auf, während die chemischen Parameter eng mit HK 2 korrelieren. Das Ergebnis der ANOVA zeigt in Bezug auf HK 1 signifikante Unterschiede zwischen den Tiefenstufen, jedoch keine Unterschiede zwischen den TBK (Tabelle 3). Erwartungsgemäß nehmen hier das Porenvolumen, die nutzbare Feldkapazität und die Luftkapazität mit der Tiefe ab, während die Trockenrohddichte mit der Tiefe zunimmt (hier nicht dargestellt). Tabelle 3 ist zu entnehmen, dass sich vor allem die Tiefe 0–5 cm von den beiden anderen Tiefen unterscheidet. Signifikante Unterschiede zwischen den TBK sind nur in Bezug auf HK 2 zu finden, wobei sich die Klassen „E“ und „S“ nicht scharf voneinander abgrenzen lassen. Auf den Flächen mit erhöhter und starker Trittbelastung sind die Werte aller chemischen Parameter höher, als auf den durchschnittlich betretenen Flächen.

Durch die Beweidungsintensität werden am Standort A in erster Linie die Bodenchemie und hier Nährstoffe, wie Kalium und Phosphor sowie die organische Substanz beeinflusst. Mit steigender Aufenthaltsdauer der Tiere auf einer Fläche kann auf einen erhöhten Nährstoffeintrag (N, C, P, K) geschlossen werden. Auch Hilder (1964) und Schuhman *et al.* (1999) konnten mit steigender Beweidungsintensität einen erhöhten Nährstoffeintrag über Exkremente und Urin und eine Akkumulation von organischem Kohlenstoff und Stickstoff im Vergleich zu naturbelassenen oder extensiv genutzten Flächen beobachten. Es konnte keine Verdichtung des Oberbodens durch erhöhte Trittintensität nachgewiesen werden. Auch Singleton *et al.* (2000) haben in ihrer Studie gezeigt, dass die Trockenrohddichte, das Gesamtporenvolumen und die Porengrößenverteilung nicht immer gute Indikatoren für Veränderungen durch Beweidung darstellen. Die Resistenz gegenüber Verdichtungen durch Tritt kann auf die individuellen Standortvoraussetzungen zurückgeführt werden. Standort A weist einen hohen Jahresniederschlag auf.

Auf der Untersuchungsfläche finden wir vorwiegend Knickmarschen, welche durch Stau- und Haftnässe geprägt sind. Es ist daher davon auszugehen, dass hier häufig Verhältnisse mit hoher Bodenfeuchte oder sogar Wassersättigung vorliegen.

Die Art der Bodenveränderungen infolge von Trittbelastungen ist primär von der Bodenfeuchte abhängig. Bei hoher Bodenfeuchte oder Wassersättigung treten vermehrt "pugging" oder "poaching" auf (Bilotta *et al.* 2007). Diese Prozesse führen weniger zu einer Verdichtung des Oberbodens mit einer einhergehenden Verringerung des Porenvolumens, als vielmehr zu einer Deformation der Bodenstruktur und elastischen Bodenverformung. Im Falle von trockenen Bodenverhältnissen sind Marschböden aufgrund ihres hohen Tongehaltes ebenfalls sehr schwer zu bearbeiten und auch hier weniger verdichtungsanfällig.

Tabelle 2: Ergebnis der PCA für Betrieb A und B. Gezeigt werden die Korrelationen (Werte >0,5) der untersuchten Parameter mit der 1. Hauptkomponente (HK1) und der 2. Hauptkomponente (HK2) und der Anteil der erfassten Varianz im Datensatz, welcher durch die HK erklärt wird

Korrelation mit Hauptkomponenten		
Betrieb A	HK1	HK2
Anteil erfasster Varianz (in %)	45	44
PV	0,94	
nFK	0,91	
TRD	-0,89	
LK	0,85	
K _{DL}		0,88
pH		0,85
P _{DL}		0,85
N _t		0,83
C _{org}		0,80
Betrieb B	HK1	HK2
Anteil erfasster Varianz (in %)	39	35
nFK	0,89	
C _{org}	0,89	
PV	0,88	
N _t	0,87	
pH		0,88
P _{DL}		0,88
K _{DL}		0,83
LK		-0,58
TRD		0,54

Das Ergebnis der PCA für Betrieb B zeigt, dass durch die ersten beiden HK 74 % der gesamten Varianz des Datensatzes erklärt werden können (Tabelle 2). HK 1 korreliert mit wichtigen Kennwerten der organischen Substanz. HK 2 korreliert sowohl mit bodenphysikalischen als auch mit bodenchemischen Parametern. Mit Hilfe der ANOVA konnte auch für Betrieb B ein signifikanter Unterschied zwischen den Tiefenstufen in Bezug auf HK 1 festgestellt werden, jedoch keine Unterschiede zwischen den TBK (Tabelle 4). Die korrelierten Parameter nehmen alle mit der Tiefe ab (hier nicht dargestellt). Signifikante Unterschiede zwischen den TBK sind in Bezug auf HK 2 zu finden (Tabelle 4). Die korrelierten Parameter unterscheiden sich vor allem zwischen den stark betretenen Flächen und den erhöht bzw. durchschnittlich betretenen Flächen. Die TBK „D“ und „E“ lassen sich nicht scharf voneinander abgrenzen. Während der pH-Wert, der Gehalt an Phosphor und Kalium sowie die Trockenrohdichte mit erhöhter Trittbelastung zunehmen, nimmt die Luftkapazität ab.

Die Weideintensität beeinflusst am Standort B sowohl bodenchemische als auch bodenphysikalische Parameter. Ähnlich wie am Standort A wurde mit steigender Aufenthaltsdauer der Kühe auf der Fläche ein erhöhter Phosphor- und Kaliumgehalt nachgewiesen. Die erhöhten Werte hängen vermutlich auch hier mit vermehrten Exkrementablagerungen zusammen (Hilder 1964, Schuhman *et al.* 1999). Der zunehmende pH-Wert mit steigender Trittsintensität kann auf den erhöhten Eintrag von Urin zurückgeführt werden (Singh *et al.* 2013).

Im Gegensatz zu Betrieb A konnte auf der untersuchten Fläche am Standort B mit steigender Trittsbelastung eine Verdichtung des Oberbodens festgestellt werden. Standort B weist einen geringeren Jahresniederschlag auf, zudem ist die Bodenart von einem hohem Sandgehalt geprägt (lehmi-ger Sand). Es ist hier daher oft mit geringen Bodenfeuchteverhältnissen zu rechnen. Daraus lässt sich schließen, dass hier der Prozess „Compaction“ als Folge der Trittsbelastung dominiert. „Compaction“ beschreibt die Verdichtung von trockenem Boden im klassischen Sinne, einhergehend mit einer Verringerung des Porenvolumens (Bilotta *et al.* 2007, Singleton und Addison 1999, Singleton *et al.* 2000).

Auch andere Studien konnten verringerte Trockenrohdichten mit steigender Trittsbelastung aufzeigen (Willatt und Pullar 1984, Singleton und Addison 1999, Singleton *et al.* 2000, Steffens 2008). Wie auch schon Singleton und Addison (1999) und Opitz von Boberfeld (2007) untersucht haben, ist hier vor allem der Anteil weiter Grobporen (Luftkapazität) betroffen. Diese Porengröße kann maßgeblich die Wasserleitfähigkeit und die Durchlüftung des Bodens und damit auch wasserregulierende Prozesse sowie das Pflanzenwachstum beeinflussen.

Tabelle 3: Ergebnis der ANOVA mit angeschlossenem Post-hoc-Test zur Überprüfung der Effekte der Faktoren TBK und Beprobungstiefe auf HK 1 und HK 2 für Betrieb A

Effekt	Signifikanz
1. Hauptkomponente	
TBK	0,44
Beprobungstiefe	< 0,0001 ***
2-1	< 0,001 **
3-1	< 0,0001 ***
3-2	0,09
2. Hauptkomponente	
TBK	< 0,0001 ***
E-D	0,08
S-D	< 0,0001 ***
S-E	< 0,0001 ***
Beprobungstiefe	0,69

Tabelle 4: Ergebnis der ANOVA mit angeschlossenen Post-hoc-Test zur Überprüfung der Effekte der Faktoren TBK und Beprobungstiefe auf HK 1 und HK 2 für Betrieb B

Effekt	Signifikanz
1. Hauptkomponente	
TBK	0,24
Beprobungstiefe	< 0,0001 ***
2-1	< 0,001 **
3-1	< 0,0001 ***
3-2	0,14
2. Hauptkomponente	
TBK	< 0,0001 ***
E-D	< 0,001 **
S-D	< 0,0001 ***
S-E	0,09
Beprobungstiefe	0,12

Kohlenstoffhaushalt

Vorge stellt werden hier beispielhaft die Ergebnisse von Betrieb B. Neben der Weidefläche wurde hier eine angrenzende Ackerfläche beprobt und die Kohlenstoffspeichermengen verglichen. Es zeigte sich eine deutliche Differenzierung hinsichtlich der Kohlenstoffkonzentrationen zwischen den Nutzungstypen. Insbesondere in der ersten Beprobungstiefe liegt die mittlere Kohlenstoffkonzentration der Weidefläche mit 2,48 % deutlich über dem Mittel der Ackerfläche mit 1,15 %.

Die ANOVA bestätigt einen signifikanten Einfluss der Nutzung als auch der Beprobungstiefe auf die Kohlenstoffkonzentration. Die Änderung der Kohlenstoffkonzentration mit der Tiefe ist für die Weidefläche stärker ausgeprägt (Weide: T1: 2,48 %, T2: 1,7 %, T3: 1,28 %; Acker: T1: 1,15 %, T2: 1,09 %, T3: 1,03 %). Der Unterschied zwischen den Nutzungen verringert sich mit zunehmender Beprobungstiefe.

Die Trockenrohdichte liegt im Mittel auf der Ackerfläche in 0–5 cm bei 1,43 g cm⁻³ und auf der Weide bei 1,38 g cm⁻³.

Sie nimmt mit der Tiefe ab und gleicht sich zwischen den Nutzungsformen an (T3: 1,52 g cm⁻³). Die Gesamtspeichermenge an organischem Kohlenstoff auf der Ackerfläche in 0–15 cm beträgt im Mittel rund 24 t ha⁻¹ (Abbildung 1). Diese liegt deutlich unter der Kohlenstoffspeicherung der Grünlandfläche mit einer mittleren Speichermenge von 39 t ha⁻¹. Die ANOVA bestätigt einen signifikanten Einfluss der unterschiedlichen Nutzungen auf den Gesamtkohlenstoffvorrat in 0–15 cm. Neben dem möglichen Einfluss der Bodenart konnte durch die räumliche Nähe der beiden untersuchten Flächen auch der Einfluss des Klimas auf den Kohlenstoffspeicher ausgeschlossen werden. Die Unterschiede sind daher allein auf die Nutzung zurückzuführen. Der Acker wird konservierend bearbeitet, die Fruchtfolge wird von Mais und Winterweizen dominiert. Hingegen den Erwartungen unterscheidet sich die Trockenrohdichte nicht signifikant zwischen Weide und Acker. Grund hierfür könnte zum einen die intensive Nutzung der Weide und die damit verbundenen hohen Trockenrohdichten sein. Zum anderen könnte die konservierende Bodenbearbeitung des Ackerstandortes den Aufbau eines stabilen Bodengefüges fördern und folglich eine höhere Tragfähigkeit im Vergleich zu konventionell bearbeiteten Böden führen (Carter 1992).

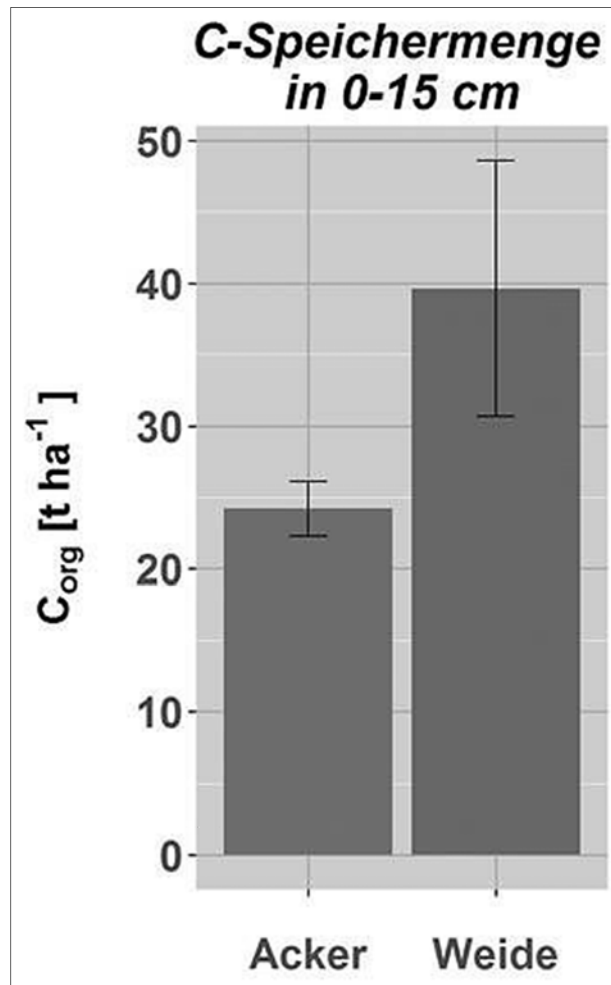


Abbildung 1: Mittlerer Bodenkohlenstoffvorrat in t ha⁻¹ in 0–15 cm mit zugehöriger Standardabweichung für Betrieb B (ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, n= Stichprobenanzahl)

Die Unterschiede in der Kohlenstoffkonzentration zwischen Grünland und Acker können auf einen verringerten anthropogenen Eingriff bei Grünlandbewirtschaftung, der grünlandspezifische Vegetation und dem Eintrag über Exkremente zurückgeführt werden. Der Kohlenstoffvorrat der Ackerfläche in 0–15 cm ist mit einer mittleren Differenz von circa 15 t C ha⁻¹ knapp 40 % geringer als der Gesamtkohlenstoffvorrat der Weidefläche. Freibauer *et al.* (2015) stellten bei den bisher ausgewerteten Beprobungspunkten der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft innerhalb einer Bodenklasse in allen untersuchten Tiefenstufen 20 bis 30 % geringere Kohlenstoffvorräte unter Acker im Vergleich zu Grünland fest. Chen *et al.* (2009) ermittelten 44 % höhere Bodenkohlenstoffvorräte in 0–20 cm Tiefe im Vergleich zu den untersuchten Ackerstandorten.

Einfluss der Beweidung auf die Vegetation

Die Ergebnisse der Ertragsanteilschätzung zeigen, dass die Trittsintensität die Artenzusammensetzung verändern kann (Tabelle 5).

Tabelle 5: Ergebnisse der Ertragsanteilschätzung für Betrieb B

TBK	Gräser [%]	Leguminosen [%]	Kräuter [%]	Lücken [%]	Futterwertzahl	Artenzahl
D	77,0	0,5	22,5	2,3	6,2	11
E	85,8	0,5	13,8	13,8	6,6	15
S	66,0	0,5	33,5	28,8	5,3	12

Durch die zunehmende lückenhafte Grasnarbe wird die Etablierung von trittunempfindlichen Kräutern begünstigt. Die Artenzahl kann dadurch zum Teil erhöht werden, jedoch nimmt der Futterwert gleichzeitig ab. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen, dass vor allem durch starke Trittbelastungen mit einem hohen Ernteverlust zu rechnen ist. Über die betrachtete Weideperiode konnten mit vier Schnitten auf den durchschnittlich betretenen Flächen in der Summe ein Ertrag von 104 dt ha^{-1} ermittelt werden, während auf den stark betretenen Flächen insgesamt nur 37 dt ha^{-1} geerntet werden konnten. Auch die Netto-Energie-Laktation, als ein wichtiges Qualitätsmerkmal, nimmt im Mittel mit steigender Trittbelastung ab („D“: 6,8; „E“: 6,5; „S“: 5,9).

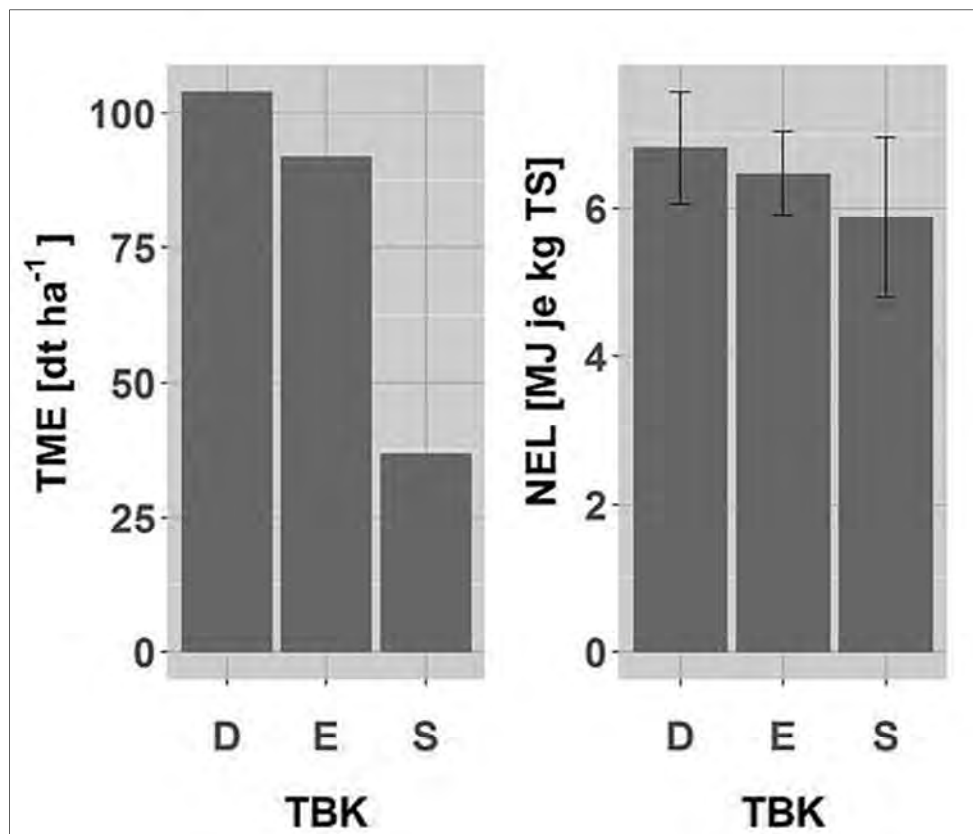


Abbildung 2: Summierter Trockenmasseertrag über vier Schnitte (links) und mittlere Netto-Energie-Laktation (rechts) mit zugehöriger Standardabweichung für die drei untersuchten Trittbelastungsklassen am Standort B (n= Stichprobenzahl)

Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die standörtlichen Voraussetzungen eine bedeutende Rolle spielen, um den Einfluss intensiver Beweidung auf bodenphysikalische Eigenschaften bewerten zu können. Grundsätzlich kann über die Kombination der Bodenart und den Bodenfeuchteverhältnissen auf die tragenden Prozesse („pugging“, „poaching“ und „compaction“) und damit auf die Verdichtungsanfälligkeit gegenüber Trittbelastungen geschlossen werden. Der Nährstoffeintrag ist auf den stark betretenen Flächen sehr hoch und unabhängig vom Standort. Da die stark beanspruchte Grasnarbe auf diesen Flächen oft lückenhaft ist, wird der Nährstoffüberschuss kaum durch das Pflanzenwachstum ausgeglichen. Hinzu kommt das steigende Erosionspotenzial, welches bei entsprechender Hangneigung zum Tragen kommt. In solchen Fällen ist mit einem erhöhten Stoffaustrag in das umliegende Gewässersystem zu rechnen. Die stark betretenen und potenziell gefährdeten Flächen machen allerdings nur einen kleinen prozentualen Anteil an den beweideten Flächen aus.

Insgesamt ist das große ökologische Potenzial auch intensiv genutzter Weiden wegen ihres Regulierungspotenziales und durch ihren Beitrag zur vermehrten Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität im Vergleich zu Ackerflächen hervorzuheben.

Literatur

- Bilotta, G.S., Brazier, R.E. und Haygarth, P.M. (2007): The impacts of grazing animals on the quality of soils, vegetation, and surface waters in intensively managed grasslands. *Advances in agronomy* 94, 237–280.
- Carter, M.R. (1992): Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macroaggregate distribution and structural stability of the surface soil in a humid climate. *Soil and Tillage Research* 23(4), 31–372.
- Chen, H., Marhan, S., Billen, N., und Stahr, K. (2009): Soil organic-carbon and total nitrogen stocks as affected by different land uses in Baden-Württemberg (southwest Germany). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172(1), 32–42.
- Freibauer, A., Heidkamp, A., Prietz, R. und Vos, C. (2015): Der Humuszustand der landwirtschaftlichen Böden in Deutschland. Erste Ergebnisse der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft. In: Böden – Lebensgrundlage für Pflanze und Tier. Kongressband 2015 Göttingen, VDLUFA-Schriftenreihe 71, 50–57.
- Hilder, E.J. (1964): The distribution of plant nutrients by sheep at pasture. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 5, 241–248.
- Opitz von Boberfeld, W., Schlimbach, G. und Schröder, D. (2007): Zum Einfluss der Winterbeweidung auf bodenphysikalische Merkmale. *Pflanzenbauwissenschaften* 11(1), 20–27.
- Schuman, G.E., Reeder, J.D., Manley, J.T., Hart, R.H. und Manley, W.A. (1999): Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Ecological applications* 9(1), 65–71.
- Singh, J., Kunhikrishnan, A., Bolan, N.S. und Saggari, S. (2013): Impact of urease inhibitor on ammonia and nitrous oxide emissions from temperate pasture soil cores receiving urea fertilizer and cattle urine. *Science of the total Environment* 465, 56–63.
- Singleton, P.L. und Addison, B. (1999): Effects of cattle treading on physical properties of three soils used for dairy farming in the Waikato, North Island, New Zealand. *Soil Research* 37(5), 891–902.
- Singleton, P.L., Boyes, M. und Addison, B. (2000): Effect of treading by dairy cattle on topsoil physical conditions for six contrasting soil types in Waikato and Northland, New Zealand, with implications for monitoring. *New Zealand journal of Agricultural research* 43(4), 559–567.
- Steffens, M., Kölbl, A., Totsche, K.U. und Kögel-Knabner, I. (2008): Grazing effects on soil chemical and physical properties in a semiarid steppe of Inner Mongolia (PR China). *Geoderma* 143(1), 63–72.
- Willatt, S.T. und Pullar, D.M. (1984): Changes in soil physical properties under grazed pastures. *Soil Research* 22(3), 343–348.

Sozioökonomische Betrachtung der Niedermoornutzung in Schleswig-Holstein unter besonderer Berücksichtigung des Klimaschutzes

Reinsch, T.¹, Albrecht, E.², Poyda, A.³, Henning, C.² und Taube, F.¹

¹ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

² Institut für Agrarökonomie, Abteilung Agrarpolitik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

³ Institut für Biogeophysik, Universität Hohenheim

treinsch@gfo.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Die Klimaschutzziele der Bundesregierung die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 um 40 % bzw. bis zum Jahr 2050 um 80–95 % im Vergleich zum Berichterstattungsjahr 1990 zu reduzieren, stellt die Gesellschaft vor die Herausforderung, Minderungsstrategien zu entwickeln, die einen schnellen und nachhaltigen Handlungserfolg versprechen. Unter Berücksichtigung des Sektors Landnutzung und Landnutzungsänderung trägt die Landwirtschaft mit 12 % zu den jährlichen Treibhausgas (THG)-Emissionen in Deutschland bei, wobei hiervon 40 % der Entwässerung von Moorböden zuzuschreiben sind, obgleich diese nur etwa 5 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland ausmachen (UBA 2016, Roßkopf *et al.* 2015). Durch die anthropogene Absenkung der Wasserstände können die Moorflächen nicht mehr ihrer natürlichen CO₂-Senkenfunktion nachkommen. Im Gegenteil kommt es zu einer Freisetzung des über Jahrtausende akkumulierten Kohlenstoffes. Eine Reduktion dieser THG-Emissionen lässt sich in erster Linie über eine Regulation der Wasserstände auf ein höheres Niveau realisieren. Da mehr als 80 % der Moorböden in Schleswig-Holstein landwirtschaftlich genutzt werden, würde dies in Abhängigkeit des Wassermanagements auf den vornehmlich als Dauergrünland genutzten Produktionsstandorten zu erheblichen Ertragseinbußen führen. Zwar würde hiermit der gesellschaftlichen Forderung nach mehr Klimaschutz nachgekommen aber der finanzielle Druck der betroffenen landwirtschaftlichen Betriebe, vornehmlich Milchviehbetriebe, erhöht. In diesem Zusammenhang ist dringend eine Bewertung solcher Klimaschutzmaßnahmen im Sinne einer Kosten-Nutzen-Analyse vorzunehmen.

Material und Methoden

Eine der größten arrondierten Niedermoorregionen in Norddeutschland ist die Eider-Treene-Niederung (ETN) welche als Unterkulturräum des Flussniederungsgebietes der Eider-Treene-Sorge in Schleswig-Holstein zu verstehen ist. Sie umfasst eine Fläche von 28.560 ha, wobei etwa 76 % als Niedermoorboden klassifiziert sind. In der Region werden ca. 24.000 Milchkühe mit der entsprechende Nachzucht und Bullen für die Mast gehalten. Mit einem Anteil von 74 % handelt es sich bei einem Großteil der Betriebe um Milchviehhaltungen. Die einzelbetriebliche Flächenexpansion auf die angrenzenden Mineralböden ist durch den hohen Flächendruck schwierig, welches zu hohen Nutzungsintensitäten auf die vorhandenen Grünlandflächen in der Niederung führt. Die hierfür notwendige Entwässerung der genutzten Flächen erfolgt über Drainagen, Grabendrainung und Pumpwerke, wobei die Grundwasserstände kleinräumig durch die topografische Lage der Einzelflächen stark beeinflusst werden. In mehrjährigen Untersuchungen wurden in Abhängigkeit des Grundwasserstandes THG-Emissionen in der Region mit einer Spannweite von 14 bis 65 t CO₂-Äquivalente (CO₂Äq) je ha und Jahr ermittelt (Poyda *et al.* 2016). Mit Hilfe von digitalen Höhenmodellen wurde mittels regressiver Ableitungen das globale Erwärmungspotenzial (GWP) in einem als für die Region repräsentativ angenommenen 650 ha großen Areal in Abhängigkeit der derzeitigen Entwässerungsintensität (Status quo) ermittelt (Abbildung 1).

Der Einfluss des Grundwasserstandes auf die Ertragsleistung lässt sich auf Basis durchgeführter Ertragsmessungen in vier Kategorien klassifizieren: „Keine Nutzung“, „Extensiv“, „Intensiv mit Einschränkungen“ und „Intensiv“.

Die in Szenarienanalysen ermittelten Vermeidungspotenziale bei einer Anhebung des Grundwasserstandes um 10 (Szenario I) bzw. 20 cm (Szenario II) zeigten, dass die THG-Emissionen in der Modellregion um jährlich 6.000 bzw. 14.000 t CO₂-Äq. reduziert werden könnten (Abbildung 1).

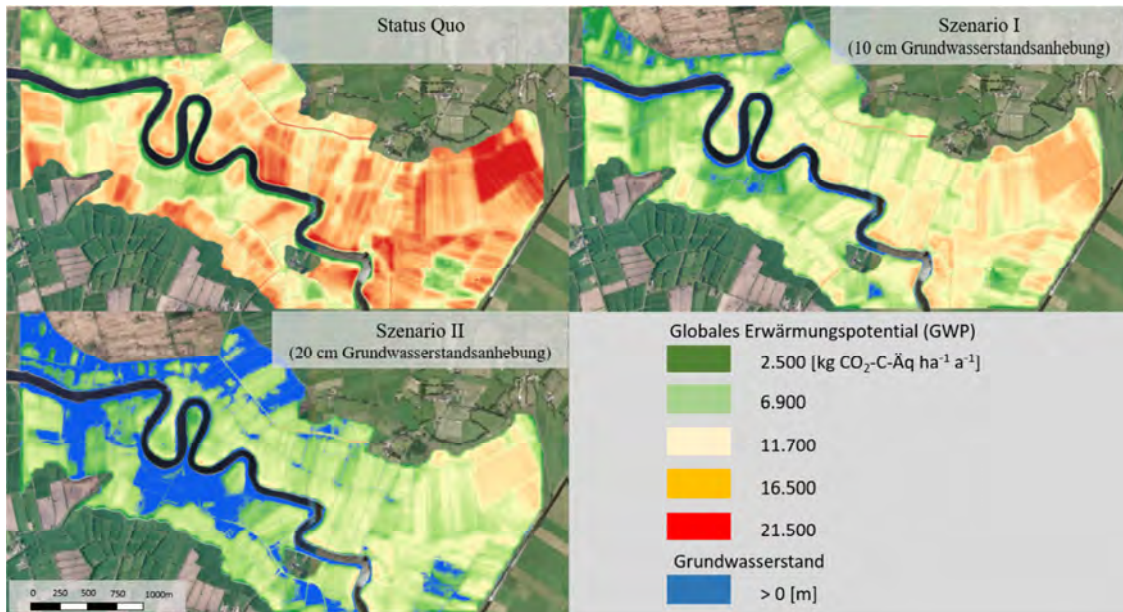


Abbildung 1: Flächenausschnitt der Modellregion. Farbliche Unterschiede zeigen das aktuelle globale Erwärmungspotenzial (Status Quo) und die Veränderungen bei Anhebung des Grundwasserstandes um 10 cm (Szenario I) und 20 cm (Szenario II). Blau eingefärbte Areale kennzeichnen Überstaussituationen (EGEOS, 2015)

Die Flächeneignung für die intensive Grünlandnutzung reduzierte sich bei den durchgeführten Klimaschutzmaßnahmen von 71 % (Status Quo) auf 27 % (Szenario I) bzw. 5 % (Szenario II) (vergl. Tabelle 1). Die flächenspezifischen Ergebnisse wurden anteilig auf die Niedermoorflächen im Unterkulturräum ETN extrapoliert und das daraus resultierende Vermeidungspotenzial der durchgeführten Klimaschutzmaßnahmen (Szenario I – II) im Folgenden für die ökonomische Modellierung verwendet.

Tabelle 1: Veränderung der Nutzungsintensität in der Modellregion bei stufenweiser Anhebung der Grundwasserstände, 10 cm (Szenario 1) und 20 cm (Szenario 2)

Nutzungstyp	Flächenanteil in %		
	Status Quo	Szenario I	Szenario II
Keine	5	29	73
Extensiv	24	44	22
Intensiv mit Einschränkungen	59	27	5
Intensiv	12	0	0

Die ökonomische Betrachtung der durchgeführten Szenarienanalysen wurde mit einem ökologisch-ökonomischem linearem Programmierungsmodell (LP) realisiert. Die ETN wurde im verwendeten LP-Modell anhand der für die Region typischen Betriebstypen abgebildet. Konkret handelt es sich dabei um vier Größenklassen der Milchviehbetriebe, die unteren drei Größenklassen der Futterbau-Mast-Betriebe, sowie zwei Größenklassen für Biogasbetriebe (Tabelle 2). Die ermittelten Kosten ($Kosten_{GW_Szenario}$) für Klimaschutz durch Grundwasseranhebung werden als entgangener Gewinn bzw. Deckungsbeitrag landwirtschaftlicher Betriebe infolge von Nutzungsänderung bzw. Nutzungsaufgabe von Niedermoorflächen betrachtet. Die Kosten sind der Deckungsbeitrag eines Betriebes in der Ausgangssituation (DB_{Base}) abzüglich des Deckungsbeitrages nach der Anhebung des Grundwasserspiegels ($DB_{GW-Szenario}$) und der somit eintretenden Moorvernässung:

$$Kosten_{GW_Szenario} = DB_{Base} - DB_{GW_Szenario}$$

Die durch die Klimaschutzmaßnahmen entstehenden Kosten wurden je ha, Betriebstyp, als Durchschnitt des Unternaturraums und auf Basis der oben erläuterten Ergebnisse je Tonne CO₂Äq in Abhängigkeit des gewählten Szenarios (I – II) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Szenarien der Grundwasser-Anhebung um 10 cm und 20 cm sind in Tabelle 2 die durchschnittlichen Kosten der einzelnen Betriebstypen sowie des Unternaturraums je Hektar angegeben. Die Durchschnittskosten in der ETN liegen bei 112 €/ha für eine Anhebung des Grundwasserstandes um 10 cm und bei 359 €/ha für eine Anhebung um 20 cm. Die starke Nutzungseinschränkung des Szenarios II mit fast drei Viertel der Niedermoorfläche ohne landwirtschaftliche Nutzung führt zu mehr als dreimal so hohen Kosten für die Betriebe als die moderatere Einschränkung des Szenario I. Über die unterschiedlichen Betriebsgruppen zeigen sich allerdings für beide Szenarien deutliche Abweichungen vom Durchschnitt der Region. Am stärksten betroffen sind die wenigen Biogasbetriebe, die in beiden Größenklassen über den Durchschnittswerten der Region liegen. Milchviehbetriebe, als die prägende Betriebsausrichtung der Niederung, haben zum Teil ebenfalls überdurchschnittlich hohe Kosten, allerdings hängt dies stark von der Betriebsgröße ab.

Tabelle 2: Durchschnittskosten der Moorvernässung in Abhängigkeit des Betriebstyps und der Betriebsgröße sowie der Höhe der Grundwasserstandsanhhebung (Szenario I: 10 cm, Szenario II: 20 cm)

Betriebstyp	ha	€ je ha und Jahr	
		Szenario I	Szenario II
Milchvieh	< 60	182 €	540 €
Milchvieh	60–100	106 €	416 €
Milchvieh	100–200	106 €	290 €
Milchvieh	200	65 €	240 €
Rindermast	< 60	137 €	268 €
Rindermast	60–100	22 €	150 €
Rindermast	100–200	1 €	12 €
Biogas	60–100	194 €	596 €
Biogas	100–200	119 €	392 €
Ø ETN	112	112 €	359 €

Besonders kleine Betriebe unter 60 ha weisen überdurchschnittlich hohe Kosten auf und große Betriebe über 200 ha liegen im moderaten Szenario mit 10 cm Grundwasseranhebung bei nur etwa 50 % der Durchschnittskosten. Rindermastbetriebe können am besten auf die Nutzungseinschränkungen reagieren und zeigen fast durchgehend relativ niedrige Kosten, allerdings besteht auch ein starkes Gefälle zwischen den Größenklassen, so dass den Rindermastbetrieben über 100 ha kaum Kosten durch die Grundwasseranhebung entstehen.

In Tabelle 3 sind neben den absoluten Flächenumfängen der einzelnen Nutzungskategorien für beide Szenarien ebenfalls die gesamten anfallenden Kosten durch die Grundwasseranhebungen in dem Unternaturraum ETN aufgeführt.

Tabelle 3: Flächenumfang und Gesamtkosten der Moorvernässung in der Eider-Treene-Niederung

	Szenario I		Szenario II	
	Fläche ha	Kosten €	Fläche ha	Kosten €
Intensive Nutzung	113		5	
Intensive Nutzung mit Einschränkungen	5.794		732	
Extensive Nutzung	8.967		5.057	
keine Nutzung	6.903		15.983	
Summe	21.777	2.442.926	21.777	7.825.571

Diese Werte zeigen den gesamten Deckungsbeitragsverlust des landwirtschaftlichen Sektors in der Region. Für die im gesamten Unternaturraum ETN eingesparten Emissionen von 205 Tsd. t $\text{CO}_2\text{Äq}/\text{Jahr}$ für 10 cm Grundwasseranhebung und 469 Tsd. t $\text{CO}_2\text{Äq}/\text{Jahr}$ für 20 cm Grundwasseranhebung errechnen sich somit Kosten von 11,89 €/t $\text{CO}_2\text{Äq}/\text{Jahr}$ (Szenario I) und 16,69 €/t $\text{CO}_2\text{Äq}/\text{Jahr}$ (Szenario II).

In Abbildung 2 sind die Durchschnittskosten der Grundwasseranhebung für unterschiedliche Milchpreise in einer Spanne zwischen 20 und 40 Cent/kg aufgeführt. Eine Sensitivitätsanalyse der Kosten gegenüber Preisen für landwirtschaftliche Erzeugnisse ist aufgrund der Tatsache, dass es sich bei den im LP-Modell verwendeten Output- und Inputpreisen um Mittelwerte anhand von Zeitreihen der letzten Jahre handelt, sinnvoll. Da Milch das mit Abstand wichtigste Erzeugnis der Region ist, wird der Fokus auf die Preisvariation des Milchpreises gelegt. Preisvariationen für Inputfaktoren wie z.B. Futtermittel wären ebenfalls möglich, da für die Produktionsentscheidung der Betriebe aber lediglich das Preisverhältnis von Input- zu Output-Preisen entscheidend ist, wird an dieser Stelle exemplarisch nur der Milchpreis variiert.

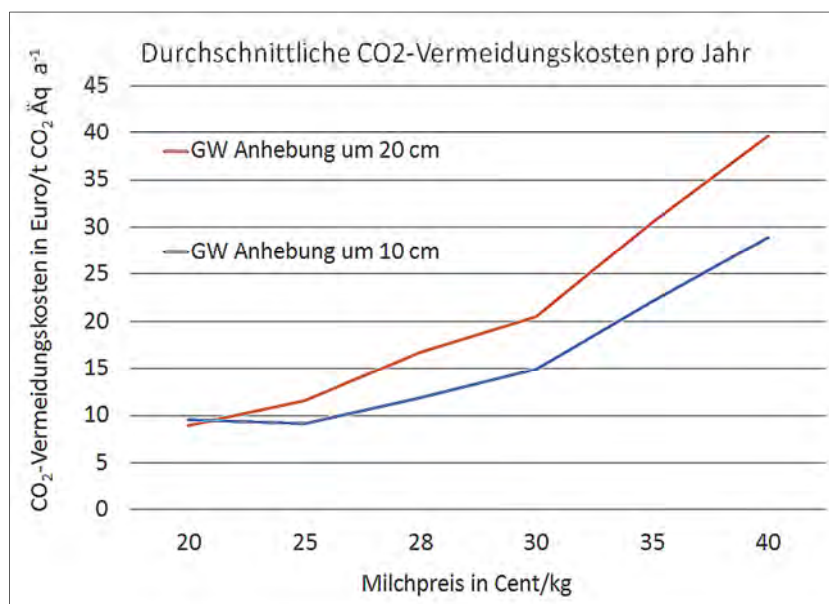


Abbildung 2: Vermeidungskosten der Grundwasseranhebung in Abhängigkeit des Milchpreises

Der Mittelwert der Zeitreihendaten im Modell, der für die in Tabelle 3 berechneten Kosten verwendet wurde, liegt bei 28 Cent/kg Milch. Über die gesamte Spanne ist eine hohe Abhängigkeit der Vernässungskosten vom Milchpreis zu erkennen. Die Kosten für eine 10 cm Grundwasseranhebung zwischen 50 und 280 €/ha und für eine Anhebung um 20 cm bereits zwischen 138 und 852 €/ha. Dieser grundsätzliche Zusammenhang bleibt bestehen, wenn die Werte für die Vermeidungskosten je Tonne $\text{CO}_2\text{Äq}$ betrachtet werden. Allerdings sind die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien der Grundwasseranhebung deutlich geringer, so dass bei einem sehr niedrigen Milchpreis von 20 Cent/kg jede eingesparte Tonne $\text{CO}_2\text{Äq}$ in beiden Szenarien mit ca. 10 €/Jahr etwa gleich teuer ist. Bei einem sehr hohen Preis von 40 Cent/kg Milch ist eine Differenz von 10 €/t $\text{CO}_2\text{Äq}/\text{Jahr}$ zwischen beiden Szenarien gegeben.

Wie bereits beschrieben, sind die Kosten der Moorvernässung als entgangener Deckungsbeitrag definiert, es ist daher interessant auch die Auswirkungen der eingeführten Restriktionen auf die Produktionsstruktur bzw. realen Outputs zu betrachten. Die relevanten Marktfrüchte werden durch Niedermooreinschränkung nicht beeinflusst, da Moorflächen zur Raufutterproduktion in der Tierhaltung verwendet werden. Zu erkennen ist allerdings eine Abnahme der Milchkühe über die Szenarien und eine Zunahme der Bullenmast (Tabelle 4).

Tabelle 4: Tierbestand in der Eider-Treene-Niederung in Abhängigkeit der Grundwasserstandsanhhebung (Szenario I: 10 cm, Szenario II: 20 cm)

Tiere	Status Quo	Szenario I	Szenario II
Milchkühe	23.652	18.603	9.356
Färsenaufzucht Milch	11.130	8.754	4.403
Bullenmast	7.482	9.838	13.429

Auf den nur noch extensiv nutzbaren Niedermoorflächen ist eine Raufutterproduktion für Bullen weiterhin möglich, die hohen Anforderungen einer intensiven Milchviehhaltung können allerdings nicht mehr vollständig erfüllt werden.

Bei dem verwendeten LP-Modell handelt es sich um einen komparativ-statischen Ansatz, mit dessen Hilfe mittelfristige Gleichgewichtszustände abgebildet werden können. Dynamische Effekte, wie Investitionsentscheidungen, Pachtmärkte oder Hofnachfolge werden nicht modelliert. Es ist wahrscheinlich, dass bei Einbeziehung dieser Effekte die Kosten noch niedriger ausfallen.

Durch die Einstellung der landwirtschaftlichen Produktion auf einzelnen Betrieben und die Verlagerung von Produktionsfaktoren zu den effizienter wirtschaftenden Betrieben würden auch die Vermeidungskosten des Klimaschutzes profitieren. Vor allem aufgrund der beobachteten niedrigen Kosten des Modells für große Betriebe lässt sich diese Entwicklung ableiten. Dies bedeutet indes auch, dass für einzelne Betriebe durch eine Moorvernässung ein erheblicher Eingriff in die Produktion erfolgt und zum Teil die Entscheidung über eine Weiterführung des Betriebes beeinflusst wird. Es ist davon auszugehen, dass der Strukturwandel durch eine solche Maßnahme deutlich verstärkt wird. Die in dieser Arbeit berechneten Vermeidungskosten sind explizit als die in der Landwirtschaft anfallenden Kosten definiert, in anderen Forschungsprojekten zu diesem Thema, wie beispielsweise bei Drösler *et al.* (2012), wurden teilweise auch die Planungs- und Durchführungskosten der konkreten Vernässungsmaßnahmen mit berücksichtigt. In der untersuchten ETN und für den Großteil der Niedermoorflächen in Schleswig-Holstein sind die Planungs- und Durchführungskosten allerdings wenig relevant.

Bei den untersuchten Flächen handelt es sich um tief liegende Niedermoorflächen, in denen das Grundwasser mit Pumpwerken auf dem derzeitigen Stand gehalten wird, um eine landwirtschaftliche Nutzung überhaupt möglich zu machen. In der Regel führt bereits eine Einstellung dieser Entwässerungsmaßnahmen zu einer Vernässung der Flächen, so dass kaum weitere Kosten anfallen. Vielmehr ist zu konstatieren, dass der Betrieb von Pumpstationen bereits jetzt Kosten verursacht und das bei unverändertem Grundwassermangement durch den damit verbundenen Torfschwund bzw. Höhenverlust hier auch langfristig mit steigenden Investitionen zu rechnen ist. Prospektiv gibt es somit nur die Möglichkeiten, die Torfschicht des Moores zur landwirtschaftlichen Nutzung aufzubrauchen und dabei weiterhin Treibhausgase zu emittieren oder ein Grundwassermanagement mit möglichst naturnahem Wasserstand durchzuführen, damit das Moor langfristig erhalten bleibt. Die 12 bzw. 17 €/t CO₂-Äq/Jahr welche für das Verfahren einer solchen Maßnahme aufgebracht werden müssten entspräche dabei den Kosten der Landwirtschaft bzw. den Budgetkosten des Staates. Die Klimaschutzkosten liegen damit am unteren Ende vergleichbarer Ergebnisse aus anderen Mooregebieten (Drösler *et al.* 2011, Schaller 2014).

Ähnliches gilt für einen Vergleich mit den Kosten anderer Klimaschutzmaßnahmen. So liegen beispielsweise die Vermeidungskosten durch die Energieerzeugung aus Biomasse (Biogas, Hack-schnitzel) oder mit Hilfe neuer Technologien (Photovoltaik, Windenergie) zwischen 30 und 400 €/t CO₂-Äq/Jahr. Wobei nur durch den Einsatz von Kraftwärmekopplung und Reststoffen, wie Gülle oder Stroh, Kosten unter 100 € erreicht werden (BMU 2009, McKinsey 2007, WBA 2007).

Schlussfolgerungen

Durch die Anhebung des Grundwasserstandes auf Niedermoorflächen lassen sich relevante Mengen an Treibhausgasen zu niedrigen Kosten einsparen. Dies konnte exemplarisch für die Eider-Treene-Niederung in Schleswig-Holstein für zwei Szenarien der Grundwasserstandsanhhebung (10 und 20 cm) gezeigt werden.

Für eine Anhebung des Grundwasserstandes um 10 cm lagen die Kosten im Mittel bei 12 €/t CO₂Äq/Jahr und für 20 cm bei 17 €/t CO₂Äq/Jahr. Für landwirtschaftliche Betriebe bedeutet dies Kosten in der Größenordnung 112 € bzw. 359 € je ha und Jahr. Besonders betroffen von einer solchen Maßnahme wäre in den für die Vernässung relevanten Gebieten die Milchviehwirtschaft.

Da in dieser Studie die berechneten Kosten dem entgangenen Produktionsgewinn entsprechen, zeigt sich eine starke Variabilität der Einzelbetrieblichen Kosten in Abhängigkeit des ausgezahlten Milchpreises. Von möglichen Kompensationszahlungen vom Staat an die Landwirte würden vor allem die größeren Milchviehbetriebe und Rindermastbetriebe profitieren. Kleinere Betriebe sähen sich durch eine solche Klimaschutzmaßnahme einem höheren Kostendruck ausgesetzt, so dass der Strukturwandel in der Region weiter verstärkt würde.

Im Vergleich zu anderen Klimaschutzmaßnahmen stellt die Grundwasseranhebung in Niedermoorgebieten eine kostengünstige Möglichkeit dar Treibhausgasemissionen einzusparen. Die Umsetzung eines dynamischen Grundwassermanagements, d.h. hohe Grundwasserstände im Winter und niedrigere Wasserstände während der Vegetationsperiode würde zudem, die Fortführung einer moderaten Milchviehwirtschaft in Niederungsregionen erlauben.

Literatur

- Drösler, M., Freibauer A, Adelman, W., Augustin, J., Bergman, L., Beyer, C., Chojnicki, B., Förster, C., Giebels, M., Görlitz, S., Höper, H., Kantelhardt, J., Liebersbach, H., Hahn-Schöfl, M., Minke, M., Petschow, U., Pfadenhauer, J., Schaller, L., Schägner, P., Sommer, M., Thuille, A. und Wehrhan, M. (2011): Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis. *Arbeitsberichte aus dem vTI-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung*. http://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dn049337.pdf
- Drösler, M., Augustin, J., Bergmann, L., Förster, C., Fuchs, D., Hermann, J.-M., Kantelhardt, J., Kapfer, A., Krüger, G., Schaller, L., Sommer, M., Schweiger, M., Steffenhagen, P., Tiemeyer, B. und Wehrhan, M. (2012): Beitrag ausgewählter Schutzgebiete zum Klimaschutz und dessen monetäre Bewertung. *BfN-Skripten* 328. www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript328.pdf
- EGEOS (2015): www.egeos.de. Beitrag zur Abschlussveranstaltung: Moor-Klima-Milch. Zukunftsperspektiven der Moornutzung in Schleswig-Holstein.
- Umweltbundesamt (2016): Berichterstattung unter den Klimarahmenkonventionen der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2016. Umweltbundesamt.
- Poyda, A., Reinsch, T., Kluß, C., Loges, R., Taube, F. (2016): Greenhouse Gas Emissions from Fen Soils Used for Forage Production in Northern Germany. *Biogeosciences*, 13, 5221–5244. 10.5194/bg-13-5221-2016.
- Roßkopf, N., Fell, H. und Zeitz, J. (2015): Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. *CATENA* 133, 157–170.
- Schaller, L.L. (2014): Landwirtschaftliche Nutzung von Moorflächen in Deutschland – Sozioökonomische Aspekte einer klimaschonenden Bewirtschaftung. *Dissertation*, Technische Universität München. <http://mediatum.ub.tum.de/?id=1229919>

Kooperativer Moorschutz durch Landschaftspflegeverbände

Babiychuk, S.¹ und Raschke, I.²

¹ DVL-Landesbüro Moor und Klima Mecklenburg-Vorpommern
Torgelower Straße 14, 17192 Neu Schloen

² Deutscher Verband für Landschaftspflege
Promenade 9, 91522 Ansbach

s.babiychuk@lpv.de

Einleitung

Moorböden spielen eine wichtige Rolle beim Klimaschutz. Je nach Nutzung und Wasserstand können sie Speicher oder Quelle für Treibhausgase sein. Der DVL unterstützt Akteure vor Ort, diese wichtigen Ökosysteme in ihrer Region zu schützen und zu entwickeln. Moorschutz-Projekte sind komplex, weil eine Wiedervernässung der Böden vielfältige Auswirkungen hat und viele Personengruppen betrifft. Einem Projekt vorangehen muss daher ein Prozess, in dem alle Akteure ihre Anliegen gleichberechtigt einbringen können und sich freiwillig auf eine gemeinsame Vorgehensweise einigen. Wird der Wasserstand einer Fläche verändert, muss auch die Bewirtschaftung angepasst werden. Durch extensive Beweidung z.B. mit Wasserbüffeln oder Moorschnucken kann die Pflege von feuchten Standorten gewährleistet werden. Landschaftspflegeverbände arbeiten dazu mit ortsansässigen landwirtschaftlichen Betrieben zusammen. Für eine klimaschonende Bewirtschaftung ist es wichtig, dass die Flächen dazu sehr extensiv beweidet werden, also mit wenig Tieren pro Flächeneinheit, weshalb der Ertrag pro Flächeneinheit für den Viehhalter erheblich geringer ausfällt als bei einer normalen Viehhaltung. Daher muss diese Art der Flächenpflege mit Fördermitteln unterstützt werden (Metzner 2013).

Der Deutsche Verband für Landschaftspflege (DVL) ist der bundesweite Dachverband der Landschaftspflegeorganisationen. Der DVL setzt sich dafür ein, dass die Rahmenbedingungen für die Arbeit der Landschaftspflegeverbände stimmen, auf EU-, Bundes- und Landesebene. Er entwickelt gemeinsam mit den Landschaftspflegeverbänden wichtige Themen wie z.B. Schutz der Biodiversität, Moorschutz. Der DVL engagiert sich für die Ausgestaltung der Agrarpolitik im Sinne seiner Partner*innen in der Landwirtschaft. Landschaftspflegeverbände sind Instrumente zur Umsetzung von Naturschutz-Maßnahmen.

Sie sind Ansprechpartner und Serviceleister:

- für die Umsetzung von Natura 2000-Managementplänen sowie der Wasserrahmenrichtlinie,
- für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen und Ökokonten,
- für die Betreuung kleiner Fließgewässer oder für die Anlage und Pflege von Hecken,
- für die Renaturierung und Pflege von Moorstandorten,
- für die Erstellung von Pflegekonzepten und Erfolgskontrollen,
- für eine Stärkung von regionalen Wirtschaftskreisläufen durch Regionalinitiativen.

In den Landschaftspflegeverbänden arbeiten Landwirt*innen, Naturschützer*innen und Vertreter*innen der Kommunen freiwillig und gleichberechtigt zusammen. 165 Landschaftspflegeorganisationen sind Mitglied im Deutschen Verband für Landschaftspflege (Metzner *et al.* 2013).

Praxisbeispiele

Der Landschaftspflegeverband „Arbeitsgemeinschaft Schwäbisches Donaumoos“ (ARGE Donaumoos) arbeitet seit mehr als 25 Jahren erfolgreich an der Wiedervernässung und Pflege der Niedermoorgebiete im Schwäbischen Donaumoos, einer einmaligen Moor- und Auenlandschaft an der Donau östlich von Ulm. Die ARGE Donaumoos betreut z.B. 50 ha Ökokontoflächen der Stadt Leipheim im Umfeld des wiedervernässten Leipheimer Moos (Mäck und Ehrhardt 2012). Heute grasen Wasserbüffel auf einem ehemaligen Maisacker und Schottische Hochlandrinder auf Wollgras-Wiesen. Wichtig ist die Zusammenarbeit mit Landwirt*innen vor Ort.

Deshalb wurde das „Betriebsfördermodell Schwäbisches Donaumoos“ zur Förderung einer angepassten Bewirtschaftung von Moorböden entwickelt (ARGE Donaumoos 2016, www.arge-donaumoos.de).

Gemeinsam mit dem Familienbetrieb „Döberitzer Heide-Galloways“ pflegt der LPV Spandau Nasswiesen durch extensive Beweidung mit Galloways und Wasserbüffeln. Im Landschaftsschutz- und Natura 2000-Gebiet Tegeler Fließ sind seit Mai 2015 Wasserbüffel als „Landschaftspfleger“ für die Pflege der Nasswiesen im Einsatz. Wasserbüffel eignen sich hervorragend als natürliche Rasenmäher in dem wertvollen Schutzgebiet, da der Einsatz von schwerem technischem Gerät nicht möglich wäre und den Pflegeanforderungen nicht gerecht würde. Wasserbüffel „arbeiten“ hingegen boden- und pflanzenschonend (www.eler.brandenburg.de/sixcms/detail.php/714184).

Rund um das Stadtgebiet Berlin 1992 begann der Betrieb Döberitzer-Heide Galloways auf 50 ha Weideflächen mit 3 Galloway-Färsen. Heute hält der bioland-zertifizierte Familienbetrieb 52 Wasserbüffel, 155 Galloways und 29 Burenziegen für die Pflege von Feuchtwiesen, aber auch Trockenrasen und Gehölzstandorten. Dazu gehört auch die Beweidung von Seggen- und Schilfbeständen. Insgesamt werden 150 ha eigene Flächen beweidet und 100 ha Vertragsnaturschutzflächen gepflegt und das Gebiet vergrößert sich in und um das Stadtgebiet Berlins stetig weiter. Der Betrieb ist Mitglied im LPV Potsdam und LPV Spandau und arbeitet eng mit den Verbänden zusammen (www.doeberitzerheide-galloways.de).

Literatur

Arbeitsgemeinschaft Schwäbisches Donaumoos e.V. (ARGE Donaumoos) [Hrsg.] (2016): Geschäftsbericht 1990–2015. 25 Jahre ARGE Donaumoos. Leipheim-Riedheim.

Mäck, U. und Ehrhardt, H. [Hrsg.] (2012): Das Schwäbische Donaumoos – Niedermoore, Hang- und Auwälder. Schuber, Ulm.

Metzner, J. (2013): Landschaftspflegeverbände – Markenzeichen des kooperativen Naturschutzes in Deutschland. Strukturen, Arbeitsweise, Potenzial. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 45, 299–305.

Metzner, J., Keller, P., Kretschmar, C., Krettinger, B., Liebig, N., Mäck, U. und Orlich, I. (2013): Kooperativer Naturschutz in der Praxis – Umsetzungsbeispiele der Landschaftspflegeverbände und ihre Bewertung. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 45, 315–321.

Attraktive Grünlandnutzung mit Wildwiederkäuern in Paulinenaue

Behrendt, A., Fischer, A. und Kaiser, T.
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg
abehrendt@zalf.de

Einleitung

Die landwirtschaftliche Wildtierhaltung hat sich in Deutschland fest etabliert und weitet sich besonders im Osten immer noch aus. Die traditionellen Grünlandgebiete Nordostdeutschlands bieten noch viel Raum für Gehegehaltungen. Landwirtschaftliche Wildhaltung wird in der Regel als extensive Grünlandnutzung anerkannt, eine Nutzungsform die zum Beispiel über KULAP gefördert wird. Zudem kommen Wildhalter, die zuvor keine Fördergelder für ihre Tiere und Flächen bekamen, jetzt durch die GAP Reform-Entkopplungen in den Genuss von Grünlandflächenprämien, die in gleicher Höhe wie die Ackerflächenprämien ausbezahlt werden. Auch eine Ökoumstellung ist in reinen Grünlandbetrieben mit Wildhaltung relativ einfach und einträglich. Bei dem hohen Flächenanteil des Grünlandes in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern und dem rückläufigen Tierbesatz kommt der alternativen Weidenutzung bzw. Landschaftspflege eine besondere Rolle zu. Hier gilt auch das Bestreben, mit wenigen Tieren einen möglichst hohen Pflegeeffekt zu erreichen. Die bisherige Lehrmeinung lehnte Moorstandorte für die Wildtier-Gehegehaltung ab. Inwiefern Niederungsstandorte für die Wildhaltung geeignet sind und welche Aspekte unter den besonderen Standortbedingungen zu beachten sind, wird in Paulinenaue untersucht. Dabei wurden die Wirkung der Wildtiere im Hinblick auf die Wildkräuter und die Bodenverdichtung sowie die Beliebtheit (Präferenz) von Futtergräsern geprüft.

Material und Methoden

Das überregionale ZALF-Forschungs- und Demonstrationsgehege für landwirtschaftliche Wildhaltung befindet sich im Havelländischen Luch, ca. 4 km nördlich der Ortslage Paulinenaue (Brandenburg) auf einer etwa 30 ha großen Niedermoorgrünlandfläche. Die Moorflächen sind als mitteltiefes Verlandungs-/Versumpfungsmoor anzusprechen, deren Torfe hauptsächlich aus Schilf, Seggen- und Bruchwaldvegetation aufgebaut sind. Unter dem Moorkörper lagert ein sehr wasserzugi-ger fein- bis mittelkörniger Sand.

Die Fläche weist ein recht deutliches Relief auf, welches durch nacheiszeitliche Abflussrinnen und Flugsanddünen geprägt wurde und typisch für den nordostdeutschen Raum ist. Neben tiefgründigen Arealen, mit Moormächtigkeiten von mehreren Metern, kommen auch auf 30 % der Fläche Sanddurchragungen (Flugsanddünen) vor, dazwischen gibt es anmoorige Übergangsbereiche, was ideale Rückzugsgebiete für die Tiere in besonders nassen Zeiten sind.

Das Klima ist kontinental geprägt. Im langjährigen Mittel gab es in der Paulinenauer Wetterstation 546 mm Jahresniederschlag, und die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur betrug 8,9 °C (langjähriges Mittel von 1951 bis 2014). In extremen Trockenjahren werden keine 400 mm erreicht (1997: 381 mm und 2003: 344 mm), während in sehr feuchten Jahren über 600 mm Niederschlag fallen. Im Jahr 2007 waren es sogar fast 1000 mm, wovon allein von Mai bis Ende Juli 534 mm Regen fielen.

Die Wildtiere wurden mit variiertem Besatzdichte auf den Gehegeflächen gehalten. Neben der üblichen Dauergrasnarbe aus Wiesenschwingel, Rohrglanzgras, Wiesenlieschgras, Rohrschwingel, Weidelgräsern, Rispenarten, Trespen, Wolligem Honiggras, Weißklee und verschiedenen Wildkräutern wurde den Tieren auch eine Sukzessionsfläche angeboten. Die Bodenverdichtung wurde mittels Kegeleindringwiderstandsmessungen untersucht. Die Präferenz der wichtigsten Futtergräser und Weißklee wurde in Parzellenbeweidungsversuchen getestet.

Ergebnisse

Es konnte beobachtet werden, dass selbst bei geringen Besatzdichten ($< 0,5$ GV/ha) noch ein erstaunlicher Pflegeeffekt zu verzeichnen war. Dies gilt sowohl für die Dauergrünlandnarbe als auch für die Sukzessionsfläche.

Hier wurden vom Damwild (DW) schon mit 5 Damtieren/ha fast 100 % aller Blüten- und Samenstände, selbst von Großer Brennnessel und verschiedenen Distelarten, abgeäst (Konzentratselktion). Somit wird zumindest die generative Vermehrung unerwünschter Arten wirkungsvoll eingeschränkt (Abbildung 1).



Abbildung 1: Abgeäste Distelblütenstände

Mit höheren Tierbesatzdichten verstärkt sich dieser Effekt. Selbst Krauser Ampfer, der auf vielen Grünlandflächen, insbesondere Rinderweiden, als Problemart gilt, lässt sich mit einem geschickten DW-Weidemanagement (zeitweise und wiederholt eine hohe Besatzdichte auf verunkrauteten Flächen) wirkungsvoll bekämpfen. In unseren Versuchen haben wir die verampfernten Flächen mehrmals im Jahr sehr kurz abweiden lassen, worauf die Ampferpflanzen jetzt fast vollständig verschwunden sind und eine sehr vitale, dichte Grasnarbe entstand.

Für jedes Gehege muss die Besatzdichte der jeweiligen Futterwüchsigkeit angepasst werden, weil sonst die Gefahr abnehmender Einzeltierleistungen besteht (geringere Schlachtgewichte). Auch die Paulinenaue Spießer wogen im Durchschnitt in den ersten Versuchsjahren, in denen weniger als 0,5 GV auf einem Hektar standen, einige Kilo mehr als in den letzten Jahren, in denen wir mitunter auch mit mehr als einer GV/ha beweidet haben. Dabei herrschte nie Futterknappheit, auch in extrem trockenen Sommern wie 2003 nicht. In jenem Jahr fielen in Paulinenaue nicht einmal 350 mm Jahresniederschlag, aber der hohe Grundwasserstand sorgte immer für saftig grüne Weidebestände.

Die hohe Aktivität der Damtiere in Kombination mit ihrem sehr festen Tritt kommt auch der moorschonenden Bodenverdichtung zugute (Abbildung 2).

Kegeleindringwiderstände (KEW) 1999, 2005 und 2015

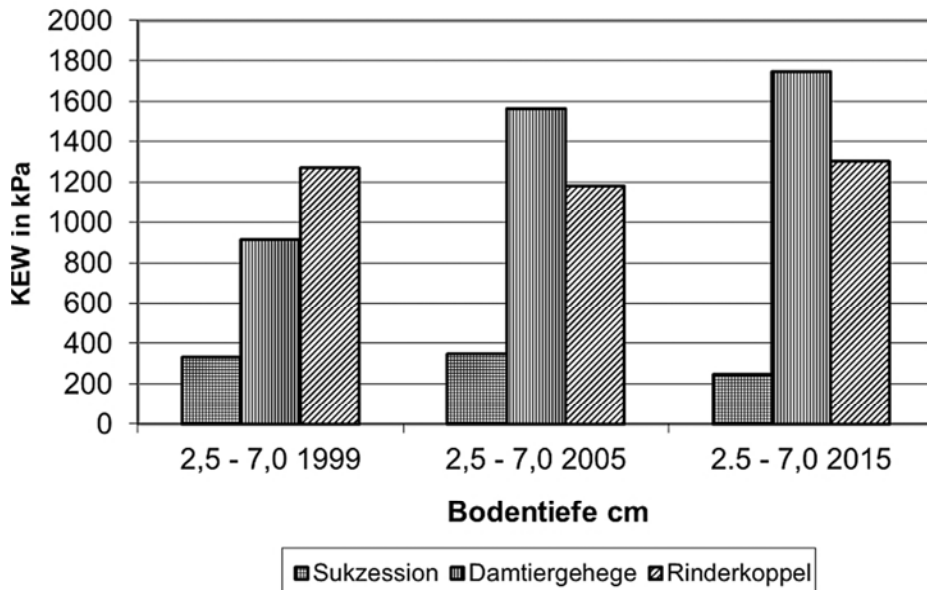


Abbildung 2: Messergebnisse zur Bodenverdichtung

Durch Verdichtung der Moorböden wird bekanntlich die mikrobielle Zersetzung der organischen Bodensubstanz vermindert. Das lässt eine längere Lebensdauer des Moorbodens erwarten und vermindert dessen Beitrag zum Treibhauseffekt. Vergleichende Untersuchungen zwischen Sukzession, Rinder- und Damtierweiden mittels Kegeleindringwiderstandsmessungen belegen die Verdichtungswirkung.

In den Parzellenbeweidungsversuchen auf Niedermoor und Sandhumusgley ergab sich im Mittel über alle Parzellen und Bodenformen folgendes Bild:

Mit Abstand höchster Beliebtheit erfreute sich der Weißklee. Er wurde in allen Beweidungen jeweils am ersten Tag vollständig abgeäst.

Von den getesteten Gräsern wurden Wiesenschweidel, Weißstraußgras und Wiesenfuchsschwanz am stärksten verbissen, dicht gefolgt von Wiesenschwingel und Rohrschwingel. Im Mittelfeld der Präferenz des Damwildes lagen die Wiesenrispe und der Rotschwingel etwa gleichauf, nur wenig hinter dem Wiesenlieschgras. Völlig unerwartet landete das Deutsche Weidelgras als Schlusslicht in der Beliebtheitsskala. In den ersten Aufwüchsen wurde es noch recht gut abgeäst, so dass sich das Deutsche Weidelgras noch in der ersten Hälfte des Mittelfeldes befand. In den Folgeaufwüchsen neigte es im Vergleich zu den anderen Arten zu verstärkter Halmbildung und wurde wahrscheinlich deshalb weniger verbissen als andere Gräser. Aus der Futterqualitätsanalyse konnte jedoch nicht abgeleitet werden, warum das Deutsche Weidelgras so schlecht beim Damwild abschnitt, es lag nach den Laborergebnissen immer an vorderer Position.



Abbildung 3: Nahrungskonkurrenz an bevorzugten Arten

Schlussfolgerungen

Das Damwild scheint sich für die Pflege des Grünlandes besonders gut zu eignen. Die Tiere zeigen eine sehr hohe Aktivität auf der Fläche, und es gibt kaum Areale, die gemieden werden. Das hat den Vorteil, dass ein relativ gleichmäßiges Abweiden des Bestandes gewährleistet ist.

Entscheidend ist die tierische Leistung pro Flächeneinheit, die nachhaltig erreichbar ist. Eine von Praktikern und Genehmigungsbehörden immer wieder gestellte Frage lautet: "Wie viele Tiere kann ich auf einem Hektar halten?" Es gibt zahlreiche GV-Schlüssel, die zur Orientierung für die Flächenbereitstellung herangezogen werden können. In den verschiedenen Leitlinien werden für eine Besatzstärke von 1 GV/ha meist 10 DW-Tiere/ha angegeben. Für unsere Versuche waren diese Empfehlungen nur bedingt geeignet. Wir mussten feststellen, dass der Futterbedarf von 10 Damtieren größer ist, als von einer 500 kg Kuh. Hier besteht somit noch Forschungsbedarf.

Daher ist gegenwärtig jeder Gehegehalter darauf angewiesen, den Tierbestand der Futterwüchsigkeit seiner Fläche durch eigene Beobachtungen und Ertragsbestimmungen anzupassen. Die Tiere müssen das ganze Jahr von der Gehegefläche ernährt werden können, einschließlich Winterfutter (Heu oder Grassilage). Danach ist der Tierbestand und Flächenzuteilung auszurichten. Selbst hohe Bodenwertzahlen nutzen wenig, wenn regelmäßig im Sommer die Grasnarbe austrocknet und von außerhalb Futter in die Gehege gefahren werden muss. Dann wird Gehegehaltung schnell unrentabel, und auf Dauer droht eine Eutrophierung von Boden und Wasser.

Bodenschonende Effekte durch den festen Tritt der Damtiere und ihr relativ gleichmäßiges Belaufen der Flächen werden deutlich. Futterpräferenzen zeigen, dass die guten, traditionellen Futtergräser Kühe nicht die Favoriten beim Damwild sein müssen, was die Bedeutung von speziellen Wildweidemischungen unterstreicht.

WETSCAPES: Stoffumsetzungsprozesse an Moor- und Küstenstandorten als Grundlage für Landnutzung, Klimawirkung und Gewässerschutz

Berendt, J., Schmacka, F. und Wrage-Mönnig, N.
Universität Rostock, Grünland und Futterbauwissenschaften
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät,
Justus-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock
nicole.wrage-moennig@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Moor- und Küstenstandorte sind mit 13 % der Fläche ein prägendes Element der Landschaften und der Landnutzung in Mecklenburg-Vorpommern (MV). Die Entwässerung, die zum Zweck der agrarischen Nutzung bislang meist erfolgte, bedingt erhebliche Treibhausgasemissionen und führt zu Sackung, Degradation und Auswaschung von (an-)organischen Verbindungen. 90 % der Moore in MV sind entwässert und diese produzieren alleine 36 % der Gesamttreibhausgasemissionen in MV (MLUV MV 2009). Da es sich bei Mooren in MV hauptsächlich um Küsten- und Durchströmungsmoore handelt, sind Nährstoffausträge in die Ostsee auch von weit im Landesinneren liegenden Mooren möglich.

Wiedervernässung kann zu einer Stärkung der Klima- und Gewässerschutzfunktion führen. In Form von Paludikultur lassen sich solche Standorte auch wirtschaftlich nutzen. Hierbei entsteht jedoch ein neues, noch nicht gut verstandenes Ökosystem. Ziel von dem Projekt WETSCAPES ist es, dieses Ökosystem besser zu verstehen, um Strategien für eine nachhaltige Nutzung entwickeln zu können. Hierzu werden die Biomasse- und Torfproduktion, der Stofftransport durch den Torfkörper sowie die (mikrobiellen) Treibhausgasemissionen untersucht und Indikatoren für Ökosystemleistungen abgeleitet. Mittels Fernerkundung werden die Daten auf Landschaftsebene übertragen.

Material und Methoden

In diesem Verbundprojekt zwischen der Universität Rostock und der Universität Greifswald, das im Rahmen der Exzellenzinitiative Mecklenburg-Vorpommern mit Geldern des Europäischen Sozialfonds finanziert wird, werden in Zusammenarbeit mit dem Greifswald Moor Centrum und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Neustrelitz sechs zentrale Untersuchungsstandorte intensiv beprobt. Hierbei handelt es sich um jeweils eine entwässerte und eine wiedervernässte Variante eines Küstenüberflutungsmoores (Karrenderfer Wiesen), eines Erlenbruchs (Bauernmoor bei Wöpkendorf) und eines Durchströmungsmoores (Trebeltal, Abbildung 1).

Zusätzlich werden von einzelnen Verbundpartnern weitere Flächen im Sinne einer Chronosequenz untersucht. In kontrollierten Mesokosmen wird detaillierte Prozessforschung zur Rolle der dominanten Pflanzenarten durchgeführt.

WETSCAPES stellt die Torfbildung bzw. -zehrung und die bestimmenden Prozesse in den Mittelpunkt der Forschung. Bei der Torfbildung spielen die wechselseitigen Einflüsse und Rückkopplungen zwischen Organismen (Pflanzen, Mikroben), Torf (Zusammensetzung, Porosität), Wasser (Dynamik, Qualität) und Atmosphäre (Treibhausgas-Austausch) eine bedeutende Rolle (Abbildung 2). Durch eine Änderung des Wasserstands ändern sich die hydraulischen Eigenschaften der Torfe sowie die Sauerstoffverfügbarkeit und damit das Redoxpotenzial und die Nährstoffverfügbarkeit. Diese beeinflussen folglich das Pflanzenwachstum, sodass der Torf anders durchwurzelt wird und sich schließlich andere Torfe ablagern, die veränderte hydraulische Eigenschaften und Nährstoffverfügbarkeiten aufweisen.

Der Gasaustausch mit der Atmosphäre (CO_2 -Aufnahme durch die Pflanzen als Grundlage der Primärproduktion, Austausch von CO_2 , CH_4 und N_2O), sowie der laterale Wasserfluss und die einhergehende Stoffverlagerung sind weitere zentrale Elemente der ökosystemaren Steuerung.

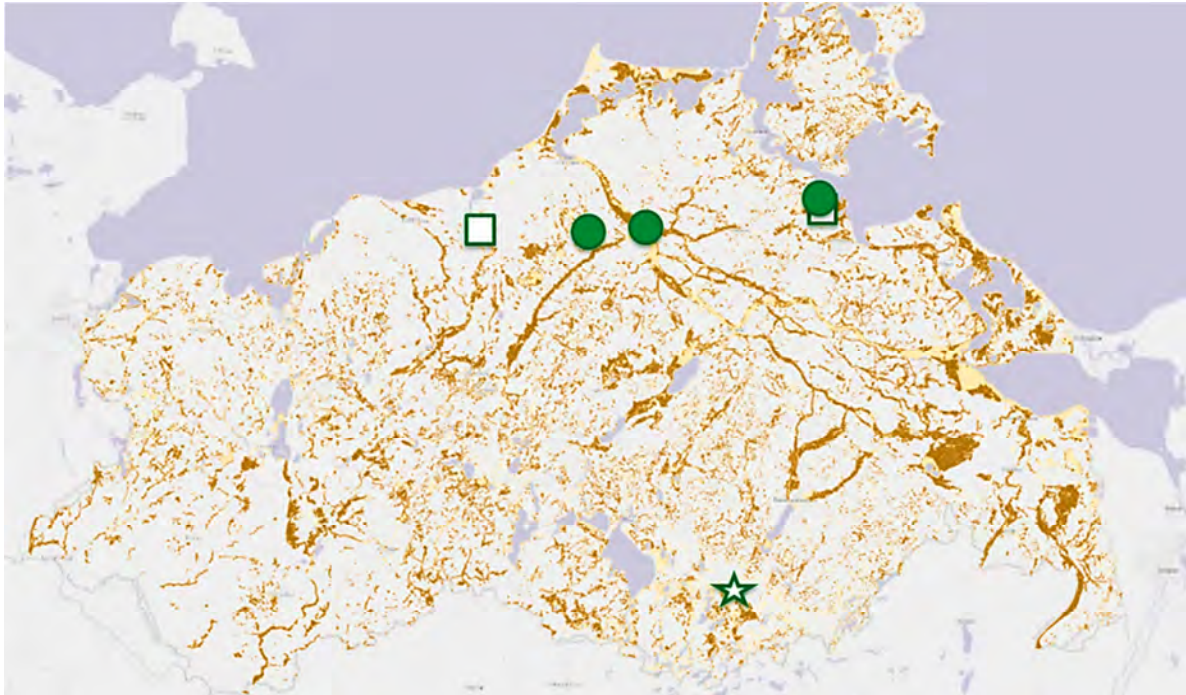


Abbildung 1: Lage der gemeinsamen Untersuchungsstandorte (Punkte; von West nach Ost: Erlenbruch, Durchströmungsmoor, Küstenüberflutungsmoor. Die Quadrate zeigen die Standorte der Projektpartner an den Universitäten Rostock (im Westen) und Greifswald, der Stern den Standort des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt in Neustrelitz. In verschiedenen Brauntönen werden Moorflächen in Mecklenburg-Vorpommern gezeigt, abgeleitet aus der BÜK 200 und den darin kartierten organischen Böden)

Hieraus ergeben sich die vier in Abbildung 2 rechts dargestellten Forschungsschwerpunkte, die jeweils kompartimentübergreifend angelegt sind. Nur so kann ein umfassendes Prozess- und Systemverständnis wiedervernässter Feuchtstandorte erarbeitet werden. Hinzu kommt die Integration der Daten und die Übertragung auf größere Gebiete mit Hilfe von Indikatoren (z.B. Couwenberg *et al.* 2011) und fernerkundlichen Methoden (Abbildung 2, Pfeile nach außen).

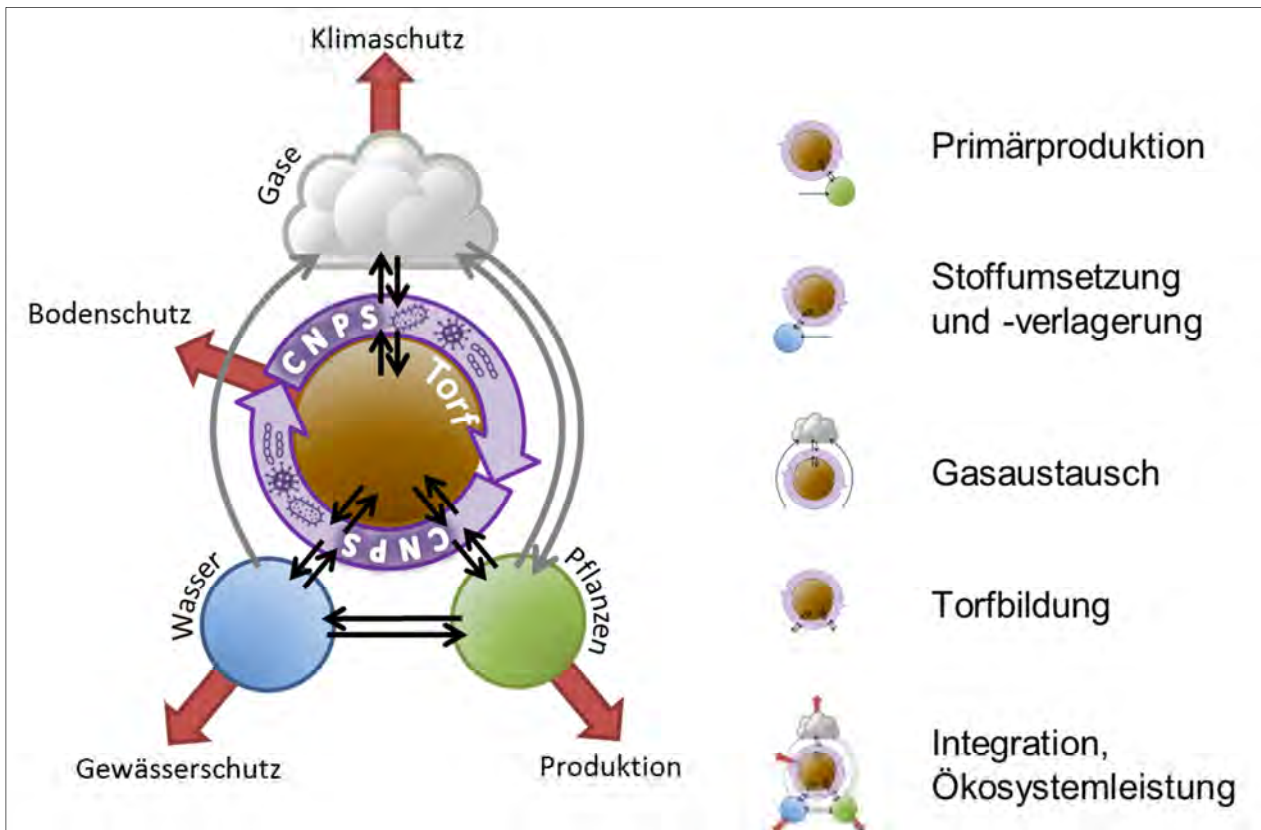


Abbildung 2: Die (mikrobiell gesteuerten) C, N, P und S Stoffkreisläufe werden im System aus Torf, Pflanzen und Wasser untersucht. Der einhergehende Gasaustausch mit der Atmosphäre sowie der Stoffaustrag über lateralen Wasserfluss werden ebenfalls betrachtet

Die Professur Grünland und Futterbauwissenschaften ist neben der Koordination des Verbundprojektes für das Arbeitspaket Stickstoffaustausch zuständig.

Die folgenden Ziele sollen hier erreicht werden:

1. Untersuchung der Mineralisation von Torf zu mineralischem Stickstoff und Stickstoffgasen (N_2O und N_2) zum besseren Verständnis von Torfzehrungsprozessen.
2. Quantifizierung der N_2O -Emission von Niedermoorstandorten in Abhängigkeit von Vernässung und Standort: Dieses Teilprojekt wird gemeinsam mit dem Arbeitspaket C-Umsatz und -Austausch eine Gesamttreibhausgasbilanzierung über drei volle Jahre erlauben.
3. Unterscheidung der mikrobiellen Produktionswege von N_2O mit Hilfe neuer isotopischer Methoden (Kool *et al.* 2011). Die Kenntnis der Quellen erlaubt bessere Hinweise auf Mitigation und ist ein Schritt von einem korrelativen zu einem prozessbasierten Verständnis der N_2O -Emissionen.
4. Quantifizierung der Senkenfunktion wiedervernässter Moore für N_2O : Dass Moore als Senken für N_2O auftreten können, ist bekannt. Allerdings fehlt eine systematische Untersuchung des Ausmaßes der Senkenfunktion und der Steuerungsfaktoren.

Ausblick

Das Projekt hat zum 1.1.2017 begonnen und wird über vier Jahre mit insgesamt knapp 5 Millionen Euro gefördert. Hiervon werden insgesamt 55 Personen an neun beteiligten Professuren eingestellt werden können, von Masterstudierenden bis zu einem Nachwuchsgruppenleiter. Die Feldstandorte sind weitgehend eingerichtet und erste Messungen wurden gestartet. Erste Ergebnisse werden auf der nächsten AGGF-Tagung vorgestellt werden können.

Danksagung

Das Projekt WETSCAPES wird vom Europäischen Sozialfond (ESF) und dem Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Mecklenburg-Vorpommern im Rahmen der Landesexzellenzinitiative gefördert.

Literatur

Couwenberg, J., Thiele, A., Tanneberger, F., Augustin, J., Bärish, S., Dubovik, D., Liashchynskaya, N., Michaelis, D., Minke, M., Skuratovich, A. und Joosten, H. (2011): Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia* 674, 67–89.

Kool, D.M., Van Groenigen, J.W. und Wrage, N. (2011): Source determination of nitrous oxide based on nitrogen and oxygen isotope tracing: dealing with oxygen exchange. *Methods in Enzymology* 496, 139–160.

MLUV MV (2009): Konzept zum Schutz und Nutzung der Moore. Fortschreibung des Konzeptes zur Bestandsicherung und Entwicklung der Moore.

On-Farm Projekt zur Optimierung der Nährstoffeffizienz von Grünland in Schleswig-Holstein

Bockwoldt, M.H.¹ und Wiermann, C.²

¹ Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Grüner Kamp 15–17, 24768 Rendsburg

² Fachhochschule Kiel, Fachbereich Agrarwirtschaft, Grüner Kamp 11, 24783 Osterrönfeld
mbockwoldt@lksh.de

Einleitung und Problemstellung

Vor dem Hintergrund der Anforderungen der aktuellen Düngeverordnung sowie den Zielen des Klima- und Gewässerschutzes sind die Ansprüche an das Nährstoffmanagement der Milchvieh-Futterbaubetriebe gestiegen. Insbesondere in der Grünlandbewirtschaftung werden ungenutzte Reserven im Hinblick auf eine verbesserte Nährstoffausnutzung vermutet. Gemeinsam mit landwirtschaftlichen Betriebsleitern, Beratern und Wissenschaftlern wurde deshalb ein praxisbezogenes Forschungsprojekt im Rahmen der europäischen Innovationspartnerschaft (EIP) zur Bearbeitung folgender Themenfelder begonnen:

- Anpassung des Modells „Grünlandtemperatursumme“ (Ernst und Loeper 1976) an schleswig-holsteinische Verhältnisse
- Nährstoffbilanzierung auf Betriebs- und Flächenebene auf Grundlage tatsächlich ermittelter Erträge
- Optimaler Düngezeitpunkt verschiedener organischer Düngemittel im Frühjahr

Material und Methoden

Die Untersuchungen zu den ersten beiden Themenfeldern wurden auf sechs Milchviehbetrieben in Schleswig-Holstein durchgeführt. Auf jedem der Projektbetriebe wurden zwei Praxisflächen für die Bearbeitung der Fragestellungen als Referenzfläche festgelegt. Die Standorteigenschaften dieser Flächen sind in Tabelle 1 dargestellt. Durch die Lage der Betriebe werden alle schleswig-holsteinischen Naturräume (Marsch, Geest und Östliches Hügelland) sowie die typischen Grünlandregionen wie die Eider-Treene-Sorge-Niederung oder die Wilstermarsch repräsentiert.

Tabelle 1: Übersicht über die Untersuchungsstandorte und Referenzflächen

Betrieb	A		B		C		D		E		F	
Naturraum	Schleswigsche Vorgeest		Bredstedt-Husumer Geest		Bredstedt-Husumer Geest		Eider-Treene-Sorge-Niederung		Ost-holsteinisches Seen- und Hügelland		Wilstermarsch	
Fläche	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Bodentyp	Gley-Podsol	Gley-Podsol	Anmoorgley	Anmoorgley	Braunerde	Braunerde	Hochmoor	Niedermoor	Pseudogley-Parabraunerde	Pseudogley-Parabraunerde	Dwogmarsch	Kleimarsch
Bodenart	uSh	IS	Sh	Sh	ISh	ISh	mo	mo	IS	sL	uL	uL
Ertragsanteil Deutsches Weidelgras [%]	60	70	80	90	45	90	40	30	80	70	35	60
Brutto-N-Jahres-Düngung [kg N/ha]	370	370	192	192	316	405	286	286	445	445	496	468

Grünlandtemperatursumme

Um die korrigierte Temperatursumme als Maß für den Vegetationsbeginn in verschiedenen Regionen in Schleswig-Holstein und somit als Richtwert für den optimalen ersten Düngezeitpunkt im Frühjahr nutzen zu können, wurden auf jedem der Projektbetriebe Temperaturstationen installiert.

Die Lufttemperatur wurde in 2 m Höhe im Stundentakt gemessen, um daraus die Tagesmittelwerte für die Berechnung der korrigierten Temperatursumme zu ermitteln. In Anlehnung an die von Ernst und Loeper (1976) in Niedersachsen durchgeführten Untersuchungen wurden auf jeder Untersuchungsfläche 5 Messstäbe (10 Messstäbe pro Betrieb) mit Millimeterskala fest im Boden verankert. Durch Auflegen einer Lochplatte aus Styropor (Durchmesser 50 cm, Dicke 5 cm) konnte die Graslänge in regelmäßigen Abständen abgelesen werden. Das Messareal wurde im Frühjahr bis zum Abschluss der Messung nicht gedüngt. Bei einem Zuwachs von 3 mm an allen Messstellen eines Standortes wurde der Zeitpunkt des nachhaltigen Vegetationsbeginns angenommen und die korrigierte Temperatursumme für diesen Zeitpunkt ermittelt.

Nährstoffbilanzsalden

Um das Nährstoffmanagement der Projektbetriebe abzubilden und Ansatzpunkte zur Optimierung aufzuzeigen, wurden mit verschiedenen Bilanzierungsansätzen die Bruttostickstoffsalden (ohne Abzug der unvermeidbaren N-Verluste) berechnet. Für die Versuchsflächen wurden jeweils auf Einzelschlagebene Stickstoff (N)-salden berechnet. Dafür wurden die zugeführten Brutto-N-Mengen aus mineralischer und organischer Düngung dem N-Entzug durch die Ernteprodukte gegenüber gestellt. Zur Ermittlung des N-Entzugs wurden die tatsächlichen Erträge jeder Nutzung über mobile Achslastwaagen, Fuhrwerkswaagen oder stationäre, dynamische Fuhrwerkswaagen erfasst und jeweils der Rohproteingehalt der Aufwüchse bestimmt. Auf gesamtbetrieblicher Ebene wurden Feld-Stall- und Hoftor-Bilanzen berechnet.

Tabelle 2: Übersicht über die Versuchsvarianten

Variante	Beschreibung	Düngezeitpunkt 2017
1	Kontrolle	–
2	Gülle früh	01.02.
3	Gülle mittel	07.03.
4	Gülle spät	28.03.
5	Gärrest früh	01.02.
6	Gärrest mittel	07.03.
7	Gärrest spät	28.03.
8	Separierte Gülle früh	01.02.
9	Separierte Gülle mittel	07.03.
10	Separierte Gülle spät	28.03.
11	Mineralisch Stufe 1 (80 kg N/ha)	31.03.
12	Mineralisch Stufe 2 (100 kg N/ha)	31.03.
13	Mineralisch Stufe 3 (120 kg N/ha)	31.03.

Düngungsversuch

Aufbauend auf die Untersuchungen zur Grünlandtemperatursumme in Schleswig-Holstein wurde im September 2016 ein Feldversuch, zur Ermittlung des optimalen Einsatzzeitpunktes verschiedener organischer Düngemittel im Frühjahr, angelegt. Dieser befindet sich auf den Versuchsflächen der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein in Schuby (Bodenart: humoser Sand, Bodentyp: Podsol). Der Versuch umfasst 13 Varianten in vierfacher Wiederholung. Diese sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Parzellen wurden randomisiert, im Plot-in-Plot-Design in sechs Blöcken angelegt. Als Mischung wurde die Ackergrasmischung A5 spät verwendet. Als organische Düngemittel kamen Rindergülle, Gärrest oder die flüssige Phase separierter Rindergülle zum Einsatz. Die Ausbringung erfolgte bodennah im Schleppschauchverfahren. Die organischen Düngemittel wurden zu einem gemeinsamen frühen, mittleren, sowie späten Düngezeitpunkt ausgebracht. Angestrebt wurden hierfür der 1. Februar, der 22. Februar sowie der 15. März. Die Ausbringungstermine wurden entsprechend der Befahrbarkeit und Witterung angepasst.

Die Düngung der mineralischen Vergleichsvarianten sowie die mineralische Ergänzung der organisch gedüngten Parzellen wurden zeitnah nach dem späten organischen Düngungstermin durchgeführt. Die Menge der ausgebrachten organischen Düngemittel richtete sich nach dem N-Gehalt, so dass mit jedem organischen Düngemittel die gleiche N-Menge gedüngt wurde.

Für die Auswertung wurden die Grünlandtemperatursumme zum jeweiligen Düngezeitpunkt, Ertrags- und Qualitätsparameter erfasst sowie der Vegetationsbeginn im oben beschriebenen Verfahren für alle Varianten ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Grünlandtemperatursumme in Schleswig-Holstein aus den Jahren 2016 und 2017 sind in Abbildung 1 dargestellt. In beiden Jahren beginnt das nachhaltige Gräserwachstum zuerst auf dem Betrieb E im östlichen Hügelland. Im Jahr 2016 liegt der Vegetationsbeginn zwischen dem 04.04. und dem 19.04. und im Jahr 2017 zwischen dem 04.03. und dem 27.03. Die korrigierte Temperatursumme zum Vegetationsbeginn liegt 2016 zwischen 283 und 403 °C. Damit liegt die Grünlandtemperatursumme zum Vegetationsbeginn 2017, mit Werten zwischen 146 und 237 °C deutlich niedriger und dichter an den von Ernst und Loeper (1976) ermittelten Werten. Die hohen Werte des Jahres 2016 lassen sich durch den sehr späten Vegetationsbeginn an allen Standorten begründen. Dieser ist auf die hohen Niederschläge in dem betreffenden Frühjahr zurückzuführen. An der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Ostfeld bei Rendsburg wurden im Februar 2016 Niederschläge von insgesamt 95,7 mm gemessen. Das langjährige Mittel liegt an dieser Station für den Februar bei nur 56 mm (DWD 2017). Wenn nach längerer Laufzeit dieser Untersuchung eine erneute Auswertung erfolgt, ist zu vermuten, dass das Jahr 2016 als Extremjahr zu beurteilen ist. Beide Jahresergebnisse zeigen jedoch Unterschiede zwischen den Untersuchungsstandorten: dies betrifft sowohl den Zeitpunkt des Vegetationsbeginns als auch die dann vorherrschende Grünlandtemperatursumme. In Abbildung 2 ist der Verlauf der Temperatursumme auf den Projektbetrieben sowie im Schnitt der Betriebe für das Frühjahr 2016 und 2017 dargestellt. Sowohl im Jahr 2016 als auch 2017 zeigen sich im Verlauf keine deutlichen Unterschiede zwischen den Untersuchungsstandorten. Somit lässt sich ableiten, dass der Standort maßgeblich für den Vegetationsbeginn ist.

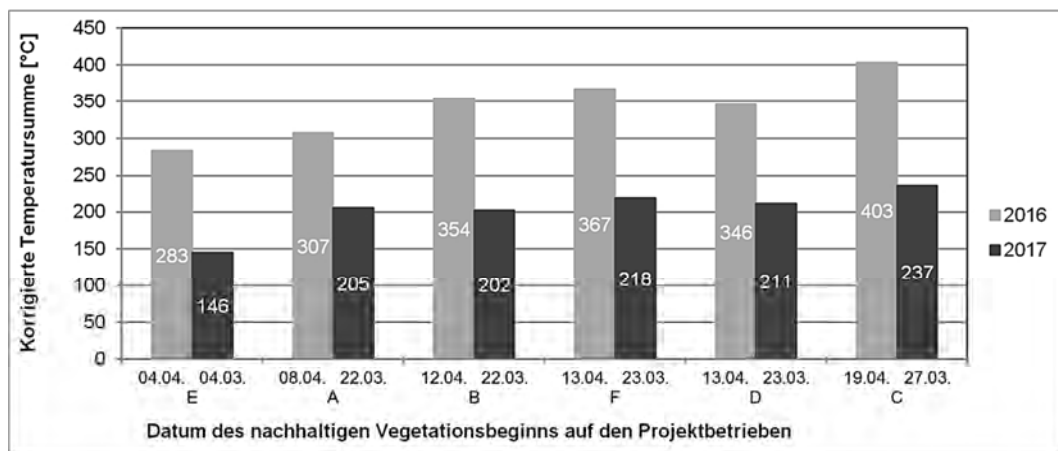


Abbildung 1: Vegetationsbeginn und korrigierte Grünlandtemperatursumme auf den Projektbetrieben im Frühjahr 2016 und 2017

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Nährstoffbilanzierung zusammengefasst. Besonders bei den Betrieben D, E und F sind die Einzelschlagbilanzen auf einem hohen Niveau. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass gerade bei diesen Betrieben in der Düngeplanung und Durchführung noch erhebliche Reserven zur Nährstoffoptimierung vorhanden sind.

Insgesamt liegen die gesamtbetrieblichen Brutto-N-Bilanzsalden auf einem Niveau von etwa + 100 bis + 200 kg N/ha und machen noch einmal deutlich, dass erheblicher Handlungsbedarf im Hinblick auf die Einhaltung der aktuellen und zukünftigen Vorgaben besteht. Für den Düngeversuch liegen zum jetzigen Zeitpunkt noch keine endgültigen Ertrags- und Qualitätsergebnisse vor.

Optische Beurteilungen weisen jedoch darauf hin, dass bei den spät mit Gülle und Gärrest gedüngten Varianten höhere Erträge zu erwarten sind als bei den früh gedüngten Parzellen.

Bei der separierten Gülle liegt der Aufwuchs der mittleren und spät gedüngten Varianten etwa auf gleichem Niveau und ebenfalls vor der frühen Variante.

Diese Beobachtung lässt vermuten, dass der frühe Düngungstermin zu weit vor dem Wachstumsbeginn lag und so ein Teil der Nährstoffe nicht genutzt werden konnte. Der Vegetationsbeginn lag bei den Varianten der frühen Gülledüngung am 13.03.2017 und bei den restlichen Varianten am 22.03.2017 und somit in beiden Fällen zeitlich deutlich vor dem frühen Düngetermin.

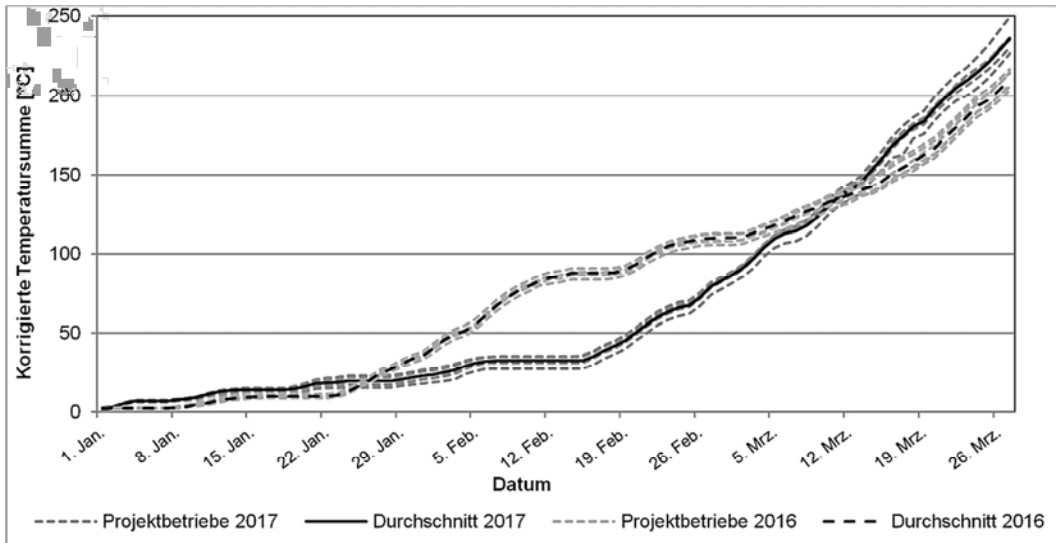


Abbildung 2: Verlauf der Temperatursumme an den Untersuchungsstandorten 2016 und 2017

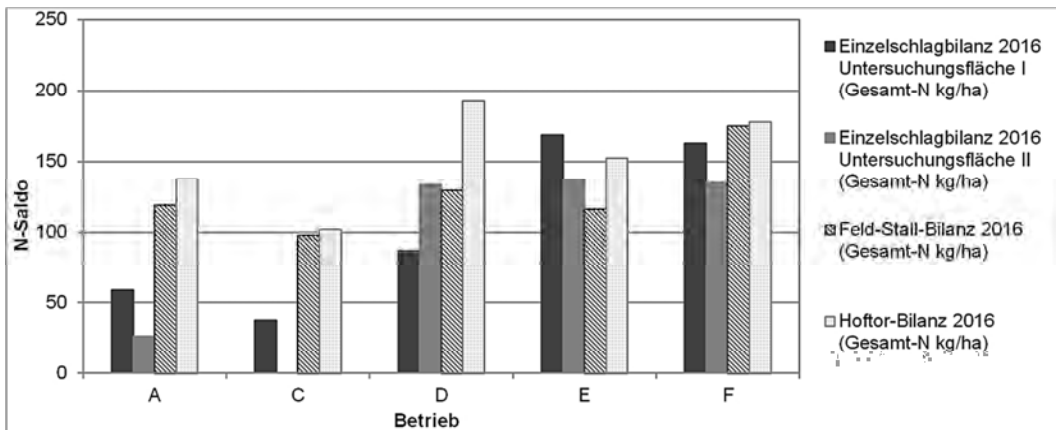


Abbildung 3: Feld-Stall-, Hoftor- und N-Einzelschlagbilanzen der Projektbetriebe

Schlussfolgerungen

Um die Grünlandtemperatursumme auch in Schleswig-Holstein als Anhaltspunkt für den Vegetationsbeginn verwenden zu können, muss der von Ernst und Loeper (1976) vorgeschlagene Richtwert je nach Region und Standorteigenschaft angepasst werden. Diese Anpassung wird nach weiteren Untersuchungen im Projekt möglich sein.

Die Nährstoffbilanzierungen zeigen auf Einzelschlagebene, dass fehlende Kenntnisse über tatsächliche Grünlanderträge zu einer oft nicht bedarfsgerechten Düngung führen. Auch auf gesamtbetrieblicher Ebene gibt es deutlichen Optimierungsbedarf.

Der vorgestellte Exaktversuch soll, vor dem Hintergrund, dass die über die Düngung zugeführten Nährstoffe den Pflanzen für einen effizienten Umsatz zum Wachstumsbeginn zur Verfügung stehen sollen, über mehrere Jahre eine Beziehung zwischen dem Vegetationsbeginn und dem daraus abgeleiteten optimalen Einsatzzeitpunkt verschiedener organischer Düngemittel herstellen.

Literatur

- Ernst, P. und Loeper, E.-G. (1976): Temperaturentwicklung und Vegetationsbeginn auf dem Grünland. Das Wirtschaftseigene Futter 22: 5–11.
 Deutscher Wetterdienst (DWD) (2017): Anwendung WESTE-XL.

Die Aktivitäts- und Laufleistung von Mutterkühen in drei Winterphasen auf einem Niedermoorstandort

Fischer, A.¹, Pickert, J.¹ und Kranepuhl, M.²

¹ Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.

Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg

² Humboldt-Universität zu Berlin

Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften

Invalidenstraße 42, 10115 Berlin

afischer@zalf.de

Einleitung

Tierbeobachtungen im Freiland zur Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen sind zeit-
aufwändig und zudem schwer in der Nacht oder in großräumigen Arealen realisierbar. Die Nutzung
von Telemetriesystemen kann daher einen wichtigen Beitrag zur Erhebung von ethologischen Da-
ten leisten. Diese Informationen können Grundlage zur Erhöhung des Tierwohls oder zur optima-
len Gestaltung des Weidemanagements liefern.

In der vorliegenden Arbeit werden Verhaltensparameter von adulten weiblichen Rindern der Rasse
Uckermärker mittels Telemetriesystems ausgewertet. Die ermittelten Positions- und Aktivitätsdaten
sollen Aufschluss über das Aktivitätsverhalten der Tiere im Spätherbst und Winter – unter Berück-
sichtigung der Nachtaktivitäten – geben. Bisher sind sehr wenige Verhaltensuntersuchungen von
Rindern auf Winterweiden verfügbar (Popp 2010).

Material und Methodik

Die Versuchsfläche liegt auf einem Niedermoorstandort bei Paulinenaue im Havelländischen Luch
(Land Brandenburg, 50 km nordwestlich Berlins, Jahresmitteltemperatur 9 °C, Jahresniederschlag
520 mm). Die Höhe der Weideflächen variiert zwischen 28,5 und 29,3 m ü. NN. Die Koppeln wer-
den von *Alopecurus geniculatus*/*Agrostis stolonifera*-Flutrasen, *Phalaris arundinacea*, *Poa trivialis*
und *Elytrigia repens* besiedelt.

In drei vierwöchigen Perioden im Winter 2015/16 wurden vier Kühe mit einem Telemetriesystem
der Firma Vectronic Aerospace GmbH, Berlin ausgestattet. Mittels GPS-Halsbändern wurde die
Bewegungsaktivität der Mutterkühe registriert. Die Daten wurden in einem 5-Minuten-Intervall über
den Tag- und Nachtzeitraum aufgezeichnet. Das Auslesen der Daten erfolgte mit Hilfe der Software
GPS Plus X 1.1.1 der Firma Vectronic Aerospace GmbH.



Abbildung 1: Kuh mit Halsband Nr. 02 im Fangstand vor der Auslesung des Collars (Foto: M. Kranepuhl)

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 werden die Lichttagslängen in den 3 Untersuchungsperioden dargestellt. Es wird deutlich, dass in dem Zeitraum 03.12. bis 29. 12. die Helligkeitsphase nur 7 bis 7,5 Stunden dauert.

Tabelle 1: Lichttagslänge in den drei Untersuchungsperioden

Untersuchungsperioden	Zeitspanne	Lichttagslänge in Stunden
1	18.10. bis 13.11.2015	10,35 bis 8,56
2	03.12. bis 29.12.2015	7,59 bis 7,40
3	13.01. bis 08.12.2016	8,02 bis 9,23

In Tabelle 2 sind die Durchschnittstemperaturen und die durchschnittliche Niederschlagsmenge, bezogen auf die 3 Untersuchungsperioden, angegeben. Im 3. Untersuchungszeitraum ist es deutlich kälter als den vorhergehenden Untersuchungsabschnitten.

Tabelle 2: Durchschnittliche Temperaturen (200 cm) und Niederschlagsmengen in den 3 Untersuchungsperioden

Periode		Temperatur (Mittel, °C)	Temperatur (max, °C)	Temperatur (min, °C)	Niederschlag (mm)
1	Mittel	8,7	13,1	4,3	0,7
	Standardabw.	3,4	2,8	4,2	1,4
2	Mittel	7,8	10,4	4,7	1,4
	Standardabw.	2,6	2,7	3,1	2,8
3	Mittel	2,7	5,4	-0,5	1,0
	Standardabw.	4,9	5,0	5,1	1,2

Für alle Kühe wurden Aktivitätsmuster erfasst. Die Abbildung 2 verdeutlicht dies am Beispiel der Kuh Nr. 05. Die beiden senkrechten Linien kennzeichnen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang. Dunkle Abschnitte sind Zeitphasen mit erhöhter Aktivität (Grasen/Laufen).

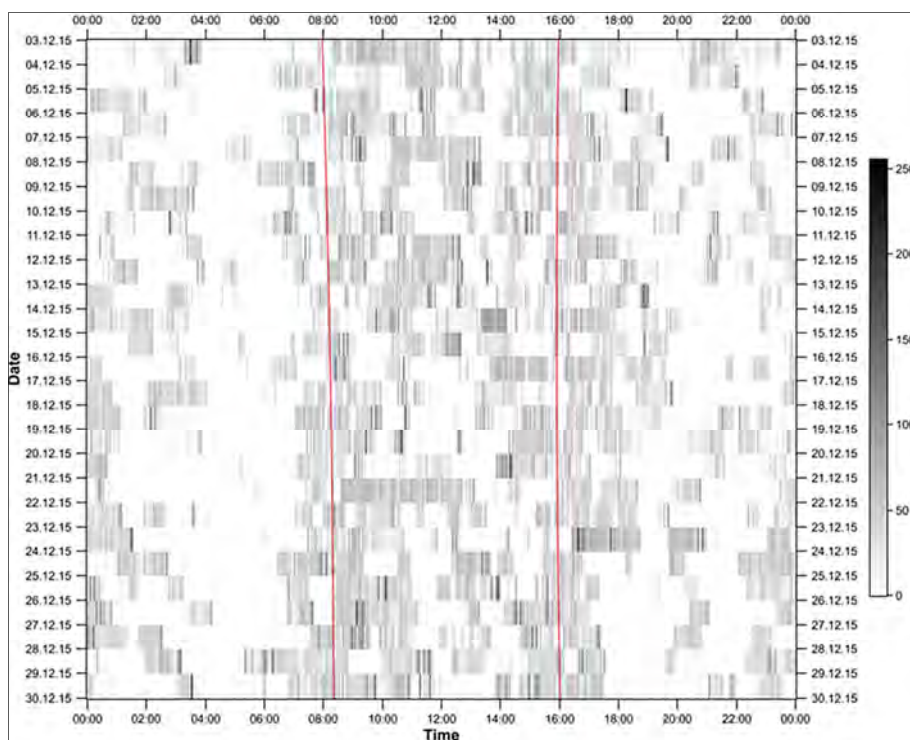


Abbildung 2: Aktivitätsmuster Kuh 05 (X-Wert) für den Zeitraum 03.12.2015 bis 30.12.2016 (MEZ)

Es ist erkennbar, dass am Lichttag (ca. 8 bis 16 Uhr) neben Ruhephasen relativ hohe Aktivitäten zu verzeichnen sind. Nach Sonnenuntergang folgt in der Regel eine Phase der Inaktivität. Während der Nacht werden die Tiere für einige Stunden aktiv, meist im Zeitraum von 21:00 bis 01:00 Uhr, worauf eine weitere Ruhephase etwa bis zum Sonnenaufgang folgt.

Tabelle 3: Dauer der Aktivitätsphasen in min, getrennt nach Tag und Nacht

(Student T-Test, $p < 0,05$, verschiedene Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, kleine Buchstaben innerhalb einer Periode und Großbuchstaben zwischen den Perioden)

Periode		Lichttag		Nachtzeit	
		Min.*d ⁻¹	%	Min.*d ⁻¹	%
1	Mittel	405,9 ^{aA}	69,2	284,1 ^{bA}	32,7
	Standardabw.	51,8		36,8	
2	Mittel	254,3 ^{aB}	57,1	307,9 ^{bB}	33,4
	Standardabw.	25,7		27,7	
3	Mittel	290,8 ^{aC}	59,2	287,5 ^{aB}	31,5
	Standardabw.	28,5		27,2	

Für die 2 Untersuchungsperioden ist in Tabelle 3 die durchschnittliche Aktivitätsdauer in Minuten getrennt nach Tag und Nacht dargestellt. Besonders in der 1. Untersuchungsperiode sind die Aktivitäten am Lichttag noch stark ausgeprägt. Dieser Wert unterscheidet sich signifikant zur Aktivitätsdauer in den Perioden 2 und 3. In diesem Parameter unterscheiden sich in den ersten beiden Versuchsperioden die Werte zwischen Hell- und Dunkelphase signifikant. In der 3. Periode bestehen zwischen Tag und Nacht keine signifikanten Zeitunterschiede.

Die Tabelle 3 verdeutlicht des Weiteren, dass 57,1 bis 69,2 % des Lichttages von Aktivitäten erfüllt sind. Die restliche Zeit wird für Ruhephasen genutzt. In der Nacht variiert nimmt die Aktivitätsphase zwischen 31,5 und 33,4 % ein.

Die durch die Halsbänder aufgezeichneten Positionsdaten geben Informationen auf die Bewegungen der Tiere auf den Koppeln. Hieraus kann die Lokomotionsleistung in Meter abgeleitet werden. Tabelle 4 zeigt die ermittelten durchschnittlichen Laufstrecken der Tiere in den Untersuchungsperioden, wobei wieder zwischen Tag- und Nachtlauftleistung unterschieden wird.

Tabelle 4: Die durchschnittliche Laufleistung in Meter pro Tag in den drei Untersuchungsperioden, getrennt nach Laufen am Lichttag und in der Nachtzeit

(T-Test, $p < 0,05$, verschiedene Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede, kleine Buchstaben innerhalb einer Periode und Großbuchstaben zwischen den Perioden)

Periode		Lichttag		Nachtzeit	
		m*d ⁻¹	%	m*d ⁻¹	%
1	Mittel	2379,3 ^{aA}	60,6	1544,9 ^{bA}	39,4
	Standardabw.	446,0		417,2	
2	Mittel	1026,0 ^{aA}	47,7	1123,7 ^{bA}	52,3
	Standardabw.	168,2		152,2	
3	Mittel	1112,3 ^{aB}	55,5	891,9 ^{bB}	44,5
	Standardabw.	177,9		149,7	

Die Höhe der Laufleistung der ersten Untersuchungsperiode unterscheidet sich signifikant zu den beiden anderen Perioden. Zwischen 2 und 3 treten keine wesentlichen Unterschiede auf. Fasst man die Tag- und Nachtleistung zusammen, so ermittelt man durchschnittlich tägliche Laufleistungen von 3.924,2 m (1. Periode), 2.149,6 m (2. Periode) und 2.004,3 m (3. Periode). Diese Werte sind im Vergleich zu anderen Untersuchungen niedrig. Fischer (2000) untersuchte die Laufleistung von Schwarzbunten Rindern und Galloways am Paulinenaauer Standort.

Die Koppeln wiesen eine Größe von 7,6 ha auf. Hiernach legten die Schwarzbunten Milchrinder während des Lichttages 5.672 m, die Galloways 4.229 m zurück.

Auernhammer und Braunreiter (2008) ermittelten tägliche Laufleistungen von Jungrindern von 10 bis 12 km am Tag. Diesen stand jedoch eine wesentlich größere Fläche (109 bis 274 ha) zur Beweidung zur Verfügung. Scheibe (1987) weist ebenfalls auf die Abhängigkeit der Laufleistung von der Größe der Koppel hin.

Schlussfolgerungen

Die Laufleistung von Rindern ist abhängig von Rasse, Alter der Tiere, Koppelgröße und Jahreszeit.

Im Winterhalbjahr sind die Bewegungsabläufe reduziert. Das Aktivitätsverhalten der Mutterkühe ist gekennzeichnet durch verkürzte Laufstrecken und verringerter Aktivitätsdauer. Darüber hinaus bestehen im Hochwinter keine zeitlichen Unterschiede in den untersuchten Parametern zwischen Lichttag und Nachtzeit. Offenbar reagieren die Tiere mit einem energiesparenden Verhalten auf die kälteren Witterungsbedingungen. Zudem ist die Grasensaktivität in dieser Jahreszeit aufgrund der Fütterung von Konservatfuttermitteln ohnehin eingeschränkt.

Die relativ hohe Nahrungsaufnahme in der Nacht bedeutet, dass den Mutterkühen auch nachts ausreichend Futter zur Verfügung stehen muss. Dies ist im Fütterungsmanagement zu beachten. Das heißt auch, dass nachts die Fütterungseinrichtungen frei zugänglich sein müssen.

Literatur

- Auernhammer, H. und Braunreiter, C. (2008): Telemetrische Erfassung von Standort- und Verhaltensdaten extensiv gehaltener Viehherden und deren Analyse zur Abschätzung des Potenzials für ein nachhaltiges Landschaftsmanagement. Technische Universität München.
- Fischer, A. (2000): Vergleichende Untersuchungen zum Verhalten von Wiederkäuern (Rind und Schaf) auf extensivierten Niedermoorweiden. Habilitationsschrift, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Popp, A. (2010): Mesoscale Effects, In: Plachter and Hampicke [Eds]: Large-scale livestock grazing: a management tool for nature conservation, Springer Science, Berlin Heidelberg, 157–269.
- Scheibe, K.-M. (1987): Nutztierverhalten. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.

Satellitengestützte Erfassung von Schnittfrequenz und Grünlandertrag auf organischen Böden

Grant, K.¹, Kluß, C.², Taube, F.², Herrmann, A.² und Hartmann, S.¹

¹ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Lange Point 12, 85354 Freising

² Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel

Kerstin.Grant@lfl.bayern.de

Einleitung

Die Kombination einer satellitengestützten Schnittterminerfassung mit einem phänologischen Ertragsmodell könnte in Zukunft zur flächendeckend und kostengünstig Bestimmung von Grünlanderträgen genutzt werden. Damit wäre eine kostengünstige und praktikable Möglichkeit gefunden, flächendeckend genaue Ertragszahlen im Grünland zu erheben und somit die bisherige grobe Schätzung der Erträge auf Grundlage von Stichproben und Expertenwissen zu ersetzen.

Für eine nachhaltige Futterproduktion auf aktuellen und ehemaligen Moorstandorten ist die Kenntnis des Ertrages bzw. des zu erwartenden Ertrages von Bedeutung, um darüber z.B. Veränderungen über längere Zeiträume aufzeigen zu können und Hinweise auf die Qualität der Bewirtschaftungsmethode zu erfahren. In dieser Studie wurde ein satellitengestütztes Verfahren zur Ertragsermittlung im Grünland (Grant *et al.* 2015) für einem ehemaligen Hochmoorstandort getestet.

Material und Methoden

Für den Test der satellitengestützten Ertragsermittlung im Grünland wurde eine 5,5 ha große Dauergrünlandfläche der LfL Versuchsstation Karolinenfeld (Oberbayern) ausgewählt. Sie befindet sich auf einem abgetorften Hochmoor mit einer Mächtigkeit von 100–150 cm. Eine eigene Wetterstation ist am Standort vorhanden (AgrarMeteorologisches Messnetz Bayern, Nr. 125).

Schnittdetektion

Aus den Sentinel-1 Satellitendaten des Europäischen Erdbeobachtungsprogrammes Copernicus wurden Schnittzeiträume und Schnittfrequenz des Grünlandbestandes in den Jahren 2015 und 2016 bestimmt. Dazu wurden die Radarbilder vorprozessiert (Details siehe Grant *et al.* 2015) und aus den jeweils terminlich aufeinanderfolgenden Bildern die Differenz der Radarsignalmittelwerte für das Feldstück bestimmt. Eine Auslenkung in den Differenzen ist der Hinweis auf eine Oberflächenänderung verursacht durch einen Schnitt im Zeitraum zwischen den beiden Radarbildern. Zur Bestimmung der genauen Schnitttermine aus den Signaldifferenzen wurden zusätzlich folgende Plausibilitätsfilter angewandt:

- Bei mehreren aufeinanderfolgenden Auslenkungen in den Signalwertdifferenzen im selben Monat wurde nur die größte Auslenkung als Hinweis auf ein Schnittereignis gewählt.
- Der Abstand zwischen zwei Schnitten beträgt mindestens 21 Tage.
- Es wird angenommen, dass Schnitte nur an regenfreien Tagen, auf die ein Tag mit max. 0,1 mm Regen folgt, stattfinden. Alle Regentage werden als potenzielle Schnitttermine ausgeschlossen (vgl. Grant *et al.* 2016).
- Bei einer großer Bilddatenlücke (keine Radaraufnahme zwischen 16.6. und 14.7.2016 wegen Systemausfall) sind auch 2 negative Werte pro Monat zulässig.
- Bleiben danach noch mehrere mögliche Tage im jeweiligen Zeitraum übrig, wird der mittlere Tag gewählt.

Ertragsbestimmung

Zusätzlich wurde der Ertrag auf verschiedene Weise bestimmt, um die Eignung des Verfahrens zu testen: Zum einen erfolgte eine Beprobung mit TS-Bestimmung unmittelbar vor jedem Schnitt. Dazu wurden an sechs Stellen die Frischmasse von jeweils 8 m² bestimmt und jeweils eine Probe für die TS-Bestimmung bei 105 °C genommen.

Zum anderen wurde mit dem Grünlandertrags- und Qualitätsmodell FOPROQ (Herrmann *et al.* 2005), welches bereits mit Aufwuchsdaten der Jahre 2014 und 2015 in einer Vorstudie an diesen Standort angepasst wurde, der Ertrag für die jeweiligen Schnitte des Jahres 2016 berechnet. Die Modellierung der Erträge erfolgte zum einen mit den tatsächlichen Schnittterminen und zum anderen mit den Schnittterminen aus der satellitengestützten Detektion, die etwas von den tatsächlichen Schnittterminen abwichen (siehe Tabelle 1). Weiterhin wurde auf Basis der Schnittfrequenz und des bekannten Pflanzenbestandes (Weidelgras dominiert) der Ertrag gemäß Wendland *et al.* (2012) geschätzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die aus Radarbildern bestimmte Schnittfrequenz der Grünlandfläche im Jahr 2016 erfolgte korrekt. Es wurden sechs Schitte im Zeitraum vom 21.4. und 11.11. festgestellt (Abbildung 1).

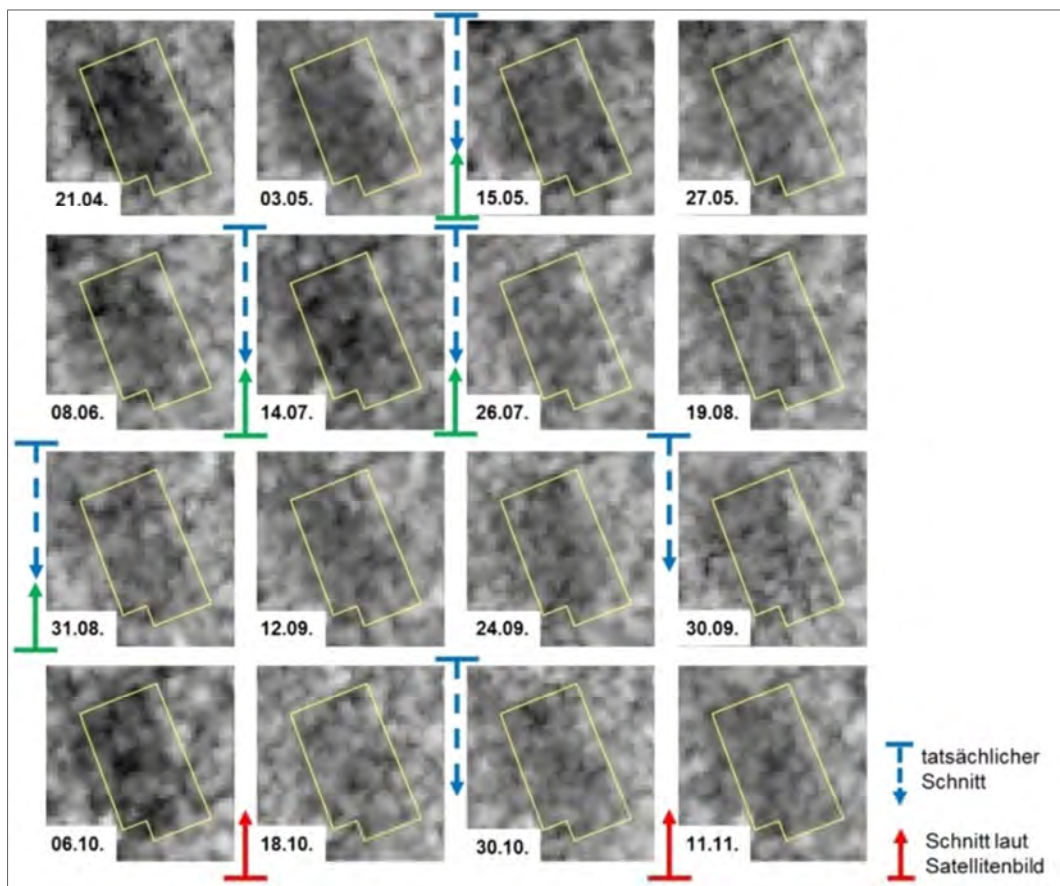


Abbildung 1: Versuchsfläche in der Radarbild-Zeitreihe 2016 mit Markierung des tatsächlichen (Pfeile gestrichelt abwärts) und per Satellitenbildauswertung bestimmten Schnittzeitraumes (Pfeile hoch)

Die tatsächlichen und per Satelliten bestimmten Schnitttermine sind Tabelle 1 zu entnehmen. Es zeigt sich, dass die ersten vier Schnitttermine nur kleine Abweichungen von 1–3 Tagen zum tatsächlichen Schnitttermin hatten. Die Schnitte 5 und 6 gegen Ende der Vegetationsperiode wurden per Satellit ca. 1–2 Wochen später detektiert.

Tabelle 1: Tatsächliche und per Satellitenbildauswertung bestimmte Schnitttermine der Versuchsfläche Karolinenfeld

Schnitte	1	2	3	4	5	6
Tatsächlicher Schnitttermin	6.5.	22.6.	20.7.	23.8.	28.9.	24.10.
Schnitttermin aus Satellitenbildern	7.5.	21.6.	18.7.	26.8.	12.10.	3.11.

Im Jahr 2016 lag der vor-Ort bestimmte Ertrag der Fläche bei 129,4 dt/ha (Tabelle 2). Dies ist auf Grund der Witterung und im Vergleich mit anderen Standorten in der Region ein durchaus plausibler Wert. Jedoch war der letzte Schnitt mit weniger als 5 dt/ha nicht ertragsrelevant und ist als Pflegeschnitt zu betrachten. Der Standort kann daher als ein 5-Schnitt-Standort gesehen werden. Damit wäre der Ertrag, der auf Basis von Schnitffrequenz und Pflanzenbestand geschätzte Wert statt mit 120 dt/ha (für 6-schnittige weidelgras dominante Bestände) eher mit 110 dt/ha für 5-schnittige Bestände anzusetzen. Die Anpassung des Ertragsmodells an den Teststandort erfolgte in einer Vorstudie.

Dabei zeigte die Ertragsmodellierung für 2015 einen r^2 -Wert von 0,86 und lag mit 107 dt/ha Ertrag etwas unter des vor-Ort bestimmten Ertrages von 113 dt/ha. Für 2016 wurden Wetterdaten von 2016 sowie die zwei Varianten an Schnitterminen (tatsächlich und per Satellit) in das Ertragsmodell eingegeben. Die damit berechneten Erträge für 2016 weichen trotz verschobenen 5. und 6. Schnitt nur um 0,3 dt/ha voneinander ab (siehe Tabelle 2). Jedoch liegt der modellierte Wert rund 21 dt/ha unter dem im Feld erhobenen.

Tabelle 2: Grünlanderträge 2016 gemäß Felderhebung, Modellierung und Schätzung aus Schnitffrequenz (laut Wendland *et al.* 2012)

	Felderhebung	Ertrag 2016 (dt/ha)		Schätzung aus Schnitffrequenz
		Richtige Schnitttermine	Satellitetermine	
1. Schnitt	33,0	26,2	27,7	-
2. Schnitt	34,6	26,0	25,2	-
3. Schnitt	17,3	14,8	14,3	-
4. Schnitt	19,3	18,9	20,3	-
5. Schnitt	20,8	17,9	18,1	-
6. Schnitt	4,5	3,7	2,3	- (x)
Jahresertrag	129,4	107,5	107,8	120,0 (110,0)

Schlussfolgerungen

Die satellitengestützte Schnittterminerfassung funktionierte an diesem Standort gut mit Abweichungen bei den Terminen des 5. und 6. Schnittes. Diese Abweichungen hatten jedoch kaum Einfluss auf die Höhe des modellierten Ertrages. Jedoch zeigt der Vergleich der Ertragswerte eine Unterschätzung des Ertrages bei der Bestimmung über Modell oder Schnitffrequenz. Dies ist wahrscheinlich auf die Sondersituation des organischen Bodens zurückzuführen, der ein gutes Wasserhaltevermögen besitzt und bei dem über Mineralisation kontinuierlich zusätzliche Nährstoffe verfügbar werden. Das verwendete Modell geht von einer ausreichenden N-Versorgung aus und der berechnete Ertrag wird maßgeblich über Temperatur, Wasserverfügbarkeit und Einstrahlung beeinflusst. Für eine genauere Berechnung, die die besondere N-Verfügbarkeit berücksichtigt, muss das Modell weiter parameterisiert werden. Bisher ist die Abbildung von Moorstandorten mit dem verwendeten Modell noch unterrepräsentiert. Die Anpassung an den Standort dieser Studie erfolgte nur auf Grundlage von Aufwuchsdaten von zwei Jahren. Eine zusätzliche Anpassung des Ertragsmodells mit einer längeren Zeitreihe sowie mit Daten von weiteren Dauergrünlandflächen auf organischen Böden wird empfohlen, damit die Methode zur satellitengestützten Ertragsermittlung im Grünland auch für ehemalige Moorstandorte verlässlich angewandt werden kann.

Die Unterschätzung des Ertrages über Schnitffrequenz und Grünlandbestand kann ebenfalls auf diesen Sonderstatus des organischen Bodens zurückgeführt werden. Es ist davon auszugehen, dass der Tabellenwert in Wendland *et al.* (2012) ein Mittelwert aus zahlreichen Untersuchungsergebnissen ist, die in ihrer Mehrzahl auf Mineralböden gewonnen wurden. Dieser Mittelwert kann dadurch solche Sonderstandorte ebenfalls nicht genau treffen.

Literatur

Grant, K., Siegmund, R., Wagner, M., Maier, H. und Hartmann S. (2016): Optimierung der satellitengestützten Erfassung von Schnittterminen durch RADOLAN-Niederschlagsdaten, Tagungsband der 60. Jahrestagung der AGGF, Nachhaltige Milchproduktion: Forschung und Praxis im Dialog, ASTA, Lycée Technique Agricole & CONVIS [Hrsg.], 133–135.

Grant, K., Siegmund, R., Wagner, M. und Hartmann, S. (2015): Satellite-based assessment of grassland yields, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 15XL-7/W3, 36th International Symposium on Remote Sensing of Environment, [Hrsg.]: Schreier, G., Skrovseth, P.E., Staudenrausch H., Deutschland, 15–18.

Herrmann, A., Kelm, M., Kornher, A. und Taube, F. (2005): Performance of grassland under different cutting regimes as affected by sward composition, nitrogen input, soil conditions and weather – a simulation study, European Journal of Agronomy 22, 141–158.

Wendland, M., Diepolder, M. und Capriel, P. (2012): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland – Gelbes Heft, LfL-Information, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, 1–97.

Untersuchungen zur Stabilität der organischen Bodensubstanz in agrarisch genutzten Niedermoorfolgeböden

Heller, C. und Lammel, M.
Humboldt-Universität zu Berlin
Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften
Invalidenstraße 42, 10115 Berlin
christian.heller@agrار.hu-berlin.de

Einleitung und Problemstellung

Durch landwirtschaftliche Nutzung werden Moorböden entwässert und damit verstärkt belüftet. Dadurch kommt es zur sog. ‚sekundären Bodenbildung‘, die Prozesse der Torfzersetzung, Mineralisation, Schrumpfung, Segregation und Aggregatbildung und einen deutlichen Verlust an organischer Bodensubstanz beinhaltet (Zeitzy und Veltzy 2002, Heller und Zeitzy 2012). Dabei verlieren insbesondere flachgründige Moorböden ihre natürlichen chemisch-physikalischen und ökologischen Eigenschaften und entwickeln sich zu Moorfolgeböden (MFB) mit geringeren Humusgehalten bzw. Torfmächtigkeiten (e.g. Kalbitz 2001, Schleier 2008). Das deutsche bodenkundliche Klassifikationssystem bezeichnet solche Böden mit Humusgehalten < 30 Masse-% bzw. Torfmächtigkeiten < 30 cm nicht mehr als Moorboden im eigentlichen Sinne (Ad hoc AG Boden 2005). Damit stehen MFB an der Grenze zwischen organischen Böden und Mineralböden und sind oft mit diesen vergesellschaftet.

Vergleicht man die jeweilige Bodenentwicklung von MFB und Mineralböden, so unterschieden sich diese allerdings grundsätzlich voneinander. Im Gegensatz zu Mineralböden, bei denen die organische Bodensubstanz (OBS) als Funktion der Zeit im Allgemeinen von der initialen Bodenentwicklung hin zu einem Gleichgewichtszustand (‚steady-state‘) stabilisiert wird und dabei ansteigt, nimmt der Gehalt an OBS in MFB im Laufe der Entwässerung und Bodenentwicklung vom Moorboden zum MFB zunächst rapide ab (Armentano und Menges 1986). Neben dem Input an „neuer“, aus Ernte- oder Wurzelrückständen zusammengesetzter OBS enthalten MFB zusätzlich also einen gewissen Anteil an „alter“ OBS, der aus der Zeit der Moorbildung resultiert (‚relict peat‘).

Nach aktuellen Kartierungen nehmen MFB mit Gehalten an OBS zwischen 15 und 30 Masse-% deutschlandweit eine Fläche von über 2.800 km² ein (Roßkopf *et al.* 2015). Diese MFB genießen grundsätzlich keinen besonderen Schutzstatus. Eine Ackernutzung (z.B. durch Grünlandumbruch) widerspricht nicht den Regeln der guten fachlichen Praxis. Für Landnutzer ergeben sich daher erweiterte Möglichkeiten als Pflanzenstandort. Dabei erwiesen sich diese Böden nicht zuletzt durch ihre vergleichsweise günstige hydrologische Situation und Durchwurzelbarkeit zunächst als produktive und ertragsstabilisierende Mais- oder Rapsstandorte (Schalitz und Behrendt 2009). Auf Grund der derzeitigen Preispolitik und der resultierenden Flächenverknappung stehen sie heute mehr denn je unter enormen Nutzungsdruck.

Je nach Standortbedingungen existieren große Unterschiede in den chemischen und physikalischen Eigenschaften verschiedener MFB (Tabelle 1).

Da MFB im Vergleich zu Mineralböden hohe Mengen an Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) enthalten, können diese bei nicht standortgerechter Nutzung in erheblichem Maße abgebaut und freigesetzt werden. Teilweise überschreiten diese Verluste und Austräge auch das Niveau von Moorböden (Pohl *et al.* 2015).

Trotz dieser hohen Austräge enthalten MFB aber auch nach langjähriger, intensiver Nutzung und Entwässerung immer noch beachtliche Anteile an organischer Bodensubstanz, die oft deutlich höher als in benachbarten Mineralböden sind (e.g. Schleier und Behrendt 2000, Meissner *et al.* 2003). Diese Tatsache spricht für eine Stabilisierung der OBS in MFB. Während dieser Prozesse kann es durch Wechselwirkungen mit der mineralischen Phase einerseits zur Okklusion der OBS in mineralische Aggregate (oPOM) sowie zur Bildung von organo-mineralischen Assoziationen kommen (mOM) (Christensen 2001, Six *et al.* 2004). Diese Wechselwirkungen hemmen den mikrobiellen Abbau und damit eine rasche Umsetzung und Mineralisierung der OBS.

Tabelle 1: Ausgewählte chemisch-physikalische Parameter landwirtschaftlich genutzter Niedermoorfolgeböden mit Humusgehalten < 30 %

Parameter	Spanne	Quelle
Organischer C	20–130 g*kg ⁻¹	Uggla <i>et al.</i> 1964, Sparling <i>et al.</i> 1998, Schleier 2008,
Heißwasserextrahierbarer C	0,4–9 g*kg ⁻¹	Sparling <i>et al.</i> 1998, Meissner <i>et al.</i> 2003, eigene unveröff. Daten.
Gesamt-N	0,1–0,9 % (w/w)	Uggla <i>et al.</i> 1964, Schleier 2008
OBS/Organischer C	1,7–3,3	Klingenuß <i>et al.</i> 2014
Gelöster organischer C	0,02–0,64 mg*g ⁻¹	Kalbitz <i>et al.</i> 2003
Trockenrohichte	0,7–1,2 g*cm ⁻³	Schleier und Behrendt 2000
Kationen-Austauschkapazität (C _{pot})	30–73 meq*100 g ⁻¹	Schleier und Behrendt 2000

Deshalb besitzt die okkludierte (oPOM) und mineralassoziierte (mOM) OBS im Allgemeinen deutlich geringere durchschnittliche Umsatzzeiten und damit höhere Verweilzeiten als die „freie“, bzw. „partikuläre“ OBS (fPOM), die zu einem großen Anteil aus Detritus (z.B. zerkleinerte Ernterückstände) besteht (v. Lütow *et al.* 2006). Die Trennung der OBS in diese drei Fraktionen bzw. Pools unterschiedlicher Stabilität (active pool, intermediate pool, passive pool) gibt Aufschluss über die jeweilige Dynamik und den Umsatz der OBS, da die durchschnittlichen Umsatz- bzw. Verweilzeiten in diesen Fraktionen sehr unterschiedlich sind. Sie reichen in der Regel von weniger als 1 Jahr in der fPOM über mehrere Jahrzehnte hin bis zu mehreren Jahrhunderten oder sogar darüber hinaus in der oPOM und der mOM (Torn 2009).

Unklar ist in diesem Zusammenhang, wie die OBS in MFB im Zusammenspiel mit der mineralischen Phase umgesetzt bzw. stabilisiert wird. Die Annahme, dass hier ähnliche Prozesse wie in Mineralböden ablaufen ist bisher nur sehr hypothetisch.

Material und Methoden

Beprobt wurde ein Oberboden (0–30 cm) mit 7 % organischem Kohlenstoff aus einem Ackerstandort in Paulinenaue. Der Boden wurde luftgetrocknet und gesiebt (< 2mm). Um die Prozesse der Stabilisierung durch die Wechselwirkung mit der mineralischen Phase zu untersuchen, wurde der Gesamtboden mittels Schwerelösung (1,8 g*cm⁻³), Ultraschallenergie (200 J*ml⁻¹), und Nasssiebung (20 µm) in 4 Fraktionen unterschiedlicher Stabilität und Verweildauer (fPOM + oPOM + mOM > 20 µm + mOM < 20 µm) separiert (vgl. Christensen 1992, Golchin *et al.* 1994). Danach erfolgte eine Bestimmung des organischen C für jede Fraktion.

Erste Ergebnisse und Diskussion

Über 87 % des gesamten Bodens lag in Form der mOM Fraktion vor (mOM > 20 µm + mOM < 20 µm, Abbildung 1).

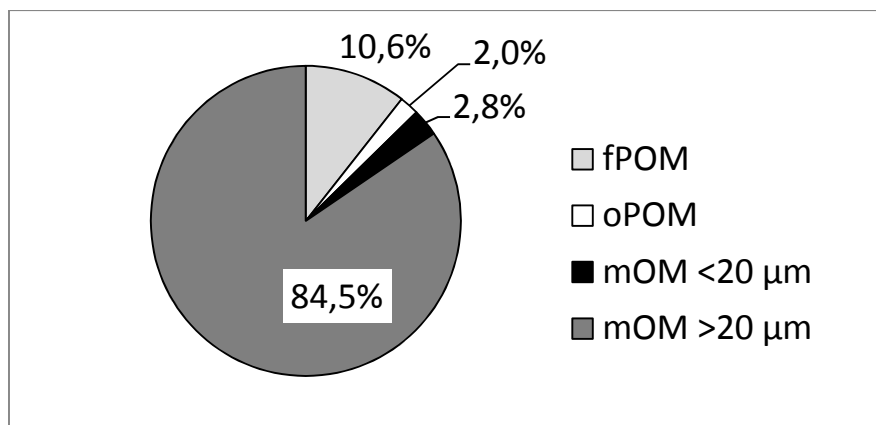


Abbildung 1: Massenverhältnisse in verschiedenen Fraktionen eines Moorfolgebodens

Allerdings enthält diese Fraktion nur knapp 2 % des gesamten C (Abbildung 2). Die Fraktion mOM < 20 µm enthält Mittel- und Feinschluff, sowie Tonpartikel und spielt bei der Bindung und Stabilisierung von organischer Substanz offensichtlich die weitaus größere Rolle als die Fraktion mOM > 20 µm, die arm an OBS ist und den Grobschluff sowie den Sandanteil repräsentiert.

Mehr als 80 % des gesamten C befindet sich in der fPOM Fraktion und wird somit nicht durch die mineralische Phase stabilisiert.

Der restliche C repräsentiert die intermediäre Fraktion. Sie liegt in okkludierter, ebenfalls stabilisierter Form vor und ist durch den Einschluss in stabile Mikroaggregate räumlich vor dem mikrobiellen Abbau geschützt.

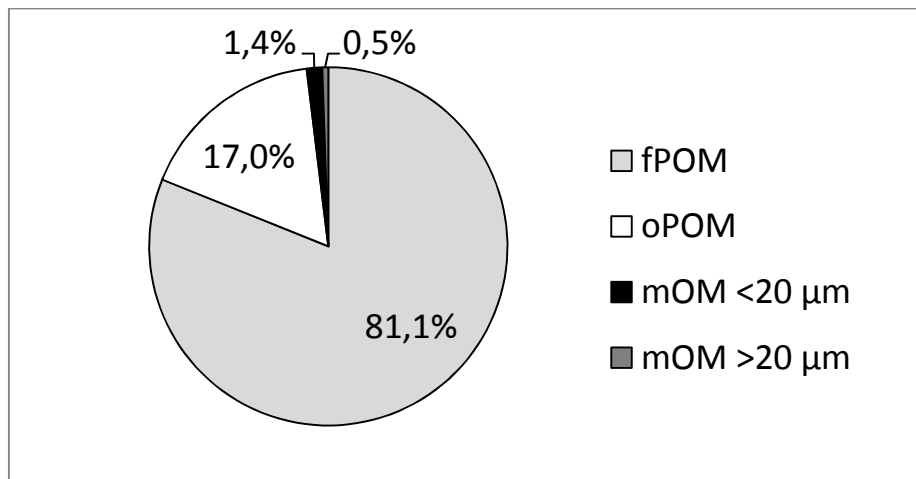


Abbildung 2: Prozentuale Verteilung des organischen Kohlenstoffs in verschiedenen Fraktionen eines Moorfolgebodens

Schlussfolgerungen

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die Stabilisierungsprozesse der organischen Bodensubstanz, die in Mineralböden bekannt sind, auch in Moorfolgeböden ablaufen. Aufgrund der fortschreitenden Bodenentwicklung und des steigenden Einflusses der mineralischen Phase kommt es zu Stabilisierung der OBS durch Einschluss in stabile Aggregate und zu Mineralassoziationen. Der im Vergleich zu Mineralböden hohe Anteil an fPOM in diesem MFB wirft die Frage auf, wie viel moorbürtiger Kohlenstoff hier noch vorhanden ist und ob sich dieser auf die Abbaubarkeit der OBS auswirkt. Derzeit laufen dazu weitere Untersuchungen.

Danksagung

Diese Studie wurde finanziert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (HE 7800/1-1).

Literatur

- Ad-Hoc-AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 5. Auflage, Hannover.
- Armentano, T.V und Menges, E.S. (1986): Patterns of change in the carbon balance of organic soil – wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* 74: 755–774.
- Christensen, B.T. (1992): Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Advances in Soil Science* 20, 1–92.
- Christensen, B.T. (2001): Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science* 52, 345–353.
- Golchin, A., Oades, J.M., Skjemstad, J.O. und Clarke, P. (1994): Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid-state ¹³C CP/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. *Australian Journal of Soil Research* 32, 285–309.

- Heller, C., und Zeitz, J. (2012): Stability of soil organic matter in two northeastern German fen soils: The influence of site and soil development. *Journal of Soils and Sediments* 12 (8): 1231–40. doi:10.1007/s11368-012-0500-6.
- Kalbitz, K. (2001): Properties of organic matter in soil solution in a German fen area as dependent on land use and depth. *Geoderma* 104, 203–214.
- Kalbitz, K., Schmerwitz, J., Schwesig, D. und Matzner, E. (2003): Biodegradation of soil-derived dissolved organic matter as related to its properties. *Geoderma* 113, 273–291.
- Klingenfuß, C., Roßkopf, N., Walter, J., Heller, C. und Zeitz, J. (2014): Soil organic matter to soil organic carbon ratios of peatland soil substrates. *Geoderma* 235–236, 410–417.
- Meissner, R., Rupp, H. und Leinweber, P. (2003): Re-wetting offen soils and changes in water quality – experimental results and further research needs. *Journal of water and land development* 7, 75–91.
- Pohl, M., Hoffmann, M., Hagemann, Giebels, M., Albiac Borraz, E., Sommer, M. und Augustin, J. (2015): Dynamic C and N stocks – key factors controlling the C gas exchange of maize in heterogenous peatland. *Biogeosciences* 12, 2737–2752.
- Roßkopf, N., Fell, H. und Zeitz, J. (2015): Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. *Catena* 133, 175–170.
- Schalitz, A. und Behrendt, G. (2009): Zum Rapsanbau auf Niedermoor-Folgeböden in Nordostdeutschland. *Archives of Agronomy and Soil Science* 55:5, 493–506
- Schleier, C. und Behrendt, A. (2000): Kennzeichnung von Eigenschaften der Folgeböden Nordostdeutscher Niedermoore Characterisation of the Properties of Post Fen Soils in North-eastern Germany. *Archives of Agronomy and Soil Science* 45:3, 207–221, DOI: 10.1080/03650340009366123 (in German).
- Schleier, C. (2008): Die Folgeböden landwirtschaftlich genutzter nordostdeutscher Niedermoore. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Six, J.H., Bossuyt, H., Degryze, S. und Dene, K. (2004): A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research* 79(1), 7–31.
- Sparling, G., Vojvodic-Vukovic, M. und Schipper, L.A. (1998): Hot-water-soluble C as a simple measure of labile soil organic matter: The relationship with microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 30, 1469–72. doi:10.1016/S0038-0717(98)00040-6.
- Torn, M.S., Swanston, C.W., Castanha, C. und Trumbore, S.E. (2009): Storage and turnover of organic matter in soil. In: Senesi, N., Xing, B. und Huang, P.M. [Ed]: *Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems*. Wiley, Hoboken, 219–272.
- Uggla, H., Mirowski, Z., Piaścik, H. und Rytelowski, J. (1964): Dunkle Humose Böden der Sandergebiete. *Roczniki Gleboznawcze* 14, (259–276).
- von Lützow, M., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B. und Flessa, H. (2006): Stabilization of organic matter in temperate soils: Mechanisms and their relevance under different soil conditions – A review. *European Journal of Soil Science* 57 (4), 426–45. doi:10.1111/j.1365-2389.2006.00809.x.
- Zeitz, J. und Velty, S. (2002): Soil properties of drained and rewetted fen soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165, 618–26.

Auswirkungen von Grünlandextensivierungsmaßnahmen auf den Phosphorhaushalt eines degradierten Niedermoorstandortes

Heller, S.¹, Kayser, M.² und Müller, J.¹

¹ Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Grünland und Futterbauwissenschaften
Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

² Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Abteilung Graslandwissenschaften
Driverstrasse 22, 49377 Vechta
sebastian.heller@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Die Nährstoffversorgung und die hydrologischen Verhältnisse von landwirtschaftlich genutzten Niedermoorstandorten beeinflussen die Entwicklung der Grünlandvegetation in einem hohen Maß (van Duren und Pegtel 2000). Insbesondere das limitierte Nährelement Phosphor (P) bestimmt die Produktivität von Pflanzengemeinschaften (Elser *et al.* 2007, Deubel und Merbach 2005) sowie deren Artenreichtum (Bünemann *et al.* 2011, George *et al.* 2011). Daher erfordert ein nachhaltiges Ökosystemmanagement von Niedermoor-Grünland, die P-Verfügbarkeit im Boden gebührend zu berücksichtigen (Jouany *et al.* 2011, van Duren und Pegtel 2000, Boeye *et al.* 1997). Insbesondere bei torfschonenden Restitutionsmaßnahmen von Feuchtgrünland fällt der P-Umsetzung eine Schlüsselrolle zu. Über die langfristige Aushagerung und den Austrag von P in wiedervernässten Moorfolgeböden liegen jedoch nur wenige belastbare Daten vor, und es bestehen weiterhin erhebliche Wissensdefizite über die zeitlichen Veränderung von Bodennährstoffen (Gelbrecht und Koppisch 2001, Zeitz und Veltly 2002, Eschner und Liste 1995, Koppisch *et al.* 2001).

Im Rahmen von vorangegangenen Moorforschungsprojekten wurde bisher die Fraktion von pflanzenverfügbaren Nährstoffen vornehmlich auf ein- bis mehrschürigen Wiesen untersucht und meist über eine kurze Zeitreihe von drei bis maximal acht Jahren beschrieben (Eschner und Liste 1995, Koppisch *et al.* 2001, Müller *et al.* 2010, Kapfer 1988, Blankenburg 2005, Schlichting 2004). Diese Studie zeigt die langfristige Entwicklung von pflanzenverfügbarem P (P_{DL}) in einem teilvernässten Mulmniedermoor. Dabei wird die P_{DL} -Fraktion im Oberboden betrachtet und in Abhängigkeit von der Grünlandnutzung dargestellt.

Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet Osterfeiner Moor umfasst eine Fläche von 180 ha Feuchtgrünland und ist integriert in das Naturschutzgebiet Westliche Dümmerniederung (Niedersachsen). Im Jahr 1999 wurde die Gebietsnutzung von intensiver Landwirtschaft auf extensive Grünlandnutzung umgestellt. Das Osterfeiner Moor ist unterteilt in 52 Parzellen mit differenzierter Grünlandnutzung (Wiese, Weide, Mähweide). Aus naturschutzfachlichen Gründen wird auf Düngung in diesem Gebiet verzichtet und eine Bewirtschaftung der Flächen ist zwischen April und November zugelassen. Die Grünlandextensivierung wird begleitet von einer saisonalen Wiedervernässung. In den Wintermonaten erfolgt ein Wasserüberstau auf den Flächen, über die Sommermonate erreichen die Grundwasserstände bis zu 0,9 m u. GOF.

Aufgrund der intensiven Entwässerung und Bodenbearbeitung in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts ist der Oberboden stark vermulmt. Die bodenchemischen Daten wurden im Verlauf der Restitutionsmaßnahmen in einem Zeitraum von 17 Jahren erhoben. Dabei wurden von allen Parzellen repräsentative Bodenproben aus dem Oberboden (0–10 cm) entnommen. Die Analyse der P_{DL} -Fraktion erfolgte mittels Doppel-Lactat-Methode (Thun *et al.* 2012).

Nach Prüfung auf Normalverteilung und Varianzhomogenität wurde für das Prüfmerkmal P_{DL}-Gehalt eine zweifaktorielle ANOVA mit den Faktoren Nutzungsart und Dauer der Restitutionsmaßnahme mit anschließendem post-hoc-Test (Tukey HSD) durchgeführt.

Die Originaldaten sind als Norm-Boxplot dargestellt. Alle statistischen Prozeduren und Abbildungen wurden mit der Entwicklungsumgebung R programmiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die P_{DL}-Gehalte im Oberboden (0–10 cm) nehmen im Laufe des Untersuchungszeitraums signifikant ab ($p = 0,004$). Diese Aussage hätte bei einem lediglich vierjährigen Monitoring nicht getroffen werden können, was für den besonderen Wert derartig langfristiger Erhebungen spricht. Wie der Abbildung 1 zu entnehmen ist, gilt diese Tendenz unabhängig von der Art der Flächennutzung. Allerdings bestimmt letztere das jeweilige absolute P_{DL}-Niveau signifikant (ANOVA, $p < 0,001^{***}$), mit deutlich höheren P_{DL}-Gehalten bei einer Weidenutzung.

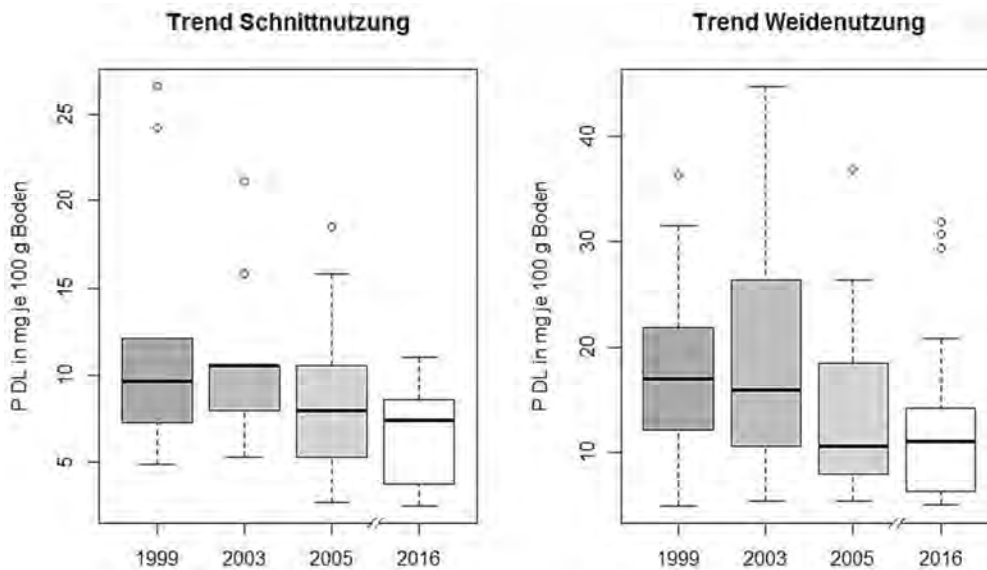


Abbildung 1: Entwicklung des Gehaltes an DL-Phosphor im Oberboden (0–10 cm) im zeitlichen Verlauf der Restitutionsmaßnahme (unterschiedliche Skalierungsniveaus der Nutzungsart beachten)

Auch Kruse *et al.* (2011) fanden entgegen ihren Erwartungen keine relative Anreicherung von Phosphor (P_i) im Zuge fortschreitenden Torfschwunds. Offensichtlich ist die Verfügbarkeit des Phosphors im Torfsubstrat recht hoch, was für labile Bindungsverhältnisse trotz der Präsenz von Eisen als potenziellem Sorbenten in vielen Niedermooren spricht. Die unter Grünlandnutzung mit der Abfuhr des gewonnenen Futters (Schnittwiese und Mähweide) recht hohen P-Entzüge vermögen die Befunde abnehmender P_{DL}-Gehalte größtenteils zu erklären (siehe auch Tabelle 1).

Tabelle 1: Entwicklung der Gehalte an Doppellaktat-löslichem Phosphor in mg je 100g Boden in Abhängigkeit von der Dauer der Wiedervernässung und der dominierenden Art der Flächennutzung

Art der Flächennutzung	Dauer der Wiedervernässung in Jahren			
	1 (1999)	4 (2003)	6 (2005)	17 (2016)
Wiese	11,84 (8,07) ^{bcd}	10,85 (4,83) ^{bcde}	8,50 (5,56) ^{ab}	6,40 (2,99) ^a
Mähweide	16,58 (7,65) ^{def}	18,27 (9,42) ^{def}	13,80 (7,40) ^{bcdef}	10,04 (6,29) ^{abc}
Weide	17,78 (8,97) ^{ef}	19,56 (10,50) ^f	14,83 (8,17) ^{cdef}	12,40 (7,82) ^{bcd}

(Mittelwerte und Standardabweichungen, unterschiedliche Buchstaben signalisieren signifikante Mittelwertdifferenzen, two way anova post hoc Tukey-Test, $\alpha=0,05$)

Da aber selbst bei Weidenutzung mit weitgehend recyceltem P eine Abnahme festzustellen ist, verbleibt eine Erklärungslücke. Entweder sind die Prozessgeschwindigkeiten der P-Mineralisation im Hauptwurzelraum und des P-Entzuges durch den Grünlandbestand unterschiedlich, was sich dann aber im P_T -Depot zeigen sollte, oder es kommt mit zunehmender Nutzungsdauer und Degradation zu einer Zunahme von P-Verlusten aus dem Oberboden durch andere Prozesse, wie der Auswaschung.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sehr lange Zeiträume zu betrachten und bei Restitutionsmaßnahmen dementsprechend zu planen sind, um im Falle des Phosphors zu einer Deeutrophierung ehemals intensiv genutzter Niedermoorstandorte zu gelangen.

Mit der Wahl der Nutzungsart besteht ein wirksames Instrument zur Steuerung der Trophieverhältnisse. Die Langzeitergebnisse zur P-Dynamik sind sowohl aus naturschutzfachlicher Sicht von hohem Stellenwert als auch für die ökonomische Grünlandnutzung organischer Böden von Interesse. So entsprechen die hier für 2016 aufgeführten P_{DL} -Konzentrationen des Oberbodens unter Berücksichtigung der korrespondierenden Trockenrohddichten ungeachtet der kontinuierlichen Abnahmetendenzen im Beobachtungszeitraum noch den Bodengehaltsklassen C (Weide und Mähweide) bzw. B (Schnittnutzung). Damit wirkt Phosphor nur in einzelnen Ausnahmefällen der ausschließlichen Wiesennutzung limitierend auf den Grünlandertrag. Die Begrenzungen durch die gewollt späte Abtrocknung der Flächen im Primäraufwuchs und ferner die durch einen Mangel an Kalium dürften schwerer wiegen. Weitere Untersuchungen unter Einbeziehung des P-Depots (P_T) sind geplant und nötig, um die Prozesse und Flüsse des Phosphors in degradierten, wiedervernässten Moorböden noch besser zu verstehen.

Literatur

- Blankenburg, J. (2005): Möglichkeiten zur Wiedervernässung von Niedermooren und deren Auswirkungen auf Bodenwasser, Nährstoffe und Bewirtschaftung. (unveröffentlicht).
- Boeye, D., Verhagen, B., van Haesebroeck, V. und Verheyen, R.F. (1997): Nutrient limitation in species-rich lowland fens. In: *Journal of Vegetation Science* 8 (3), S. 415–424.
- Bünemann, E., Oberson, A. und Frossard, E. (2011): Phosphorus in Action. Biological Processes in Soil Phosphorus Cycling. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Deubel, A. und Merbach, W. (2005): Influence of Microorganisms on Phosphorus Bioavailability in Soils. In: Buscot, F. [Hrsg.]: *Microorganisms in soils. Roles in genesis and functions*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 177–191.
- Elser, J.J., Bracken, M.E.S., Cleland, E.E., Gruner, D.S., Harpole, W.S., Hillebrand, H. *et al.* (2007): Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. In: *Ecology letters* 10 (12), S. 1135–1142.
- Eschner, D. und Liste, H.-H. (1995): Stoffdynamik wieder zu vernässender Niedermoore. In: *Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung* (36), S. 113–116.
- Gelbrecht, J. und Koppisch, D. (2001): Phosphor-Umsetzungsprozesse. In: Succow, M. und Joosten, H. [Hrsg.]: *Landschaftsökologische Moorkunde*. 2. Aufl. Stuttgart: Schweizerbart, S. 24–26.
- George, T.S., Fransson, A.-M., Hammond, J.P. und White, P.J. (2011): Phosphorus Nutrition: Rhizosphere Processes, Plant Response and Adaptations. In: Bünemann, E., Oberson, A. und Frossard, E. [Hrsg.]: *Phosphorus in Action. Biological Processes in Soil Phosphorus Cycling*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 245–271.
- Jouany, C., Cruz, P., Daufresne, T. und Duru, M. (2011): Biological Phosphorus Cycling in Grasslands: Interactions with Nitrogen. In: Bünemann, E., Oberson, A. und Frossard, E. [Hrsg.]: *Phosphorus in Action. Biological Processes in Soil Phosphorus Cycling*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 275–294.
- Kapfer, A. (1988): *Versuche zur Renaturierung gedüngten Feuchtgrünlandes. Aushagerung und Vegetationsentwicklung*. Berlin: Cramer in der Gebr. Borntraeger Verl.-Buchh.
- Koppisch, D., Roth, S., Knapp, M., Blankenburg, J. und Eschner, D. (2001): Einfluss von Vernässung und Bewirtschaftung auf pflanzliche Nährstoffe. In: Kratz, R. [Hrsg.]: *Ökosystemmanagement für Niedermoore. Strategien und Verfahren zur Renaturierung*. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer, S. 92–104.

- Kruse, J., Altermann, M., Schlichting, A., Kretschmner, H. und Leinweber, P. (2011): Bewirtschaftungsbedingte Veränderungen von Niedermoorböden in der Lewitz-Niederung – The effects of land use on fenlands soils in the Lewitz lowland. In: TELMA (41), S. 15–28.
- Müller, J., Kayser, M. und Belting, H. (2010): Concepts for nutrient management in nature conservation areas on organic soils. In: Schnyder, H., Isselstein, J., Taube, F., Auerswald, K., Schellberg, J., Wachendorf, M. *et al.* [Hrsg.]: Grassland Science in Europe. Grassland in a changing world. Proceedings of the 23rd General Meeting of the European Grassland Federation Kiel, Germany, August 29th–September 2nd 2010. Duderstadt: Mecke (Grassland science in Europe, 15), S. 1075–1077.
- Schlichting, A. (2004): Phosphorstatus und -umsetzungen in degradierten und wiedervernässten Niedermoo- ren. Dissertation. Universität Rostock.
- Thun, R., Hoffmann, G. und Bassler, R. (2012): Die Untersuchung von Böden – Methodenbuch. 4. Aufl. Darmstadt: VDLUFA-Verl.
- van Duren, I.C. und Pegtel, D.M. (2000): Nutrient limitations in wet, drained and rewetted fen meadows: evaluation of methods and results. In: Plant and Soil 220 (1/2), S. 35–47.
- Zeitz, J. und Velty, S. (2002): Soil properties of drained and rewetted fen soils. In: J. Plant Nutr. Soil Sci. 165 (5), S. 618–626.

Nachhaltige Bewirtschaftung der Rohrglanzgraswiesen auf Niedermoor

Hochberg, H., Hochberg, E. und Zart, S.
 Deutscher Grünlandverband e.V.
 Bauer Damm 6, 14641 Nauen
hans.hochberg@t-online.de

Problemstellung

In Brandenburg befinden sich ca. 60 % des Grünlandes auf Niedermoor- und Anmoorstandorten (Fechner *et al.* 1994), darunter u.a. noch großflächig Rohrglanzgraswiesen (Phalaridetum arundinaceae), z.B. im Havelländischen Luch. Die extensive Bewirtschaftung vom Dauergrünland mit zeitweilig hohem Wasserstand und ohne Eingriff in die Bodenstruktur stellt die schonendste Nutzung der Niedermoore dar. Rohrglanzgras eignet sich hervorragend für die zeitweilig überstauten und im Sommer meist trockenfallenden Niedermoore aufgrund der hohen Anpassungsfähigkeit seines Wurzelsystems an die herrschenden Standortbedingungen (Weber 1928, Bolton und McKenzie 1946, Hochberg 1977). Untersuchungen zur nachhaltigen Bewirtschaftung dieser Nasswiesen unter den Bedingungen einer bereits langjährig betriebenen, sehr extensiven Wirtschaftsweise liegen nicht vor. Die extensive Bewirtschaftung ist für die Rohrglanzgraswiesen prädestiniert. Zweischnittnutzung ist am zweckmäßigsten (Klapp 1971). Die Kaliumdüngung gehört auf Niedermoor zu den wichtigsten Bewirtschaftungsmaßnahmen, weil der Bodenvorrat gering ist und bei Düngeverzicht schnell aufgebraucht ist. Untersuchungen dazu liegen von Schuppenies (1995) und Käding (1996) vor. Das Ziel besteht darin, ein moorschonendes, bestandserhaltendes Bewirtschaftungsregime für Rohrglanzgraswiesen zu finden, mit dem eine von Mutterkühen verwertbare Biomasse erzeugt werden kann.

Material und Methoden

Standort: Es handelt sich um ein flachgründiges (30 cm Moorschicht), grundwassernahes Niedermoor über Talsand mit mäßiger Entwässerung im Havelländischen Luch. Der Standort wird nachhaltig geprägt von periodischen Überstauungen über Winter bis April/Mai (ca. 15 cm Wasserhöhe) in 6 von 8 Versuchsjahren und zeitweilig hohen Grundwasserständen von ca. 20 cm in der Vegetationsperiode.

Boden: pH-Wert: 7,1; P: im Oberboden (0–10 cm) 12,8 mg/100 g B. (sehr hoch), in 10–20 cm Bodentiefe 9,8 mg/100 g B. (hoch); K: im Oberboden (0–10 cm) 21 mg/100 g B. (hoch), in 10–20 cm Bodentiefe 7 mg/100 g B. (niedrig); Mg: durchweg über 20 mg/100 g B. (sehr hoch).

Jahreswitterung: ostdeutsches Binnenklima, Wetterstation Berge bei Nauen 30jähriges Mittel 9,2 °C und 501,9 mm; warmer, niederschlagsarmer Standort.

Pflanzenbestand: Rohrglanzgrasgesellschaft (Phalaridetum arundinaceae), Ertragsanteilschätzung (in %) jeder vorkommenden Art nach Klapp-Stählin im Juni.

Prüfglieder: (Tabelle 1).

Tabelle 1: Prüfglieder des Parzellen-Exaktversuches

Prüfglied (PG)	Nutzung			Düngung (kg Reinnährstoff/ha)
	1. Aufw.	2. Aufw.	3. Aufw.	
1	01. Juni	22. Juli ¹⁾	09. Oktober ²⁾	P: 30 kg P/ha Triplesuperphosphat K: 235 kg K/ha Kornkali
2	23. Juni	03. Oktober		K: 140 kg/ha Patentkali
3	23. Juni	03. Oktober		ohne
4	03. Oktober			ohne

¹⁾ 2013: 30. September überschwemmungsbedingt, ²⁾ 2013: kein erntbarer Aufwuchs

Randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen, Parzellengröße 3 x 7 m (Ernteparzelle 8,75 m²) Laufzeit 8 Jahre (2008–2015); Prüfglied 1 nur 5 Jahre (2011–2015).

Prüfmerkmale: TM-Ertrag; XF, ADF, XP, K, P (% i. d. TS); NEL (MJ/kgTM) und ELOS (%) je Aufwuchs und Prüfglied.

Ergebnisse und Diskussion

Trockenmasseertrag: Die Trockenmasse-Erträge zeigen eine starke Abhängigkeit vom Bewirtschaftungsregime (Tabelle 2).

Tabelle 2: Trockenmasse-Erträge (dt/ha) einer Rohrglanzgras-Gesellschaft in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungsregime auf einem Niedermoorstandort (Mittel 8 Versuchsjahre; 2008–2015)

Nr.	Prüfglied (PG) Bewirtschaftung	Trockenmasse-Ertrag (dt/ha)				Jahr
		1. Aufw.	2. Aufw.	3. Aufw.	GD _{Tuky 5 %}	
1 ¹⁾	3 Schnitte und PK-Düngung	42,7	39,3	26,4	8,6	108,4
2	2 Schnitte und K-Düngung	69,4	57,8		7,4	127,2
3	2 Schnitte ohne Düngung	46,8	43,9		5,1	90,7
4	1 Herbstschnitt o. Düngung	83,4				86,4
	GD _{Tuky 5 %} ²⁾	6,9	6,5			7,1

¹⁾ 5 Versuchsjahre; 2011–2015, ²⁾ ohne PG 1

Die 8jährigen Untersuchungen bestätigen die sehr hohe natürliche Ertragsfähigkeit der Rohrglanzgraswiesen auf Niedermoor (Kononov 1974, Hochberg *et al.* 2011). Mit PG 2 ist der höchste Ertrag erzielt worden. Der Düngeeffekt gegenüber PG 3 beträgt mehr als 36 dt TM/ha/a. Bei PG 1 ist gegenüber PG 2 ein signifikant geringerer Ertrag aufgewachsen. Ursachen dafür könnten in der früheren 1. Nutzung und den kürzeren Nutzungsintervallen gesehen werden. PG 4 hat gegenüber PG 3 einen gesicherten Minderertrag zur Folge. Die unzureichende Wasserregulierung und die Jahreswitterung wirkten sich deutlich auf die Erträge in den einzelnen Versuchsjahren aus. So wurden in den ersten 3 Versuchsjahren unter günstigeren Witterungsverhältnissen deutlich höhere Erträge als in der nachfolgenden Versuchsperiode ermittelt (Zart 2016).

Futterqualität: Das schnelle physiologische Altern von *Phalaris arundinacea*, die späte erste Mahd sowie die langen Nutzungsintervalle bedingen sehr hohe XF- und ADF-Gehalte sowie sehr niedrige XP-Gehalte, ausgenommen der XP-Gehalt von PG 1, erste Nutzung (Tabelle 3).

Tabelle 3: Qualitätskriterien einer Rohrglanzgras-Gesellschaft in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungsregime auf einem Niedermoorstandort (Versuchsdauer: 8 Jahre; 2008–2015)

Nr.	Prüfglied		Aufw.	XF	ADF	XP	K	P	NEL	ELOS
	Schnitte	Düng.								
1 ¹⁾	3	PK	1.	31,5	35,7	12,4	2,37	0,25	4,9	51
			2.	29,8	35,8	11,3	2,26	0,32	4,7	48
			3.	26,8	31,5	9,6			5,4	52
2	2	K	1.	34,3	41,1	8,6	1,80	0,18	4,3	38
			2.	31,0	38,0	10,1	1,00	0,20	4,4	39
3	2	ohne	1.	32,6	39,2	8,4	0,86	0,17	4,5	42
			2.	29,0	35,9	12,4	0,66	0,24	4,3	41
4	1	ohne	1.	33,5	41,2	9,3	0,76	0,17	4,0	35

¹⁾ 5 Versuchsjahre; 2011–2015

NEL liegt dementsprechend deutlich unter 5 MJ/kg TM. ELOS erreicht mit deutlich unter 50 % extrem niedrige Werte, ausgenommen PG 1. Die K- und P-Gehalte zeigen eine Abhängigkeit von der Nährstoffzufuhr. Sie erfüllen nur bei hoher PK-Düngung im PG 1 die ernährungsphysiologischen Anforderungen.

Vegetationsdynamik: Die Pflanzengemeinschaft war zu Versuchsbeginn ein Phalaridetum arundinaceae. *Phalaris arundinacea* nahm ca 80 % Ertragsanteil (EA) ein. In diesem sehr wüchsigen, dichten Bestand traten als Begleitarten *Poa palustris* mit 13 % EA, *Alopecurus pratensis* mit 3 % EA, *Alopecurus geniculatus* und *Agrostis canina* mit ca 1 % EA auf. Vereinzelt vertreten waren *Carex echinata*, *Carex cuprina* und *Juncus articulatus*. Die Kräuter waren nur spärlich, u.a. mit *Ranunculus repens*, *Polygonum persicaria* und *Lychnis flos cuculi*, vertreten.

Die Leguminosen (*Trifolium hybridum*, *Vicia cracca*, *Lathyrus palustris*) waren nur mit Einzelexemplaren am Bestand beteiligt.

Im Versuchszeitraum war eine bemerkenswerte Dynamik der Vegetation als Reaktion auf die sich durch das Bewirtschaftungsregime veränderten Standort- und Wuchsbedingungen festzustellen, die vor allem im 6. bis 8. Versuchsjahr z.T. mit großer Verschiebung der Artanteile einherging (Tabelle 4).

Bei PG 1 haben sich mit zunehmender Lückigkeit *Poa palustris*, *Alopecurus pratensis* und *Poa pratensis* zügig, stark ausgebreitet und *Phalaris arundinacea* entsprechend zurückgedrängt. *Agrostis canina* sowie *Ranunculus acris* und *R. repens*, aber auch der Störzeiger *Cirsium arvense* breiteten sich nach der langanhaltenden Frühjahrsüberstauung 2013 aus. *Alopecurus geniculatus*, *Carex echinata* und *C. cuprina* sowie *Lychnis flos cuculi* u.a. blieben vereinzelt im Bestand vertreten. Im Verlauf von fünf Versuchsjahren hat sich aus dem Phalaridetum arundinaceae eine von *Alopecurus pratensis* geprägte Feuchtwiesengesellschaft entwickelt.

Tabelle 4: Vegetationsdynamik (Ertragsanteil %) eines Phalaridetum arundinaceae in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungsregime auf einem Niedermoorstandort (8 Versuchsjahre; 2008–2015)

Art	Prüfglied Jahr	1			2				3				4			
		11	13	15	08	10	13	15	08	10	13	15	08	10	13	15
<i>Phalaris arundinacea</i>		87	66	41	78	81	73	70	78	74	51	12	77	78	60	38
<i>Poa palustris</i>		10	14	20	16	8	8	7	11	9	9	17	16	14	12	13
<i>Poa pratensis</i>		1	2	12	1	6	2	4	4	8	7	25	+	+	4	9
<i>Alopecurus pratensis</i>		2	6	15	+	+	1	3	2	2	4	5	4	6	9	22
<i>Alopecurus geniculatus</i>		+	+	+	2	1	1	+	2	1	1	1	2	1	+	+
<i>Agrostis canina</i>		+	3	2	+	1	2	1	r	1	5	6	+	+	3	2
<i>Carex echinata</i>		r	+	+			r	+	r	+	2	2	+	r	1	1
<i>Carex cuprina</i>		+	+	+	1	1	+	+	r	+	1	3	+	1	1	+
<i>Juncus articulatus</i>									r	r	+	r	r	r	+	r
<i>Elytrigia repens</i>		+	1	1	+	1	2	1	1	1	1	2		r	1	+
<i>Ranunculus repens</i>		+	1	2	+	+	1	3	+	2	6	9	r	r	+	1
<i>Ranunculus acris</i>		+	3	2	2	1	4	3	2	2	7	3	1	+	4	2
<i>Lychnis flos-cuculi</i>		r	+	+		r	+	1		+	+	5		r	+	1
<i>Polygonum persicaria</i>		r	1	+	r	r	+	+	r	+	2	1			1	+
<i>Polygonum bistorta</i>		r	r	r									r	r	r	r
<i>Galium palustre</i>			r	r		r	r	r		r	1	r			r	r
<i>Mentha longifolia</i>		r	r	r			r	1		r	+	2			+	r
<i>Epilobium palustre</i>				r		r	r	r		r	+	1		r	r	+
<i>Cardamine pratensis</i>											r	r				
<i>Sonchus palustris</i>			r				r	r				r	r			
<i>Silene dioica</i>							r	r							r	r
<i>Potentilla anserina</i>						r	r	r								
<i>Glechoma hederacea</i>							r	r				r				r
<i>Cerastium holosteoides</i>									r	r	+	1				
<i>Taraxacum officinale</i>		r	r	r	r	r	r	+	r	r	r	r				r
<i>Rumex crispus</i>						r	+	r	r	+	1	1			1	+
<i>Cirsium arvense</i>			2	5		r	2	5	r	r	+	3		r	2	9
<i>Urtica dioica</i>				r			r	r							r	2
<i>Plantago major</i>		+	+	+							r	r			r	r
<i>Trifolium hybridum</i>		+	1	+	r	+	2	1		r	1	+		r	+	r
<i>Vicia cracca</i>			+	+	r	r	2	+	r	+	1	1		r	1	+
<i>Lathyrus palustris</i>					r				r	r	r	r				

PG 2 hat die geringsten Verschiebungen der Artanteile bewirkt. Der leichte Rückgang von *Phalaris arundinacea* geht einher mit einer geringfügigen Zunahme von *Alopecurus pratensis*, während die anderen Gräser der Feuchtwiesen, ausgenommen *Agrostis canina* und *Carex echinata*, tendenziell zurückgehen, vor allem *Poa palustris*. Alle Kräuter der Feuchtwiesen wie auch die Störzeiger, vor allem *Cirsium arvense*, und auch die Leguminosen nehmen nach 3 bis 5 Versuchsjahren auffällig zu. Das Phalaridetum arundinaceae ist bei dieser Wirtschaftsweise erhalten geblieben und artenreicher geworden.

PG 3 hat zur stärksten Bestandesumschichtung geführt, indem *Phalaris arundinacea* mit zunehmender Versuchsdauer immer stärker von *Poa pratensis*, *P. palustris*, *Alopecurus pratensis* und *Agrostis canina* zurückgedrängt worden ist. Alle Kräuter der Feuchtwiesen, vor allem *Ranunculus repens* und *R. acris* sowie *Lychnis flos cuculi*, *Polygonum persicaria* und *Mentha longifolia*, wie auch die Störzeiger, vor allem *Cirsium arvense*, traten verstärkt hervor. Im Verlauf von 8 Versuchsjahren ist aus dem Phalaridetum arundinaceae eine artenreiche Wiesenrispen-Gesellschaft mit zahlreichen Wechselfeuchtezeigern entstanden.

PG 4 hat zu einem kontinuierlichem Rückgang von *Phalaris arundinacea* zugunsten von *Alopecurus pratensis*, *Poa pratensis*, *Agrostis canina*, *Carex echinata* und *C. cuprina* geführt. Der von Anfang an hohe Anteil an *Poa palustris* sowie der Anteil an *Juncus articulatus* ist erhalten geblieben. In der Kräuterfraktion haben die Arten der Feuchtwiesen, vor allem die *Ranunculus* species sowie *Lychnis flos cuculi* gegen Ende der Versuchsperiode zugenommen. Auffallend hoch ist seit Mitte der Versuchsperiode der Anteil Störzeiger, vor allem der an *Cirsium arvense* und *Urtica dioica*. Unter diesem Nutzungsregime hat sich aus dem Phalaridetum arundinaceae eine artenreichere, von *Alopecurus pratensis* und den *Poa* species geprägte Feuchtwiesengesellschaft entwickelt.

Schlussfolgerungen

- Auf wechselfeuchtem Niedermoor ist die Zweischnittnutzung in Verbindung mit einer K-Düngung die nachhaltige, ökologische wie ökonomische Erwartungen erfüllende Nutzungsform des Phalaridetum arundinaceae.
- Die Notwendigkeit der K-Düngung des Niedermoor-Dauergrünlandes wird in der extensiven Grünlandwirtschaft unterschätzt, obwohl ohne diese K-Zufuhr nicht von einer nachhaltigen, wenn auch extensiven Grünlandbewirtschaftung ausgegangen werden kann.
- Bestandserhaltende, extensive Nutzung des Phalaridetum arundinaceae ist mit einer sehr geringen Futterqualität verbunden. Bei anteiligem Einsatz in der Ration kann das Futter jedoch in der Mutterkuhhaltung eingesetzt werden.
- Standortangepasste Nutzung des Phalaridetum arundinaceae ist aktiver Moorschutz, der jedoch massiver gesellschaftlicher Unterstützung bedarf, weil der Nutzen auf volkswirtschaftlicher Ebene entsteht.

Literatur

- Bolton, J.L. und Mckenzie, R.E. (1946): The effect of early spring flooding on certain forage crops. *Sci Agric*: S. 99–105.
- Fechner, M., Baeck, I., Kunkel, G., Priebe, R. und Zube, P. (1994): Grünland in Brandenburg. – *Min. f. Ernähr., Landw. u. Forsten*. Potsdam. 124 S.
- Hochberg, H. (1977): Der Einfluss simulierter Überschwemmungen auf Überflutungstoleranz, Ertrag und Futterqualität ausgewählter Gräserarten in einem Modellversuch, *Dissertation*, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. 130 S.
- Hochberg, H., Gödeke, K., Hering, T., Schmidt, F., Lochmann, Y., Hochberg, E. und Jäger, U. (2011): Optimierung der nachhaltigen Biomassebereitstellung von repräsentativen Dauergrünlandtypen für die thermische Verwertung. – *Forsch.-bericht Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft*. 107 S.
- Klapp, E. (1971): Wiesen und Weiden. Eine Grünlandlehre. *Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg*. 632 S.
- Käding, H. (1996): Auswirkungen variiertes Kaliumdüngung auf Niedermoorgrünland. – *Archiv Acker- Pfl. Bodenkd.*, Vol. 40, S. 205–215.
- Kononov, M. (1974): Pavodok i produktivnost` lugov. – *Korma*. 1/1974. S. 33–35.
- Schuppenies, R. (1995): Die Bedeutung der Kaliumdüngung auf Niedermoorgrünland. – *39. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*. Freising-Weihenstephan. S. 71–76.
- Zart, S. (2016): Ertrag und Futterqualität von Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea* L.) auf Niedermoor im Großen Havelländischen Luch. *B.Sc.-Arbeit*, Humboldt-Univ. zu Berlin. 42 S.

Festuca arundinacea auf Niedermoor – Sorten und ihre Futterqualität

Jänicke, H.

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern,
Institut für Tierproduktion

Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf

h.jaenicke@lfa.mvnet.de

Einleitung und Problemstellung

Für die Futtergewinnung vom Grünland bestehen Anforderungen aus der Fütterung, die am ehesten mit *Lolium perenne* zu erfüllen sind. Doch auf Niedermoor zeigen sich Grenzen für Leistungsvermögen und Ausdauer dieser Art. Da die bisherigen Resultate nicht ausreichend befriedigen, wird weiterhin nach Alternativen für Hauptbestandesbildner auf diesen Grünlandstandorten gesucht. *Festuca arundinacea* zeigte nicht nur hohe Ertragsleistungen sondern gilt auch als relativ robust unter schwierigen Standortverhältnissen. Eine höhere Widerstandskraft gegenüber tieferen Temperaturen im Winter und zeitweiliger Überflutung im Frühjahr war mehrfach zu beobachten Czyz *et al.* (2015). Kritisch gewertet wird nach wie vor die im Vergleich zu anderen Gräsern geringere Futterqualität. Mit neuen Sorten stellt sich auch die Frage nach dem qualitativen Leistungspotenzial neu. Mitteilungen über Neuzüchtungen mit geringerer Blatthärte ließen gegenüber bisher bekannten Sorten positive Veränderungen im Futterwert vermuten. Neben der grundlegenden Frage nach der mit den aktuellen Rohrschwingelsorten erreichbaren Futterqualität im Verhältnis zu den Qualitätsansprüchen der Milchvieh- und Mutterkuhhaltung werden Fragen zu den Unterschieden zwischen den herkömmlichen und den weichblättrigen Rohrschwingelsorten gestellt. Um darauf fundiert Antwort geben zu können, wurde Rohrschwengel in Ansaatmischungen wie auch mit einzelnen Sorten untersucht. Im Folgenden werden Ergebnisse aus diesen Untersuchungen vorgestellt.

Material und Methoden

Der Rohrschwengel-Sortenversuch wurde im August 2012 auf drei Niedermoorstandorten als einfaktorische Blockanlage mit zehn Prüfgliedern und vier Wiederholungen (Parzellengröße 15 m²) angelegt. Die Versuche wurden betriebsüblich bewirtschaftet. Jeweils vor der Ernte durch den Betrieb wurden an zwei Orten die Proben entnommen. Die ausgewählten Sorten sollen einerseits stellvertretend für die Gruppe der herkömmlichen Sorten und andererseits für die Züchtungsrichtung weichblättriger Sorten des Rohrschwingels stehen. Sie wurden für die Auswertung entsprechend gruppiert. Die als weichblättrige Rohrschwingelsorten beschriebenen Sorten sind hier BAROLEX, BARDOUX, BARELITE und BARIANE und werden im Folgenden als Rohrschwingelsortentyp „soft“ bezeichnet. Die herkömmlichen Sorten in dieser Untersuchung sind HYKOR (entsprechend der Bundessortenamtslistung), LIPALMA und FAWN und werden als konventionelle Sorten (= „konv.“) zusammengefaßt. Die Gegenüberstellung der beiden Sortengruppen mit dem Schwerpunkt Futterqualität war ein Ziel der Arbeit.

Die Frischgrasproben wurden nach VDLUFA-Methoden analysiert. Als Parameter für den Vergleich dienen: der Energiegehalt (berechnet mit der Schätzgleichung (AfB 2008), in der die Gasbildung im Hohenheimer Futterwerttest als Parameter enthalten ist), für die Verdaulichkeit die Gasbildung im HFT, Rohasche (=RA), Rohprotein (=RP), Rohfett (=RFE), Wasserlösliche Kohlenhydrate (=WKH) und zur Charakterisierung der Faserfraktionen: Rohfaser (=RFA), ADF_{OM}, aNDF_{OM}, ADL und aus letzteren berechnet Hemizellulose (=HEC = aNDF_{OM} – ADF_{OM}) sowie Zellulose (=CEL = ADF_{OM} – ADL).

Ergebnisse und Diskussion

In den Tabellen 1 und 3 sind die Mittelwerte für die untersuchten Ersten und Folgeaufwüchse sowie für alle 14 Aufwüchse aus drei Jahren von zwei Orten gezeigt, in den Tabellen 2 und 4 für die einzelnen Aufwüchse und Orte. In den Tabellen 1 und 3 werden mittlere Futterqualitäten ausgewiesen, mit denen Anforderungen der Milchproduktion (Losand 2015) erfüllt bzw. nur wenig verfehlt werden.

So wurden Energiegehalte von 6,3–6,4 MJ NEL/kg TM von den ersten Aufwüchsen sowie 6,0 MJ NEL/kg TM von den Folgeaufwüchsen erreicht und das bei guter Verdaulichkeit mit mehr als 50 ml/200 mg TM Gasbildung bzw. mehr als 45 ml/200 mg TM. Die Orientierungswerte für Rohasche, Rohprotein und teilweise ADF_{om} werden eingehalten.

Tabelle 1: Energie- und Nährstoffgehalte, Mittelwerte (=MW) von Rohrschwingelsorten, 2013–2015

Rohrschwingelsortentyp	MW	Aufwuchs	Energie	Gasbildung	RA	RP	RFE	WKH
			MJ NEL/kg TM	ml/200 mg TM				
Konv.	n=12	1.	6,3	53,0	79	165	25	113
Soft	n=16	1.	6,4	52,8	82	171	25	109
Differenz			-0,1	0,3	-3	-6	-1	4
Konv.	n=30	2.–4.	6,0	48,9	85	155	28	83
Soft	n=40	2.–4.	6,0	48,5	90	163	27	73
Differenz			0	0,4	-5	-8	0	11
Konv.	n=42	1.–4.	6,1	50,1	83	158	27	92
Soft	n=56	1.–4.	6,1	49,7	87	166	27	83
Differenz			0	0,4	-4	-7	0	9

Tabelle 2: Energie- und Nährstoffgehalte, Mittelwerte von Rohrschwingelsorten (konv: n=3, soft: n=4)

Ort	Jahr	Aufwuchs	Energie	Gasbildung	RA	RP	RFE	WKH
			MJ NEL/kg TM	ml/200 mg TM				
Rohrschwingelsortentyp Konventionell								
RAMIN	2013	3.	5,89	49,6	90	141	27	99
RÜHN	2013	3.	5,75	44,8	94	174	28	64
RAMIN	2014	1.	6,34	53,6	76	154	22	144
RÜHN	2014	1.	6,12	52,7	85	163	23	92
RÜHN	2014	2.	5,95	50,4	76	147	25	92
RÜHN	2014	3.	5,59	48,3	81	124	22	91
RÜHN	2014	4.	6,30	48,3	89	194	30	83
RAMIN	2014	4.	5,85	49,7	77	144	27	74
RAMIN	2015	1.	6,25	51,8	69	165	25	110
RÜHN	2015	1.	6,47	54,0	85	180	28	106
RAMIN	2015	2.	6,36	52,0	76	173	29	110
RÜHN	2015	2.	6,32	51,6	83	149	30	117
RAMIN	2015	3.	5,78	47,0	95	154	30	56
RAMIN	2015	4.	5,86	47,6	90	153	30	49
Rohrschwingelsortentyp Soft								
RAMIN	2013	3.	5,89	49,3	94	149	27	84
RÜHN	2013	3.	5,71	44,1	94	183	26	52
RAMIN	2014	1.	6,38	53,7	77	156	23	140
RÜHN	2014	1.	6,12	52,2	84	164	24	89
RÜHN	2014	2.	6,02	50,4	79	162	25	80
RÜHN	2014	3.	5,57	47,1	86	136	22	78
RÜHN	2014	4.	6,49	49,2	93	209	31	87
RAMIN	2014	4.	5,86	49,1	85	153	27	68
RAMIN	2015	1.	6,29	50,9	75	177	26	94
RÜHN	2015	1.	6,65	54,2	91	188	29	113
RAMIN	2015	2.	6,15	51,2	79	170	29	91
RÜHN	2015	2.	6,27	51,6	89	158	29	102
RAMIN	2015	3.	5,73	46,1	99	158	29	45
RAMIN	2015	4.	5,87	47,1	100	155	31	44

Tabelle 3: Fasergehalte, Mittelwerte (=MW) von Rohrschwingelsorten, 2013- 2015

Rohrschwingel-Sortentyp	MW	Aufwuchs	RFA	ADFOM	aNDFOM	ADL	HEC	CEL
g/kg TM								
Konv.	n=12	1.	265	289	531	20	243	269
Soft	n=16	1.	258	281	518	19	238	261
Differenz			7	8	13	1	5	8
Konv.	n=30	2.-4.	282	306	556	23	250	282
Soft	n=40	2.-4.	284	307	560	24	252	278
Differenz			-2	-1	-3	0	-2	4
Konv.	n=42	1.-4.	277	301	549	22	248	278
Soft	n=56	1.-4.	276	300	548	22	248	273
Differenz			1	2	1	0	0	5

Tabelle 4: Fasergehalte, Mittelwerte von Rohrschwingelsorten (konv: n=3, soft: n=4)

Ort	Jahr	Aufwuchs	RFA	ADFOM	aNDFOM	ADL	HEC	CEL
g/kg TM								
Rohrschwingelsortentyp Konventionell								
RAMIN	2013	3.	306	313	551	n.e.	238	
RÜHN	2013	3.	280	316	569	n.e.	253	
RAMIN	2014	1.	266	274	512	21	238	253
RÜHN	2014	1.	285	309	560	22	250	287
RÜHN	2014	2.	295	312	559	22	247	290
RÜHN	2014	3.	311	331	583	29	252	302
RÜHN	2014	4.	266	276	527	20	251	256
RAMIN	2014	4.	316	325	585	25	261	299
RAMIN	2015	1.	261	287	534	n.e.	247	
RÜHN	2015	1.	249	284	519	16	235	268
RAMIN	2015	2.	259	285	524	n.e.	238	
RÜHN	2015	2.	237	272	497	18	225	254
RAMIN	2015	3.	272	321	590	n.e.	269	
RAMIN	2015	4.	277	314	580	25	266	289
Rohrschwingelsortentyp Soft								
RAMIN	2013	3.	306	314	557	n.e.	243	
RÜHN	2013	3.	283	319	579	n.e.	260	
RAMIN	2014	1.	264	272	512	21	241	251
RÜHN	2014	1.	284	306	552	22	246	284
RÜHN	2014	2.	293	310	560	25	250	286
RÜHN	2014	3.	308	328	576	31	248	297
RÜHN	2014	4.	251	261	501	19	240	243
RAMIN	2014	4.	320	321	584	25	263	296
RAMIN	2015	1.	257	282	528	n.e.	246	
RÜHN	2015	1.	227	263	481	14	218	249
RAMIN	2015	2.	285	309	557	n.e.	248	
RÜHN	2015	2.	244	281	510	17	229	265
RAMIN	2015	3.	275	322	599	n.e.	277	
RAMIN	2015	4.	272	308	576	25	268	283

Der Blick auf die einzelnen Aufwüchse und Orte zeigt (Tabellen 2 und 4), dass für die Ersten wie für die Folgeaufwüchse deutlich über den Zielwerten (Losand 2015) liegende Ergebnisse mit dem Rohrschwengel erreichbar sind.

Daneben werden jedoch mit einzelnen Aufwüchsen die Anforderungen markant unterschritten. Zum Teil lassen sich diese geringeren Qualitäten mit längeren Aufwuchszeiten infolge mangelnder Befahrbarkeit der Flächen erklären.

Bemerkenswert sind die insgesamt relativ hohe Verdaulichkeit bei teilweise hohen Fasergehalten und das niedrige Niveau der Ligningehalte. Wünschenswert erscheint, dass die Pflanzzüchtung diesen Weg weiter beschreitet und hoch verdauliche Faser für eine günstige Strukturwirkung bereitgestellt wird. Frick *et al.* (2015) sowie Suter *et al.* (2009) machen mit Prüfungsergebnissen für die Schweiz auf die hohe Bedeutung der Sortenfrage und auf Futterqualitätsaspekte bei *Festuca arundinacea* aufmerksam. Frick *et al.* (2015) sehen in ihren umfangreichen Prüfungen einige Neuzüchtungen als vielversprechend und die Züchtung bei Rohrschwengel auf dem richtigen Weg. Suter *et al.* (2009) teilen mit, dass zwischen Blattfeinheit einer Sorte und ihrer Verdaulichkeit kein Zusammenhang besteht.

Der Vergleich der Sortentypen weist nur sehr geringe bzw. keine Differenzen zwischen den Sortengruppen auf. Die bewährten Parameter bieten keinen Erklärungsansatz für Unterschiede, die sich mit Hilfe nasschemischer Analysen belegen lassen würden.

Schlussfolgerungen

Mit den aktuellen Rohrschwengelsorten läßt sich durchaus gut verwertbares Futter für die Milchproduktion erzeugen. Häufig genutzte Zielwerte der Tierernährung wurden erreicht und überschritten, aber auch unterschritten. Besonders wichtig ist beim Rohrschwengel die Einhaltung optimaler Schnitzeitpunkte, mit früher Nutzung der ersten Schnitte und Vermeidung zu langer Aufwuchszeiten bei den Folgeschnitten.

Alle Beobachtungen deuten darauf hin, dass der besondere Wert des Rohrschwengels für nordost-deutsches Niedermoorgrünland, im Vergleich zu anderen Arten, in seiner besseren Eignung für Standort und Nutzung liegt. Mit ihm scheint eine längere Ausdauer der Grünlandnarben möglich zu sein, trotz der vielfach widrigen Bedingungen.

Wie bei anderen Gräsern verdient die Sortenfrage auch bei *Festuca arundinacea* mehr Beachtung. Für die normale Schnittnutzung gibt es aus Sicht der Futterqualität nach unseren bisherigen Untersuchungen zurzeit keinen Grund, einer bestimmten Sorte oder einem Sortentyp den Vorzug zu geben. Soll beweidet werden, auch nur teilweise, so sollten weitere Ergebnisse aus Beweidungsversuchen sowie laufende Untersuchungen berücksichtigt werden.

Literatur

AfB [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2008): New Equations for Predicting Metabolizable Energy of Grass and Maize Products for Ruminants. Communications of the Committee for Requirement Standards of the Society of Nutrition Physiology. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 191–198.

Czyz, H., Jänicke, H., Kitczak, T. und Bury, M. (2015): Ocena użytków zielonych odnowionych metodą pełnej uprawy położonych na glebie organicznej w dolinie rzeki Randow (Niemcy). *Łąkarstwo w Polsce*. 18, 59–74.

Frick, R., Aebi, P., Suter, D. und Hirschi, H. (2015): Rohrschwengel: bisherige Sorten unbestritten, neue noch nicht überzeugend. *Agrarforschung* 6 (10), 448–453.

Losand, B. (2015): Anforderungen der Rinder an die Qualität und Nutzungselastizität von Grünland.

www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Gruenland_und_Futterwirtschaft/Veranstaltungen_und_Jahresberichte/index.jsp?&artikel=7421

Suter, D., Frick, R., Hirschi, H. und Chapuis, S. (2009): Rohrschwengel- und Timotheesorten geprüft. *Agrarforschung* 16 (7), 250–255.

Sanftblättriger Rohrschwengel im Vergleich zu herkömmlichen Rohrschwengel- und Futtergräserbeständen bei Rinderbeweidung

Kaiser, T., Pickert, J. und Behrendt, A.
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg
tkaiser@zalf.de

Einleitung und Problemstellung

Die Verbesserung der Ertragsfähigkeit und Futterqualität auf dem Wege der Neuetablierung von Pflanzenbeständen gestaltet sich auf suboptimalem, zur Trockenheit oder zur Nässe neigendem Grünland schwierig. Der Erfolg von herkömmlichen weidelgrasbetonten, schnellwüchsigen Nach- und Direktsaaten ist hier wegen Sommertrockenheit bzw. bis ins zeitige Frühjahr reichender winterlicher Überflutung nur von kurzer Dauer. Rohrschwengel (*Festuca arundinacea* Schreb.) weist hinsichtlich Ertragsfähigkeit, Robustheit, Ausdauer, Winterhärte, Durchwurzelungstiefe und sowohl Überflutungs- als auch Trockenheitstoleranz (Petersen 1981, Turner *et al.* 2012) günstige Eigenschaften als Pflanzenbestandsbildner für Wirtschaftsgrünland auf reliefiertem Niedermoorgrünland auf. Wegen seiner Blatthärte und Grobblättrigkeit wurde er aber als Futtergras auf Rinderweiden nicht sehr geschätzt. Neuere, „sanftblättrige“ Sorten sollen die Akzeptanz von Rohrschwengel auf Rinderweiden verbessern. Eine weitere Möglichkeit zur Qualitätsverbesserung des Rohrschwengels kann durch Einkreuzung von *Lolium*-Arten erreicht werden (Fojtik *et al.* 1990). Die Beurteilungskriterien der Futtereigenschaften werden überwiegend in Mahdversuchen in Verbindung mit Laborqualitätstests ermittelt. Direkte Beweidungsversuche zur Beurteilung der Futterpräferenz werden dagegen seltener durchgeführt. Im vorliegenden Beitrag werden 2-jährige Verbissergebnisse zweier Parzellenversuche auf Niedermoor nach erfolgter Rinderbeweidung vorgestellt. Dabei wird ein Gemisch „sanftblättriger“ Rohrschwengel-Sorten mit herkömmlichem Rohrschwengel, rohrschwengelbasiertem Festulolium, einem Standardgemisch und dem Altbestand der Koppel verglichen.

Material und Methoden

- 2 Blockanlagen mit je 4 Wiederholungen (Standorte frisch und feucht).
- Parzellengröße: 7,5 m × 8,0 m (60 m²).
- Varianten:
Frischer Standort: a) Standard-Grundgemisch (17 % *Poa pratensis*, 33 % *Phleum pratense*, 33 % *Lolium perenne*, 17 % *Festuca pratensis*), b) Gemisch aus sanftblättrigen Rohrschwengel-Neuzüchtungen (Barelite, Bariane, Barolex, Bardoux, Otaria), c) Gemisch 2er herkömmlicher Rohrschwengelsorten (Fawn, Lipalma) (d) Rohrschweidelsorte Mahulena, e) Altbestand des Rispen/Quecken-Typs mit geringen Anteilen früherer Ansaatarten (mittlere Ellenberg-Feuchtezahl: 5,6).
- Feuchter Standort: Varianten wie frischer Standort aber ohne Variante a) und Hauptarten des Altbestandes hier: *Phalaris arundinacea*, *Elymus repens*, *Poa trivialis*, *Agrostis stolonifera* und *Alopecurus geniculatus* (mittlere Ellenberg-Feuchtezahl: 6,7).
- Ansaat: August 2014. Düngung: jeweils im Frühjahr PK-Grunddüngung (30 kg P und 150 kg K). Erster Weidegang nach Etablierungsphase und Schröpfschnitt des Bestandes: Juli 2015. Selektive chemische Ampferbekämpfung auf frischem Standort im Frühjahr 2016, daher hier kein Weidegang des 1. Aufwuchses 2016.
- Weidetiere: 9 Färsen der Rasse Uckermärker, Besatzdichte: ca. 6,5 GV/ha.
- Verbissbewertung: Bonituren des Verbissgrades jeweils 3 und 5 Tage nach Auftrieb. 4-stufige Boniturskala mit: 0: kein Verbiss, 1: Spitzenverbiss (ca. 7 %), 2: zur Hälfte verbissen (ca. 50 %) und 3: vollständig verbissen (ca. 90–95 %). Da auf einer Parzelle der Verbiss meist nicht homogen ist, wurde der Deckungsgrad jeder Verbissstufe eingeschätzt und hieraus ein gewichteter mittlerer Verbiss je Parzelle ermittelt.
- Zusätzlich 2016: NIRS-Analyse der Futterqualität, jeweils kurz vor Rinderauftrieb.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1: Korrelationen (Pearson) zwischen Verbißgrad nach 5 Beweidungstagen und Verdaulichkeit (Gasbildung), alle Koeffizienten signifikant mit $P < 0,05$

Frischer Standort 2016		Feuchter Standort 2016		
2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
0,443	0,886	0,655	0,766	0,668

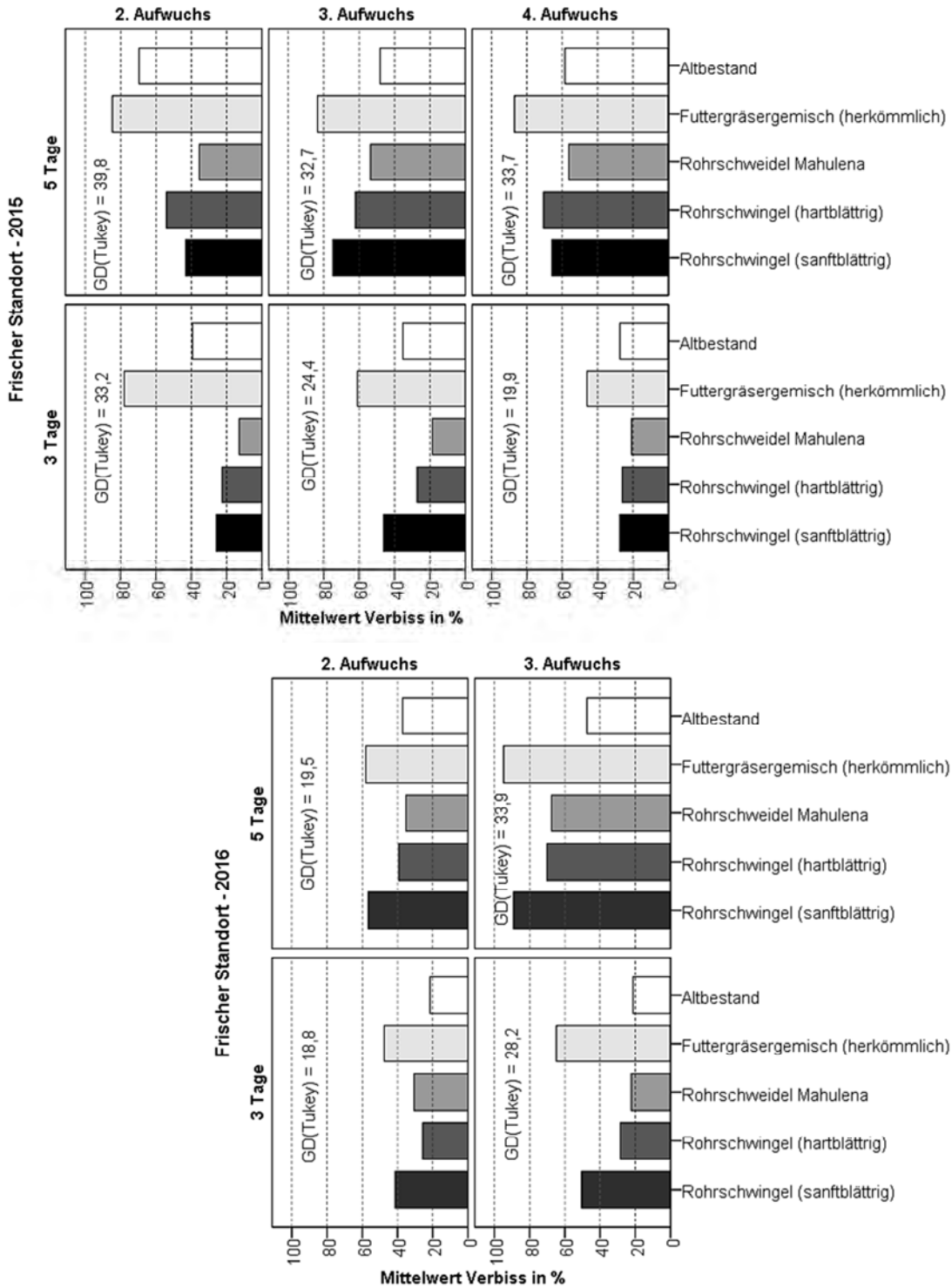


Abbildung 1: Verbissergebnisse frischer Standort (jeweils nach 3 bzw. 5 Beweidungstagen)

Die Unterschiede im Verbißgrad der Prüfvarianten wurden signifikant durch die Verdaulichkeit des Aufwuchses (Parameter Gasbildung, Hohenheimer Futterwerttest, geschätzt über NIRS) beeinflusst (Tabelle 1). Das herkömmliche Futtergräsergemisch wurde im ersten Versuchsjahr von den Jungrindern bevorzugt befallen (Abbildung 1). Der Unterschied war besonders deutlich nach dem 1. Auftrieb der Tiere auf die Parzellenversuchsfläche und reduzierte sich in den Folgeaufwüchsen. Dies lässt eine Adaption der Rinder auf das zunächst ungewohnte Futterangebot vermuten. Für diese Hypothese spricht auch der Umstand, dass die Versuchstiere den ihnen bekannten Altbestand des frischen und feuchten Standortes zu Versuchsbeginn besser verbissen als in den Folgeaufwüchsen (Abbildung 1 und Abbildung 2).

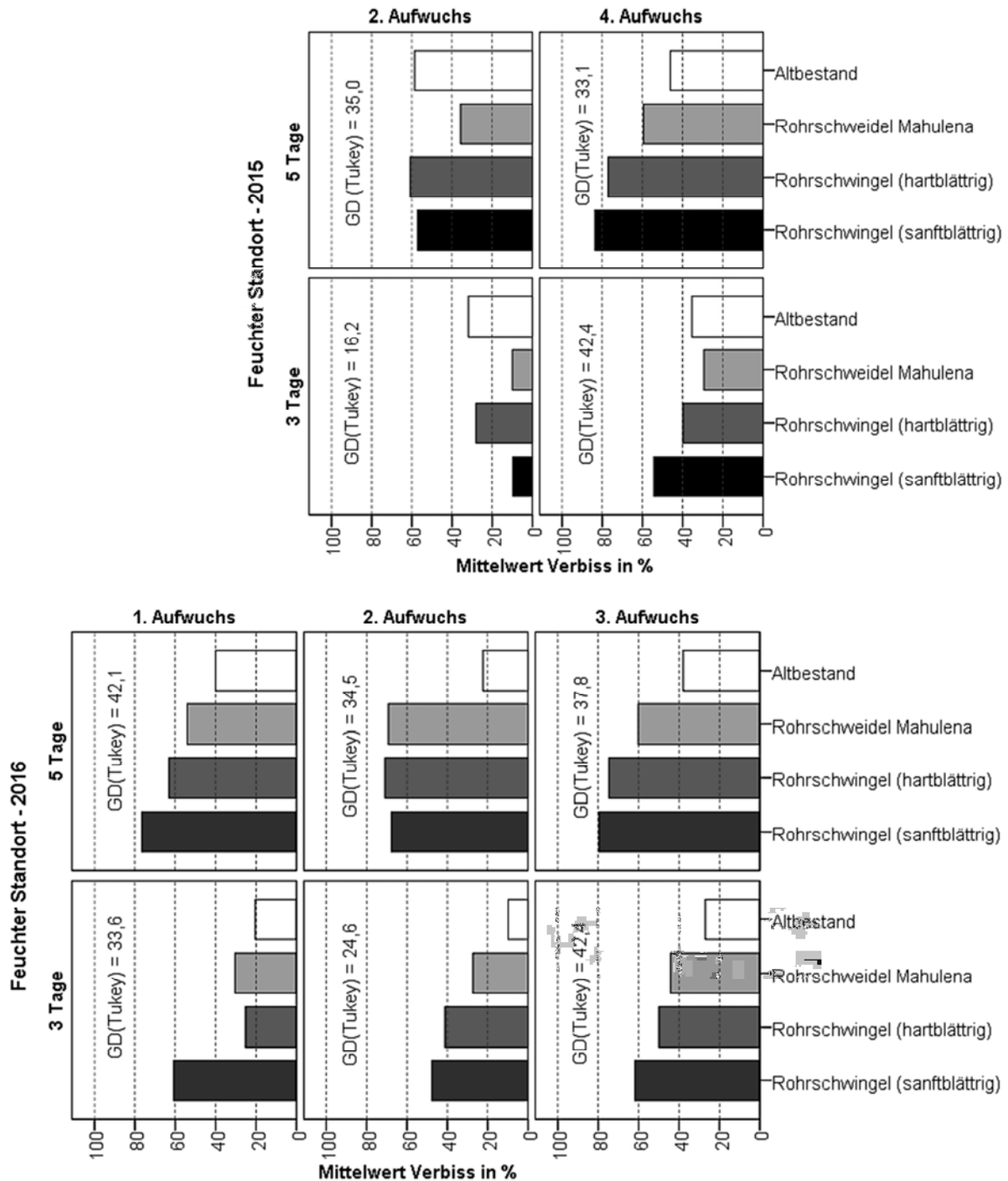


Abbildung 2: Verbissergebnisse feuchter Standort

Beweidungsversuche von Elsäßer *et al.* (2015) zeigten eine stark bevorzugte Futteraufnahme von *Lolium perenne*-Reinsaaten gegenüber *Festuca arundinacea*-Saaten, selbst wenn die neueren sanftblättrigen Rohrschwingelsorten einbezogen wurden.

Das Gemisch aus sanftblättrigen Rohrschwingelsorten wurde auf beiden Standorten etwas stärker verbissen als das herkömmliche Rohrschwengel-Sortengemisch (Abbildung 1 und Abbildung 2). Die abweichenden Ergebnisse zu Versuchsbeginn sind der langsamen Jugendentwicklung des angesäten Rohrschwingels geschuldet, wodurch die unterschiedliche Blatthärte der Rohrschwingeltypen noch nicht wesentlich in Erscheinung trat. Die rohrschwengelbasierte *Festulolium*-Sorte Mahulena wurde tendenziell am schlechtesten verbissen.

Schlussfolgerungen

Die Unterschiede in der Futterpräferenz waren nur graduell ausgeprägt, vollkommen verschmäht wurde von den Tieren keine der angesäten Versuchsvarianten. Bei Futterknappheit kann folglich davon ausgegangen werden, dass der Weiderest aller Ansaatvarianten zu Beweidungsende gleichermaßen minimiert wird.

Literatur

- Elsäßer, M., Ihrig, M. und Rothenhäusler, S. (2015): Eignung von Rohrschwengel (*Festuca arundinacea*) in Mischungen unter Beweidung. *59. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.*, Aulendorf, 190–192.
- Fojtik, A., Svetlik, V., Horak, J. und Cernoch, V. (1990): New varieties of festulolium, *Festuca arundinacea* and *Poa pratensis*. Soil-grassland-animal relationships. Proceedings of 13th general meeting of the European Grassland Federation, Banska Bystrica, Czechoslovakia, June 25–29, 1990, 459–461.
- Petersen, A. (1981): Die Gräser als Kulturpflanzen und Unkräuter auf Wiese, Weide und Acker. Akademie-Verlag, Berlin.
- Turner, L.R., Holloway-Phillips, M.M., Rawnsley, R.P., Donaghy, D.J. und Pembleton, K.G. (2012): The morphological and physiological responses of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) and tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.; syn. *Schedonorus phoenix* Scop.) to variable water availability. *Grass and Forage Science* 67, 507–518.

Untersuchungen zum Management von *Juncus articulatus* L. auf degradiertem Niedermoor

Müller, J.¹, Behrendt, A.² und Pickert, J.²

¹ Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Grünland und Futterbauwissenschaften
Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

² Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg
juergen.mueller3@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Die fortschreitende Degradierung und der damit verbundene Stoffabbau ehemals drainierter und nunmehr extensiv genutzter Niedermoore führen zu einem zunehmend heterogeneren Oberflächenrelief (Kuntze 1983, Luthardt und Zeitz 2014). Diese größere Variation der Grundwasserflurabstände bedingt bei Grünlandnutzung kleinräumig diverse Ausprägungen von an Wechselfeuchte angepassten Pflanzenbeständen (Leipnitz und Fischer 1997). In den tiefer gelegenen und über längere Perioden wassergesättigten Senken dominieren Flutrasengesellschaften, innerhalb derer sich die Gliedrige Binse (*Juncus articulatus*) zunehmend als Problemart herausstellt, da sie bei extensiver Beweidung selektiv gemieden wird. In Deutschland liegen kaum Erfahrungen zur Regulierung dieser Art vor, zum einen, da sie auf drainierten, intensiv genutzten Flächen bislang nicht nennenswert in Erscheinung trat und zum anderen, da sie bei heute häufigerer extensiver Nutzung weniger auffällig ist als beispielsweise die Flatterbinse (*Juncus effusus*). Ihr Potenzial als Schäd-pflanze im Dauergrünland ist jedoch aus anderen europäischen Regionen wie Nordirland, wo sie als regulierungsbedürftig angesehen wird (Lengyel *et al.* 2001), beschrieben.

Ziel der nachfolgend vorgestellten Untersuchung ist es, die Wirkung verschiedener praktikabler Pflegemaßnahmen auf die Abundanz und den Deckungsgrad der Gliedrigen Binse sowie deren Begleitvegetation im Feldversuch zu eruieren.

Material und Methoden

Im Havelländischen Luch nahe Paulinenaue wurde zu diesem Zweck 2015 auf einem degradierten Mulmniedermoor (Geopos. 52°68'N 12°72'E, Ø Jahrestemperatur 9.2 °C, Ø Jahresniederschlag 534 mm, C_t 35,5 %, Torfmächtigkeit <7 dm) ein zweifaktorieller Feldversuch als randomisierte Blockanlage angelegt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Versuchsaufbau des Feldversuchs zur Binsenregulierung

Faktoren	Stufen	Charakteristik
A – Pflegevariante	A 1 – unbehandelt	Referenz, regulär genutzt bei gegebener Befahrbarkeit zur 2. Nutzung zur 2. und zur 3. Nutzung zur 3. Nutzung 2l/ha im Spätsommer
	A 2 – 1 x mulchen im Winter	
	A 3 – 1 x mulchen im Spätsommer	
	A 4 – 2 x mulchen Spätso. und Herbst	
	A 5 – 1 x mulchen im Herbst	
	A 6 – chemische Behandlung mit U46	
B – Art der Nutzung	B 1 – Schnittnutzung	3 Nutzungen pro Jahr Umtriebsweide, 3 Nutzungen, Besatzdichte 6 GV/ha
	B 2 – Weidenutzung	

Anzahl Wiederholungen je Stufe: 3

Parzellengröße: 2,5 x 5,0 m

Bei der Platzierung der Blöcke wurde darauf geachtet, ausschließlich Bereiche mit relevantem Vorkommen von *Juncus articulatus* aufzunehmen. Der durchschnittliche Deckungsgrad von *Juncus articulatus* auf der Versuchsfläche zu Versuchsbeginn war in allen Blöcken >50 %.

Die Erfassung der Vegetation erfolgte vor der ersten Nutzung des dem Pflegejahr folgenden Nutzungsjahres als Deckungsgradschätzung mit kompletter Bestimmung aller angetroffenen Bestandbildner (19.05.2016 und 24.05.2017). Diese Bonituren wurden ergänzt um eine Herbstbonitur nach Abschluß der Vegetationsperiode, in der lediglich die Binsen und die funktionellen Gruppen geschätzt wurden (13.10.2016).

Die statistische Verrechnung der Prüfmerkmale „Deckungsgrad von *Juncus articulatus*“ und „Veränderung des Deckungsgrades von *Juncus articulatus*“ erfolgte als zweifaktorielle Varianzanalyse unter Berücksichtigung des Blockeffektes und der Wechselwirkung Pflege x Nutzung mit nachfolgendem post-hoc-Test (Tukey HSD). Alle statistischen Auswertungen wurden mit R vorgenommen (R Core Team 2016).

Ergebnisse und Diskussion

Der Faktor ‚Pflegevarianten‘ entfaltete eine signifikante Wirkung auf den Deckungsgrad der Gliedrigen Binse (siehe Tabelle 2). In keinem der beiden Erhebungsjahre war eine Wechselwirkung mit der Art der Flächennutzung zu konstatieren, so dass die Effekte der Pflegevariante weitgehend unabhängig vom Nutzungskontext interpretiert werden können.

Tabelle 2: Ergebnisse der Varianzanalysen für das Prüfmerkmal „Deckungsgrad der Gliedrigen Binse“

Varianzursache	Erhebungsjahr (Dauer der Pflegemaßnahmen)	
	2016 (einjährige Flächenpflege)	2017 (zweijährige Flächenpflege)
Pflegevarianten	$p = 0,0001$ ***	$p = 0,0128$ *
Nutzung	$p = 0,848$ ns	$p = 0,0556$ +
Pflege x Nutzung	$p = 0,670$ ns	$p = 0,108$ ns

Signifikanz-Codierung: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '+' 0.1 'ns' 1

Die Nutzungsunabhängigkeit der Abundanz von *Juncus articulatus* lässt sich zumindest teilweise aus dem praktizierten extensiven Umtriebsweidesystem erklären, dessen Defoliationmuster sich aufgrund der gleichen Nutzungsanzahl und der hohen Besatzdichte bei der Weidenutzung der im Versuch praktizierten 3-Schnitt-Nutzung ähnelte.

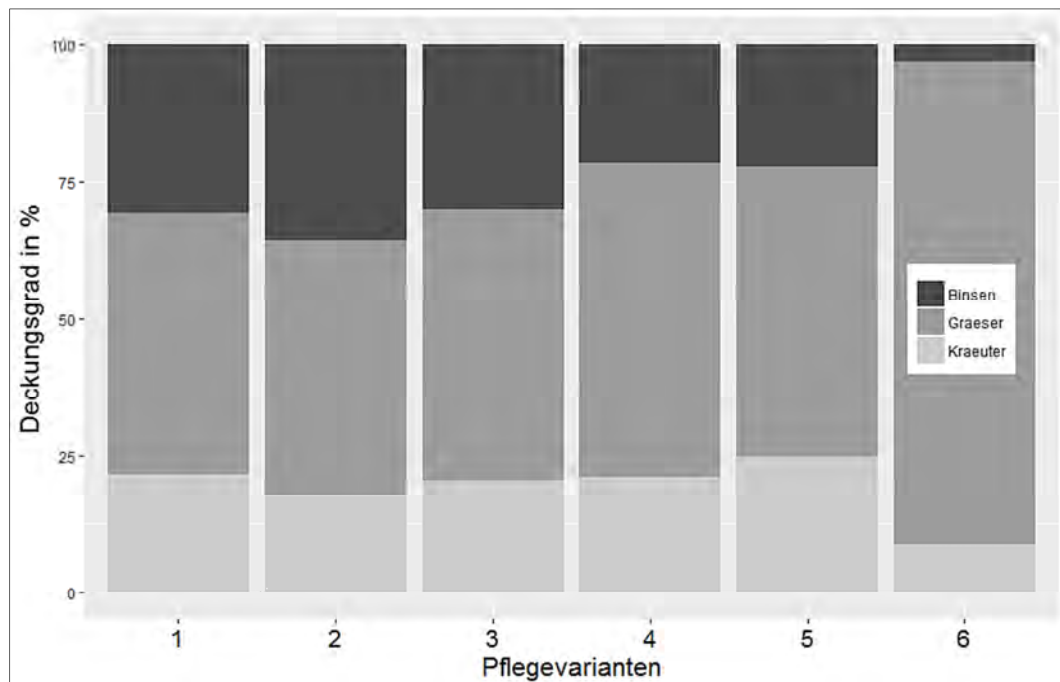


Abbildung 1: Anteile von *Juncus articulatus* (Binsen) sowie den funktionellen Gruppen der Begleitvegetation in den Grünlandnarben in Abhängigkeit von den Pflegevarianten (Mittelwerte der Erhebung 2016 über beide Nutzungsarten)

Wie der Abbildung 1 zu entnehmen ist, bewirkte die chemische Behandlung mit dem Wirkstoff MCPA (U 46, Pflegevariante 6) den effektivsten Rückgang der Binsen bei gleichzeitiger Förderung der vom Wirkstoff nicht betroffenen Gramineen. Die mechanischen Pflegevarianten hingegen wiesen hinsichtlich des Binsenbesatzes trotz einer Tendenz in den Varianten 4 und 5 keinen signifikanten Unterschied zur unbehandelten Referenzvariante 1 auf. Die gleiche Aussage lässt sich auch nach zwei Pflegejahren treffen (hier nicht dargestellt). Einer der möglichen Gründe der geringen Wirkung des Mulchens ist in dem Fehlen von konkurrenzkräftigen Gräsern in unmittelbarer Nachbarschaft der Binsen zu suchen, welche daraus einen möglichen Konkurrenzvorteil ziehen könnten. *Glyceria fluitans* und *Alopecurus geniculatus*, noch am häufigsten mit *Juncus articulatus* vergesellschaftet, vermochten dies im vorliegenden Fall offenbar nicht. Auch in australischen Feuchtgebieten, wo die eingeschleppte Gliedrige Binse als invasive Art als eine Bedrohung angesehen wird, präsentierte sie sich bei Wechselfeuchte konkurrenzstärker als *Glyceria australis* (Smith und Brock 1996).

Ein weiterer wichtiger Aspekt der praktischen Flächenpflege ist die notwendige Dauer des Pflege-managements. Aufschluß darüber gibt ein Vergleich der Effekte einjähriger mit denen zweijährig wiederholter Maßnahmenanwendung. Abbildung 2 zeigt die Auswirkungen der wiederholten Pflegemaßnahmen auf die Veränderung des Deckungsgrades von *Juncus articulatus*.

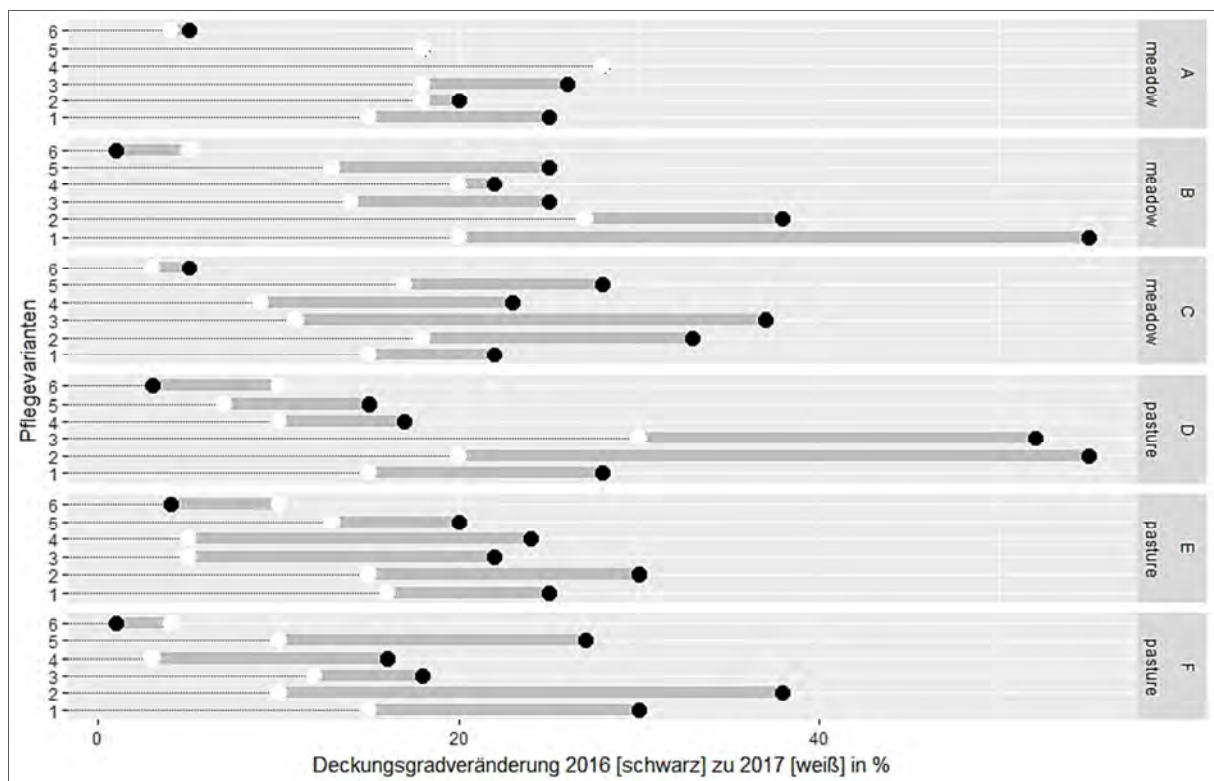


Abbildung 2: Ausmaß der Veränderungen des Deckungsgrades der Gliedrigen Binse bei zweijähriger Behandlung im Vergleich zu einer einjährigen Pflegemaßnahme auf Blockniveau (schwarzer Punkt: Deckungsgrad nach einem Versuchsjahr=>weißer Punkt: Deckungsgrad nach zwei Versuchsjahren, graue Linie: Differenz, A–C: Blöcke Mahd, D–F: Blöcke Weide)

Bei Betrachtung der unbehandelten Referenz (Pflegevariante 1) wird deutlich, dass ein Jahreseffekt vorliegt. Auch ohne zusätzliche Pflegemaßnahmen kam es zu einem Rückgang der Verbindung von 2016 zu 2017 um durchschnittlich ca. 12 %. Die Wiederholung der chemischen Maßnahme erwies sich im zweiten Jahr als besonders ineffizient, was angesichts des geringen Binsenbesatzes als Folge der erfolgreichen Vorjahresbehandlung auch nicht verwundert. Von den zweijährig wiederholten Pflegeaufwendungen vermochte keine mechanische Variante diesen natürlichen Rückgang signifikant zu übertreffen.

Erfolgsversprechender als mechanische Pflegemaßnahmen scheint eine kurzfristig erhöhte Besatzdichte von Weidetieren auf befallenen Flächenabschnitten zu sein.

Erfolgt der Bestoß in einem frühen Entwicklungsstadium der Gliedrigen Binse, wird diese mit verbissen und büsst ihren Konkurrenzvorteil gegenüber der Flutrasen-Begleitvegetation ein. Solange die Standortbedingungen durch langanhaltende Muldenvernässungen im Winterhalbjahr gekennzeichnet sind, ist aufgrund des hohen Diasporenpotenzials der Art (Stasiak 1990) sowie der begrenzten Konkurrenz der Begleitflora innerhalb der Flutmulden immer wieder mit der Eroberung von geeigneten Flächenarealen zu rechnen.

Neben den adversen Effekten auf die landwirtschaftliche Flächenverwertung kann ein hoher Besatz mit *Juncus articulatus* auch Ökosystemleistungen von wiedervernässten Mooren schmälern. So berichten Marchand *et al.* (2014) von im Vergleich zu anderen standortangepassten Arten geringeren Schadstoffretentionen. McKendrick (1995) stellte in seinen Untersuchungen fest, dass ein dichter Rasen der Gliedrigen Binse auf Feuchtwiesen eine gedeihliche Entwicklung von Orchideen verhinderte. Daher sind Erkenntnisse zur Regulierung von *Juncus articulatus* auch außerhalb der agrarisch geprägten Grünlandnutzung von Bedeutung.

Schlussfolgerungen

Wo der Status der Flächennutzung es zulässt, kann mit einer einmaligen Applikation von U46 eine sehr wirksame und zudem kostengünstige Regulierung von *Juncus articulatus* erfolgen. Eine Wiederholung der Maßnahme im Folgejahr ist hingegen weder notwendig noch sinnvoll. Einmaliges Mulchen, insbesondere außerhalb der Vegetationsperiode, ist ebenfalls uneffektiv und daher nicht zu empfehlen.

Literatur

- Kuntze, H. (1983): Probleme bei der modernen landwirtschaftlichen Moornutzung. *Telma* 13, 137–152.
- Leipnitz, W. und Fischer, A. (1997): Extensive land use and landscape management on lowland fen grassland. *Archives of Agronomy and Soil Science* 41 (3), 243–250.
- Lengyel, F., Mercer, P. und Reavey, C. (2001): Control of rushes and thistles with a range of herbicides applied with a weed-wiper. *Tests of Agrochemicals and Cultivars* 22, 18–19.
- Luthardt, V. und Zeitz, J. (2014): Moore in Brandenburg und Berlin. Rangsdorf, Verl. Natur+Text, 384 S.
- Marchand, L., Nsanganwimana, F., Nadege, O., Lizama, K., Grebenshchikova, Z. und Mench, M. (2014): Copper removal from water using a bio-rack system either unplanted or planted with *Phragmites australis*, *Juncus articulatus* and *Phalaris arundinacea*. *Ecological Engineering* 64, 291–300.
- McKendrick, S.L. (1995): The effects of herbivory and vegetation on laboratory-raised *Dactylorhiza praetermissa* (Orchidaceae) planted into grassland in Southern England. *Biological Conservation* 73, 215–220.
- R Core Team (2016): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL www.R-project.org.
- Smith, R.G.B. und Brock, M.A. (1996): Coexistence of *Juncus articulatus* L. and *Glyceria australis* C. E. Hubb. in a temporary shallow wetland in Australia. *Hydrobiologia* 340, 147–151.
- Stasiak, I. (1990): Structure and dynamics of population *Juncus articulatus* L. subsp. *litoralis* (Buch.) Lemke in deflation fields of the Leba Bar. *Ekologia Polska* 38, 413–441.

Silierung von Grünlandbeständen und Gärqualität der mittels Anwelkverfahren produzierten Grassilagen

Paries, A.¹, Weiß, K.¹, Pickert, J.², Weise, G.³, Herrmann, A.⁴, Hoffmann, T.⁵, Mersch, F.⁶, Thaysen, J.⁷ und Wellenbrock, K.-H.³

¹ Humboldt-Universität zu Berlin

Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften
Invalidenstraße 42, 10 115 Berlin

² Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg

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

⁴ Grass and Forage Science/Organic Agriculture, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Herrmann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel

⁵ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

⁶ Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Köln-Auweiler

⁷ Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Grüner Kamp 15–17, 24768 Rendsburg

kirsten.weiss@agrار.hu-berlin.de

Einleitung und Problemstellung

Voraussetzung für hohe Milchleistung und Milchqualität bei bester Tiergesundheit ist eine hohe Grundfutterqualität. Eine hohe Futteraufnahme ist nur bei Silagen guter Gärqualität zu erwarten. Fehlgärungen gefährden nicht nur Tiergesundheit und Milchqualität, sondern führen darüber hinaus zu einem Abbau verdaulicher Nährstoffe und damit zu Futterverlusten und sinkender Energiekonzentration.

Die Untersuchungen des Landeskontrollverbandes (LKV) Berlin-Brandenburg e.V. aus den Jahren 2007–2015 (Koch *et al.* 2016) zeigen, dass bei der Grassilierung in den Brandenburger Milchviehbetrieben Vergärbarkeit und Gärqualität als auch Energiekonzentration, Futterwert und Trockenmasse (TM)-gehalt dringend verbessert werden müssen. Die Energiekonzentration ist mit ca. 6,0 MJ NEL/kg TM als unzureichend einzustufen. Nur 25 % der besten Silagen erreichen mit 6,3–6,6 MJ NEL/kg TM die untere Grenze hinsichtlich der Qualitätsanforderung. Der Anteil der Grassilagen mit optimalem Rohfaser(XF)- und Rohprotein(XP)gehalt ist zwar tendenziell steigend. Dies deutet darauf hin, dass auf die Einhaltung des optimalen Schnitzeitpunktes geachtet wird. Gleichzeitig jedoch ist der Anwelkgrad nach wie vor zu hoch. In Brandenburg weisen die Ergebnisse des LKV aus, dass etwa nur ein Drittel der Grassilagen im optimalen Bereich des TM-Gehaltes von 30–40 % liegt. Darüber hinaus zeigen Erhebungen aus Niedersachsen und Schleswig-Holstein, dass auch hier viele Betriebe auf eine zu geringe Energiekonzentration im Grundfutter mit einer kostenintensiven Erhöhung des Maissilage- oder Kraftfutteranteils reagierten.

Ziel der vorliegenden Studie war es, in ausgewählten Brandenburger Milchviehbetrieben die Grassilierung und Grassilagequalität zu untersuchen. Dazu wurde die Vergärbarkeit des Ausgangsmaterials ermittelt und der Gärqualität der jeweiligen Silage gegenübergestellt. Die Untersuchungen, die im Rahmen einer Bachelorarbeit an der Humboldt-Universität zu Berlin ausgewertet werden, sind Teil eines Projektes der Arbeitsgruppe AG WESI zur Vorhersage der Silagequalität, gemessen an Futterwert und Gärqualität, auf Basis der Qualität des Ausgangsmaterials zur Silierung und der Silierbedingungen.

Material und Methoden

In 2015 und 2016 sind 14 Silierversuche in 6 Brandenburger Praxisbetrieben in der Welksilageproduktion durchgeführt worden.

Bei den Versuchen handelt es sich um 9 Bilanzbeutelversuche, 3 Versuche mit eingewickelten Rundballen und 2 Siliergut-/Silagebeprobungen an markierten Stellen von Horizontalsilos.

Die Siliertechnik war stets betriebsüblich. Je Versuch wurden während der Silobefüllung vom Siliergut Proben entnommen und mittels NIRS auf Merkmale des Futterwertes (Rohasche XA, XP, XF, Zuckergehalt XZ) einschließlich TM-Gehalt in der Forschungsstation Paulinenaue des (ZALF Müncheberg) untersucht. Der Energiegehalt wurde mit Hilfe der derzeit gültigen Schätzggleichungen (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 2008) ermittelt. Zusätzlich zu den Parametern des Futterwertes und der Schätzung der Energiekonzentration aus den bei 60 °C getrockneten Proben wurden in 50g-Silageproben die Gärqualität und der Gehalt an flüchtigen organischen Inhaltsstoffen (VOC) bestimmt. Die Analyse des kompletten Gärproduktmusters erfolgte nach Kaltwasserextraktion der Silageproben (Weiß 2001) im Gemeinschaftslabor des Albrecht Daniel Thaer Institutes der Humboldt-Universität zu Berlin. Der TM-Gehalt wurde zur Berücksichtigung der Verluste an flüchtigen Substanzen während der Trocknung mit Hilfe der Korrekturgleichungen für Grassilagen (Weißbach und Strubelt 2008) korrigiert. Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgte potentiometrisch mit einer kalibrierten pH-Elektrode. Der Milchsäure(MS)gehalt wurde mit der HPLC-Methode (Weiß und Kaiser 1995) erfasst. Flüchtige Fettsäuren, Alkohole (Weiß 2001) und Ester (Weiß und Sommer 2012) wurden gaschromatografisch bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Der TM-Gehalt im Siliergut lag in allen Betrieben und über alle Aufwüchse betrachtet in einem weiten Bereich zwischen 24,2 und 58,4 %, wobei in 2/3 aller Ausgangsmaterialien Werte oberhalb von 40 % TM festgestellt wurden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Vergärbarkeitsparameter und Silierbedingungen im Ausgangsmaterial zur Silierung, je Aufwuchs, Betrieb und Versuchsnummer (n=6)

Aufwuchs	Betrieb/ V ¹⁾ -Nr.	TM ²⁾ %	PK ³⁾ g/kg MS ⁶⁾	Z ⁴⁾ /PK	VK ⁵⁾	Feldliegezeit h	Regen mm	Siliermittel
1	1/1	24,2	55	2,1	41	21	0	Biol.
	2/2	35,3	55	2,4	54	25	5	Chem.
	2/3	43,5	55	2,6	65	25	0	Chem.
	2/4	41,4	55	3,3	67	25	0	Chem.
	3/7	28,3	55	2,4	48	23	1	k.A. ⁷⁾
	4/9	46,4	55	2,8	69	22	0	k.A.
	5/10	49,5	55	1,9	65	72	0	k.A.
	5/11	48,8	55	1,9	64	54	0	k.A.
2	4/16	45,0	55	1,7	59	22	0	Biol.
	2/17	55,5	55	1,8	70	11	0	Chem.
	2/20	48,2	79	0,3	50	44	0	Chem.
	5/21	33,8	55	0,9	41	75	15	k.A.
3	2/24	58,4	79	0,5	64	22	0	Chem.
	6/26	34,1	55	2,2	52	51	0	k.A.

¹⁾ Versuch; ²⁾ Trockenmasse; ⁴⁾ Pufferkapazität (Tabellenwert, Jänicke 2011);

⁵⁾ Vergärbarkeitskoeffizient (Schmidt *et al.* 1974); ⁶⁾ Milchsäure; ⁷⁾ keine Angaben von den Betrieben

Die XF-Gehalte lagen in den ersten Aufwüchsen überwiegend unterhalb von 22 % in TM, in den Folgeaufwüchsen oberhalb von 25 % in TM (Daten zum Futterwert und zur Energieschätzung im Siliergut nicht dargestellt).

Der Vergärbarkeitskoeffizient VK lag, außer bei zwei Ausgangsmaterialien mit einem Wert von 41, weit oberhalb von 45 (s. Tabelle 1). Fast alle Betriebe haben mehr als 21 Stunden angewelkt.

Tabelle 2 weist mittels NIRS bestimmte Futterwertparameter in den Silagenproben aus. Die Rohproteingehalte lagen im Bereich von 14,21 und 22,76 % in der TM. Die Energiegehalte waren erwartungsgemäss in den ersten Aufwüchsen mit Werten bis 7,07 NEL MJ/kg TM höher als in den Folgeaufwüchsen.

Tabelle 2: Futterwertparameter in den Silagen, je Aufwuchs, Betrieb und Versuchsnummer

Aufwuchs	Betrieb/ V ¹⁾ Nr.	TM ²⁾ %	XA ³⁾ % TM	XF ⁴⁾ % TM	XP ⁵⁾ % TM	XZ ⁶⁾ % TM	Energie NEL MJ/kg TM
1	1/1/4	28,9	9,77	26,67	17,10	1,58	5,88
	2/2/6	33,7	6,13	22,99	18,14	3,54	6,89
	2/3/1	39,6	7,66	22,41	18,04	6,99	6,81
	2/4/1	41,5	7,76	20,42	18,37	10,54	6,91
	3/7/6	25,5	7,66	23,65	17,68	1,25	6,62
	4/9/6	45,6	9,27	19,62	18,29	12,53	7,07
	5/10/3	42,1	9,69	25,37	22,76	4,16	6,55
	5/11/3	50,7	9,70	28,21	17,88	4,41	5,93
2	4/16/6	44,9	10,14	25,32	14,21	7,43	6,06
	2/17/5	55,7	5,50	25,02	17,28	12,14	6,85
	2/20/6	46,0	8,70	30,59	18,59	1,09	5,17
	5/21/3	35,0	9,21	31,34	15,22	0,99	5,16
3	2/24/6	51,1	7,15	28,89	16,53	3,25	5,09
	6/26/5	35,0	10,23	22,07	19,12	3,64	6,53

¹⁾ Versuch; ²⁾ Trockenmasse; ³⁾ Rohasche; ⁴⁾ Rohfaser; ⁵⁾ Rohprotein; ⁶⁾ Zucker

Wie aus Tabelle 3 zu erkennen ist, waren fast alle Silagen buttersäure(BS)frei, mit Essigsäure(ES)gehalten unter 3,0 % in der TM. In einem Siliergut mit VK 41 und einer TM von 24,2 % war BS festzustellen. Die Ammoniakgehalte (Daten nicht ausgewiesen) waren durchweg niedrig. In den Silagen der ersten Aufwüchse wurden hohe Ethanolgehalte bis 5,8 % und Gesamt-Estergehalte (EA+EL) bis 1747 mg/kg TM analysiert.

Tabelle 3: Gärqualitätsparameter einschließlich flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) in den Silagen, je Aufwuchs, Betrieb und Versuchsnummer

Aufwuchs	Betrieb/ V ¹⁾ Nr./n ²⁾	pH	MS ³⁾ % TM	ES ⁴⁾ +PS ⁵⁾ % TM	BSges. ⁶⁾ % TM	Ethanol % TM	EA ⁷⁾ mg/kg TM	EL ⁸⁾ mg/kg TM
1	1/1/4	4,1	9,71	2,09	0,66	0,79	203	93
	2/2/6	3,7	11,46	2,94	0,16	0,60	135	355
	2/3/1	4,0	6,60	2,92	0,00	0,59	166	289
	2/4/1	4,0	8,93	3,19	0,00	0,64	83	159
	3/7/6	3,7	10,73	0,89	0,06	4,95	241	1506
	4/9/6	4,0	8,43	1,01	0,00	0,44	108	154
	5/10/3	5,6	1,15	0,55	0,04	5,80	225	0
	5/11/3	6,0	1,35	0,24	0,00	2,70	67	0
2	4/16/6	4,0	6,59	0,64	0,02	0,20	219	145
	2/17/5	4,9	0,81	0,67	0,00	0,05	171	0
	2/20/6	4,8	3,69	1,32	0,00	0,19	228	0
	5/21/3	6,4	0,71	0,18	0,00	0,02	0	0
3	2/24/6	5,0	0,73	0,77	0,00	0,10	111	0
	6/26/5	4,0	8,97	1,71	0,00	0,87	278	277

¹⁾ Versuch; ²⁾ Anzahl n der Bilanzbeutel je Betrieb und Versuch; ³⁾ Milchsäure; ⁴⁾ Essigsäure; ⁵⁾ Propionsäure; ⁶⁾ Buttersäure gesamt (flüchtige Fettsäuren \geq C4); ⁷⁾ Ethylacetat; ⁸⁾ Ethyllactat

Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen im Rahmen eines Pilotprojektes zeigen, dass in den Brandenburger Betrieben vielfach zu stark angewelkt wurde. TM-Gehalte weit oberhalb von 40 % führen zwar zu einer Verbesserung der Vergärbarkeit und damit zu einer Minimierung der Buttersäurebildung durch Clostridien (Kaiser und Weiß 2007). Ein Anwelken des Siliergutes sollte jedoch nur bis max. 40 % TM (Spiekers 2011) erfolgen. Bei höheren TM-Gehalten und einer unzureichenden Verdichtung besteht ein hohes Risiko für aerobe Instabilität der Silagen nach Öffnung des Silos.

Erhöhte Lufteinwirkung noch während der Einsilierung fördert das Hefewachstum im Silo und kann einerseits zu intensiver anaerober Hefeaktivität und damit Alkohol-, sowie Esterbildung führen (Weiß 2014, Weiß *et al.* 2016).

Die insbesondere in den ersten Aufwüchsen festgestellten hohen Ethanolgehalte sind korreliert mit hohen Estergehalten und niedrigen pH-Werten unterhalb pH 4 (siehe auch Weiß und Auerbach 2013). In Kombination mit dem Welken bis zu einem Anwelkgrad von 30 bis max. 35 % TM ist der strategische Siliermitteleinsatz (z.B. Milchsäurebakterienpräparate Wirkungsrichtung 1b, 1c) zu empfehlen (Kaiser und Weiß 2007). Zur Unterbindung von Hefeaktivität, Ethanol- und Esterbildung sollten Siliermittel der Wirkungsrichtung 2 eingesetzt werden (Weiß und Auerbach 2013).

Literatur

Jänicke, H. (2011): Grobfutter- und Substraterzeugung. In: DLG e.V., Bundesarbeitskreis Futterkonservierung [Hrsg.]: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 8. Auflage, S. 23–28.

Kaiser, E. und Weiß, K. (2007): Nitratgehalte im Grünfütter – Bedeutung für Gärqualität und siliertechnische Maßnahmen. Übersichten zur Tierernährung, 35, 1, S. 13–30.

Koch, U. J. Wegner und Pickert, J. (2016): Entwicklung ausgewählter Qualitätsparameter der Grassilagen im Bereich des Landeskontrollverbandes Brandenburg e.V. in den Jahren 2007 bis 2015. Bericht.

Spiekers, H. (2011): Ziele in der Wiederkäuerfütterung. In: DLG e.V., Bundesarbeitskreis Futterkonservierung [Hrsg.]: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 8. Auflage, S. 13–17.

Weiß, K. (2001): Gärungsverlauf und Gärqualität von Silagen aus nitrat-armem Grünfütter. Dissertation. Humboldt-Universität zu Berlin.

Weiß, K. (2016): Hefebesatz und aerobe Stabilität in Maissilagen in Abhängigkeit vom Lufteinfluss vor und während der Silierung. *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 6/2016, ISSN 1611-4159, S. 43–52.

Weiß, K. und Kaiser, E. (1995): Milchsäurebestimmung in Silageextrakten mit Hilfe der HPLC. *Wirtsch. Fut-ter* 41:69–80.

Weiß, K. und Sommer, G. (2012): Bestimmung von Estern und anderen flüchtigen organischen Substanzen (VOC) in Silageextrakten mit Hilfe der Gaschromatographie. Proc. VDLUFA-Kongress, 18.–20.09.2012, Passau, *VDLUFA-Schriftenreihe* 68, S. 561–569.

Weiß, K. und Auerbach, H. (2013): Novel results on the formation of volatile organic compounds (VOC) in silages. Proceedings 22nd International Grassland Congress, Sydney New south Wales Australia. [Eds]: Michalk, DL., Millar, GD., Badgeny, WB. und Broadfoot, KM. pp. 721–724.

Weiß, K., Olbrich, C. und Thaysen, J. (2014): Maissilagequalität in Schleswig-Holstein – Ergebnisse einer Erhebung in 52 Landwirtschaftsbetrieben. Proc. VDLUFA-Kongress, 16.–19.09.2014, Stuttgart, *Kongreß-band VDLUFA-Schriftenreihe* 70, Tierische Produktion und Futtermittel; 453–461.

Weißbach, F. und Strubelt, C. (2008): Correcting the dry matter content of maize silages as a substrate for biogas production. *Landtechnik-Net* 63: 82–83. Accessed Jun. 19, 2016. www.landtechnik-online.eu/ojs-2.4.5/index.php/landtechnik/article/view/2008-2-082-083/1237.

Wie lange muss ein Grünlanddüngungsversuch dauern? Betrachtung der Trockenmasseerträge eines 55 Jahre laufenden N-Düngungsversuches auf Niedermoorgrünland in Nordostdeutschland

Pickert, J.¹, Behrendt, A.¹ und Käding, H.²

¹ Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg

² Paulinenauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V.
Gutshof 7, 14641 Paulinenaue
pickert@zalf.de

Einleitung und Problemstellung

Dauerfeldversuche gelten als das Tafelsilber pflanzenbaulicher Forschung. Nicht immer bestehen die finanziellen oder technischen Voraussetzungen sehr lange Laufzeiten zu realisieren. Manchmal steht auch die fachliche Entscheidung an: Beendigung – weil keine/kaum neue Erkenntnisse mehr zu erwarten sind, oder Fortführung – weil grundsätzlich jedes weitere Jahr Erkenntniszuwachs erwarten lässt und neu zur Verfügung gestellte Methoden tiefer gehende Ergebnisse auch zu bereits ermittelten Parametern ermöglichen. Letztlich bilden Dauerversuche die beste Grundlage für die Modellierung von Stoffflüssen in den Pflanzen, im Boden, zum Wasserhaushalt und im Hinblick auf das Klima.

Seit 1961 gibt es auf Niedermoorgrünland in Paulinenaue (Brandenburg, 52.687° N, 12.721° E, 9.2 °C Jahresdurchschnittstemperatur, 534 mm mittlerer Jahresniederschlag 1982–2012) einen Dauerversuch mit unterschiedlichen N-Gaben bei gleicher Grunddüngung. In diesem Versuch werden neben den Erträgen der einzelnen Aufwüchse weitere grünlandwirtschaftliche und standortkundliche Parameter erfasst, z.B. Zusammensetzung der Grünlandnarbe, Nährstoffgehalte in Pflanze und Boden, Mächtigkeit und C-Gehalt der Torfschicht. Über den Versuch berichteten Wolfgang Kreil und Horst Käding (Kreil 1968, Luthardt und Kreil 1990, Käding und Werner 1997, Käding, Werner und Schalit 2003). Mit steigender N-Düngung stiegen die Erträge, allerdings auch der Ertragsanteil von *Elymus repens* an, während der Anteil an Kräutern abnahm. Trotz gleichbleibender Grünlandbewirtschaftung waren die Ertragsschwankungen zwischen den Jahren erheblich.

Im Jahre 2016 haben wir den Versuch erneut einer umfassenden Auswertung unterzogen. Nachfolgend berichten wir daraus lediglich über den Verlauf des Jahresertrages an Trockenmasse (TM). Wir haben die Jahreserträge über die gesamte Laufzeit von inzwischen 55 Jahren sowie vergleichend über unterschiedliche Teil-Laufzeiten von jeweils 20 % (11 Jahre) bzw. in 20 %-Schritten reduzierten Laufzeiten ausgewertet. Dabei mussten wir feststellen, dass sich innerhalb der Versuchslaufzeit je nach Versuchsjahr und -dauer sehr unterschiedlich zu interpretierende Ergebnisse ergaben.

Material und Methoden

Der Versuch (102) befindet sich im Havelländischen Luch und ist heute ein flach bis mitteltiefgründiges Moor. Die mittleren Grundwasserstände lagen zwischen 40 und 80 cm unter Flur. Der Moorkörper wurde vorwiegend aus Schilf- und Seggentorf gebildet und wurde zu Versuchsbeginn als vererdet eingestuft. Heute ist die oberste Bodenschicht vermulmt und weist einen mittleren bis hohen Zersetzungsgrad auf. Der Versuch wurde als einfaktorielle Blockanlage in 4 Wiederholungen angelegt. Der Faktor N-Düngung wurde in den Stufen 0, 60, 120, 240 und 480 kg je ha und Jahr variiert. Die Grunddüngung erfolgte jährlich zum 1. Aufwuchs mit 31,8 kg P ha⁻¹ und 139,4 kg K ha⁻¹. Der Versuch wird in Dreischnittnutzung bewirtschaftet. Die jährliche N-Düngung erfolgte in drei gleich großen Gaben zu jedem Aufwuchs. Die Größe der Ernteparzelle betrug 12 m².

Ergebnisse und Diskussion

Auch nach 55 Jahren steigen die TM-Erträge mit zunehmender N-Düngung an (Abbildung 1). Gegenüber dem nicht mit Stickstoff gedüngten Prüfglied führte eine N-Düngung ab 120 kg N ha⁻¹ zu einem signifikanten Ertragsanstieg.

Aufgrund der großen Anzahl von Versuchsjahren (Wiederholungen) ist dieser Anstieg bis zu einem N-Einsatz von 240 kg ha⁻¹ signifikant. Die dargestellten Quartile (Oberes bzw. Unteres Ende der Box) und insbesondere die Maximum- und Minimum-Werte (Oberes bzw. Unteres Ende der Linie) weisen auf die große Streuung zwischen Versuchsjahren hin.

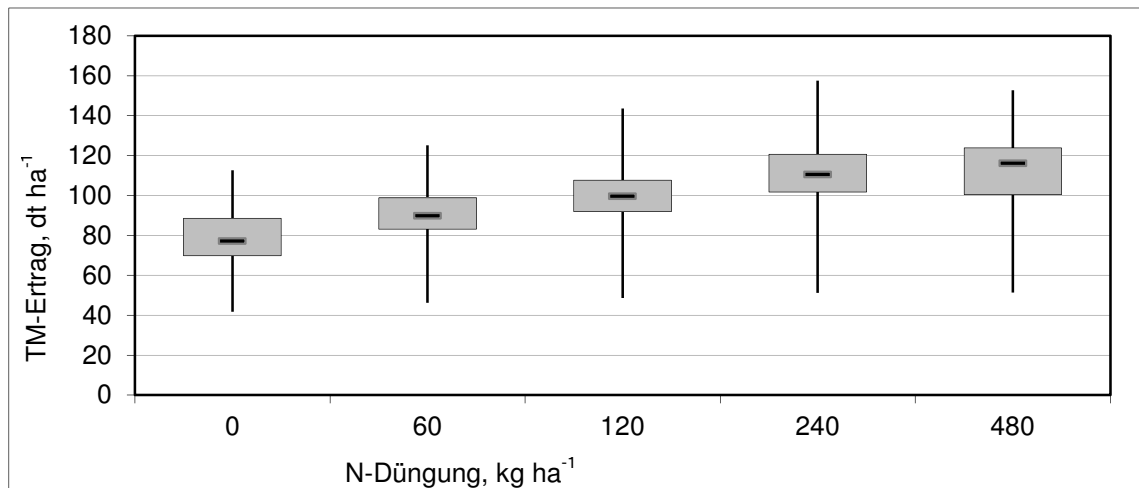


Abbildung 1: Median, Oberes und Unteres Quartil sowie Maximum und Minimum des TM-Ertrages auf Niedermoorgrünland in Abhängigkeit von der N-Düngung (Versuch 102; 1961–2015)

In der Abbildung 2 ist der Verlauf der TM-Erträge in den einzelnen Stufen dargestellt. Die große Variation zwischen den Jahren trat in allen N-Stufen auf. Es wird deutlich, dass die Wirkung der N-Düngung in einzelnen Jahren aufgrund der Witterungsverhältnisse und des Grundwasserstandes am Standort sehr unterschiedlich war. In Jahren wie z.B. 1964, 1978 und 2007 blieb der N-Dünger nahezu wirkungslos. Dagegen wurde in den Jahren 1965, 1973, 2004 und 2006 eine sehr große Wirkung der N-Düngung auf den TM-Ertrag festgestellt.

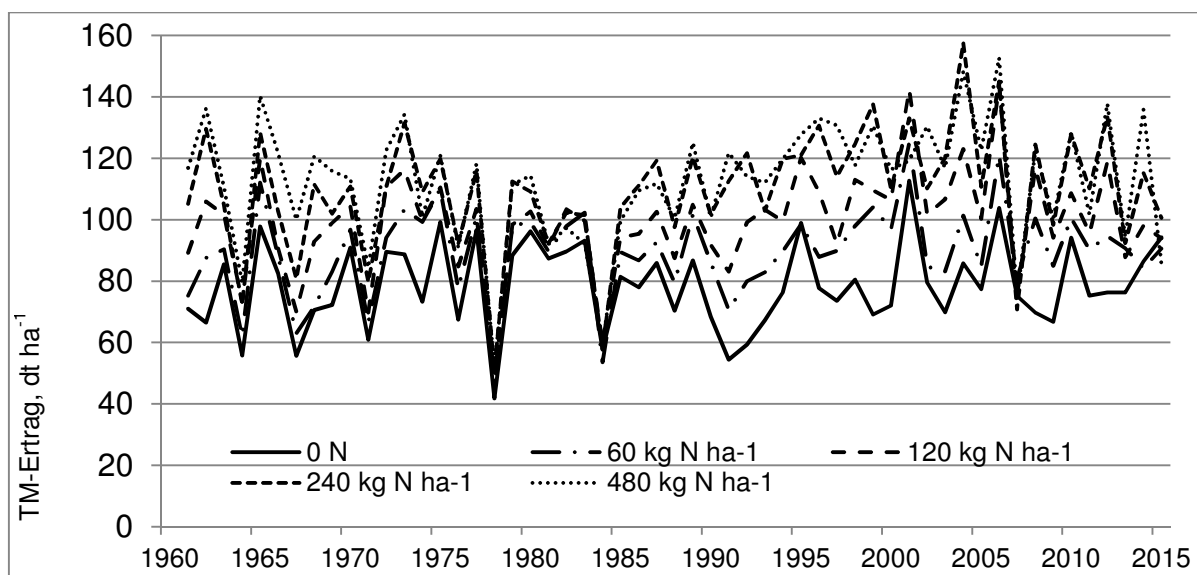


Abbildung 2: Mittelwerte des TM-Ertrages auf Niedermoorgrünland in Abhängigkeit von der N-Düngung (Versuch 102; 1961–2015)

Reduziert man die Laufzeit des Versuches, so verändern sich das Prüfgliedmittel und der Anstieg der Trendfunktion zum Teil beachtlich (Abbildung 3 und Tabelle 1).

Der vollen Versuchslaufzeit von 55 Jahren (1961 bis 2015) wurden das Prüfgliedmittel und der Anstieg der linearen Trendfunktion der um jeweils 20 % (11 Jahre) reduzierten Versuchslaufzeit durch späteren Beginn i, vorzeitige Beendigung ii, sowie iii bei fünf 20 %-Versuchsintervallen 1961–1971, 1972–1982, 1983–1993, 1994–2004 und 2005–2015 gegenübergestellt.

In der Tabelle 1 wird deutlich, dass die vorzeitige Beendigung der Versuchslaufzeit zu eher niedrigeren Prüfgliedmitteln und der spätere Beginn zu eher höheren Prüfgliedmitteln geführt hätten.

Tabelle 1: Prüfgliedmittel in Abhängigkeit von der Versuchslaufzeit, absolut und relativ zur Laufzeit 1961–2015 (99,4 dt TM ha⁻¹ = 100) (Versuch 102; 120 kg N ha⁻¹)

11-Jahres-Laufzeiten			späterer Versuchsbeginn			vorzeitiger Versuchsabschluss		
Jahre	dt TM ha ⁻¹	%	Jahre	dt TM ha ⁻¹	%	Jahre	dt TM ha ⁻¹	%
1961–1971	92,4	93	2015–1972	101,1	102	1961–2004	98,4	99
1972–1982	97,2	98	2015–1983	102,4	103	1961–1993	94,2	95
1983–1993	92,9	93	2015–1994	107,1	108	1961–1982	94,8	95
1994–2004	111,2	112	2015–2005	103,0	104	1961–1971	92,4	93
2005–2015	103,0	104						

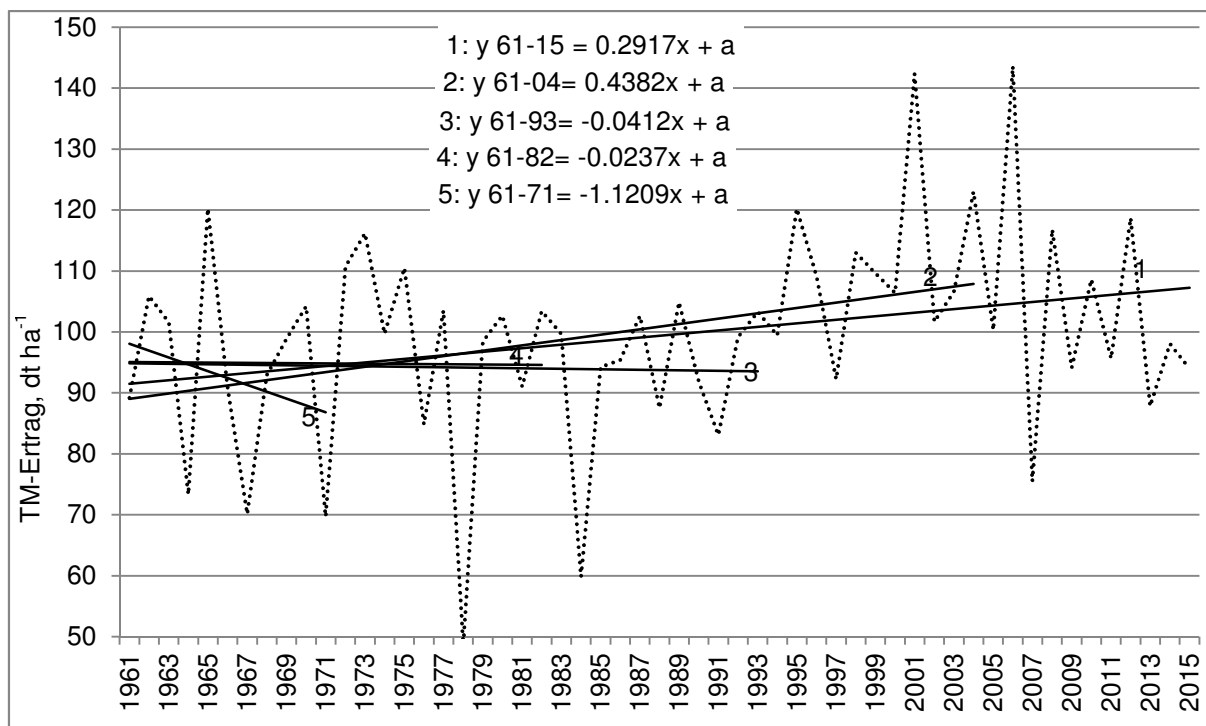


Abbildung 3: Verlauf des TM-Ertrages auf Niedermoorgrünland in Abhängigkeit von Versuchslaufzeit (Versuch 102; 120 kg N ha⁻¹)

Die 11-Jahres-Laufzeiten bilden diese Entwicklung analog ab. Die Abbildung 3 zeigt am Beispiel der N-Stufe 120 kg ha⁻¹ die Ergebnisse für den vorzeitigen Abschluss der Versuchslaufzeit (ii). Es wird deutlich, dass lediglich die geringste Reduzierung auf 44 Versuchsjahre zu etwa gleichen Ergebnissen führt, wie die volle Versuchsdauer. Die Beendigung des Versuches nach den Laufzeiten 33 und 22 Jahre ergeben bereits eine Trendumkehr. Die elfjährige Versuchsdauer 1961 bis 1971 führt zu der stärksten Abweichung gegenüber dem 55jährigen Versuch.

Die nicht dargestellte Auswertung des späteren Beginnes des Versuches führt zu vergleichbaren Ergebnissen; die Betrachtung der einzelnen 11-Jahres-Laufzeiten verstärkt die Abweichungen.

Schlussfolgerungen

Durch eine hinreichend lange Laufzeit des Versuches konnte trotz der starken Jahresschwankungen auf dem Niedermoorstandort eine signifikante Wirkung der Stickstoffdüngung nachgewiesen werden.

Es zeigt sich, dass Reduzierungen gegenüber der gesamten Laufzeit zu erheblichen Abweichungen von den Stufenmittelwerten und den Regressionskoeffizienten (Anstieg) einer linearen Trendfunktion über die Versuchsperiode geführt hätten.

Lediglich die relativ geringe Reduzierung um nur 20 % der Laufzeit (auf 44 Jahre) hätte zu der 55jährigen Laufzeit vergleichbaren Ergebnissen geführt. Am stärksten sind die Abweichungen der Stufenmittel bei den 11-Jahres-Laufzeiten. Diese Laufzeit wird im Grünland-Versuchswesen nur noch in seltenen Fällen erreicht. Bei weiter reduzierten Laufzeiten, z.B. auf die üblichen 3 Versuchsjahre, sind demzufolge noch größere Abweichungen zu erwarten. Selbst die grundsätzliche Aussage im Rahmen von Nachhaltigkeitsbetrachtungen, ob die Grünlandbewirtschaftung in der jeweiligen Düngungsstufe mittel- und langfristig zu fallenden, gleichbleibenden oder steigenden TM-Erträgen führt, hängt von der Länge der Versuchslaufzeit ab. Die seit 1961 mit der Versuchslaufzeit steigenden Prüfgliedmittel deuten auf Änderungen der Wachstumsverhältnisse hin, die im Bereich Klima zu vermuten sind und in einer gesonderten Versuchsauswertung noch untersucht werden sollen. Um zu vermeiden, dass die unregelmäßig auftretenden, extremen Witterungs- und Wasserverhältnisse das Versuchsergebnis unverhältnismäßig stark beeinflussen, ist gerade auf Niedermoorgrünland eine lange Versuchslaufzeit dringend erforderlich.

Fazit: Neue anzulegende Grünlanddüngungsversuche grundsätzlich auf Langfristigkeit planen, laufende so lange wie möglich weiterführen.

Literatur

- Kreil, W. (1968): Ergebnisse von Stickstoffdüngungsversuchen auf verschiedenen Weidestandorten in der DDR. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, *Tagungsberichte*, 94, S. 65–78.
- Luthardt, V. und Kreil, W. (1990): Langzeitwirkung verschieden hoher N-Düngung auf die Torfmineralisation eines Niedermoorstandortes. *Arch. Acker- Pfl. Boden*. 34, S. 865–873.
- Käding, H. und Werner, A. (1997): Ergebnisse eines 35jährigen N-Dünungsversuches auf Niedermoor in Paulinenaue. *Arch. Acker- Pfl. Boden*. 42, S. 137–147.
- Käding, H., Werner, A. und Schalitz, G. (2003): Auswirkungen langjähriger N-Düngung auf Standorteigenschaften, Erträge, Stoffgehalte und Vegetationszusammensetzung des Niedermoorgrünlandes. *Pflanzenbauwissenschaften*, 7, S. 13–20.

Erfassung von Aktivitäts- und physiologischen Parametern zur Charakteristik des Tierwohles von Mutterkühen auf der Weide in Nordostdeutschland

Pickert, J., Fischer, A., Ehlert, S. und Behrendt, A.
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg
pickert@zalf.de

Einleitung und Problemstellung

Einem Bericht des Thünen-Instituts (Gömann *et al.* 2015) zufolge wird sich bis zum Ende dieses Jahrhunderts in Ostdeutschland die Anzahl von Hitzetagen ($> 30\text{ °C}$) im Vergleich zur Zeitspanne 1961–1990 verdrei- bis vervierfachen. Die an den Hitzetagen auftretenden Lufttemperaturen liegen weit oberhalb des Temperaturoptimums für Rinder und können ihre Gesundheit, Fruchtbarkeit und Leistung bei der Weidehaltung beeinträchtigen. Auch in unseren eher extensiv geführten Mutterkuhherden können wir beobachten, dass die Mutterkühe sich an Hitzetagen anders als an eher kühlen Tagen verhalten und sich offenkundig an die hohen Temperaturen anpassen. So konnten wir auf unbeschatteten Weiden feststellen, dass im Sommer die tieferen, feuchteren Teilflächen einer Weide auf heterogenem Niedermoor bevorzugt von der Herde aufgesucht worden sind, obwohl deren Futterwert gegen Null ging. Andererseits suchten die Kühe bei kühleren Bedingungen nachts verstärkt die höher gelegenen Sanddurchragungen auf, die ebenfalls durch einen geringen Futterwert charakterisiert waren (Pickert und Müller 2016).

Es steht daher die Frage, ob und in welchem Maße das Tierwohl unter Hitzebedingungen leidet. Während für Stallanlagen, insbesondere bei Schwein und Geflügel und inzwischen auch bei Milchkühen, Tierwohl-Parameter ermittelt wurden, liegen für die Weidehaltung der Rinder kaum derartige Erkenntnisse vor.

Wir sind dieser Frage in einem Weideversuch mit Mutterkühen auf einem Niedermoorstandort in Paulinenaue ($52^{\circ}68'N$, $12^{\circ}72'E$, 28.5–29.5m, Jahresmitteltemperatur 9.2 °C , mittlerer Jahresniederschlag 534mm) 2016 nachgegangen und berichten über die Ergebnisse der ersten Versuchsserie mit einem GPS Collar/Pansenimplantat-System.

Material und Methoden

Die Herden wurden ausschließlich mit Weidegras und Mineralstoffen versorgt. Tränkwasser stand ad libitum aus dem Grundwasser zur Verfügung, das mittels Selbsttränke von den Tieren hochgepumpt wurde und somit stets kühl war.

Wir haben Mutterkühe der Rasse Uckermärker (Charolais x Fleckvieh) mit GPS-Halsbändern und Pansenimplantaten (Vectronic 2014) ausgerüstet und auf diese Weise erfasst

- die Aufenthaltsorte, die Fortbewegungsgeschwindigkeit und die zurückgelegten Strecken (MD) auf der Weide,
- die Bewegungsaktivität über die x- und y-Achse während eines Messintervalles (LA),
- die Körperoberflächentemperatur am Halsband (Collar) (T_c),
- die Körperinnentemperatur im Recticulum (T_r) und
- die Herzfrequenz (HR) in Ruhe, einschließlich der Anzahl der HR-Ermittlungen (HRc).

Die Wetterdaten wurden unmittelbar im Weidegebiet erfasst. In die Auswertung wurde die Lufttemperatur (2 m Höhe) einbezogen, von der der erkennbar größte Einfluss auf die Verhaltens- und physiologischen Daten der Tiere ausging.

Die Bewegungsaktivität, die Temperatur- und Herzdaten, die GPS-Daten und die Wetterdaten wurden in Drei-, Fünf- bzw. Fünfzehn-Minuten-Intervalls erfasst. Die GPS- und die Wetterdaten wurden durch Interpolation in Drei-Minuten-Intervalle transformiert. So konnten die physiologischen Daten der Tiere unverändert in die Auswertungen einbezogen werden.

Der Beitrag informiert über die Ergebnisse von insgesamt sechs Messperioden während des sommerlichen Weidegangs der Herde im Laufe der ersten Versuchsperiode, und zwar über je eine Hitze- sowie je eine eher kühle Periode in den Monaten Juni, August und September 2016. Die „kühlen Tage“ hatten eine Maximumtemperatur von 15 bis 20 °C (Tagesmitteltemperatur 17,6 °C), die „Hitzetage“ eine Maximumtemperatur von 25 bis 35 °C (Tagesmitteltemperatur 29,3 °C). Ausgewertet wurde jeweils die Zeit zwischen 10 und 18 Uhr.

Ergebnisse und Diskussion

Die Abbildung 1 zeigt am Beispiel von Kuh Nr. 10 ausgewählte Daten eines typischen kühlen Tages und eines typischen Hitzetages.

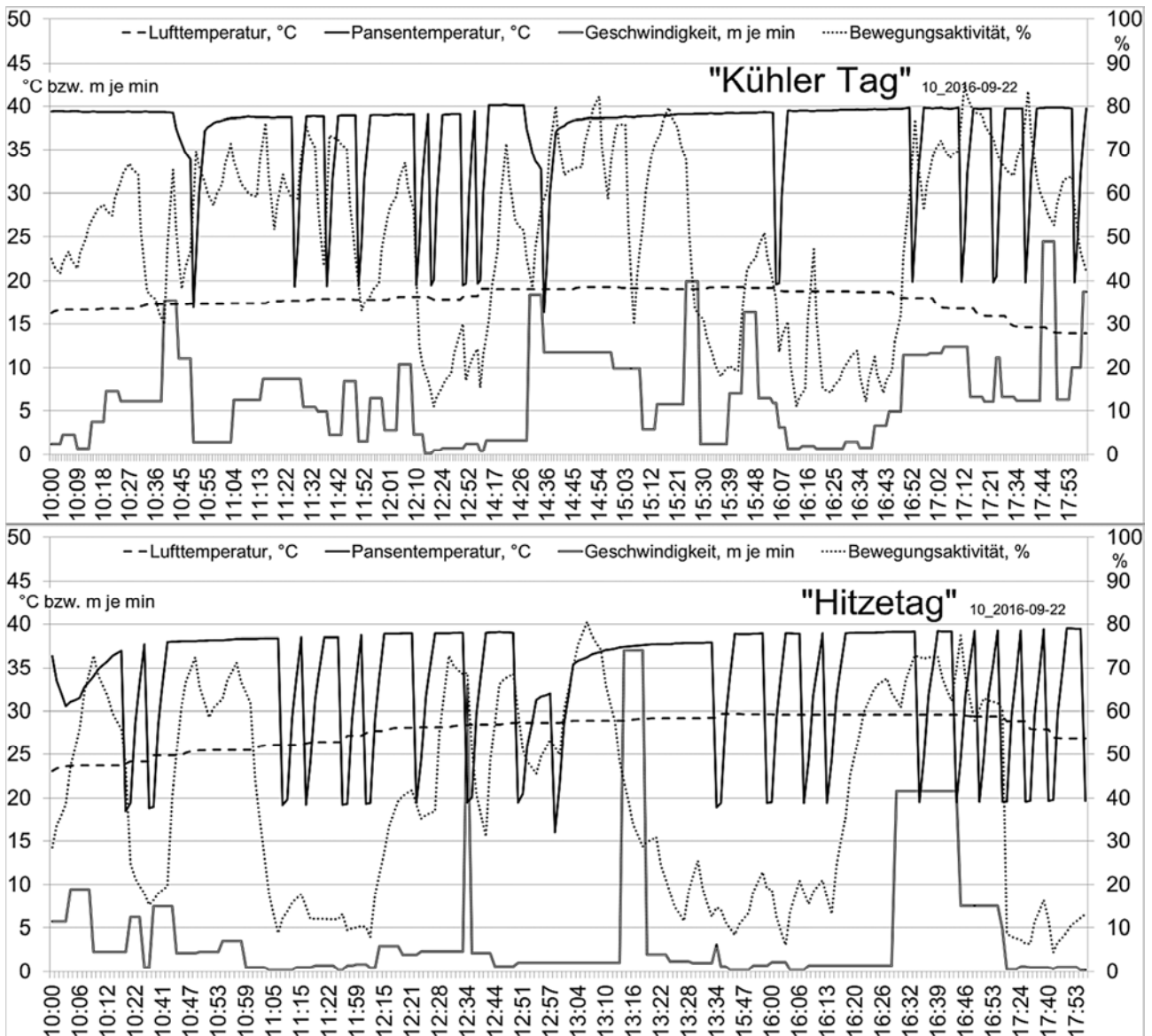


Abbildung 1: Temperatur, Aktivitätsmuster und Laufgeschwindigkeit von Kuh Nr. 10 an einem kühlen Tag und an einem Hitzetag

Die Kuh verlangsamte ihre Bewegungen und veränderte ihren Aktivitätsrhythmus. Die Verteilung von Phasen hoher und geringer Bewegungsaktivität veränderte sich auffällig, indem sich an Hitzetagen die zusammenhängenden Ruheperioden verlängerten. Während einer Tränkwasseraufnahme verringerte sich zunächst die Pansentemperatur. An Hitzetagen stieg sie jedoch sehr langsam und verzögert wieder an.

Die Kuh verlangsamte ihre Bewegungen und veränderte ihren Aktivitätsrhythmus. Die Verteilung von Phasen hoher und geringer Bewegungsaktivität veränderte sich auffällig, indem sich an Hitzetagen die zusammenhängenden Ruheperioden verlängerten.

Während einer Tränkwasseraufnahme verringerte sich zunächst die Pansentemperatur. An Hitzetagen stieg sie jedoch sehr langsam und verzögert wieder an.

Während sich die Bewegungsaktivität der Kühe insgesamt nicht signifikant von den kühlen Tagen unterschied, reduzierten sie an Hitzetagen die zurück gelegten Wegstrecken MD über die Weide (Tabelle 1).

Tabelle 1: Temperatur, Aktivität, Laufstrecke und Herzfrequenz in den kühlen Perioden und den Hitze-Perioden

	Kuh Nr.	Tr (°C)	Tc (°C)	LA (%)	MD (m)	HR (min ⁻¹)	HRc (n)
Kühle Perioden	7	36,30a	21,81a	47,33a	2,005a	64,20a	10,89a
	10	36,38a	21,26a	44,75a	2,148a	62,45a	24,22a
	Mittel	36,34a	21,55a	46,11a	2,073a	63,33a	18,00a
Hitze- Perioden	7	36,09a	31,71b	51,11a	1,771a	66,85b	12,78a
	10	33,84b	31,66b	43,01a	1,968a	64,72a	16,00a
	Mittel	34,96b	31,69b	47,06a	1,870b	65,78b	14,00a

An den Hitzetagen stieg die Temperatur an der Körperoberfläche Tc deutlich an, ohne jedoch die Lufttemperatur um mehr als 3 Grad zu überschreiten, die Körperinnentemperatur Tr war signifikant niedriger als an kühlen Tagen. Die Herzfrequenz stieg an Hitzetagen an, signifikant jedoch nur bei einer Kuh. Die Anzahl der Herzfrequenz-Aufzeichnungen HRc war zwar in der Tendenz während der Hitzeperiode niedriger, jedoch nicht signifikant.

Schlussfolgerungen

Durch Änderung ihrer Verhaltensmuster konnten sich die Kühe an die Hitzetage anpassen, indem sie sich weniger und langsamer über die Weide bewegten. Die Herzfrequenz stieg an Hitzetagen an und ist ein Hinweis auf eine höhere Kreislaufbelastung der Tiere durch die Hitze. Obwohl wir es nicht gemessen haben, war offenkundig eine hohe Tränkwasseraufnahme die Voraussetzung für die Vermeidung zu hoher Körpertemperaturen an den Hitzetagen; das kühle Tränkwasser diente der Kühlung des Tierkörpers. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer bedarfsgerechten Tränkwasserversorgung auf der Weide, besonders im Hochsommer.

Bei der Bewegungsaktivität, und bei der Anzahl der Herzfrequenzaufzeichnungen sind die Ergebnisse auch in der Tendenz nicht schlüssig. Einerseits unterschied sich die Bewegungsaktivität nicht zwischen kühlen und Hitzeperioden. Die sonst beobachtete Reduzierung der Fortbewegung an Hitzetagen wird vermutlich durch auf Unruhe hindeutende Körperbewegungen, z.B. zu Abwehr von Insekten, überlagert. Bei der Anzahl der nur bei Ruhe aufgezeichneten Herzfrequenz und damit der erfassten Ruheperioden selbst unterschieden sich beide Kühe. Während Kuh 07 bei diesem Parameter unbeeindruckt ist, kommt Kuh 10 offenkundig in Hitzetagen weit weniger zur Ruhe.

Nach der Einführungsphase erscheint es für die Fortführung der Arbeiten besonders angeraten,

- aufgrund der Reaktionsunterschiede zwischen beiden Kühen den Stichprobenumfang der mit GPS Plus Collars ausgestatteten Kühen zu erhöhen,
- den Tränkwasserverbrauch zu messen,
- längere Hitzeperioden zu erfassen,
- den Einfluss der Standortheterogenitäten und deren Berücksichtigung in den Anpassungsstrategien der Kühe darzustellen und
- die Beschattung zu berücksichtigen.

Literatur

Gömann, H., Bender, A., Bolte, A., Dirksmeyer, W., Englert, H., Feil, J.-H., Frühauf, C., Hauschild, M., Krenzel, S., Lilienthal, H., Löpmeier, F.-J., Müller, J., Mußhoff, O., Natkhin, M., Offermann, F., Seidel, P., Schmidt, M., Seintsch, B., Steidl, J., Strohm, K. und Zimmer, Y. (2015): Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL); Abschlussbericht: Stand 3.6.2015. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 312 p, Thünen Rep 30, doi:10.3220/REP1434012425000.

Pickert, J., Fischer, A., Ehlert, S. und Behrendt, A. (2017): Animal activity and welfare of suckler cows grazing during hot and cold days on fen grassland in northeast Germany. *Grassland Science in Europe* 22, 221–223.

Pickert, J. und Müller, J. (2016): Attractiveness of main sward types to suckler cows grazing on heterogeneous fen grassland. *Grassland Science in Europe* 21, 672–674.

Signer, C., Ruf, T., Schober, F., Fluch, G., Paumann, T. und Arnold, W. (2010): A versatile telemetry system for continuous measurement of heart rate, body temperature and locomotor activity in free-ranging ruminants. *Methods in Ecology & Evolution* 1, pp. 75–85.

Vectronic (2014): GPS Plus Collar. Vectronic-aerospace GmbH, Berlin, www.vectronic-aerospace.com/files/GPS_PLUS_2010_Collar.pdf.

10 Jahre Reifeprüfung für den 1. Grünlandaufwuchs auf dem Niederungsgrünland in Brandenburg

Weise, G.¹, Pickert, J.² und Tesch, U.³

¹ Paulinenaauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V. (PAGF)

Gutshof 7, 14641 Paulinenaue

² Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.

Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg

³ Landeskontrollverband Berlin-Brandenburg e.V. (LKV)

Straße zum Roten Luch 1A, 15377 Waldsiedersdorf

pickert@zalf.de

Einleitung und Problemstellung

Der optimale Schnitttermin zählt zu den wichtigsten Voraussetzungen für eine hohe Silagequalität vom Grünland. Mit keiner anderen Maßnahme entscheidet man so unmittelbar über den Gehalt an Rohprotein und insbesondere an Futterenergie. In den einzelnen Regionen werden die landwirtschaftlichen Betriebe durch für die Beratung zuständige Einrichtungen auf der Grundlage von aktuellen Probenahmen über den Reifeverlauf des 1. Grünlandaufwuchses an ausgewählten Standorten informiert. In einigen Bundesländern kommen dabei Modelle zur Anwendung. Für Brandenburg stellt sich seit dem Jahre 2007 der PAGF in Zusammenarbeit zunächst mit dem Landesamt für ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF), aktuell mit dem (ZALF) dieser Aufgabe. Einige Landwirtschaftsbetriebe lassen den Futterwert ihrer Grünlandaufwüchse darüber hinaus auch selbst beim LKV analysieren. Dies wird dann als besonders sinnvoll erachtet, wenn die Grünlandflächen zumeist durch die Wasserverhältnisse oder sehr verschiedene Ansaatmischungen recht unterschiedliche Reifeentwicklungen zeigen.

Material und Methoden

Die Reifeentwicklung des Grünlandes wurde etwa ab Mitte April an den regionstypischen Standorten in Paulinenaue sowie in 5, seit 2015 in 6 und seit 2016 in 7 landwirtschaftlichen Betrieben auf bis zu insgesamt 22 Flächen (2017) durchgeführt (Abbildung 1).

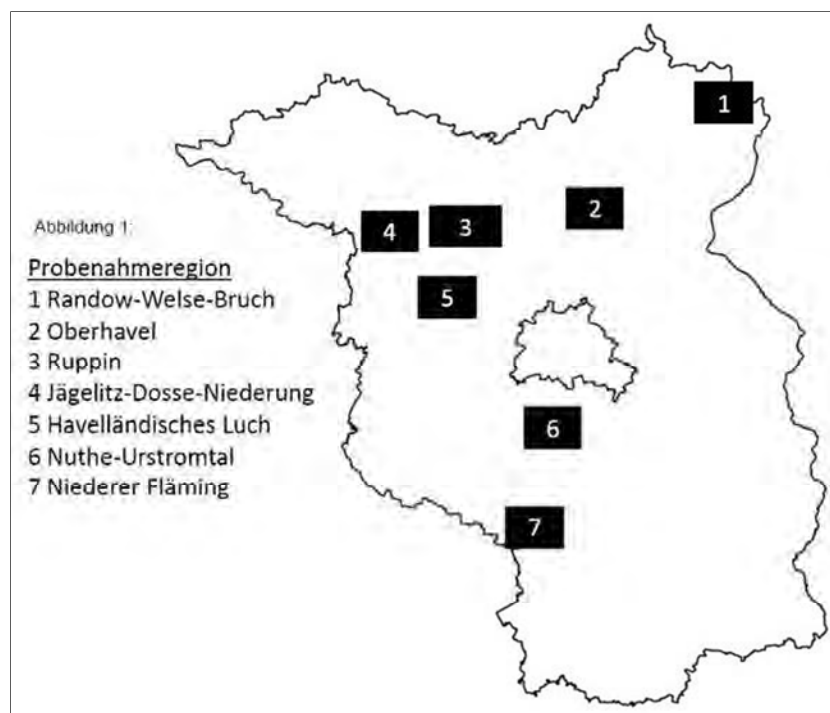


Abbildung 1: Standorte der Grünlandreifeprüfung für Brandenburg (ab 2007 bzw. 2016)

An den Standorten 4, 6 und 7 fanden die Beprobungen über 10 Jahre auf denselben Flächen statt. Die anderen Standorte kamen entweder später sukzessive hinzu oder es wechselten innerhalb der Betriebe die Grünlandflächen, z.B. nach Neuansaat. Die statistischen Auswertungen, z.B. im Zusammenhang mit den Temperatursummen, beziehen sich stets nur auf die Betriebe 4, 6 und 7 sowie die über 10 Jahre beprobten Flächen.

Mit der Probenahme wurde begonnen, wenn auf den meisten Standorten eine Bestandshöhe von ca. 10 cm erreicht war und damit eine ordnungsgemäße Probenahme überhaupt möglich wurde. Diesen ersten Beprobungstermin haben wir als „Beginn des Mengenwachstums“ bezeichnet. Die Proben wurden an mindestens 5 Stellen je Fläche mit einer Stoppelhöhe von 3 bis 5 cm geschnitten und zu einer Sammelprobe vereint. Diese wurde dann über mindestens 36 Stunden bei 60 °C getrocknet, mit 1 mm Siebgröße gemahlen und anschließend NIRS-analytisch (VdLUFA-Netzwerk) untersucht.

Die Korrigierte Temperatursummenmethode (nach Ernst & Loeper) wurde rückwirkend über 10 Jahre auf ihre Eignung zur Ermittlung des Vegetationsbeginnes und zur objektiven Terminierung des ersten Beprobungstermines unter den nordostdeutschen Bedingungen geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Vor Beginn der Reifeprüfung im Jahre 2007 wies die Probenstatistik des LKV nur für ca. 15 % der Grassilagen den optimalen Rohfasergehalt $< 250 \text{ g kg TM}^{-1}$ aus. 60 % aller Grassilagen wiesen RFA-Gehalte $> 280 \text{ g kg TM}^{-1}$ auf und waren damit die für Fütterung hochleistender Milchkühe ungeeignet, es sei denn in geringen Rationsanteilen als Strukturlieferant für bestimmte Leistungsgruppen. Während der zehnjährigen Laufzeit der Reifeprüfung hat sich in der Statistik des LKV kontinuierlich der Anteil von Grassilagen mit hohen und sehr hohen Rohfasergehalten verringert und der Anteil Silagen aus früh geschnittenen Grünlandbeständen erhöht. Seit 2012 ist der Anteil von Grassilagen $> 280 \text{ g RFA kg TM}^{-1}$ auf unter 10 % gesunken, der Anteil an Silagen mit RFA-Gehalten $< 250 \text{ g kg TM}^{-1}$ beziffert sich auf ca. 40 % (Abbildung 2).

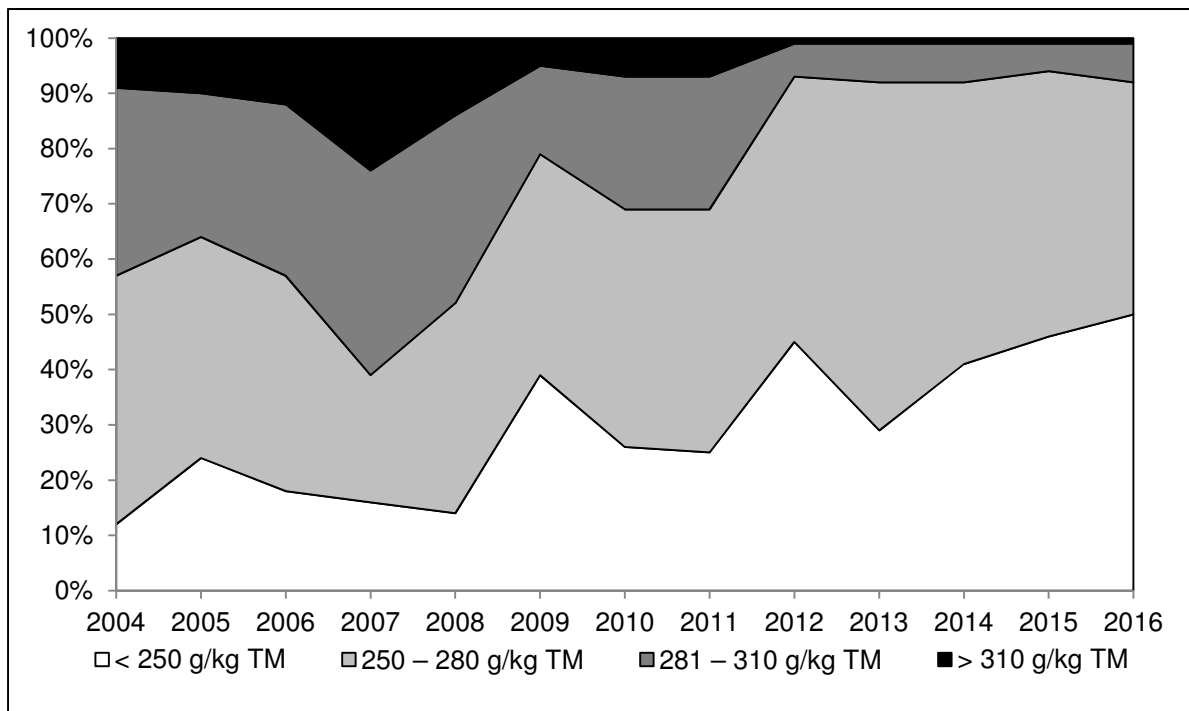


Abbildung 2: Anteile verschiedener Rohfasergehalte in den Grassilagen im Einzugsbereich des LKV Berlin-Brandenburg in den Jahren 2004 bis 2016

Der erste Beprobungstermin „Beginn des Mengenwachstums“ schwankt von Jahr zu Jahr erheblich und setzt eine In-Augenscheinahme des Grünlandbestandes der betreffenden Flächen durch die Betriebsleiter voraus. Dies hat sich über die Jahre als geeignet erwiesen, obwohl der Kommunikationsaufwand vor Prüfungsbeginn erheblich ist. In den beiden Wochen nach dem Beginn des Massenwachstums wurden im Mittel von zehn Jahren relativ stabile Zuwächse im Rohfasergehalt von ca. 20 bzw. 26 g kg TM⁻¹ pro Woche oder 2,9 bzw. 3,8 g kg TM⁻¹ pro Tag festgestellt.

Über beide Wochen errechnete sich ein Rohfaserzuwachs von 47 und ein täglicher Zuwachs von 3,3 g kg TM⁻¹ (Abbildung 3).

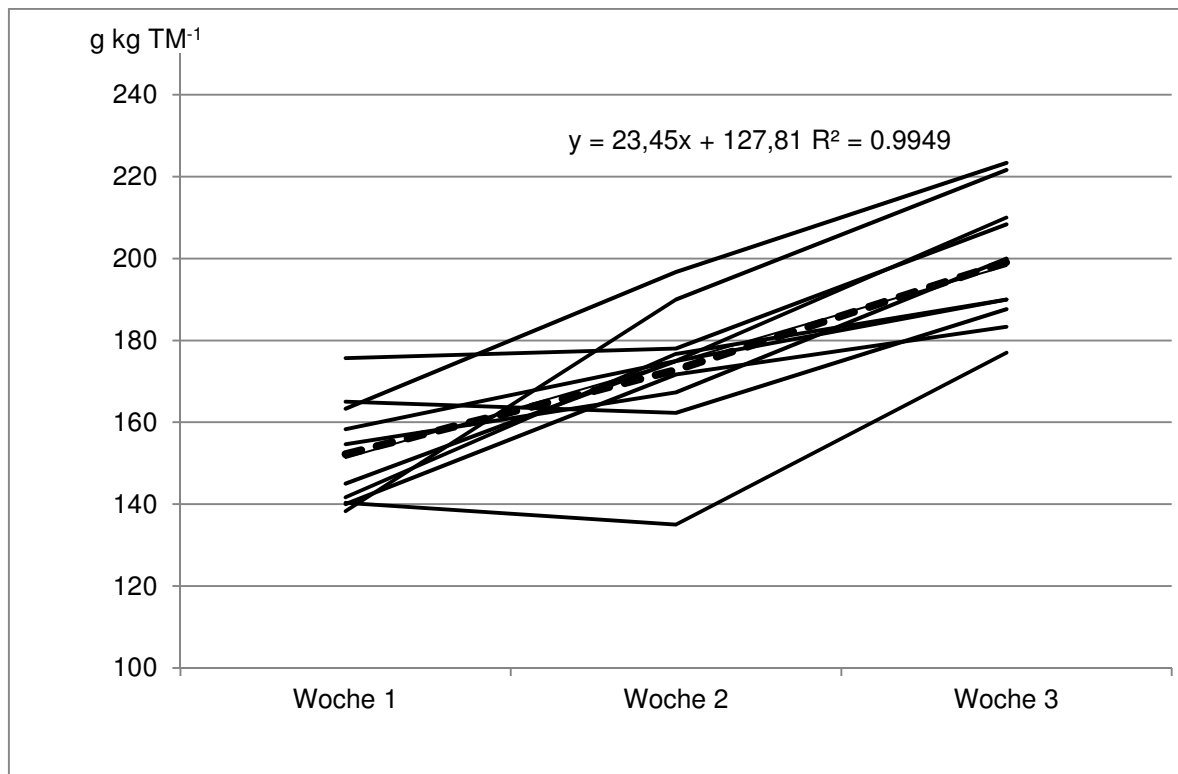


Abbildung 3: Entwicklung des Rohfasergehaltes über 3 Probenahmetermine (Woche 1–3) während der Grünlandreifepfung in Brandenburg (2007–2016, Niedermoor/Anmoor, Mittel von 3 Standorten, Trendlinie des Mittelwertes gestrichelt)

Im Mittel dieser Standorte entwickelte sich während der drei Probenahmetermine bzw. zwei Wochen der Rohfasergehalt von 156 auf 200 g je kg TM. Unterstellt man einen weiteren täglichen RFa-Zuwachs von 3,8 g so tritt durchschnittlich etwa eine Woche später, alles in allem nur 3 Wochen nach dem Beprobungsbeginn, mit ca. 220 g RFa je kg TM der Mähbeginn ein. Diese durchschnittliche Zeitspanne war typisch für 7 von 10 Jahren; in einem Jahr benötigte das Grünland fast 4 Wochen, in zwei Jahren nur jeweils 1 Woche, um von „Beginn Mengenwachstum“ auf 200 g RFa je kg TM zu kommen (Abbildung 4).

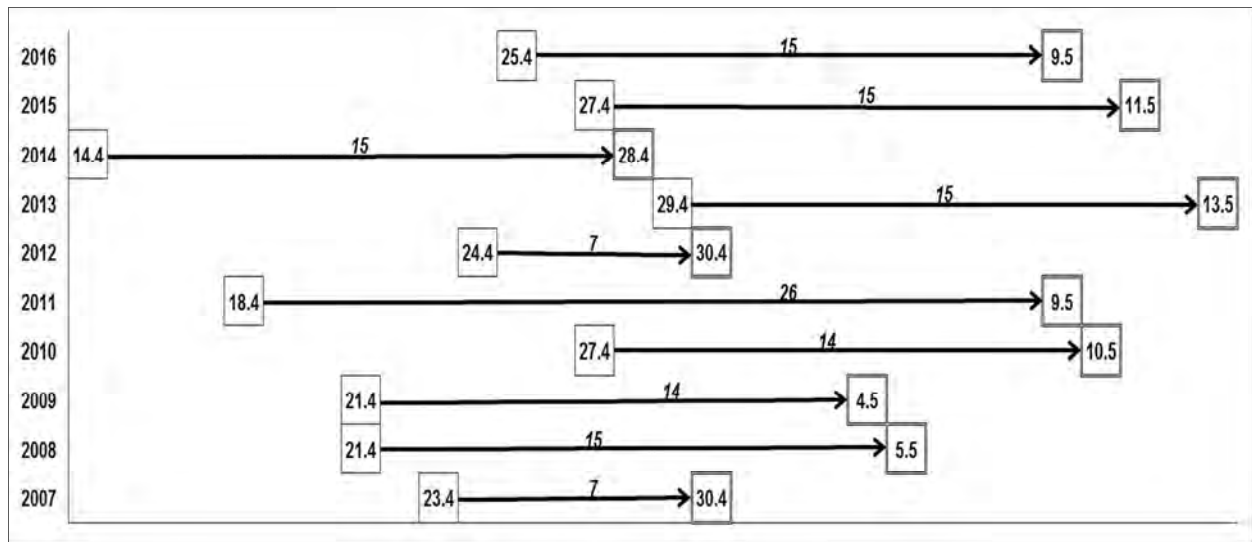


Abbildung 4: Termin und Zeitspannen (Tage) für „Beginn Mengenwachstum“ und „20 % Rohfasergehalt erreicht“ 2007–2016 am Standort 5 (Havelländisches Luch, Paulinenaue)

24.4 "Beginn Mengenwachstum"
 9.5 "Rohfasergehalt 200 g/kgTM erreicht"

Die Anwendung der Korrigierten Temperatursummenmethode für die Ermittlung des Vegetationsbeginnes führte bisher für die nordostdeutschen Standortbedingungen zur keiner Verbesserung in der Terminierung des ersten Beprobungstermines.

Schlussfolgerungen

Die Grünland-Reifeprüfung für Brandenburg hat sich bewährt und trug zu einer deutlichen Verbesserung beim Schnitzeitpunkt in der Grassilageproduktion bei. Sie wird daher fortgesetzt. Die Reaktionszeit der landwirtschaftlichen Betriebe von der ersten Mitteilung der Rohfasergehalte bis zum Erntebeginn ist relativ kurz. Nachdem die Prüfung der Anwendung der Korrigierten Temperatursummenmethode noch nicht erfolversprechend verlief, muss nach weiteren Verfahren gesucht werden, um eine mittelfristige Orientierung auf den Vegetationsverlauf geben zu können.

Die ermittelten Anstiege beim Rohfasergehalt während des Beprobungszeitraumes können für eine objektivere Vorhersage des Reifeverlaufes herangezogen werden. Erste Analysen haben vielversprechende Korrelationen zwischen den Rohfasergehalten und den Temperaturverläufen vor den Beprobungsterminen ergeben, die in weitere Modellbetrachtungen Eingang finden werden.

Nahrungspräferenzen von Wisent (*Bison bonasus*) und Przewalski-Pferd (*Equus ferus przewalskii*) in einem Semi-Reservat

Zielke, L.¹, Wrage-Mönnig, N.² und Müller, J.²

¹ Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung
Alfred-Kowalke-Straße 17, 10315 Berlin

² Grünland und Futterbauwissenschaften, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät,
Universität Rostock
Justus-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock
zielke@izw-berlin.de

Einleitung und Problemstellung

Megaherbivoren wird eine bedeutende Rolle für intakte Ökosysteme zugeschrieben. Dennoch zählen etliche von ihnen zu den bedrohten Arten und sind auf der Roten Liste der IUCN aufgeführt (Ramos *et al.* 2016), wie der Wisent (*Bison bonasus*) und das Przewalski-Pferd (*Equus ferus przewalskii*). Der Wisent ist das größte europäische Landsäugetier und war ursprünglich in West-, Zentral- sowie Südosteuropa und dem Kaukasus verbreitet (Karbowski *et al.* 2014). Im Jahr 1919 wurde der letzte freilebende Wisent erlegt. Die Arterhaltung sowie ein Wiederaufbau der Population gelang auf der Basis von in Gefangenschaft lebenden Tieren (Krasinska und Krasinski 2007, Karbowski *et al.* 2014, Ramos *et al.* 2016). Das Przewalski-Pferd galt seit den 1960ern als in der Wildnis ausgestorben. Die Arterhaltung gelang ebenfalls nur anhand von sorgfältigen Zuchtbemühungen.

Sowohl für Wisente als auch für Przewalski-Pferde bestehen verschiedene Wiederansiedelungsversuche, jedoch ist das Wissen über Faktoren wie Habitatansprüche, Sozialverhalten und Nahrungsverhalten lückenhaft und es werden viele weiterführende Studien benötigt (Souris *et al.* 2006, Ramos *et al.* 2016). So wurde der Wisent über viele Jahrzehnte zu den waldbewohnenden Arten gezählt. Verschiedene Studien der vergangenen Jahre stellen diese Zuordnung in Frage und sprechen beim Wisent von einer „geflüchteten“ Art, welche ehemals eine Mischung aus Offenland und Wald bevorzugte (Kerley *et al.* 2012, Bocherens *et al.* 2015).

Im Jahr 2016 begann ein mehrjähriges Forschungsprojekt im Naturschutzgebiet und Semi-Reservat „Döberitzer Heide“ zur Untersuchung der Nahrungspräferenzen beider Großsäuger. Das Semi-Reservat Döberitzer Heide ist charakterisiert durch wertvolle und weitestgehend unzerschnittene Biotope wie Heiden, Trockenrasen, Laubmischwälder, Feuchtwiesen, Röhrichte, Gewässer und Moore. Zur Erhaltung und Förderung der unterschiedlichen Lebensraumtypen und Arten in den einzelnen Schutzgebieten der Döberitzer Heide wurden Wisente und Przewalski-Pferde zur Landschaftspflege und -gestaltung angesiedelt. Ziel der vorliegenden Studie war die Erfassung der Nahrungspräferenzen beider Arten im Jahresverlauf.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiet

Das Naturschutzgebiet Döberitzer Heide befindet sich in unmittelbarer Nähe zur westlichen Berliner Stadtgrenze. Das Gebiet wurde mehr als 100 Jahre für militärische Übungszwecke genutzt. Es umfasst eine Gesamtfläche von 3.415 ha, wovon knapp 2.790 ha von der Europäischen Union gemäß der Richtlinie 92/43/EWG als FFH-Gebiete ausgewiesen wurden. Die im Jahr 2010 errichtete Wildniskernzone hat eine Flächengröße von ca. 1.860 ha. Den Tieren wird ganzjährig kein zusätzliches Futter dargeboten.

Studienobjekte

In der Wildniskernzone befinden sich 22 Przewalski-Pferde und ungefähr 60 Wisente. Der Altersdurchschnitt der Przewalski-Pferde, die sich im Gebiet nicht vermehren können, liegt bei zehn Jahren. Die Altersspanne der Wisente reicht von wenigen Wochen bis zu zehn Jahren.

Studiendesign

Über einen Zeitraum von einem Jahr wurden die Wisente und Przewalski-Pferde in der Wildniskernzone der Döberitzer Heide an zwei Tagen der Woche für durchschnittlich acht Stunden pro Tag hinsichtlich ihrer Habitat- und Nahrungspräferenzen beobachtet. Durch Begehung verschiedener Biotope wurden die bevorzugt verbissenen Pflanzenarten bestimmt und ein Präferenzranking erstellt. Die Abstufung erfolgte von nahezu immer gefressen (A) bis verschmäht (D). Die von den Tieren aufgenommenen Pflanzenarten wurden in den Zeiträumen 01.07.–31.08.2016, 01.10.–30.11.2016, 01.01.–28.02.2017 sowie 01.04.–31.05.2017 entnommen. Die Präferenzkategorien A bis D (A 100–95 %; B <95–50 %, C <50–5 % sowie D <5–0 %) beschreiben die Präsenzwahrscheinlichkeit einer Art in den Beobachtungszeiträumen.

Statistik

Für eine statistische Auswertung wurden die verschiedenen Pflanzenarten den funktionellen Gruppen (Gräser, Sauergräser, Kräuter, Laub, Triebe, Zweige und Rinden) zugeordnet. Analysiert wurden die Häufigkeiten der einzelnen funktionellen Gruppen an den Präferenzkategorien beider Tierarten mittels Kontingenztabellierung und nachfolgendem Chi-Quadrat-Test. Alle statistischen Auswertungen wurden mit R vorgenommen (R Core Team 2016).

Ergebnisse und Diskussion

Wie den Abbildung 1 und 2 zu entnehmen ist, wiesen Wisente und Przewalski-Pferde signifikant unterschiedliche Präferenzen in ihrem Nahrungsverhalten auf.

Während die Wildpferde bevorzugt Gräser weideten, nahmen Kräuter und Laub bei den Wisenten einen wesentlich höheren Stellenwert ein, vor allem im Sommer und Herbst.

Die Präferenz für Graminoide ist ein allgemeines Merkmal für Vertreter der Equiden (Odadi *et al.* 2011, Clauss 2013). Zurückzuführen ist dies auf die ursprüngliche Verbreitung in den Eurasischen Steppen (Abaturov *et al.* 2016). Im Gegensatz zum Przewalski-Pferd weist der Wisent ein sehr breites Spektrum an konsumierten Arten auf. Die unterschiedlichen Nahrungspräferenzen beider Megaherbivoren ermöglichten ein Zusammenleben auf dem Eurasischen Kontinent. Die Besetzung der gleichen ökologischen Nische hätte zu einer Nahrungskonkurrenz geführt (Abaturov *et al.* 2016).

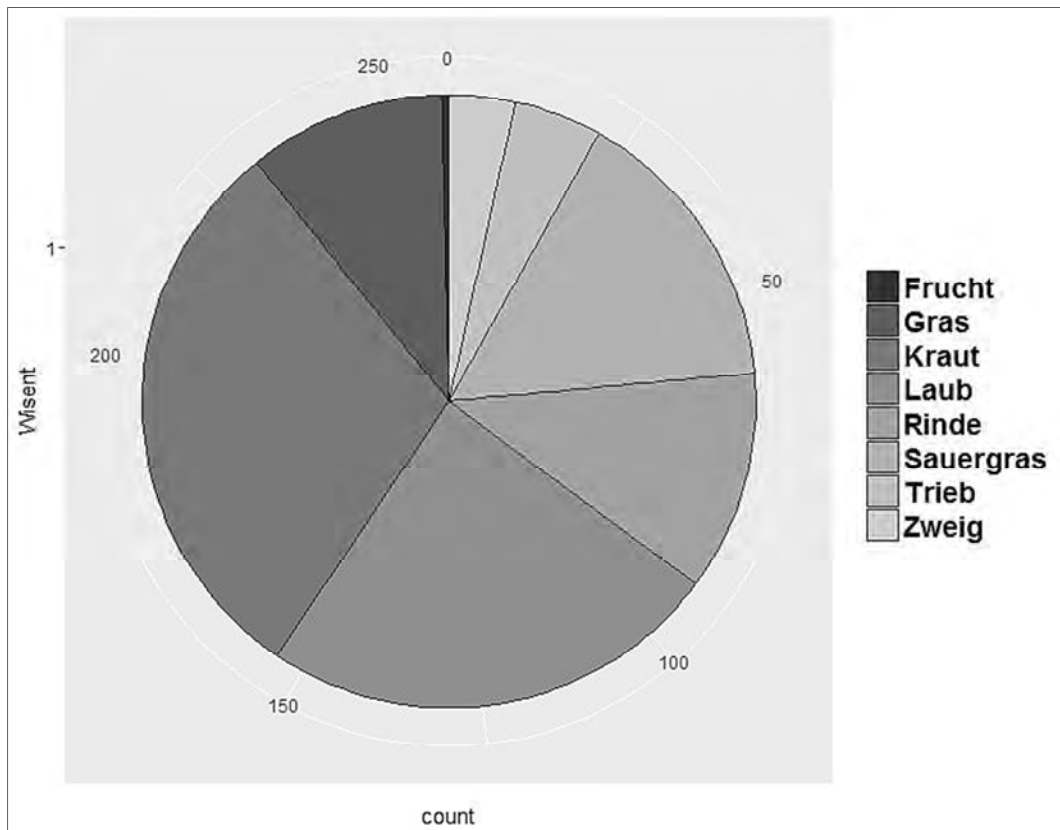


Abbildung 1: Verteilung der funktionellen Gruppen in den Präferenzklassen A bis C für Wisent im Untersuchungsjahr

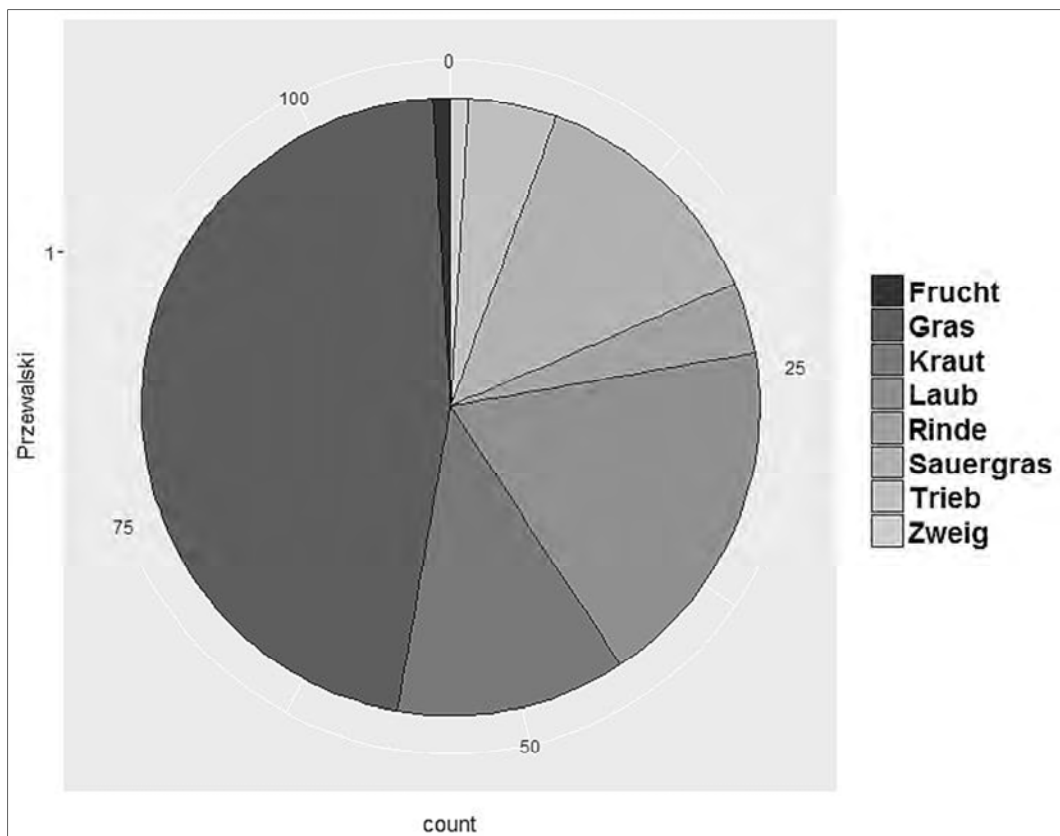


Abbildung 2: Verteilung der funktionellen Gruppen in den Präferenzklassen A bis C für Przewalski-Pferd im Untersuchungsjahr

Schlussfolgerungen

Die unterschiedlichen Nahrungspräferenzen beider Megaherbivoren können einen positiven Einfluss auf die Biodiversität nehmen. Die Gefahr der Dominanz von verschmähten Arten oder das Verschwinden von bevorzugten Arten wird bei einem Multi-Spezies-Projekt mit Wisenten und Przewalski-Pferden verringert. Die Nahrungspräferenzen des Wisents untermauern die neuesten Erkenntnisse, nach denen diese Art kein ausschließlicher Waldbewohner ist, sondern die Tiere ebenso offene Habitate zur Nahrungsaufnahme aufsuchen.

Literatur

- Abaturov, B.D., Kazmin, V.D. und Kolesnikov, M.P. (2016): Nutrition of Bison (*Bison bison*), Camels (*Camelus bactrianus*) and Horses (*Equus caballus*) from their joint grazing on an isolated steppe pasture. *Biology Bulletin* 43, 918–925.
- Bocherons, H., Hofman-Kaminska, E., Drucker, D.G., Schmölcke, U. und Kowalczyk, R. (2015): European bison as a refugee species? Evidence from isotopic data on early Holocene bison and other large herbivores in northern Europe. *PLoS One* 10, e0115090.
- Clauss, M. (2013): Digestive physiology and feeding behaviour of equids – a comparative approach. *Horse Health Nutrition, European Equine Health & Nutrition Congress*, Belgium, 25–33.
- Karbowiak, G., Demiaszkiewicz, A.W., Pyziel, A.M., Wita, I., Moskwa, B., Werszko, J., Bien, J., Gozdzik, K., Lachowicz, J. und Cabaj, W. (2014): The parasitic fauna of the European bison (*Bison bonasus*) (Linnaeus, 1758) and their impact on the conservation. Part 1 – The summarizing list of parasites noted. *Acta Parasitologica* 59, 363–371.
- Kerley, G.I.H., Kowalczyk, R. und Cromsigt, J.P.G.M (2012): Conservation implications of the refugee species concept and the European bison: king of the forest or refugee in a marginal habitat? *Ecography* 35, 519–529.
- Krasinska, M. und Krasinski, Z.A. (2007): European bison.–The nature monograph. *Mammal Research Inst. Polish Academy of Sciences*.
- Odadi, W.O., Jain, M., Van Wieren, S.E., Prins, H.H.T. und Rubenstein, D.I. (2011): Facilitation between bovids and equids on an African savanna. *Evol. Ecol. Res. Vol.* 13, 237–252.
- Ramos, A., Petit, O., Longour, P., Pasquaretta, C. und Sueur, C. (2016): Space use and movement patterns in a semi-free-ranging herd of European bison (*Bison bonasus*). *PLoS One* 11, e0147404.
- R Core Team (2016): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL www.R-project.org.
- Souris, A.C., Kaezensky, P., Julliard, R. und Walzer, C. (2006): Time budget-, behavioral synchrony- and body score development of a newly released Przewalski's horse group *Equus ferus przewalskii*, in the Great Gobi B strictly protected area in SW Mongolia. *Applied Animal Behaviour Science*, 107, 307–321.

Schlag-orientierte Qualitätssicherung in der Grassilageproduktion – ein Paradigmenwechsel?

Pickert, J.¹, Herrmann, A.³, Hoffmann, T.², Mersch, F.⁴, Thaysen, J.⁵, Weise, G.⁶, Weiß, K.⁷ und Wellenbrock, K.-H.⁶

¹ Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg

² Grass and Forage Science/Organic Agriculture, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Herrmann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel

³ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB)
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

⁴ Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Fachbereich 53/Ökologischer Landbau
Versuchszentrum Gartenbau, Gartenstraße 11, 50765 Köln-Auweiler

⁵ Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Grüner Kamp 15–17, 24768 Rendsburg

⁶ Paulinenauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V., Gutshof 7, 14641 Paulinenaue
⁷ Humboldt-Universität zu Berlin

Albrecht Daniel Thaeer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften
Invalidenstraße 42, 10115 Berlin

pickert@zalf.de

Einleitung und Problemstellung

Grassilage ist bekanntlich neben Maissilage das wichtigste Grundfutter in der Rinderhaltung. Etwa 40 bis 60 % der in der Milchviehhaltung eingesetzten Silagen sind Grassilagen. Eine hohe Futterqualität der Grassilage ist eine Voraussetzung für hohe Tierleistungen, Tiergesundheit, Fruchtbarkeit und Leistungsdauer sowie für geringe Futterkosten. Milchkühe sind auf besonders hohe Futterqualität angewiesen. Aus physiologischen, aber auch aus betriebswirtschaftlichen Aspekten ist daher eine Fütterung mit wirtschaftseigener Grassilage anzustreben. Die Futterkosten machen in hochleistenden Milchviehherden etwa 60 % der jährlich 2.300–2.500 € je Milchkuh umfassenden Direktkosten aus. Knapp 50 % der Futterkosten entfallen auf das Grundfutter, zumeist Silagen. Die Bereitung hochwertiger Grassilage basiert auf einem sehr komplexen Verfahrensablauf und erfordert die Berücksichtigung zahlreicher Einflussfaktoren, angefangen bei den Standortverhältnissen und der Zusammensetzung der Grünlandnarbe, über die Nährstoffversorgung des Grünlandbestandes, das morphologische Entwicklungsstadium zum Mähzeitpunkt, die Mäh- und ggf. Mähgutbearbeitungstechnik, der Trockenmassegehalt zum Silierzeitpunkt, der Siliermitteleinsatz, die Einlagerungs-, Verdichtungs- und Hermetisierungsbedingungen bis hin zu den Abläufen bei der Siloentnahme und Futtervorlage.

Die Analyse der Grassilagequalität im Einzugsbereich des Labors des Landeskontrollverbandes Berlin-Brandenburg (LKV) zeigt, dass es in den letzten 10 Jahren nicht gelungen ist, den Energiegehalt der Grassilagen zu verbessern. Diese Situation ist in anderen norddeutschen Regionen nicht anders (Kalzendorf 2015). Im Mittel werden konstant ca. 6,0 MJ NEL kg TM⁻¹ erreicht, allerdings bei einem Variationsbereich von ca. 5 bis 7. Betrachtet man nur die besten 25 % der Grassilagen so werden seit 2007 im Durchschnitt stets mindestens 6,3 MJ NEL kg TM⁻¹ ausgewiesen, wobei in einigen Jahren auch 6,5 MJ NEL kg TM⁻¹ errechnet worden sind.

Durch den Paulinenauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V. werden seit 2007 in der „Reifeprüfung Grünland“ der Reifeverlauf des ersten Grünlandaufwuchses für das Land Brandenburg untersucht und Empfehlungen zum Schnittbeginn veröffentlicht. Das hat sich bewährt und trug zu einer deutlichen Verbesserung beim Schnittzeitpunkt in der Grassilageproduktion bei. So stieg der Anteil von Grassilagen mit einem Rohfasergehalt unter 250 g kg TM⁻¹ von ca. 15 % im Jahre 2007 auf über 40 % im Jahre 2016 (Weise *et al.* 2017). Damit wird in vielen Betrieben bereits hochwertiges Siliergut in der Grassilageproduktion eingesetzt.

Bei der Entwicklung des TM-Gehaltes, als dem entscheidendsten Verfahrensparameter in der Welksilageproduktion, konnte hingegen keine Verbesserung erzielt werden (Abbildung 1).

Nur ca. 30–35 % der Grassilagen weisen einen TM-Gehalt zwischen 350 und 450 g kg FM⁻¹ auf, ca. 40 % liegen darunter, und 25–30 % sind zu stark angewelkt. Im Verfahren der Silageerzeugung erfährt das Mähgut somit meist nicht die erforderliche qualitätssichernde Weiterentwicklung. In der Abbildung 2 ist dem Rückgang der Rohfasergehalte die Stagnation bei der Energiekonzentration (EK) und dem TM-Gehalt der Grassilagen gegenübergestellt. Es wird deutlich, dass in der Verfahrensgestaltung der Welksilageproduktion nach dem Schnitt dringender Handlungsbedarf besteht.

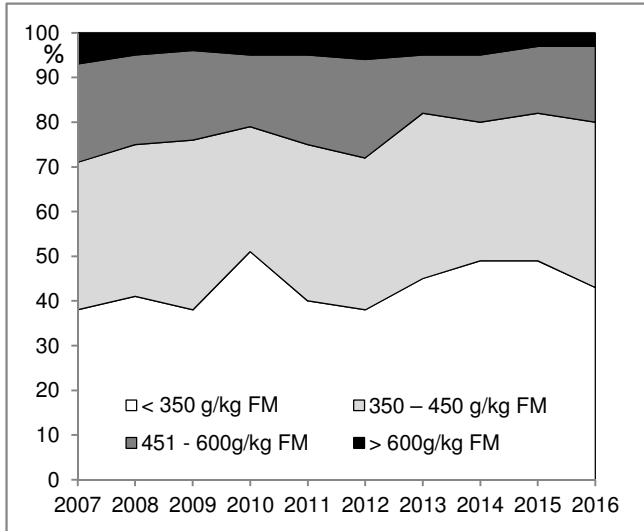


Abbildung 1: Entwicklung des TM-Gehaltes der Grassilagen von 2007 bis 2016 im Bereich des LKV Berlin-Brandenburg (Quelle: Landeskontrollverband Berlin-Brandenburg)

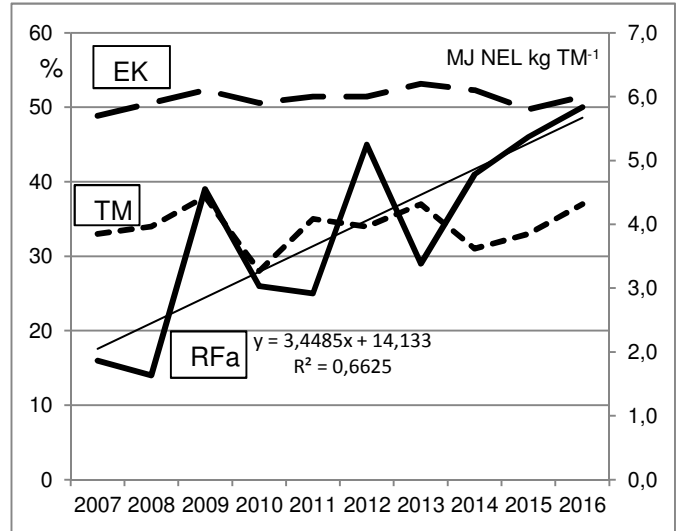


Abbildung 2: Entwicklung des Anteils der Grassilagen mit einem Rohfasergehalt (RFA) < 250 g kg TM⁻¹, mit einem TM-Gehalt 350–450 g kg FM⁻¹ sowie Entwicklung der Energiekonzentration (EK) von 2007 bis 2016 im Bereich des LKV Berlin-Brandenburg (Quelle: Landeskontrollverband Berlin-Brandenburg)



Abbildung 3: Anschnittfläche eines Horizontalsilos mit visuell unterschiedlichen Silagepartien, die auf Unterschiede in der Silagequalität hindeuten (Foto: Chr. Kalzendorf)

Bei der Analyse der Silagequalität und etwaiger Schwachstellen werden vielfach die einzelnen Einflussfaktoren wenn überhaupt, dann eher isoliert voneinander betrachtet. Nicht selten befasst sich der Betriebsleiter nur mit dem Futtermittelattest der bei der Fütterung an der Anschnittfläche entnommenen Silage. Dabei stellt sich der Silo als Black Box dar.

Selbst wenn visuell festgestellte Bereiche unterschiedlicher Qualität separat beprobt und analysiert werden, kann die Verbindung zur Herkunftsfläche und damit zu wichtigen Einflussfaktoren der Silagequalität meist nicht mehr hergestellt werden (Abbildung 3). Diese Herangehensweise kann daher bei größeren Silos, in das Siliergut unterschiedlicher Flächen eingebracht wird, nicht zielführend sein. Dies ist gerade für größere Betriebe bedeutsam. Zudem fallen die Ergebnisse erst unmittelbar bei der Fütterung an. Weisen die Befunde eine unzureichende Qualität aus, kann i.d.R. im selben Jahr nicht mehr durch Erzeugung betriebseigener hochwertigerer Silage reagiert werden.

Die Arbeiten hatten das Ziel, die Grassilageproduktion in mehreren Landwirtschaftsbetrieben auf der Grundlage von schlagbezogenen Daten zum Verfahrensablauf und zur Futterqualität zu organisieren und zu analysieren. Der vorliegende Beitrag vermittelt die Ergebnisse aus zwei Untersuchungsjahren (2015–2016) und stellt ein schlag-orientiertes Qualitätssicherungskonzept vor.

Material und Methoden

Der optimale Schnitttermin des ersten Aufwuchses wurde mittels der „Reifeprüfung Grünland“ ermittelt. Zur Sicherung und Vorhersage des erreichten TM-Gehaltes in Abhängigkeit der Mähbedingungen und Witterung wurde das Modell WELKEN eingesetzt. Die Prognose der Silagequalität erfolgte über das Modell SILO. Das Modell WELKEN geht auf umfangreiche Forschungsarbeiten des damaligen Institutes für Futterproduktion Paulinenaue zurück (Rübensam und Bockholdt 1987, Thöns und Rübensam 1987), ebenso wie das Modell SILO (Weise und Rambusch 1988). Beide Modelle wurden auch als Maßnahmenpaket zusammengeführt (Rübensam *et al.* 1991). Während die Welkesteuerung nicht mehr in die Praxis eingeführt wurde, liegen für die Vorhersage der Silagequalität auf der Grundlage des Siliergutes und der Silierbedingungen einzelne Praxiserfahrungen aus Großbetrieben der Region vor. Die Modelle wurden in Excel umgesetzt (Abbildung 4 und Abbildung 5) und auf Basis der neu erhobenen Daten validiert.

Eingaben						Regen Fall 1			
Mähd-Termin: 15.05. 12:00		VERDUNSTUNGSWERTE (mm/d)				Mähd Welken Regen Regen verdunstet zu 100% Welken fortsetzen bis zum nächstem Regen bzw. bis zur Ernte			
Mähd-TS: 20,0%	Soll-TS: 35,0%	Datum	Verdunstung	Bodenkorrektur	Schwadbeh.				
Bodenbedingungen: 2		15.05.	3,7	2,814	3,069	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Aktueller Erntetermin: 16.05. 12:10 </div>			
Ertrag: 150 kg/100m ²		16.05.	3,7	2,814	3,069				
Mähbreite: 7,5 m		17.05.							
Schwadbreite: 5,5 m		18.05.							
Massebelag: 2,045 kg/m ²		19.05.							
Schwadbearbeitung: 3		20.05.							
		21.05.							
Ernte ohne Regen: 16.05. 09:43									
Regen			Erforderliche Regenverdunstung			Neuer Welkbeginn		Neuer Erntetermin	Bemerkungen
Beginn	Ende	Menge (mm)	Windstärke	aktueller Regen (mm)	Rest letzter Regen (mm)	Verdunstung gesamt (mm)	TS vor Regen (%)	Zeit	
15.05. 18:30	15.05. 18:59	0,5	1	0,578		0,578	32,38%	16.05. 10:52	(Regen Fall 1)

Abbildung 4: Erfassungstableau im Projekt WELKEN

Zur Validierung der Welkeprognose wurden zunächst auf den einbezogenen Schlägen Mähgutproben entnommen (Probenahme aus dem Schwad unmittelbar beim Mähen), dann an gleicher die Siliergutproben (Probenahme vom Transportfahrzeug unmittelbar beim Feldhäcksler-, Ladewagen oder Rundballenpresseneinsatz im Rahmen von Bilanzbeutelversuchen, Schätzung der Futterqualität mittels NIRS für Frischgras) und letztlich die Silageproben (Probenahme aus den Bilanzbeuteln während der Siloentnahme bzw. aus dem Kern der Rundballen bei der Silagefütterung, Schätzung der Futterqualität mittels NIRS für Grassilagen).

Die Probenahmeterminale (Tag, Uhrzeit) wurden registriert. Die für die Anwendung der Modelle erforderlichen Parameter zur Verfahrensgestaltung sowie etwaige Niederschlagsmengen wurden von den Betrieben, die Witterungsdaten (tägliche Verdunstung) durch den DWD bereitgestellt.

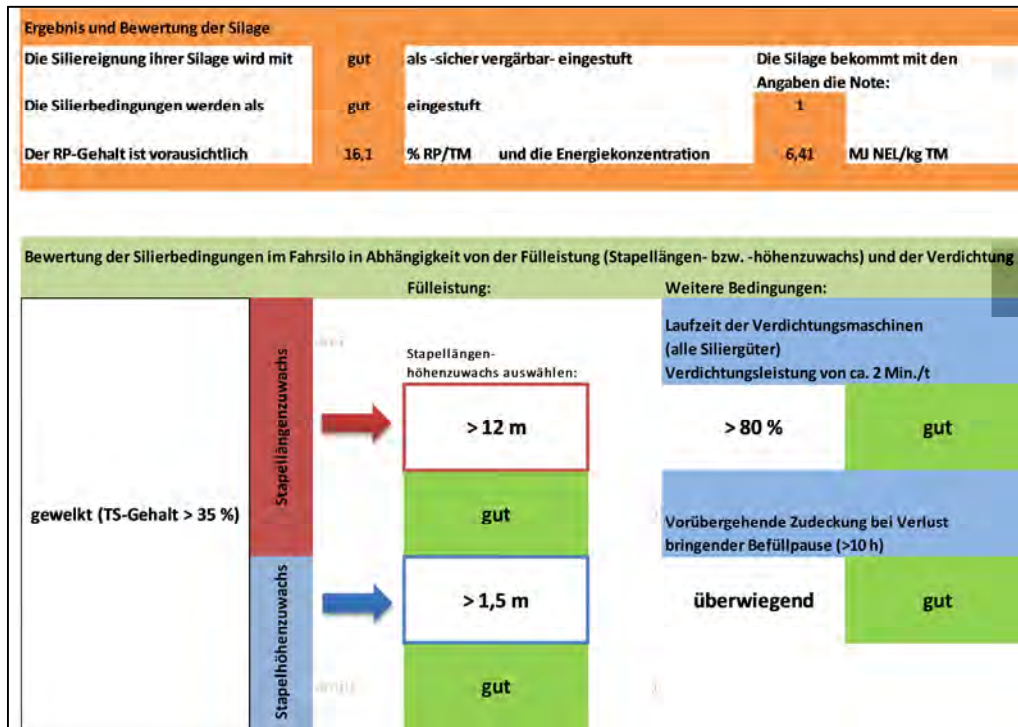


Abbildung 5: Erfassungstableaus im Projekt SILO (Auszug)

Ergebnisse und Diskussion

Mit Hilfe des Modells WELKEN konnte die Länge der Welkeperiode von der Mahd bis zur Einsilierung anhand des TM-Gehalts des Mähgutes, des Mähverfahrens sowie der aktuellen täglichen Verdunstung während der Welkeperiode sicher abgebildet werden (Abbildung 6). Der mittlere absolute Fehler betrug lediglich 108 Minuten (Pickert *et al.* 2016).

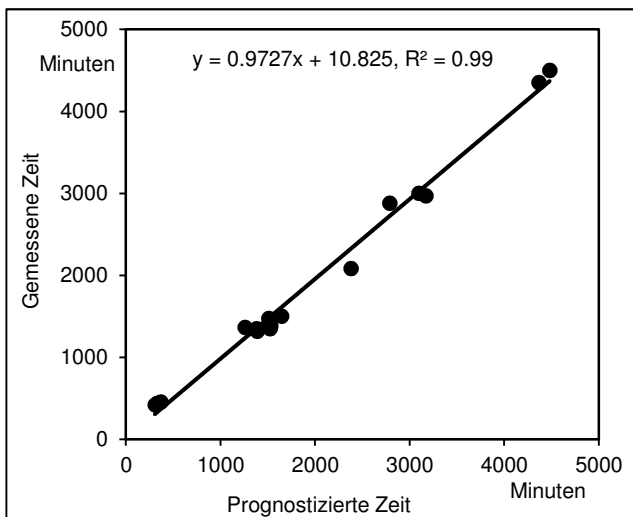


Abbildung 6: Prognostizierte und gemessene Zeit (Minuten) zwischen der Mahd und dem Erreichen bestimmter TM-Gehalte beim Silieren

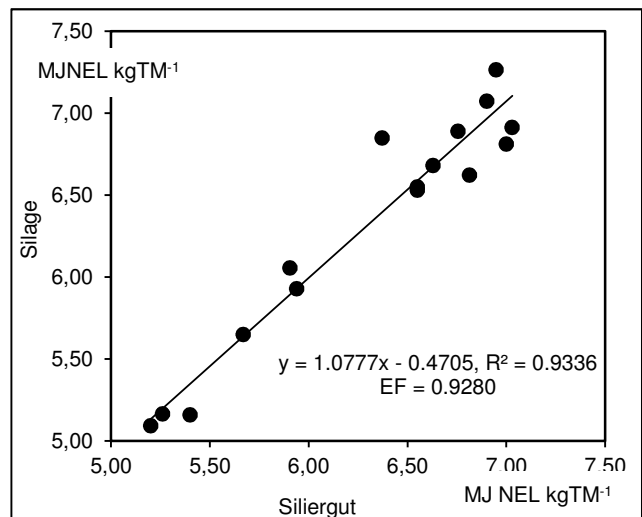


Abbildung 7: Energiekonzentration des Siliergutes und der Silage (MJ NEL kg TM⁻¹) in verschiedenen Versuchen 2015/16

Mit Hilfe des Modells SILO konnte die Energiekonzentration der Silage anhand der Energiekonzentration, der Siliereignung des Siliergutes und der während der Silobefüllung ermittelten Bedingungen sicher prognostiziert werden (Abbildung 7).

Vor allem im Bereich sehr hoher Energiekonzentration lagen bei einigen Chargen die Werte der Silage über denen des Siliergutes, was noch näher zu untersuchen ist.

Der mittlere absolute Fehler betrug 0,14 MJ NEL kg TM⁻¹. Die errechneten mittleren absoluten Fehler sind aus der Sicht der praktischen Verfahrensgestaltung als gering zu bezeichnen. Während die Verdunstungsdaten vom DWD bereitgestellt werden und lediglich geringer Aufwand bei der Dateneingabe entsteht, verlangt die Bereitstellung und Eingabe der verfahrenstechnischen Daten eine detaillierte Dokumentation für jeden Schlag. Ein Teil dieser Daten, wie Termine und Maschinenleistungen sind bereits jetzt Bestandteil der üblichen Schlagkarteien. Die Analyse der Siliergutqualität im Schlagraster ist eine neue Aufgabe, auf die sich Betriebsleiter einstellen müssen. Jedoch kann angesichts der sehr hohen Prognosesicherheit für die Silagequalität die Probenahme und Analyse der Silage vollständig entfallen oder sich auf jene Fälle beschränken, wo bei der In-Augenscheinnahme oder sensorischen Beurteilung der Silage während der Entnahme Widersprüche zum Prognoseergebnis bestehen.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Bezogen auf den Grünlandbestand eines konkreten Schlages sind die Einhaltung des optimalen TM-Gehaltes auf der Grundlage witterungs- und verfahrensabhängiger Daten in der Periode Mahd und Welken sowie die Prognose der Energiekonzentration auf Grundlage der Siliergutqualität, der Siliereignung und der Silierbedingungen in der Periode der Silofüllung sicher möglich. Wird die Siliergutanalyse auf die Kationen- und Anionengehalte (Na, K, P, Cl, S) Gehalte erweitert, stehen unmittelbar schlagbezogene Daten zur Verfügung, die in die Planung der Grunddüngung des einzelnen Schlages und die Rationsgestaltung (z.B. DCAB-Werte) einfließen können. In der Verfahrensanalyse wird somit der Übergang von der Ebene des Silos auf die Ebene des Schlages ermöglicht und erlaubt die Ableitung von Optimierungsmaßnahmen auch für die relevanten pflanzenbaulichen und grünlandwirtschaftlichen Faktoren auf jedem einzelnen Schlag (Abbildung 8).

Arbeitsabschnitt	Bestandesführung	Mahd	Ernte	Silierung
Eingangsgröße	Grünlandnarbe	Grünlandbestand	Mähgut	Siliergut
Maßnahmen	Nach- / Neuansaat	Mähtermin	Bearbeitungsverfahren	Einlagerungsleistung
	Schadpflanzenbekämpfung	Schnitthöhe	Erntetermin	Verdichtungsleistung
	Pflege	Aufbereitungsverfahren	Siliermittel (Typ, Menge)	Hermetisierungstermin
	Düngung		Zerkleinerungsintensität	
Zielgröße (Optimum)	Futterpflanzenarten	Reifestadium	TM-Gehalt	Lager.dichte/Luftausschluss
Ausgangsgröße	Grünlandbestand	Mähgut	Siliergut	Silage
Ebene	(Teil-)Schlag	(Teil-)Schlag	(Teil-)Schlag	Silo
Ertrag	dtFM, dtTM/ha		●	●
	dtXP/ha		●	●
	MJNEL/ha		●	●
Futterwert	%TM	○	●	●
	%XF [%ADF]	○	●	●
	%XA		●	●
	%XP		○	●
	%Zucker		○	●
	MJNEL/kgTM		○	●
	Struktur		●	●
Mineralstoffgehalte, DCAB	%K, %P	○	●	●
	%Ca, %Mg		●	●
	%Na; %S, %Cl		●	●

Abbildung 8: Ermittlung wichtiger Verfahrensparameter in der Grassilageproduktion auf unterschiedlichen Ebenen

Unter Berücksichtigung der im Betrieb ohnehin vorhandenen Schlagdokumentation und der entfallenden Silageuntersuchung erscheint der Mehraufwand für den Übergang zur Anwendung der Modelle und zur schlagorientierten Bewertung gering und gerechtfertigt.

Die Erfahrungen bei der Anwendung der Modelle und der nachfolgend dargestellten Verfahrensabläufe in den betroffenen Landwirtschaftsbetrieben bestätigen diese Einschätzung.

In Abbildung 9 ist schematisch dargestellt, wie die Siliergutbeprobung als Bestandteil des Modells SILO in einem Horizontalsilo bei abschnittsweiser Befüllung abläuft. Über alle Flächen A bis G, von denen Grünlandaufwuchs ins Silo gebracht worden ist, entsteht anhand der Siliergutproben 1 bis 11 eine Schätzung der Silagequalität für den gesamten Silo. Wird während der Einlagerung eine Siloskizze mit der Lage der größten Parteien im Silo angefertigt, können im Bedarfsfall Chargen identifiziert werden, die eine vom Mittel abweichende Qualität erwarten lassen, im Beispiel ist das der Schlag D mit einer wesentlich geringeren Energiekonzentration.

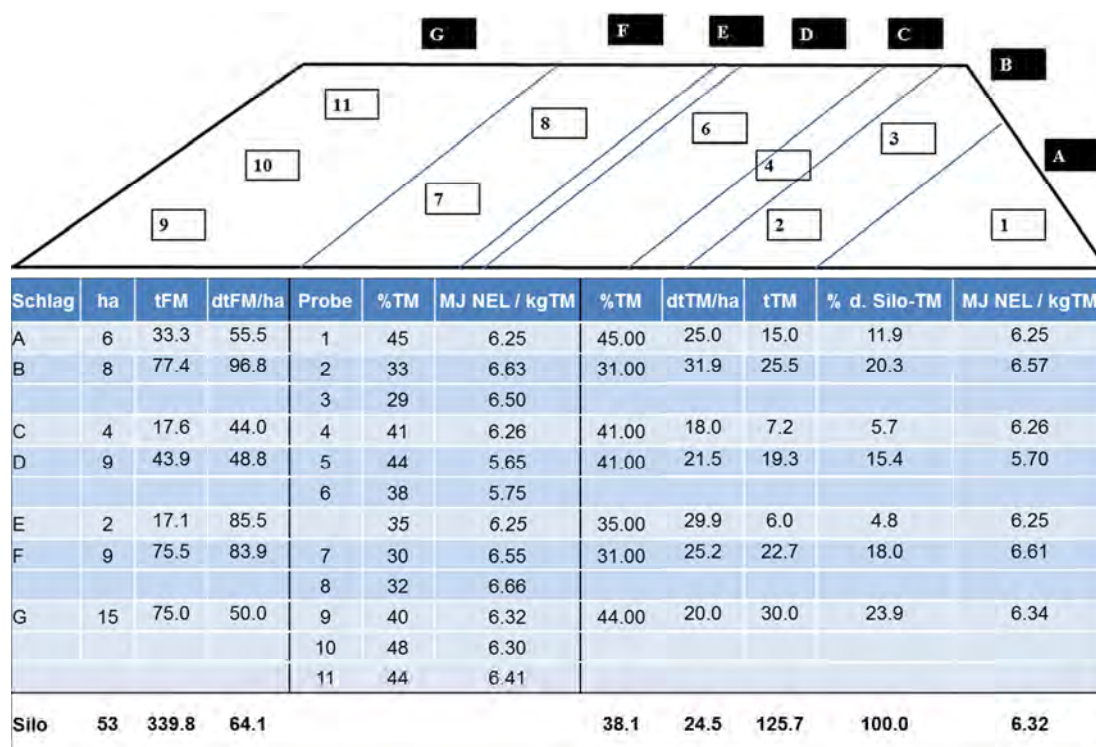


Abbildung 9: Beispiel für die Siliergutuntersuchung bei der abschnittsweisen Füllung eines großen Horizontalsilos

Literatur

- Kalzendorf, C. (2015): Silierung von Dauergrünlandaufwüchsen. Deutscher Grünlandverband. Schriftenreihe Heft 1, S. 43ff.
- Pickert, J. und Weise, G. (2014): Prediction of energy content of grass silages depending on grass and ensiling technique. *Grassland Science in Europe* 19, 613–615.
- Pickert, J., Hoffmann, T., Herrmann, A., Thaysen, J., Weise, G. und Wellenbrock, K.-H. (2016): 'WiltExpert' – a model for on-farm prediction of grass wilting time from mowing to ensiling dry matter content. *Grassland Science in Europe* 21, 200–202.
- Pickert, J., Weise, G., Reichert, D. und Tesch, U. (2017): Der Termin für Qualität. 10 Jahre Grünland-Reifeprüfung in Brandenburg. *Bauernzeitung* 16, 26–27.
- Rübensam, A. und Bockholdt, K. (1987): Weiterentwicklung der Welksilageproduktion durch Breitablage – Breitaufnahme und prozeßoptimierte Organisation. Promotionsarbeit. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Berlin, 302 S.
- Rübensam, A., Wellenbrock, K.-H., und Weise, G. (1991): Reduzierung der Umweltbelastung und Verluste in der Grobfutterkonservierung durch Vorhersagemodelle für Schnitt, Ernte und Konservierung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 4, 135–138.
- Thöns H. und Rübensam A. (1987): Welksilage – eine Instruktion zur Gestaltung des Ernteverfahrens. Paulinenaue, Institut für Futterproduktion, 64 S.
- Weise, G. und Rambusch, H. (1988): Produktionsüberwachung und Qualitätssicherung Normative Silokartei. Landwirtschaftsausstellung der DDR, Markkleeberg, DDR, 44 S.
- Weise, G., Pickert, J. und Tesch, U. (2017): 10 Jahre Reifeprüfung für den 1. Grünlandaufwuchs auf dem Niederungsgrünland in Brandenburg (im vorliegenden Tagungsband).

Zusammenhang zwischen Betriebsstruktur und Milchleistung ökologisch wirtschaftender Betriebe und der Pflanzenartenvielfalt des Grünlands

Morgenstern, L.¹, Schmitz, A.², Tichter, A.² und Isselstein, J.²

¹ Georg-August-Universität Göttingen

Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung

Abteilung Umwelt- und Ressourcenökonomik

Platz der Göttinger Sieben 5, 37075 Göttingen

² Georg-August-Universität Göttingen

Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Abteilung Graslandwissenschaft

von-Siebold-Straße 8, 37075 Göttingen

lmorgen@uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Die biotische Vielfalt des landwirtschaftlich genutzten Grünlands in Deutschland ist seit Jahrzehnten rückläufig. U.a. wird hierfür die Intensivierung der Grünlandnutzung verantwortlich gemacht. Insbesondere gilt allgemein die Milchviehhaltung mit ihren sehr hohen Anforderungen an den Ertrag und die Futterqualität von Grünlandaufwüchsen als wenig vereinbar mit artenreichem Grünland. Andererseits weisen eine Reihe von Autoren auf einen möglichen positiven Zusammenhang zwischen Pflanzenvielfalt und der Produktivität und Stabilität von Grünlandökosystemen hin (Yachi und Loreau 1999, Bullock, Pywell und Walker 2007, Weigelt *et al.* 2009). Der Zusammenhang zwischen der Vielfalt des Grünlands und der Leistung des gesamten Grünland-basierten Produktionssystems wurde bisher jedoch kaum betrachtet. Landwirte richten sich bei Ihren Produktions- und Managemententscheidungen nicht nur nach der Ertragsleistung der Grasnarbe. Vielmehr sind der Output des Produktionssystems, d.h. der Ertrag an tierischer Nutzleistung und letztlich die Rentabilität maßgeblich (Wilson 2011). Soll der Artenverlust beim landwirtschaftlich genutzten Grünland aufgehalten werden, ist es daher besonders wichtig, die Landwirte und deren Produktionssysteme eng einzubeziehen und den möglichen Nutzen der Pflanzenvielfalt für die Landwirtschaft zugänglich zu machen (Wrage *et al.* 2011). Es ist sicher schwierig die Landwirte für aktive Maßnahmen zum Erhalt der Artenvielfalt im Grünland zu gewinnen, wenn dies nicht mit einer profitablen Milchleistung vereinbar ist. Deshalb stellen wir uns in dieser Untersuchung die Frage: Kann man bei ökologischer Milchviehwirtschaft eine hohe Milchleistung mit einer hohen Artenvielfalt vereinbaren?

Dieser Frage wird im Folgenden nachgegangen. Anhand eines umfangreichen Praxisdatensatzes von ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben wird untersucht, ob es einen Zusammenhang gibt zwischen der Art und Intensität der Milcherzeugung und der Pflanzenartenvielfalt des Grünlands und welche Milchvieh-bezogenen Faktoren und Grünlandcharakteristika die Diversität des Grünlands beeinflussen.

Material und Methoden

Die Daten für diese Untersuchung wurden im Rahmen einer interdisziplinären Interventionsstudie zur Gesundheit von Milchkühen im ökologischen Landbau erhoben. Deutschlandweit wurden auf 106 Milchviehbetrieben mit fragebogengestützten Interviews, Beobachtungen vor Ort und eigenen Erhebungen über drei Jahre durchgeführt. Tabelle 1. gibt einen Überblick über wichtige Grunddaten der teilnehmenden Betriebe.

Die Vegetationserhebungen wurden im Mittel auf 7,6 Grünlandflächen (Standardabweichung 1,6) je Betrieb durchgeführt. In den Erhebungen wurden nicht nur Dauergrünlandflächen kartiert, sondern auch jüngere Ansaaten.

Vorgabe war es alle Nutzungstypen, die dem Betriebszweig Milch zuzuordnen sind, in der Erhebung zu berücksichtigen. Die Erhebungsmethode war nach Klapp und Stählin (1936) auf 25 m² je Fläche. Die Artenzahl repräsentiert die über alle Flächen im Betrieb gemittelte Anzahl der höheren Pflanzenarten. Als weiteres Diversitätsmaß wurde die Shannon-Evenness für jede Fläche wie folgt berechnet: $H' = -\sum P_i \ln(P_i)$ mit P_i als Ertragsanteil der Art i , und über alle Flächen eines Betriebes gemittelt.

Die Grobfutterfläche berücksichtigt neben der Grünlandfläche alle Flächen eines Betriebes, die zur Erzeugung des Grobfutters im Betriebszweig Milch genutzt werden. Das schließt den Flächenbedarf für das Jungvieh (Nachzucht) ein. Der Flächenbedarf des Jungviehs berechnet sich aus dem Energiebedarf je GV-Jungvieh und Jahr, dem (geschätzten) Energieertrag in MJ NEL je ha Grobfutterfläche, und der Anzahl Jungvieh-GV je Betrieb. Die so ermittelte Fläche des Jungviehs wurde von der Gesamtgrobfutterfläche des Betriebes abgezogen, so dass als residuale Größe die den Milchkühen zuzuordnende Grobfutterfläche ermittelt werden konnte.

Milch aus Grobfutter wurde wie folgt errechnet: (Gesamtenergiebedarf der Milchkühe – Energieangebot aus Kraftfutter) * (Energie für Milch/Gesamtenergiebedarf). Dabei setzt sich der Energiebedarf aus dem Erhaltungsbedarf pro Kuh und der Energie für die Milcherzeugung der durchschnittlichen Milchleistung zusammen. Die Milchviehherden wurden nach ihrer genetischen Milchbetonung eingeteilt. Herden mit einem Anteil von über 66 % Holstein Friesian oder Braunvieh wurden als milchbetont eingestuft. Herden mit dem gleichen Anteil von Zweinutzungsrassen, wie Fleckvieh, wurden als nicht milchbetont eingestuft.

Die Analyse des Zusammenhanges von Artenzahl, Diversität und Milchleistung erfolgte in einem ersten Schritt mittels einfacher linearer Regression.

Um den Zusammenhang der Zielvariablen mit Betriebsstrukturparametern zu erfassen, wurden die Zielvariablen einzeln als generalized-least-squares (gls) Funktion der Betriebsstrukturparameter, der Milchleistungsvariablen sowie des mittleren Ertragsanteils Gräser und Ertragsanteils Anteils *Lolium perenne* an der Vegetation und gewichteter Ellenberg Zeigerwerte (F und N) modelliert (Tabelle 2). Die Modelle wurden mittels Model-Averaging (MuMin package, Barton 2016) analysiert. Jenseits traditioneller Modellreduktion mit dem Ziel der Festlegung auf ein einzelnes, die Zielvariable am besten erklärendes Modell, werden in diesem Ansatz Modelle mit allen möglichen Variablenkombinationen aufgestellt. Diese Modelle wurden nach AICc gerankt und ein 95%-Konfidenz-Set mit akkumulierten Akaiques weights ≤ 0.95 gebildet. Aus den verbleibenden Modellen wurden die mittleren Regressionskoeffizienten aller erklärenden Variablen über alle möglichen Kombinationen hinweg berechnet. Die *Importance* stellt die relative Bedeutung der erklärenden Variablen für die Zielvariable dar und schwankt zwischen 0 (Variable kommt in keinem der Modelle vor) und 1 (Variable kommt in allen Modelle vor). Für diese Studie wurden Variablen mit einer *Importance* von < 0.7 als relevant erachtet. Signifikanz der Effekte wurde mittels z-Statistik berechnet. Vor der Analyse wurden alle erklärenden Variablen standardisiert, was einen direkten Vergleich der fixed-effects erlaubt (Grueber *et al.* 2011).

Alle Ausgangsmodelle wurden mittels variance inflation factor (VIF) auf Multicollinearität und visuell auf Normalverteilung und Varianzhomogenität der Residuen geprüft (Zuur *et al.* 2009). Alle statistischen Analysen erfolgten in R (R Core Team (2016), packages nlme und MuMin).

Ergebnisse und Diskussion

Die in dieser Studie untersuchten Flächen zeigen eine mittlere Diversität von 18 Arten (25 m²), bilden jedoch eine erhebliche Spanne von artenarmen Flächen (4 Arten) bis artenreichen Flächen (45 Arten) ab.

Lineare Regressionen der Artenzahl mit den Variablen der Milchleistung (Milchmenge je Kuh (a und b) und je ha Grobfutterfläche (c und d)) zeigen einen negativen Zusammenhang.

Bei hoher Milchleistung wurden geringere Artenzahlen beobachtet (Abbildung 1). Dieser Zusammenhang wird am deutlichsten zwischen der Milchleistung je Kuh und Jahr und der Artenzahl. Die Regressionen der Milchleistung aus dem Grobfutter mit der Artenzahl zeigen jedoch erhebliche Streuung. Bei gleicher Grundfutterleistung (je Kuh und auch je ha) wurden sehr unterschiedlich diverse Grasnarben beobachtet.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist jedoch Vorsicht geboten, denn der Zusammenhang von Milchleistung und Artenvielfalt ist kein unmittelbar ursächlicher. Die erhebliche Streuung der Daten deutet ein komplexeres Wirkungsgefüge mit weiteren für die Ausprägung der Artenvielfalt entscheidenden Parameter an.

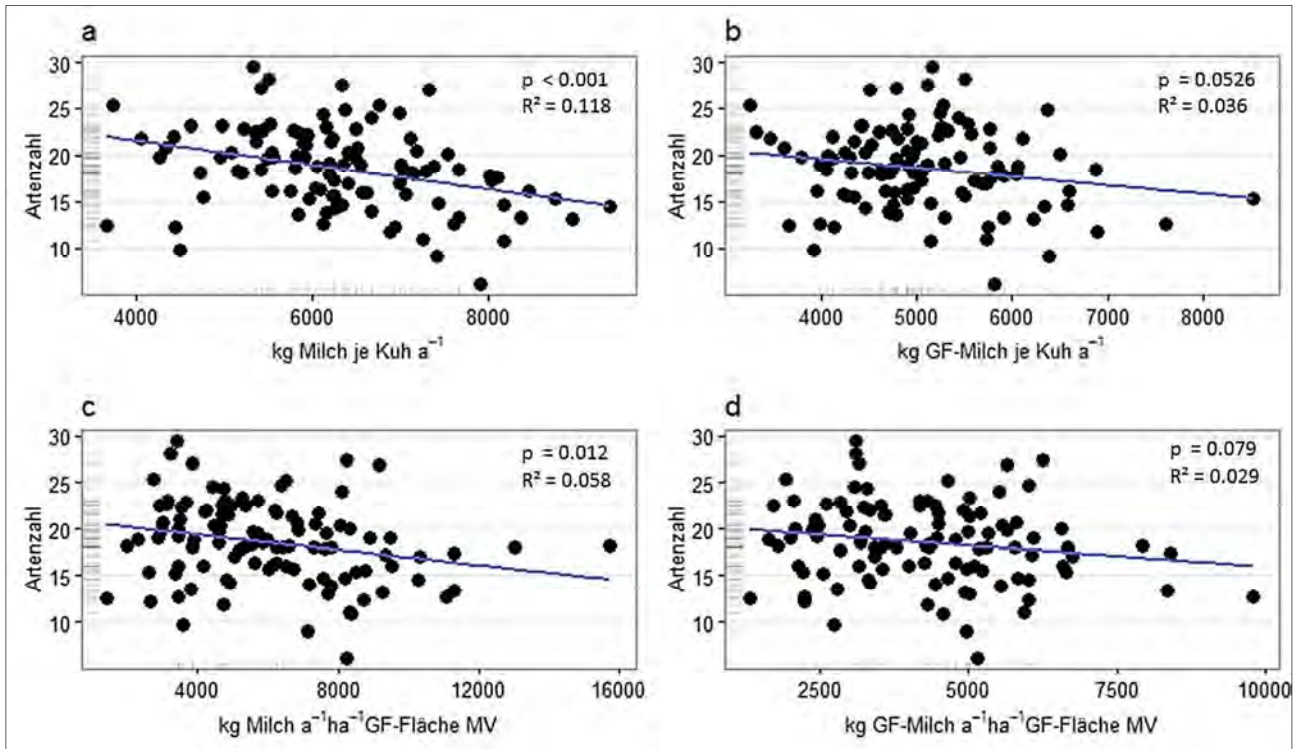


Abbildung 1: Zusammenhang von Milchleistungsvariablen mit der mittleren Artenzahl des Grünlands

Dem komplexeren Wirkungsgefüge hinter dem Zusammenhang wurde versucht in einem zweiten Schritt mittels Model-Averaging zu entsprechen. Milchleistungsparameter, Betriebsstrukturdaten und ausgewählte Vegetationsdaten gehen gleichberechtigt in die Analyse ein, so dass eine Aussage über deren relative Bedeutung für die Ausprägung der Zielvariablen getroffen werden kann.

Keine der Milchleistungsgrößen zeigte sich in der Analyse als unmittelbar relevant für die Ausprägung der Artenzahl sowie der Shannon-Evenness (Tabelle 2). Die Milchleistung ist nicht die entscheidende Variable um Artenvielfalt zu erklären – hohe Milchleistung und Artenvielfalt schließen sich also zunächst nicht aus.

Als entscheidend für die Ausprägung der Artenanzahl erkannt wurden in der Analyse vor allem der mittlere Ertragsanteil der Gräser und insbesondere von *Lolium perenne*. Beide Variablen beeinflussen die mittlere Artenanzahl hochsignifikant ($p < 0.001$) negativ und waren mit einer Importance von 1 in allen Modellen des 95%-Konfidenz-Sets enthalten. Die gewichtete Wertzahl der Vegetation steht ebenfalls in einem signifikanten ($p < 0.01$) negativen Zusammenhang mit der Artenanzahl und war in 99 % der Konfidenz-Set Models vertreten.

Als einzige Variable der Betriebsstrukturparameter verblieb der prozentuale Anteil des Grünlandes an der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Betriebe in allen Modellen des Konfidenz-Sets.

Betriebe mit einem höheren Grünlandanteil zeigten hochsignifikant ($p < 0.001$) mehr Arten als Betriebe mit wenig Grünland in der landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Ob eine Herde genetisch milchbetont zusammengesetzt ist hat zwar keinen signifikanten Effekt auf die Artenanzahl, jedoch verblieb diese Variable mit negativem Koeffizienten in 88 % der Modelle und sollte daher berücksichtigt bleiben. Eine mögliche Ursache für den negativen Einfluss auf die Artenzahl ist, dass eine milchbetonte Herde einen höheren Anspruch an die Futterqualität hat. Entsprechend wird das Management in diesen Betrieben stark auf hohe Anteile wertvoller Futtergräser wie *Lolium perenne* in den Grasnarben ausgerichtet, was weniger Raum für andere Arten lässt. Der Shannon-Index als Maß für die Gleichverteilung der vorkommenden Arten korreliert für sich genommen positiv mit der Artenanzahl (lm, $p < 0,001$, $R^2 = 0.49$). Je ausgeglichener der Anteil der einzelnen Arten, desto mehr Arten kommen vor. Seine Evenness wird im Model-Averaging ähnlich wie die Artenanzahl hochsignifikant von Ertragsanteilen der Gräser, *Lolium perenne* und der Wertzahl (jeweils $p < 0,001$) erklärt und sie blieben jeweils in allen Modellen enthalten (Tabelle 2). Darüber hinaus konnte jedoch kein signifikanter Effekt erklärender Variablen festgestellt werden.

Tabelle 2: Model-Averaging Ergebnistabelle. Dargestellt sind das Interzept, die als Kontrast zum Interzept zu lesenden mittleren Regressionskoeffizienten der erklärenden Variablen des 95 % Konfidenz-Sets (MA koef.), die Importance (Imp., < 0.7 in **fett**) sowie Signifikanzniveau (* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$)

	Artenzahl			Shannon Evenness		
	MA koef.	Imp.	p	MA koef.	Imp.	p
Interzept	18,42			0,738		
Ertragsanteil Gras	-3,98	1,00	***	-0,095	1,00	***
Ertragsanteil Leguminosen	0,29	0,22		-0,021	0,64	
Ertragsanteil <i>Lolium perenne</i>	-2,79	1,00	***	-0,072	1,00	***
Stickstoffzahl ¹	-0,04	0,23		-0,001	0,23	
Gewichtete Wertzahl ²	-2,40	0,99	**	-0,066	1,00	***
ha Grobfutterfläche für Milchvieh	-0,22	0,27		0,002	0,25	
Grünlandanteil (%) an LN	2,36	1,00	***	0,007	0,39	
Anteil beweideten Grünlands (%) am Gesamtgrünland	-0,63	0,53		0,002	0,26	
Anteil Futterkomponenten (%) aus Grünland in Ration	0,01	0,22		0,002	0,25	
Milchbetonung der Herde	-1,52	0,88		0,007	0,38	
kg Milch je Kuh und a ⁻¹	< 0,01	0,24		< 0,001	0,35	
kg Grobfutter-Milch je Kuh a ⁻¹	< 0,01	0,26		< 0,001	0,64	
kg Milch je ha Grobfutterfläche für Milchvieh	< 0,01	0,25		< 0,001	0,37	
kg Grobfutter-Milch je ha Grobfutterfläche für Milchvieh	< 0,01	0,27				

¹ Stickstoffzahl nach den ökologischen Zeigerwerten von Ellenberg (1991)

² Bestandswertzahl nach Briemle (1997)

Hohe Anteile wertvoller Futtergräser und insbesondere *Lolium perenne* stehen in negativem Zusammenhang mit der Artenzahl und Diversität einer Fläche. Dies lässt sich über ihre Dominanz erklären, die wenig Raum für höhere Anteile weiterer Arten lässt, was die Analyse der Shannon-Evenness bestätigt. Die Dominanz einzelner Arten ist letztlich auf die Flächenbewirtschaftung zurückzuführen. Hohe Bewirtschaftungsintensität und gute Nährstoffverfügbarkeit sind für ihre Schlüsselrolle in der Ausprägung der Artenvielfalt bekannt (Bullock *et al.* 2007, Wrage *et al.* 2011). Auch in der ökologischen Grünlandwirtschaft besteht eine Variabilität der Bewirtschaftungsintensität. Eine auf hohe Milchleistung abzielende Grünlandwirtschaft strebt hohe Futterwerte an und stellt diese über hohe Anteile wertvoller Futtergräser wie *Lolium perenne* sicher. Indirekt kann also der eingangs dargestellte Zusammenhang von Artenvielfalt und Milchleistung bestätigt werden, die diese Arten, hier insbesondere wertvollen Futtergräser fördert (Pötsch 2009).

Ein interessanter Aspekt ist der positive Zusammenhang des Anteils Grünland an der LN und der mittleren Artenvielfalt des Betriebes. Bei einem höheren Anteil Grünland kann von einer höheren Wahrscheinlichkeit ausgegangen werden, dass sich unter den Flächen auch weniger intensiv bewirtschaftete Restflächen befinden, die auf Betriebsebene zu einer höheren mittleren Artenvielfalt beitragen. Dies gilt es in zukünftigen Analysen zu vertiefen.

Schlussfolgerungen

Auch in ökologischer Milchviehwirtschaft besteht ein genereller negativer Zusammenhang von hoher Milchleistung und Artenvielfalt. Jedoch ist dies kein unmittelbar ursächlicher Zusammenhang – ein komplexeres Wirkungsgefüge bedingt die Ausprägung der Artenvielfalt. Hohe Artenvielfalt und Milchleistung schließen sich also nicht direkt aus.

Ein indirekter Zusammenhang besteht dennoch. Als entscheidend für die Ausprägung der Artenvielfalt konnten direkt Grünland-bezogene Variablen wie die Dominanz von Gräsern und insbesondere *Lolium perenne* aufgezeigt werden. Diese Variablen des Grünlandes sind stark abhängig vom Management, welches ein Produkt komplexer Entscheidungsprozesse ist. Deren Zielrichtung sind im weiteren Sinne die Steigerung der Milchleistung.

Literatur

- Briemle, G. (1997): Zur Anwendbarkeit ökologischer Wertzahlen im Grünland. *Angewandte Botanik*, 71, 219–28.
- Bullock, J.M., Pywell, R.F. und Walker, K.J. (2007): Long-term enhancement of agricultural production by restoration of biodiversity. *Journal of Applied Ecology* 44, 6–12.
- Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. und Paulißen, D. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18.
- Grueber, C.E., Nakagawa, S., Laws, R.J. und Jamieson, I.G. (2011): Multimodel inference in ecology and evolution: challenges and solutions. *Journal of Evolutionary Biology*, 24.
- Klapp, E. und Stählin, A. (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes. Stuttgart: Ulmer.
- Pötsch, E.M. (2009): Einflussfaktoren auf Ertrag und Qualität von Grünlandfutter. *Lehr- Und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein*, 5–14.
- Weigelt, A., Weisser, W.W., Buchmann, N. und Scherer-Lorenzen, M. (2009): Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. *Biogeosciences* 6, 1695–1706.
- Wilson, P. (2011): Decomposing variation in dairy profitability: the impact of output, inputs, prices, labour and management. *The Journal of Agricultural Science* 149, 507–517.
- Wrage, N., Strodthoff, J., Cuchillo, H.M., Isselstein, J. und Kayser, M. (2011): Phytodiversity of temperate permanent grasslands: ecosystem services for agriculture and livestock management for diversity conservation. *Biodiversity and Conservation* 20, 3317-39.
- Yachi, S. und Loreau, M. (1999): Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96, 1463–1468.
- Zuur, A.F., Ieno, E., Walker, N., Saveliev, A. und Smith, G. (2009): *Mixed effects Models and Extensions in Ecology with R*. New York.

Erarbeitung von Differenzierungsmerkmalen von Wiesenmilch: Einfluss der wiesenfutterbasierten Fütterung auf die Milchzusammensetzung und die Futterautonomie

Sutter, M.¹, Bär, C.², Egger, C.², Portmann, R.², Bisig, W.² und Reidy, B.¹

¹ Hochschule für Agrar- Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL)
3052 Zollikofen (Schweiz)

² Agroscope Methodenentwicklung und Analytik
3003 Bern (Schweiz)

beat.reidy@bfh.ch

Einleitung und Problemstellung

Vor allem in Regionen, in denen aufgrund klimatischer und topographischer Einschränkungen fast ausschliesslich eine reine Graswirtschaft betrieben werden kann, weisen wiesenfutterbasierte Milchproduktionssysteme eine Reihe von wichtigen positiven Eigenschaften auf. Eine hohe Milchleistung aus dem Wiesenfutter führt potenziell zu niedrigeren Produktionskosten (Gazzarin *et al.* 2011), weist ökologische Vorteile auf (Spiertz und Ewert 2009, Sutter *et al.* 2013, van Zanten *et al.* 2016) und hat das Potenzial auf dem Markt einen Mehrwert für die Produzenten zu generieren (Weinrich *et al.* 2014).

In der Schweiz versucht die bäuerliche Produzentenorganisation IP-SUISSE seit einigen Jahren mit dem Label „Wiesenmilch“ diese Vorteile mit einem Mehrwert zu vermarkten. Nebst den gesamtbetrieblichen IP-SUISSE Grundanforderungen und den allgemeinen Labelanforderungen müssen für die Produktion von Wiesenmilch auf Basis von zehn spezifischen „Wiesenmilch“-Indikatoren verschiedene Auflagen in Bezug auf die Weidehaltung, den Wiesenfutteranteil, den Anteil an betriebseigenem Wiesenfutter, den Einsatz an Kraftfutter (Menge, Verbot von Soja) bis hin zu einer artgerechten Haltung der Milchkühe erreicht werden (IP-Suisse 2015).

Voraussetzung für eine Realisierung des Mehrwertes ist aber, dass sich die Milch durch eindeutige und von den Konsumenten akzeptierte Kriterien differenzieren lässt. In der vorliegenden Studie wurde deshalb versucht, auf Basis von möglichen Unterschieden in den Milchinhaltstoffen und produktionstechnischen Parametern, Differenzierungsmerkmale für die „Wiesenmilch“ zu erarbeiten. Damit soll eine eindeutige Abgrenzung von „Wiesenmilch“ von Milch aus kraftfutterbetonten Systemen ermöglicht werden.

Material und Methoden

Um Differenzierungsmerkmale für „Wiesenmilch“ zu erarbeiten wurde im Rahmen eines mehrjährigen Projektes untersucht, wie stark der Einfluss des Fütterungssystems auf die Milchzusammensetzung und die Futterautonomie ist. Dazu wurde während des Jahres 2014 auf zwölf verschiedenen Betrieben mit unterschiedlichen Wiesenfutteranteilen in der Ration die Fettsäuren- und Proteinzusammensetzung von monatlich gezogenen Tankmilchproben analysiert (n=144). Die zwölf Betriebe wurden in vier Fütterungssysteme mit je drei Betrieben aufgeteilt: *Wiesenfutter hoch*, *Wiesenfutter hoch & silofrei*, *Wiesenfutter mittel* und *Mais & Kraftfutter hoch*.

Die Bestimmung von siebzig Fettsäuren (C4-C22, inkl. CLA-Isomere, langkettige Omega-3- und verzweigt-kettige Fettsäuren) geschah mittels hochauflösender Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS). Für die simultane Quantifizierung zwanzig verschiedener Milchproteine der drei Hauptklassen (Mathis *et al.* 2012) wurde im Rahmen des Projektes eine auf Flüssigkeitschromatographie-Massenspektrometrie (LC-MS) basierende Methode entwickelt.

Alle Kaseine (alpha-S1; alpha-S2, beta- und κ-Kasein), Lipoproteinlipase (LPL), fünf wichtige Molkenproteine (beta-Lactoglobulin, alpha-Lactalbumin, Lactoferrin, Bovines Serum Albumin und Lactoperoxidase) und die bekanntesten Fettkügelchen-Membran-assoziierten Proteine (Lactadherin, Butyrophilin, Adipophilin, Xanthine Dehydrogenase/Oxidase, Fatty acid synthase, Fatty acid-binding protein, Glycoprotein 2, Platelet glycoprotein 4, Proteose peptone 3, und Polymeric immunoglobulin receptor) wurden simultan quantifiziert.

Für die Erhebung der produktionstechnischen Parameter wurden Angaben der Zuchtverbände (z.B. Milchleistung, Gehalte, Kalbedaten) sowie der Tierverkehrsdatenbank (TVD) verwendet. Mit Hilfe dieser Daten konnte sowohl die Anzahl Milchkühe, als auch die produzierte Milchmenge und der Verzehr *ex-post* berechnet werden. Im Rahmen der Datenerhebung auf den Betrieben wurde die Rationszusammensetzung, die Haltungsform der Kühe, das Weidemanagement und die Qualität und Herkunft der Futtermittel erfasst. Mit Hilfe der vorhandenen Daten der Zuchtverbände und der TVD konnten die Futterrationen plausibilisiert werden (Bilanz Bedarf/Angebot Futterenergie und Futterprotein; Cutullic *et al.* 2012).

Für die Berechnung der Herkunft der Futtermittel wurde zwischen betriebseigenen und zugekauften Futtermitteln differenziert. Für betriebseigene Futtermittel wurde standardmässig mit einer Distanz von null Kilometern gerechnet. Bei den zugekauften Einzelfuttermitteln wie zum Beispiel Zuckerrübenschnitzel wurde die effektive Distanz zur nächsten Zuckerrübenfabrik erfasst. Bei Futtermitteln, welche aus der Schweiz, aber auch aus dem Ausland stammen, wurden die Anteile des jeweiligen Herkunftslandes aufgrund der Schweizer Futtermittelimportstatistik berechnet. Um die Herkunft der Mischfutter zu definieren, wurden diese aufgrund des Energie- und Proteingehaltes gruppiert. Im Anschluss wurden Standardformulierungen, mit den mengenmässig wichtigsten Einzelfuttermitteln in Abhängigkeit des Energie- und Proteingehaltes, gemacht. Somit konnte die Herkunft der Mischfuttermittel analog der Distanzberechnung der Einzelfuttermittel bestimmt werden. Beim verwendeten statistischen Modell zur Analyse der Milchhaltsstoffe handelt es sich um ein lineares gemischtes Effekte-Modell, welches mit der Software R berechnet wurde (R Core Team 2017). Die Kombination Monat und Jahr ist als fixer Effekt und der Betrieb als zufälliger Effekt im Modell intergriert worden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Herden der untersuchten Milchen unterscheiden sich deutlich in der Grösse und der Milchleistung. Die Milchkuhherden des Fütterungssystemes *Mais & Kraftfutter hoch* produzierten pro Kuh und Tag 31,5 kg energiekorrigierte Milch (ECM) gegenüber den Herden aus dem System *Wiesenfutter hoch* mit 20.4 kg ECM pro Kuh & Tag (Tabelle 1).

Tabelle 1: Produktionsparameter (Mittelwert & Standardabweichung) der vier Fütterungssysteme für das Jahr 2014

Parameter	Wiesenfutter hoch	Wiesenfutter hoch & silofrei	Wiesenfutter mittel	Mais & Kraftfutter hoch
Anzahl Kühe in Laktation	19 ± 4	22 ± 7	38 ± 13	54 ± 1.9
Milchmenge pro Kuh & Tag [kg ECM]	20.4 ± 2.6	25.2 ± 2.9	26.3 ± 6	31.5 ± 1.9
Wiesenfutter insgesamt [%]	90 ± 11	73 ± 20	55 ± 15	40 ± 7
Wiesenfutter frisch [%]	54 ± 16	35 ± 19	13 ± 6	6 ± 5
Ganzpflanzenmais [%]	3 ± 5	13 ± 14	29 ± 11	35 ± 3
Kraftfutter [%]	7 ± 6	11 ± 4	12 ± 4	23 ± 2

Weiter war die Herdengrösse von *Mais & Kraftfutter hoch* fast dreimal grösser als von der Gruppe *Wiesenfutter hoch*. Die Anteile an Wiesenfutter, Kraftfutter und Ganzpflanzenmais unterschieden sich zwischen den Fütterungssystemen wesentlich.

Der Wiesenfutteranteil sank vom System *Wiesenfutter hoch* zu *Mais & Kraftfutter hoch* von 90 % auf 40 %, wobei der Rückgang im Wesentlichen durch eine Erhöhung des Ganzpflanzenmais- und Kraftfutteranteils kompensiert wurde.

Dabei wiesen die Betriebe der Fütterungssysteme *Wiesenfutter hoch*, *Wiesenfutter hoch & silofrei* und *Wiesenfutter mittel* mit rund 40 % vergleichbar hohe Anteil an konserviertem Wiesenfutter in der Ration auf. Die Unterschiede des Wiesenfutteranteils zwischen diesen drei Systemen sind somit vorwiegend auf die Verfütterung von frischem Wiesenfutter zurückzuführen.

Mit zunehmendem Anteil Wiesenfutter in der Ration steigt der Anteil des betriebseigenen Futters (Futterautonomie) in der Ration (Anteil Trockenmasse (TM) an der Gesamtration).

Aufgrund der hohen Kraftfuttermengen der Betriebe *Mais & Kraftfutter hoch* weist diese Gruppe auch den höchsten Anteil betriebsfremder bzw. ausländischer Futtermittel auf (Abbildung 1).

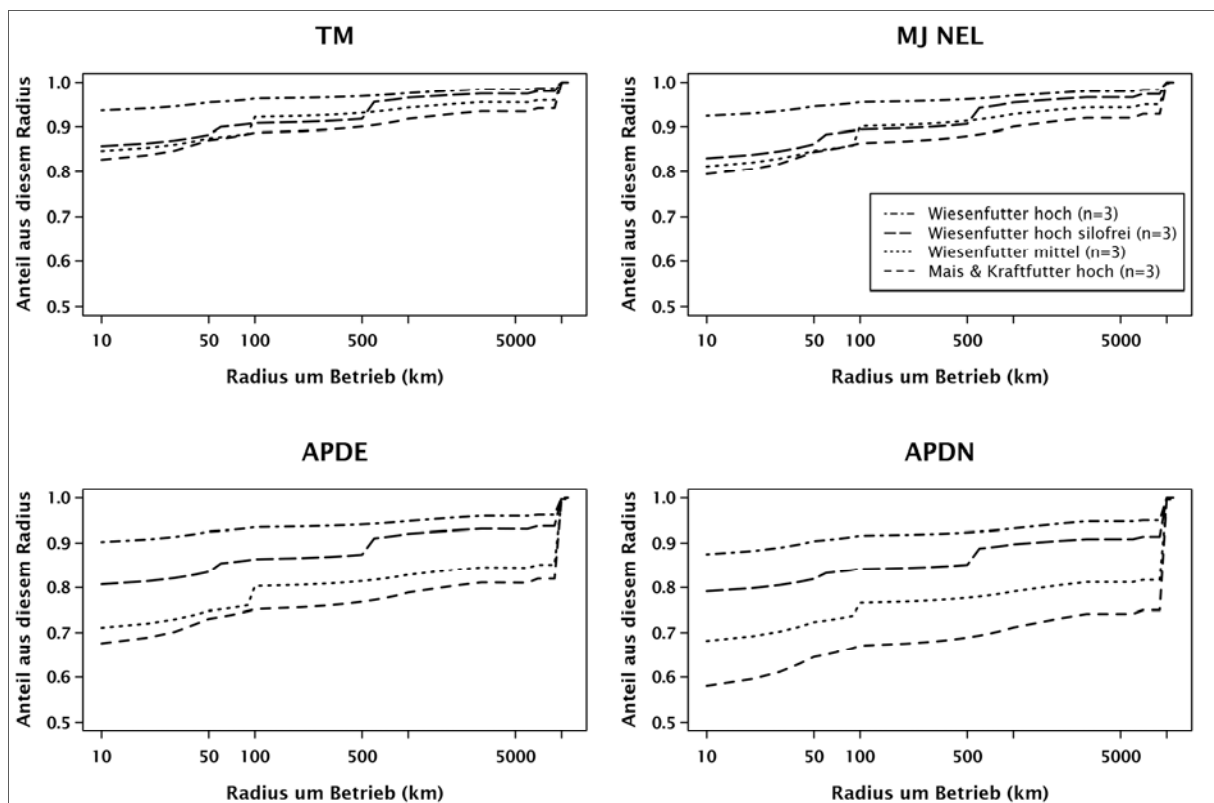


Abbildung 1: Futterautonomie der Gesamtration im Mittel der vier Fütterungssysteme. Die Grafiken zeigen der Anteil an TM, MJ NEL, APDE und APDN der Gesamtration der Milchkühe, welche aus dem entsprechenden Radius um den Betrieb stammen (logarithmische Skala)

- TM = Trockenmasse
- MJ NEL = Megajoul Netto-Energie-Laktation
- APDE = Absorbierbares Protein, das aufgrund der verfügbaren Energiemenge aufgebaut werden kann
- APDN = Absorbierb. Protein im Darm, das aufgrund des abgebauten Rohproteins aufgebaut werden kann

Dabei handelt es sich vorwiegend um Proteinträger, welche zu einem grossen Teil aus Übersee kommen (Sojaschrot, Radius 10'000 km). Deshalb ist der Unterschied zwischen der Fütterungsgruppe *Mais & Kraftfutter hoch* und *Wiesenfutter hoch* bei der betriebseigenen Versorgung mit Futterprotein (APDE & APDN) noch deutlicher zu erkennen als auf Basis der Energie (MJ NEL). Die Ergebnisse der Hofmilchanalysen der zwölf untersuchten Betriebe zeigen deutliche Unterschiede in bestimmten Fettsäuren.

Unter anderem weist die Milch der Betriebe mit einem hohen Anteil Wiesenfutter in der Ration einen deutlich höheren Omega-3-Gehalt pro 100 g Milchfett auf, als Milch von Betrieben mit einem mittleren Anteil Wiesenfutter (*Wiesenfutter mittel*) oder einem hohen Anteil Mais & Krafftutter (*Mais & Krafftutter hoch*). Es zeigt sich, dass Betriebe mit einem hohen Anteil Wiesenfutter (*Wiesenfutter hoch*) und keiner Zufütterung von Ganzpflanzenmais höhere Schwankungen im Gehalt der Omega-3-Fettsäuren im Jahresverlauf haben, als die übrigen Betriebe.

Die Betriebe mit einem hohen Wiesenfutteranteil (*Wiesenfutter hoch*) weisen im Jahresverlauf zwischen zwei- bis dreimal so hohe Omega-3-Fettsäuregehalte auf, als die Betriebe mit einem hohen Mais- & Krafftutteranteil (*Mais & Krafftutter hoch*) in der Ration. Die Unterschiede zwischen den Fütterungssystemen waren in den Monaten September, Oktober und November am größten.

Aufgrund der umfassenden Datenerhebung im Rahmen dieses Projektes und den Resultaten eines Vorprojektes aus dem Jahre 2011/2012 war es möglich ein statistisches Modell zu entwickeln, aufgrund dessen der Einfluss einzelner Futtermittel auf die Milchhaltsstoffe quantifiziert werden konnte.

Gemäss dem Modell führt eine Erhöhung des Wiesenfutteranteils in der Ration von laktierenden Milchkühen um 10 % zu einer Steigerung des Omega-3-Fettsäuregehaltes um 0,103 Gramm pro 100 g Milchfett (lineares gemischte-Effekte-Modell, Standardfehler: 0,012 Gramm pro 100 g Milchfett) und bei konjugierter Linolsäure (CLA) zu 0,054 Gramm pro 100 g Milchfett (lineares gemischte-Effekte-Modell, Standardfehler: 0,006 Gramm pro 100 g Milchfett).

Der Zusammenhang zwischen dem Wiesenfutteranteil der Ration und dem Gehalt an Omega-3-Fettsäuren und CLA wurde unter anderem durch Couvreur *et al.* (2006), Dewhurst *et al.* (2006) und Wyss *et al.* (2011) bestätigt. Insbesondere Wyss *et al.* (2011) konnten vergleichbar hohe Gehalte bei hohen Wiesenfutteranteilen feststellen.

Exemplarisch für die Gehalte der Kaseine werden die Resultate für α_{s2} -Kasein dargestellt, eine der Hauptkomponenten des Milchproteins (ca. 9 % des Proteins; Kukovics und Németh 2013). Die Resultate der vier Fütterungsgruppen wiesen einen sehr ähnlichen Jahresverlauf des α_{s2} -Kaseins auf und unterscheiden sich nur gering (Abbildung 2).

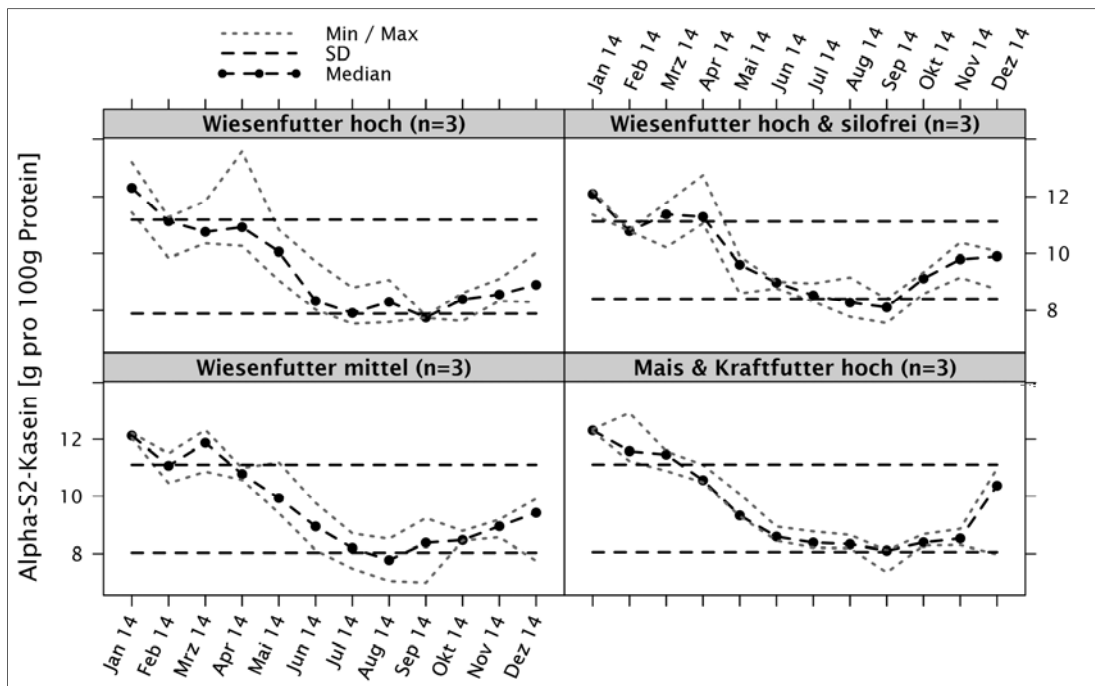


Abbildung 2: Gehalt an α_{s2} -Kasein im Protein von Milch der vier verschiedenen Fütterungssysteme im Jahresverlauf 2014 (SD = Standardabweichung)

Die Mediane zwischen den Milchen lagen sehr nahe beieinander und der Jahresverlauf des α_{s2} -Kaseins unterschied sich wenig. So konnte bei allen Fütterungssystemen tiefe Werte im Spätsommer und Herbst und hohe Werte in der zweiten Hälfte des Winters (Januar, Februar und März) gemessen werden. Zu vergleichbaren Resultaten bei einer grösseren Herde, jedoch einheitlicher Fütterung kamen auch Bernabucci *et al.* (2015). Die erstmals festgestellte saisonale Veränderung des α_{s2} -Kaseinanteils am Gesamtprotein in Milchen von Betrieben mit unterschiedlicher Fütterung ist bedeutend und kann technologische Auswirkungen haben.

Vom Frühjahr bis in den Herbst nahm der Gehalt an Kasein in der Milch ab, bevor er Ende des Jahres wieder ansteigt. Der Rückgang der Kaseine wird zum Teil von den Molkenproteinen kompensiert. Mit den vorhandenen Auswertungen ist es jedoch nicht möglich, den Rückgang der Kaseine vollständig zu erklären.

Bei den untersuchten Molkenproteinen ist das Bild differenzierter. So ist der Jahresverlauf des Anteils am Gesamtprotein bei einigen Molkenproteinen zwischen den Fütterungsgruppen weniger einheitlich als bei den Kaseinen.

Für das Protein Lactoferrin, wo der Unterschied im Jahresverlauf zwischen den Gruppen am stärksten ausfällt, konnte für die Gruppe *Mais & Kraftfutter hoch* ein ziemlich konstanter Anteil an Lactoferrin im Gesamtprotein gemessen werden, während bei den anderen Gruppen mit mehr Wiesenfutter der Lactoferrin-Anteil im Winter höher als im Sommer war.

Auf Basis der erarbeiteten Resultate aus der Proteinanalyse scheint es schwierig, eindeutige Differenzierungsmerkmale für die Wiesenmilch abzuleiten (vgl. Abbildung 2). Die im Rahmen der Auswertung verwendeten Futtermittelkategorien wiesen keinen signifikanten Einfluss auf den Gehalt der einzelnen Proteine aus. Es muss davon ausgegangen werden, dass andere Faktoren wie z.B. die Jahreszeit einen stärkeren Einfluss als die Rationszusammensetzung haben.

Die Untersuchung der 20 Einzelproteine im Jahresverlauf wurde erstmals durchgeführt und ist in Bezug auf die Gerinnungseigenschaften der Milch, der Käseausbeute und der Variabilität von Milchprodukten von technologischem und milchwirtschaftlichem Interesse. Im Rahmen der Auswertung konnte kein Einfluss der Rasse auf die Zusammensetzung der untersuchten Proteine festgestellt werden. Jedoch konnten leicht höhere Gesamtprotein- und κ -Kaseingehalte bei den Betrieben mit Kühen der Rasse Braunvieh (Betriebe der Gruppe *Wiesenfutter hoch*) und Simmental (ein Betrieb, Gruppe *Wiesenfutter hoch silofrei*) festgestellt werden. Mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse (PCA) konnte ebenfalls kein eindeutiger Einfluss des Laktationsstadiums auf die Proteinzusammensetzung festgestellt werden.

Schlussfolgerungen

Die Milchkuhherden der am Projekt beteiligten Betriebe zeigten deutliche Unterschiede in Bezug auf die Rationszusammensetzung. Nebst dem starken Einfluss auf die Fettsäurezusammensetzung der Milch ergeben sich dadurch auch Konsequenzen für die Futterautonomie der Betriebe. Die Höhe des Wiesenfutteranteils der Ration steht dabei in einem positiven Zusammenhang mit der Menge an verfüttertem betriebseigenem Futter. Betriebe mit hohen Mais- und Kraftfutteranteilen sind verstärkt abhängig von betriebsfremden Energie- und Eiweissträgern. Zudem weisen sie tiefere Anteile an Weidefutter auf. Erstmals konnte der Einfluss des Wiesenfutteranteils auf bestimmte, ernährungsphysiologisch wertvolle Fettsäuren detailliert quantifiziert werden. In einem Folgeprojekt soll deshalb untersucht werden, inwiefern eine Differenzierung von Wiesenmilch auf Basis einer routinemässigen Gehaltsbestimmung der ungesättigten Fettsäuren mittels NIR-Analytik möglich ist.

Literatur

- Bernabucci, U., Basiricò, L., Morera, P., Dipasquale, D., Vitali, A., Piccioli Cappelli, F. und Calamari L. (2015): Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 98 (3), 1815–1827.
- Couvreur, S., Hurtaud, C., Lopez, C., Delaby, L. und Peyraud J.L. (2006): The Linear Relationship Between the Proportion of Fresh Grass in the Cow Diet, Milk Fatty Acid Composition, and Butter Properties. *Journal of Dairy Science*, 89 (6), 1956–1969.
- Cutullic, E., Chevalley, S., Thomet, P. und Piccand, V. (2012): Etat des lieux sur l'affouragement des vaches laitières. Enquêtes sur les exploitations en lait de centrale de Prolait, unveröffentlicht. Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires, Zollikofen, 38 S.
- Dewhurst, R.J., Shingfield, K.J., (Lee, M.R.F.) und Scollan, N.D. (2006): Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. Special Issue: Modifying Milk Composition, 131 (3–4), 168–206.
- Gazzarin, C., Frey, H.-J., Petermann, R. und Höltschi M. (2011): Weide- oder Stallfütterung – was ist wirtschaftlicher? Systemvergleich Milchproduktion Hohenrain. *Agrarforschung Schweiz*, 2 (9), 418–423.
- Kukovics, S. und Németh, T. (2013): Milk Major and Minor Proteins, Polymorphisms and Non-protein Nitrogen. In: Park YW [Hrsg.]: Milk and dairy products in human nutrition. Production, composition and health. Wiley-Blackwell, Chichester, S. 80–110.
- Mathis, D., Schwander, F., Kopf-Bolanz, K., Egger, C. und Portmann, R. (2012): Absolute quantification of 20 major proteins in dairy products by LC-MS/MS, unveröffentlicht, Posterbeitrag an der COST-Konferenz in Cesena, Italien.
- R Core Team, (2017): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Richtlinien für IP-Suisse Wiesenmilch. IP Suisse, (2015, unveröffentlicht, Zollikofen, 18 S.
- Spiertz, J. und Ewert, F. (2009): Crop production and resource use to meet the growing demand for food, feed and fuel. Opportunities and constraints. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, 56 (4), 281–300.
- Sutter, M., Nemecek, T. und Thomet P. (2013): Vergleich der Ökobilanzen von stall- und weidebasierter Milchproduktion. *Agrarforschung Schweiz*, 4 (5), 230–237.
- van Zanten H.H., Mollenhorst, H., Klootwijk C.W., van Middelaar, C.E. und Boer, I.J.M. de (2016): Global food supply. Land use efficiency of livestock systems. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21 (5), 747–758.
- Weinrich, R., Kühlb, S., Zühlsdorf, A. und 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 (4), 205–222.
- Wyss, U., Mauer, J., Frey, H.-J., Reinhard, T., Bernet, A. und Hofstetter P. (2011): Aspekte zur Milchqualität und Saisonalität der Milchliefereien. *Agrarforschung Schweiz*, 2 (9), 412–417.

Infrarotthermometrie: einfache Ausrüstung zur Temperaturerfassung im agrarischen Grünland?

Schick, K., Müller, J., und Wrage-Mönnig, N.
Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Grünland und Futterbauwissenschaften
Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock
Kristina.schick2@uni-rostock.de

Einleitung

Artenreiche Grünlandbestände gelten häufig als effizienter in der Ressourcennutzung als artärmere Bestände. Dies wird durch eine geringere interspezifische Konkurrenz im Vergleich zu intraspezifischer Konkurrenz begründet. Jedoch lässt sich das genaue kompetitive Verhalten um Ressourcen zwischen Arten sowie innerhalb von Arten im Dauergrünland nur schwer messen (Huston *et al.* 2000). Mögliche Untersuchungsmethoden sind derzeit zumeist zeit- sowie kostenintensiv. Unterschiedliche Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit zwischen Pflanzen könnte Unterschiede in der Transpiration bewirken, welche sich ggf. über Messungen der Blatttemperaturen untersuchen lassen. Der Einsatz von Infrarottechnik gilt als gängige Methode, um Temperaturdaten von Vegetation zu erheben. Schon in den 1960er Jahren waren erste Messgeräte käuflich zu erwerben (Rahkonen und Jokela 2003). Das Einsatzspektrum hat sich seitdem immer mehr erweitert. Im Agrarbereich wird Infrarottechnik häufig zur Trockenstressdetektierung und Bewässerungsoptimierung eingesetzt (z.B. Wiegand und Namken 1966, Hatfield 1983, Hatfield *et al.* 1985, Nielsen *et al.* 1989, Sdoodee und Kaewkong 2006, O'Shaughnessy *et al.* 2014). Dabei kommen in der agrarischen Forschung häufig Thermolemente zum Einsatz (u.a. Cook *et al.* 1964, Pieters und Schurer 1973, Jackson *et al.* 1981, Mahan und Yeater 2008), welche in oder auf der Pflanze befestigt werden. Hierfür spielt der genaue thermale Kontakt zwischen Element und Blattfläche eine wichtige Rolle (Beadle *et al.* 1973). Ungenaue Anbringung der Messelemente oder auch das Thermolement als Fremdkörper selbst kann die Messungen beeinträchtigen (Tanner 1963). Weiterhin ist die Anbringung relativ aufwendig. Ein Alternative ist die berührungslose Messung des Blattes anhand von Infrarotthermometern. Diese kontaktlose Messtechnik mit sogenannten Handthermometern wird durch ihre einfache Handhabung und kostengünstige Anschaffung in vielen Einsatzbereichen präferiert (z.B. Kraft 2010) und war in den vergangenen Jahrzehnten die meistgenutzte Messtechnik (O'Shaughnessy *et al.* 2014). Wir untersuchen, inwieweit man gängige Infrarotthermometer nutzen kann, um über die Messung von Blatttemperaturen Informationen über die Konkurrenz um Wasser und den Nährstoff Stickstoff in Reinkultur und Gemengen zu erhalten.

Material und Methoden

Vorversuch – Modellvergleich & anschließende Kalibrierung des Zielgerätes

In einem Vorversuch unter kontrollierten Gewächshausbedingungen wurden zwei Infrarotthermometer (*Optris MS LT & Trebs 99714*) getestet, um das besser geeignete Gerät für unsere Zwecke zu ermitteln. Es wurde ein Trockenstressgefäßversuch bei konstanter Lufttemperatur (22 °C) durchgeführt. Dafür wurde eine breitblättrige Testpflanze, *Brassica napus*, verwendet. Insgesamt umfasste der Versuch 20 Gefäße (Bodenvolumen: 4 Liter, Boden: Torfsubstrat) mit je einer Testpflanze. Zehn Pflanzen wurden unter Trockenstress gesetzt (Untergrenze des pflanzenverfügbaren Wassers nach Äquivalentwelkepunkt mit nFK ≤ 30 %) und zehn Pflanzen optimal wasserversorgt (nFK ≥ 80 %). Zur Temperaturmessung wurde ein low-cost-Infrarot-Handthermometer (*Trebs 99714*, TrebsBV) für unter 30,- € Anschaffungskosten und ein hochwertigeres Modell (*Optris MS LT*, Optris GmbH) für ~ 300,- € Anschaffungskosten verwendet. Mit beiden Geräten wurde in einem möglichst kurzen Zeitabstand (< 30 Sekunden) hintereinander jeweils dasselbe Blatt derselben Testpflanze gemessen.

Da es sich um eine punktuelle Messung handelt, wurden mit jedem Messgerät pro Pflanze drei Temperaturmesswiederholungen kurzzeitig nacheinander durchgeführt, woraus ein Temperaturmittelwert für die jeweilige Testpflanze je Messgerät und Durchgang ermittelt wurde. Bei jeder Testpflanze wurde stets das jüngste, voll entwickelte Blatt zur Messung verwendet.

Es wurde ein genauer Messabstand des Messgerätes zum Messobjekt von circa 14 cm eingehalten, da sonst der Durchmesser des Messflecks größer als der Messobjektdurchmesser gewesen wäre, was zu Messfehlern führt. Insgesamt wurden fünf Messdurchgänge durchgeführt. Das aus dem Versuch favorisierte Messgerät *Optris MS LT* wurde weiterhin mit einem Schwarzstrahler, Temperatur-Kalibrierquelle CS 171, kalibriert, um mögliche Messabweichungen vom eigentlichen Temperaturwert feststellen zu können.

Freilandversuche – Düngerversuch im Dauergrünland & Trockenstressversuch im Ansaatgrünland in einem Folientunnel

Das favorisierte Handthermometer wurde nach dem Gewächshausversuch weiter im Grünland getestet. Der erste Freilandversuch umfasste eine extensiv genutzte Dauergrünlandfläche (Glatt-haferwiese auf lehmigem Sand, max. 3 Pflegeschritte pro Jahr ohne Düngung), auf der drei Testarten für die Temperaturmessungen ausgewählt wurden: *Taraxacum officinale* (*To*), *Rumex acetosa* (*Ra*) und *Dactylis glomerata* (*Dg*). Für den Versuch wurden zehn Flächen von jeweils 1 m² Größe abgesteckt (Kantenlängen 1 m × 1 m). Fünf der zehn Flächen wurden mit KAS (Kalkammonsalpeter) am 07. Mai und 27. Mai 2015 behandelt (300 kg ha⁻¹ KAS oder 81 kg N ha⁻¹ je Applikation). Die übrigen Flächen blieben ungedüngt. Am zweiten Applikationstag wurde zuvor ein Pflegeschnitt (8 cm Schnitthöhe) auf allen Testflächen durchgeführt. Insgesamt wurden an 15 Messtagen die Blatttemperaturen der drei Testpflanzen je Fläche mit je 3 Messwiederholungen erhoben und gemittelt. Die Messungen fanden nur an Tagen mit klarem Himmel und keinem bis wenig Wind statt (Beaufortskala: 1–2).

Der zweite Versuch wurde ab Mai 2016 in einem Folientunnel durchgeführt (Länge × Breite: 40 m × 8 m), wo durch kontrollierte Tröpfchenbewässerung Trockenstress und optimale Bewässerung induziert werden konnten. Als Testpflanzen wurden *Trifolium repens* (*tr*) und *Festulolium braunii* (*fl*) miteinander im Gemenge (*trg* & *flg*) sowie als Monokultur (*trm* & *flm*) unter Trockenstress und optimaler Wasserversorgung in vier Wiederholungen angebaut. Die Testparzellen betrug je 7,5 m² (Kantenlänge 2,5 m × 3 m). Die Bewässerungsmengen für optimal bewässerte Parzellen (60 % bis 80 % nFK) und Trockenstressparzellen (15 % bis 30 % nFK) wurden nach Messergebnissen von TDR-Sonden (auf den Testflächen vergraben in 10 cm, 20 cm, 40 cm & 60 cm Tiefe) und deren Verrechnung im Programm MATLAB eingestellt und über die Bewässerungsanlage gesteuert. Insgesamt wurden im Versuchsjahr drei Schnitte durchgeführt (BBCH bei Schnittzeitpunkt: Gräser circa 32, Klee circa 63). Zur Ernte wurde ein Schätzrahmen (Kantenlänge 0,5 m × 0,5 m) zweimal auf jeder Testfläche aufgelegt und der Bestand in 6 cm Schnitthöhe abgeerntet. Der Rest der Fläche wurde in derselben Schnitthöhe geschnitten und das Schnittgut entfernt. Die Temperaturaufnahmen wurden mit dem favorisierten Handthermometer auf dieselbe Weise durchgeführt, wie bereits in den vorangegangenen Versuchen beschrieben. Zur Analyse wurden mit der Software RStudio, Version 1.0.143, lineare gemischte Modelle erstellt sowie Anova, Tukey- und Kruskal-Test genutzt, um signifikante Temperaturunterschiede zu ermitteln.

Ergebnisse und Diskussion

Im Vorversuch zur Trockenstressdetektierung unter kontrollierten Gewächshausbedingungen konnten beide Handthermometer signifikante Temperaturunterschiede zwischen optimal bewässerten und minimal bewässerten Testpflanzen feststellen. Das low-cost-Modell *Trebs 99714* maß allerdings fast immer geringere Blatttemperaturwerte und zeigte größere Schwankungen um den Mittelwert als das kostenintensivere *Optris MS LT* (Tabelle 1). Im Vergleich lagen die Temperaturmesswerte des *Trebs 99714* im Mittel 2,69 °C unterhalb der Messwerte des *Optris MS LT* (nicht abgebildet). Aufgrund der größeren Schwankungsbreite der gemessenen Temperaturen des *Trebs 99714* (Standardabweichung *Trebs*: 2,13 °C zur Standardabweichung *Optris*: 1,47 °C; nicht tabellarisch abgebildet) wurde das *Optris MS LT* für weitere Temperaturmessungen ausgewählt.

Tabelle 1: Vergleich der mittleren Temperaturwerte [°C] von *Optris MS LT* & *Trebs 99714* nach Gesamtdatensatz und einzelnen Messdurchgängen, unterteilt nach optimaler Bewässerung und Trockenstress; mit Kruskal-Test, um signifikante Temperaturunterschiede zwischen den Geräten aufzuzeigen; Werte in Klammern zeigen die Standardabweichung vom jeweiligen Mittelwert an

Gesamtdaten & Messdurchgang	Temperaturdaten optimale Bewässerung [°C]			Temperaturdaten Trockenstress [°C]		
	Optris MS LT	Trebs 99714	Kruskal-Test	Optris MS LT	Trebs 99714	Kruskal-Test
Gesamtdaten	23,04 (0,90)	20,44 (2,07)	b a	24,78 (1,42)	22,01 (1,91)	b a
1	22,16 (0,59)	22,31 (1,13)	a a	23,43 (1,04)	19,53 (0,68)	b a
2	23,74 (0,68)	22,07 (0,69)	b a	24,92 (0,65)	23,21 (1,44)	b a
3	22,61 (0,68)	20,48 (1,46)	b a	23,93 (1,50)	21,21 (1,30)	b a
4	23,36 (0,68)	18,53 (1,51)	b a	25,44 (0,92)	23,83 (0,58)	b a
5	23,32 (0,68)	18,79 (1,78)	b a	26,20 (0,93)	22,28 (1,57)	b a

Das *Optris MS LT* wurde daraufhin mittels eines Schwarzstrahlers, der Temperatur-Kalibrierquelle CS 171, auf mögliche Messabweichungen außerhalb der vom Hersteller Optris GmbH beschriebenen Norm von $\pm 1\%$ oder $\pm 1\text{ °C}$ (20...420 °C) überprüft. Es wurden insgesamt fünf Testmessungen unter stabilen klimatischen Raumbedingungen durchgeführt (Umgebungstemperatur: 24,5 bis 25,0 °C). Dabei wurden bestimmte Temperaturen beim Schwarzstrahler vor jeder Messung festgelegt, welche möglichst genau vom Handthermometer wiedergegeben werden mussten. Alle Messdurchgänge zeigten sehr zuverlässige Messergebnisse seitens des *Optris MS LT*, die weit unterhalb der maximalen Abweichnorm von 1 °C lagen (Tabelle 2). Die exakten Ergebnisse der Kalibrierung würden ebenfalls die größeren Messabstände zwischen beiden Handthermometern erklären, da eine höhere Messgenauigkeit durch sensiblere Messtechnik seitens des teureren Handmessgerätes vorlag. Die technischen Daten geben beim kostengünstigeren Modell einen größeren FOV (field of view = 8:1), langsamere Reaktionszeit (500 ms) sowie eine allgemein geringere Messgenauigkeit mit maximalen Abweichungen von 2 % oder 2 °C (-20 °C...320 °C) an. Weiterhin besitzt das *Optris MS LT* Streublenden, welche die hemisphärische Strahlung minimieren, sodass Fremdstrahlung bei der Temperaturberechnung weitestgehend nicht mit einbezogen wird.

Tabelle 2: Kalibrierung des Handthermometers *Optris MS LT* mit einem schwarzen Strahler über verschiedene Temperaturen; Normabweichung des *Optris MS LT* sollte 1 % bzw. 1 °C in einem Temperaturbereich zwischen 20 °C und 240 °C nicht überschreiten

Kalibrierung, Temperatur in °C	
Schwarzer Strahler	Optris MS LT
60,0	59,7
62,0	61,8
67,5	67,3
70,2	70,1
71,5	71,1

Im ersten Freilanddüngerversuch konnten wir mit dem *Optris MS LT* signifikante Temperaturunterschiede zwischen den zwei getesteten Kräutern, *Rumex acetosa* (*Ra*) und *Taraxacum officinale* (*To*), und dem Gras *Dactylis glomerata* (*Dg*) feststellen. Dabei zeigten die Kräuter insgesamt signifikant höhere Temperaturwerte als das Gras. An sieben von insgesamt 15 Messtagen konnte zudem ein signifikanter Einfluss des Faktors „Pflanzenart“ ermittelt werden. An fünf dieser sieben Messtage (Messtage 4–8) zeigte dabei *Ra* die höchsten Blatttemperaturmittelwerte. An den zwei verbleibenden Messtagen (Messtag 11 & 14) besaß *To* die höchsten Messwerte. Das getestete Gras zeigte hingegen an keinem Messtag die höchsten Temperaturmittelwerte.

Bei den Blatttemperaturmessungen schien die Entfernung des Messblattes zum Boden bei der Temperaturentwicklung eine entscheidende Rolle zu spielen. Besonders nach dem ersten Schnitt (ab Messtag 4) wurde dies erkennbar, nachdem an einem kurzen Grünlandbestand von 8 cm Schnitthöhe gemessen wurde. Dabei wurden stets Temperaturen um 20 °C und höher, selten darunter, gemessen (s. Tabelle 3).

Die offenere Grünlandfläche heizte sich insgesamt stärker auf. Zudem war auffällig, dass vor allem die schnellwüchsige und hoch wachsende Art *Dg* häufig die niedrigsten Temperaturen aufwies. *Ra* benötigte nach dem Schnitt von den drei Testarten die längste Zeit, um erneut Biomasse aufzubauen und verblieb lange sehr bodennah. Dieses Verhältnis zeigte sich ebenfalls in den Messdaten: vor allem in den ersten Messungen nach dem Schnitt wies die höchste Pflanzenart (*Dg*) die geringsten, die niedrigste Pflanzenart (*Ra*) die höchsten Temperaturmesswerte auf. Die Bodewärmestrahlung hat somit besonders in kurzen oder auch lückigen Grünlandbeständen einen stärkeren Einfluss auf die Temperatur des Blattes und kann diese je nach Sonneneinstrahlung, Tages-temperatur und Narbenbeschaffenheit erhöhen. Die aktuelle Wuchshöhe steht demnach in Relation zur Temperaturentwicklung des Blattes, was bei Folgeversuchen in Grünlandbeständen mit einer Mindestmesshöhe zum Boden berücksichtigt werden muss.

Entgegen unserer Erwartung zeigte die Düngung keinen signifikanten Effekt auf die Blatttemperaturen ($p > 0,599$). Ein Trend zu geringeren Temperaturen in der gedüngten Variante im Vergleich zur ungedüngten Variante war jedoch insgesamt erkennbar (durchschnittliche Temperatur gedüngter zu ungedüngten Testflächen: 22,8 °C zu 23,1 °C). Ebenfalls konnte durch den höheren Biomasseaufwuchs auf den gedüngten Flächen der Düngeeffekt nachgewiesen werden (Trockensubstanz gedüngter zu ungedüngten Testflächen gesamt: 2027,3 g/m² zu 1382,3 g/m²). Im Freiland war die Messung wie zu erwarten durch mehr Störfaktoren, wie Störstrahlungsquellen, welche vom Messgerät nicht komplett herausgerechnet werden können, und unterschiedliche Messvoraussetzungen in Messhöhen und Wetterbedingungen, erschwert. Weiterhin erschwerten schmale Blattspreiten die Temperaturerhebungen (Messfleckgröße von 14 mm muss stets kleiner als Messobjekt sein). Die entdeckte Tendenz des Düngeeffekts könnte bei weiterer Minimierung der genannten Störquellen klarer zu erkennen sein. Eine einheitliche Messmethodik und Messhöhe mit Pausieren nach dem Schnitt wurden beim anschließenden Folientunnel-trockenstressversuch beachtet.

Tabelle 3: Temperaturmittelwerte [°C] von *Dactylis glomerata* (*Dg*), *Taraxacum officinale* (*To*) und *Rumex acetosa* (*Ra*) aller Testflächen je Messtag, mit Standardabweichung (in Klammern) und Tukey Test (signifikante Unterschiede zwischen den Arten je Messtag mit hochgestellten Buchstaben gekennzeichnet)

Messtag	<i>Dg</i>	<i>To</i>	<i>Ra</i>
1	16.5 (3.3)	18.6 (4.0)	16.4 (2.8)
2	13.1 (2.8)	12.5 (3.5)	12.4 (1.9)
3	18.6 (1.0)	19.0 (0.7)	18.8 (0.4)
4	21.6 (1.5) ^a	24.3 (3.3) ^b	27.0 (3.3) ^c
5	22.3 (4.1) ^a	24.7 (1.3) ^{ab}	26.6 (2.4) ^b
6	21.7 (4.2) ^a	25.8 (3.2) ^b	27.7 (3.0) ^b
7	22.0 (3.1) ^a	24.7 (2.5) ^{ab}	26.5 (4.7) ^b
8	28.2 (4.8) ^a	27.9 (1.2) ^a	32.0 (3.5) ^b
9	20.2 (2.7) ^{ab}	19.5 (1.5) ^a	22.9 (4.5) ^b
10	20.3 (1.5)	19.9 (2.4)	20.6 (2.3)
11	23.5 (1.5) ^a	26.2 (2.3) ^b	24.9 (1.4) ^b
12	26.2 (1.6)	27.2 (2.9)	27.7 (1.4)
13	25.9 (1.3)	27.9 (1.9)	26.6 (3.3)
14	27.4 (1.4) ^a	29.9 (2.4) ^b	28.4 (2.1) ^{ab}
15	19.9 (3.2)	20.2 (4.4)	20.1 (4.9)

Der Trockenstressversuch im Ansaatgrünland im Folientunnel zeigte insgesamt keine signifikanten Temperaturunterschiede zwischen optimal und minimal bewässerter Variante von *Trifolium repens* und *Festulolium* (*tr*: $p > 0,763$, *fl*: $p > 0,639$). Auch im Temperaturvergleich der Mono- und Mischkulturen innerhalb und zwischen den Arten waren nahezu alle Temperaturentwicklungen nicht signifikant unterschiedlich. Nur im Vergleich von *flm* und *flp* der optimal bewässerten Variante konnte ein signifikanter Temperaturunterschied gefunden werden ($p = 0,044$) (Tabelle 4).

Eine Tendenz zu allgemein höheren Temperaturwerten konnte bei *Festulolium* im Vergleich mit *Trifolium repens* über alle Anbauvarianten gefunden werden ($p = 0,062$).

Die höheren Blatttemperaturen beim Gras gegenüber dem Weißklee stehen im Gegensatz zu den Ergebnissen des ersten Freilanddüngerversuchs im Dauergrünland. Dies kann vor allem mit der Bestandsdichte des Testgrases *Festulolium* sowie dessen Blattspreitenbreite erklärt werden. Anders als die dichten Mischkulturparzellen und reinen Kleeparzellen, bildeten die Grasbestände keine geschlossene Narbe in Monokultur, sondern vereinzelte Horste. Dadurch konnte selbst bei guter Blattmassebildung immer Wärmestrahlung seitens des Bodens einwirken. Die direkte Aufheizung der Blätter durch den aufgewärmten Boden wurde mit einer Mindestmesshöhe von 30 cm verhindert bzw. stark vermindert. Jedoch machte es das Handthermometer mit der Messfleckgröße von 14mm häufig schwer, das schmale Testblatt genau und sicher anzuvisieren. Da keine visuelle Absicherung beim Handthermometer gegeben ist, können Messfehler durch Abweichen vom Messbereich (Vorbeimessen an der Blattoberfläche) auftreten. Dieser Fehler kann auf den Graspzellen zu höheren Temperaturwerten führen, da vom Messgerät neben der Blatttemperatur zusätzlich Bodenwärmestrahlung aufgefangen wird. Insgesamt konnten vermutlich deshalb höhere mittlere Temperaturen bei *Festulolium* in den reinen Graspzellen ermittelt werden als in den Mischkulturparzellen mit *Trifolium repens*, unabhängig von der Bewässerungsart (Mittelwerte von *flm* und *flp* auf optimal bewässerte Parzellen: 15,91 °C zu 17,10 °C; Mittelwerte von *flm* und *flp* auf minimal bewässerten Parzellen: 16,84 °C zu 17,27 °C). U.a. beschrieben Rahkonen und Jokela (2003) ebenfalls den Einfluss von Hintergrundstrahlung in der Temperaturaufnahme als mögliche Fehlerquelle, wie auch den Nachteil der räumlichen Auflösung von Handthermometern, welche die kleinstmögliche Messgröße des Objekts begrenzt, sodass Temperaturen von sehr schmalen bzw. kleinen Objekten (hier kleiner als 14 mm Durchmesser) nicht erhoben werden können. Da Blattspreiten bei Gräsern selten ~ 20 mm überschreiten, sind unbemerkte Messfehler relativ wahrscheinlich. Weiterhin muss die Umgebungsstrahlung, welche vom Blatt selbst reflektiert wird, mit einberechnet werden. Diese hängt vom Messwinkel ab und geht bei Grünlandaufnahmen im Freiland zumeist vom Himmel aus. Fuchs und Tanner (1966) zeigten bereits die Problematik der Strahlungsquellen der Umgebung auf, welche für korrekte Temperaturerhebungen miteinbezogen werden müssen. Bei Handthermometern ist diese Einstellung i.d.R. nicht möglich, sodass unterschiedlich starke Messabweichungen, je nach Stärke der Störstrahlung, auftreten können.

Tabelle 4: Vergleich der Temperaturwerte der Testarten *Trifolium repens* (*tr*) und *Festulolium* (*fl*) in den verschiedenen Anbauvarianten (Monokultur: *trm* bzw. *flm*, Gemengekultur: *trg* bzw. *flg*) und Bewässerungszuständen (optimal und minimal bewässerte Parzellen) nach dem Kruskal-Test

Vergleich Anbauvarianten	p-Werte		
	optimal bewässerte Parzellen	minimal bewässerte Parzellen	optimal gegen minimal bewässerte Parzellen
<i>flg</i> : <i>flm</i>	0,044	0,411	–
<i>trg</i> : <i>trm</i>	0,648	0,587	–
<i>flg</i> : <i>flg</i>	–	–	0,651
<i>flm</i> : <i>flm</i>	–	–	0,908
<i>trg</i> : <i>trg</i>	–	–	0,427
<i>trm</i> : <i>trm</i>	–	–	0,538

Ein weiterer Einfluss besteht durch die direkte Sonneneinstrahlung auf das Blatt selbst. Sie stellte in allen Versuchen eine große Fehlerquelle dar. Da der Messwinkel und die Position des Handthermometers beim Messvorgang von Pflanze zu Pflanze nie exakt gleich sind, variiert der Strahlungseinfluss der Sonne ebenfalls. Zukünftige Messungen werden daher bei gleichmäßig dichter Bewölkung, bei Beschattung oder bei Nacht durchgeführt. Weiterhin können kaum merkliche Wetterveränderungen (z.B. leichte Brise) einen großen Einfluss auf die Blatttemperaturen besitzen. Bildgebende Technik ist in der Lage, diese dem Anwender sofort aufzuzeigen, indem das gesamte Blatt in Farbschemen wiedergegeben wird. Da Handthermometer allgemein nur punktuelle Messungen am Objekt durchführen, geben diese Messungen nicht zwingend die wirkliche Blatttemperatur der Pflanze wieder. Verschiedene Untersuchungen zeigten dazu, dass die Temperatur innerhalb eines Blattes zwischen mehreren Grad Celsius variieren kann (Cook *et al.* 1964, Hashimoto *et al.* 1984, Jones 1999).

Hinzu kommt die starke räumliche und zeitliche Einschränkung der Messung. Einzelne Blattmessungen repräsentieren nicht zwingend den Bewässerungsstand (oder die Düngevariante) der gesamten Parzelle, außerdem sind tägliche Aufnahmen über die gesamte Vegetationsperiode sehr aufwendig (O'Shaughnessy *et al.* 2014).

Schlussfolgerung

Der Erwerb von Infrarottechnik ist bereits im low-cost-Segment um 25,- € möglich. Diese preiswerte und schnelle Möglichkeit, Temperaturen im Pflanzenbestand fernstehend zu bestimmen, kann jedoch zu unerkannten Problemen in der Temperaturdatenerfassung führen, besonders wenn Grundlagen der Strahlungsphysik sowie die Grenzen der Messgeräte nicht beachtet werden. Wir zeigen hier die Komplexität der Temperaturermittlung in Pflanzenbeständen auf. Bei einfacher Messtechnik sind mögliche signifikante Temperaturunterschiede durch Trockenstress und Nährstoffversorgung durch eine Vielzahl von Störfaktoren nicht sicher auszumachen. Das Handthermometer trifft bei Messungen im Freiland insgesamt auf Probleme, die unseres Erachtens nicht ausreichend behoben werden können. Dagegen sehen wir einen Einsatz im Gewächshaus unter kontrollierten Klimabedingungen als möglich an.

Literatur

- Beadle, C.L., Stevenson, K.R. und Thurtell, G.W. (1973): Leaf temperature measurement and control in a gas-exchange cuvette. *Canadian Journal of Plant Science*, 53, 407–412.
- Cook, G.D., Dixon, J.R. und Leopold, A.C. (1964): Transpiration: its effect on plant leaf temperature. *Science*, 144, 546–547.
- Fuchs, M. und Tanner, C.B. (1966): Infrared Thermometry of Vegetation. *Agronomy Journal*, 58, 597–601.
- Hashimoto, Y., Ino, T., Kramer, P.J., Naylor, A.W. und Strain, B.R. (1984): Dynamic analysis of water stress of sunflower leaves by means of thermal image processing system. *Plant Physiology*, 76, 266–269.
- Hatfield, J.L. (1983): The utilization of thermal infrared radiation measurements from grain sorghum as a method of assessing their irrigation requirements. *Irrigation Science*, 3, 259–268.
- Hatfield, J.L., Wanjura, D.F. und Barker, G.L. (1985): Canopy temperature response to water stress under partial canopy. *Transactions of the ASAE*, 28, 1607–1611.
- Huston, M.A., Aarssen, L.W., Austin, M.P., Cade, B.S., Fridley, J.D., Garnier, E., Grime, J.P., Hodgson, J., Lauenroth, W.K., Thompson, K., Vandermeer, J.H. und Wardle, D.A. (2000): No consistent effect of plant diversity on productivity. *Science*, 289, 1255a.
- Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J. und Pinter, P.J. JR. (1981): Canopy Temperature as a Crop Water Stress Indicator. *Water Resources Research*, Vol. 17, 1133–113.
- Jones, H.G. (1999): Use of thermography for quantitative studies of spatial and temporal variation of stomatal conductance over leaf surfaces. *Plant, Cell & Environment*, 22, 1043–1055.
- Kraft, M. (2010): Berührungslose Temperaturmessungen im Versuchsfeld "Aquarius 2010 Winterweizen" zur Abschätzung des Trockenstresses. *Institutsbericht*, Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Mahan, J.R. und Yeater, K.M. (2008): Agricultural applications of a low-cost infrared thermometer. *Computers and electronics in agriculture*, 64, 262–267.
- Nielsen, D.C. und Anderson, R.L. (1989): Infrared thermometry to measure single leaf temperatures for quantification of water stress in sunflower. *Agronomy Journal*, 81, 840–842.
- O'Shaughnessy, S.A., Evett, S.R. und Colaizzi, P.D. (2014): Infrared Thermometry as a Tool for Site-Specific Irrigation Scheduling. *Konferenzbeitrag, Central Plains Irrigation Conference*, Burlington.
- Pieters, G.A. und Schurer, K. (1973): Leaf temperature measurements I: thermocouples. *Acta Botanica Neerlandica*, 22, 569–580.
- Rahkonen, J. und Jokela, H. (2003): Infrared Radiometry for Measuring Plant Leaf Temperature during Thermal Weed Control Treatment. *Biosystems Engineering*, 86, 257–266.
- Sdoodee, S. und Kaewkong, P. (2006): Use of an infrared thermometer for assessment of plant water stress in neck orange (*Citrus reticulata* Blanco). *Songklanakarin Journal of Science Technology*, 28, 1161–1167.
- Tanner, C.B. (1963): Plant temperatures. *Agronomy Journal Notes*, 55, 210–211.
- Wiegand, C.L. und Namken, L.N. (1966): Influences of plant moisture stress, solar radiation and air temperature on cotton leaf temperature. *Agronomy Journal*, 58, 582–586.

Echtzeitmessung der Ammoniak-Emissionen mit Gassensoren nach Gärrestapplikationen auf Grünland bei variiertem Applikationsmenge und Beimischung von Gips

Wolf, M. und Laser, H.
Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft
Lübecker Ring 2, 59494 Soest
wolf.marcjoerg@fh-swf.de

Einleitung und Problemstellung

Im Vergleich zu Rindergülle weisen Gärreste aus Biogasanlagen häufig höhere Ammoniumgehalte auf. Dies ist in Hinsicht auf die Nährstoffverfügbarkeit nach der Ausbringung auf Grünland positiv zu bewerten. Gleichzeitig erhöht sich dadurch aber auch die Gefahr von Ammoniakemissionen. Über Ammoniak können Teile des mit der Gülle ausgebrachten Stickstoffs gasförmig verloren gehen und anschließend einen Störfaktor in der Umgebung der betroffenen Flächen oder ein Treibhausgas darstellen.

Die N-Verluste über NH_3 nach der Gülleapplikation können erheblich ausfallen. Bei Rindergülle konnten Verluste von bis zu 40 % des $\text{NH}_4\text{-N}$ festgestellt werden (Pain 1989). Die nach Breitverteilung durch Ammoniak entstehenden gasförmigen Stickstoffverlusten sollen bei weniger als 15 °C bei 37 % und bei wärmeren Temperaturen gar um 63 % liegen (Lange und Borstel 2011). Im Grünland sollen Ammoniakverluste aufgrund der dort besonders hohen Gaben am höchsten liegen, bei bis zu über 40 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (Pacholski *et al.* 2011). Über bodennahe oder in den Boden injizierende Gülleapplikationstechniken können Reduktionen der NH_3 -Verluste erreicht werden (Häni *et al.* 2015). Dabei werden Injektionstechniken jedoch nicht nur in der Praxis kontrovers betrachtet. In Exaktversuchen brachte Schlitztechnik verschlechterte N-Effizienzen und verringerte Erträge mit sich (Smith *et al.* 2000). Hou *et al.* (2015) haben aufgezeigt, dass die Ausbringung mittels Injektion geeignet ist, NH_3 -Emissionen erheblich zu reduzieren, oftmals in Bezug auf die insgesamt in diesem Düngesystem aufgetretenen Treibhausgase (N_2O , CH_4) jedoch nicht besser abschneiden. Lediglich Zusätze mit Säuren haben im Zusammenhang mit diesen Techniken einen positiven Effekt. Dies ist jedoch nur mit hohen Kosten realisierbar. Alternative, kostengünstige Güllezusätze könnten hier aushelfen. Durch die Zugabe von 20 g Gips aus vermahlenden Gipsplatten je Liter Gülle wurden um 34 % niedrigere NH_3 -Verluste beobachtet (Verges *et al.* 2013). Da sich der Einsatz von Gips in der Einstreu oder im Stallbereich aufgrund der Freisetzung von H_2S verbietet, liegt ein ausbringungsnaher Einsatz mit bodennahe Applikationstechnik nahe.

Eine bodennahe Applikation der Biogasgülle wird durch angepasste Kalkung gefördert. Diese fördert nicht nur die Nährstoffumsetzung, sondern bereits die Versickerung der Gülle. Deshalb wurde in einem Freilandversuch auf der Grünlandforschungsstation Meschede-Remblinghausen die Wirkung von pflanzenbaulichen Maßnahmen, einschließlich einer noch wenig erprobten Gipsbeimischung in die Gülle, auf Ammoniakemissionen nach der Ausbringung untersucht. Hierbei kamen 16 Aeroqual[®]-Gassensoren zum Einsatz, die für den Feldeinsatz erprobt wurden. Die mit Dataloggern ergänzten, chemisch-elektrokonduktiv arbeitenden Sensoren erlauben eine bodennahe Erfassung der Ammoniakkonzentrationen im Minutentakt, ohne die Umweltbedingungen maßgeblich zu ändern.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf einer ebenen Fläche oberhalb der Grünlandversuchsstation, in ca. 410 m ü. NN, innerhalb einer Altnarbe angelegt. Hierin wurden die Parzellen (3 x 8 m) längs zur Hauptwindrichtung eingemessen. Die Differenzierung des Bestandes über die Düngungsvarianten startete mit einer Herbstgabe in 2014. Der Boden war eine Braunerde von geringerer Mächtigkeit und einen hohen Skelettanteil. Eine vollständige Randomisierung der Wiederholungen glich lokalisierte Bodeneinflüsse auf die Behandlungen aus.

Die Parzellenabmessungen sind so gewählt worden, damit gewährleistet ist, dass die Gasmessungen ohne viel Randeffect vonstatten gehen können. So befand sich über zwei Meter Radius ein Pflanzenbestand um den Messpunkt, der von den Düngungsvarianten beeinflusst wurde.

Die mineralische Ergänzungsdüngung wurde händisch ausgebracht. Ebenso wurde zu den Kalkgaben im Herbst und Frühjahr verfahren. Sie hatten die Höhe einer Erhaltungskalkung von $800 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Eingesetzt wurde granulierter, kohlensaurer Kalk 93 mit 5 % MgCO_2 . Die Termine waren der 06.11.2014, 26.03. und 02.12.2015, sowie der 18.03. und 27.10.2016.

Tabelle 1: Übersicht der Varianten des Düngungsversuchs mit Ammoniakmessungen

1.	$170 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ durch Biogasgülle
2.	$230 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ durch Biogasgülle
3.	$170 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ durch Biogasgülle mit Kalkung im Herbst
4.	$170 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ durch Biogasgülle mit Kalkung im Frühjahr
5.	$170 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ durch Biogasgülle, in die zur Applikation 20 g/l Gips beigemischt wurde

Drei Gülleapplikationen mit Schleppschlauch waren zu den praxisüblichen Terminen geplant, mussten mitunter jedoch verschoben werden. Das für den Versuch eingesetzte Parzellengülleapplikationsgerät (=PGA) ist eine Eigenentwicklung von Mitarbeitern der FH SWF, in Kooperation mit Landtechnikunternehmen (Hötte *et al.* 2011). Der PGA-Güllefluss wurde über eine elektronisch angetriebene Pumpe eingestellt. Das für die Applikation benötigte Güllévolumen wurde anhand der neuesten Analyseergebnisse berechnet. Zu jeder Gabe war ein zweimaliges Auftanken nötig. Als letzte der Varianten erfolgte die Applikation mit der Gipszugabe, um auszuschließen, dass dieses vorher in die Gülle gelangt. Bei einer Restmenge von meist 500 l wurden zweimal 5 kg Baugips in den Güllestream des Bypassstroms gestreut.

Tabelle 2: Ergebnisse der Untersuchungen der Biogasgülleproben (n = 1) durch die LUFA NRW. Gezeigt sind die Trockensubstanzen (TS), Gesamtstickstoff- (TN) und Ammoniumgehalte ($\text{NH}_4\text{-N}$) die zu den Terminen der Ammoniakmessungen ermittelt wurden

	Termin	TS (%)	TN (kg/m^3)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (kg/m^3)	$\text{NH}_4\text{-N}$ in TN (%)
2015	09.04.	6,6	4,30	1,50	34,9
	26.06.	7,1	5,10	2,90	56,9
	11.08.	7,4	4,78	2,54	53,1
2016	21.04.	7,6	4,67	2,21	47,3
	15.07.	6,3	5,66	3,50	61,8
	26.10.	7,8	5,48	2,99	54,6

Die Bestimmung der NH_3 -Konzentrationen in der Luft über dem Grünlandbestand erfolgte mit Aeroqual® Series 500 (Aeroqual, Auckland, Neuseeland). Der Sensorkopf dieser Geräte zieht aktiv über einen Propeller Umgebungsluft in eine Kanüle, in der sich ein Edelgasgemisch befindet, dessen elektrochemisches Milieu in der Leitfähigkeit durch die Anwesenheit von NH_3 verändert wird. Messungen hatten bei weitestgehend trockenen Bedingungen zu erfolgen. Möglichst unmittelbar nach der Ausbringung der Gülle mit dem PGA wurden Messgeräte auf die Parzelle plziert. Die Ausrichtung des Sensoreinlasses erfolgte in Windrichtung, um Luft von der Parzelle aufzufangen. Da die auf dem unebenen Untergrund auftretende uneinheitliche Ausrichtung des Sensorkopfes zu optimieren war, wurden die Messgeräte mit dem Jahr 2016 auf Edelstahl dreifüÙe (Windaus Labor Technik, Clausthal-Zellerfeld, BRD) plziert. Die StativfüÙe wurden so ausgerichtet, dass die SensoreinläÙe eben über der Schnitthöhe (6 cm) lagen. Die N-Mengen, die über Ammoniak von der Fläche verloren ging, wurden über Annäherungsformeln geschätzt, die um Umweltfaktoren erweitert wurden, die EinfluÙ auf die konkreten Mengen haben können, die von der Fläche abgetragen werden. Die Ergebnisse werden an dieser Stelle aus Platzgründen nicht vorgestellt. Die Rechnungen und statistischen Auswertungen erfolgten mit Excel 2010.

Ergebnisse und Diskussion

Im ersten Versuchsjahr trafen die NH_3 -Messungen auf unüblich warme Bedingungen (Abbildung 1). Diese waren in 2015 häufig. Kühlere Abschnitte waren von Niederschlägen begleitet. Ein Einsatz der Aeroqual[®]-Geräte bei Regen schloss sich aus. Die Applikationstermine waren zudem so gewählt, dass die Messreihen ein repräsentatives Abbild von Gülleapplikationsterminen darstellen, die aus Sicht einer guten fachlichen Praxis als eher suboptimal gelten können. Entsprechend waren die aufgezeichneten NH_3 -Konzentrationen hoch. Das Maximum belief sich im August auf ganze 35 mg m^{-3} . Dies ist jedoch kaum mehr als ein Drittel dessen, was mit den Aeroquals während einer Validierung mit einem verbreiteten, nasschemischen Sammelverfahren im Frühjahr über Gülle auf einem bodenbearbeiteten Acker gemessen wurde.

Die Messung im April 2015 zeigte kontinuierliche Emissionen der Gülle bei schwül-warmem, sonnigem Wetter. Hierbei deuteten sich die NH_3 -Ausgasung reduzierende Effekte einer Kalkung im Herbst und einer Beimengung von Gips in die Gülle an. Am höchsten lagen die Emissionen zu diesem Termin für die Kontrolle und die Kalkung im Frühjahr. Überraschenderweise wies die 230 kg N-Gabe die niedrigeren NH_3 -Verluste auf. Dies konnte fast zeitgleich auch in einem anderen Versuch mit dieser Mengenabstufung beobachtet werden.

Zur Ausbringung im Juni waren die NH_3 -Emissionen insgesamt deutlich niedriger. Lediglich in der Gipsvariante gab es höhere NH_3 -Konzentrationen. Es kann nur spekuliert werden, dass die trockene Luft über der Gülle und dem Pflanzenbestand eine Ausgasung vom Boden fort behinderte, während die Gülle schnell ankrustete. Das etwas längere Umpumpen der Gülle in der Gipsvariante könnte dazu beigetragen haben, dass hier langsamer eine Verkrustung einsetzte.

Unter unmittelbarer Sonneneinstrahlung war in vier Stunden nach der Applikation ein rasches Absinken der NH_3 -Konzentrationen nach hohen Ausgangswerten zu beobachten. Während sich die niedrigere NH_3 -Freisetzung in der Variante mit Frühjahrskalkung aus verbesserten Bodeneigenschaften erklären könnte, überraschten die niedrigeren NH_3 -Mengen der 170 kg N-Kontrolle.

Dies zeigt wie schwierig die Interpretation der Datenreihen aufgrund kleinräumig sehr stark variierender Messpektren sein kann, auch wenn die Messungen über einen längeren Zeitraum und kontinuierlich erfolgten. Dabei wurde durch ein Wechseln von Messgeräten auf ihren Positionen während und zwischen den Messterminen darauf geachtet, die Messniveaus der Einzelgeräte auf die Probe zu stellen. Üblicherweise reflektieren die Messreihen der verschiedenen Varianten zeitgleich kurzfristige Umweltveränderungen.

Während in 2016 das Messen mit Stativen mit dem Ziel, die Varianzen im Vergleich zur Bodenablage zu reduzieren, sicherlich dazu beitrug, die von den Aeroquals aufgezeichneten NH_3 -Konzentrationen zu verringern, kann außer Frage gestellt werden, dass die veränderten Umweltbedingungen den Haupteinfluss auf die niedrigeren N-Verluste nach der Ausbringung hatten. In der Literatur findet sich vielfach ein positiver Zusammenhang zwischen hohen Temperaturen und großen NH_3 -N-Verlusten. Zwar war auch das Jahr 2016 überdurchschnittlich warm, die erste Jahreshälfte aber auch von hohen Bewölkungsgraden geprägt. Zu keinem der Termine waren die Luft oder der Boden ungewöhnlich trocken. Im Hochsommer schloss sich eine Güllegabe aus, da Niederschläge zeitweise ausblieben. In Folge der, aus Perspektive der landwirtschaftlichen Praxis, besseren Ausbringungstermine lagen die NH_3 -Konzentrationen mit maximal 5 mg m^{-3} um ein vielfaches unter den Werten des Vorjahres. Während der Applikation im Juni deutete sich erneut ein Gipseffekt in der Gülle an, der jedoch wegen einer großen Verzögerung dieser Behandlung aufgrund technischer Schwierigkeiten beim PGA-Einsatz schlecht mit den anderen Varianten verglichen werden kann. Die verschiedenen Kalkungen hatten einen unerwartet geringen Einfluss auf die NH_3 -Emissionen, selbst bei den in der Praxis unüblich kurzen Zeiträumen zwischen Kalkung und Gülleausbringung.

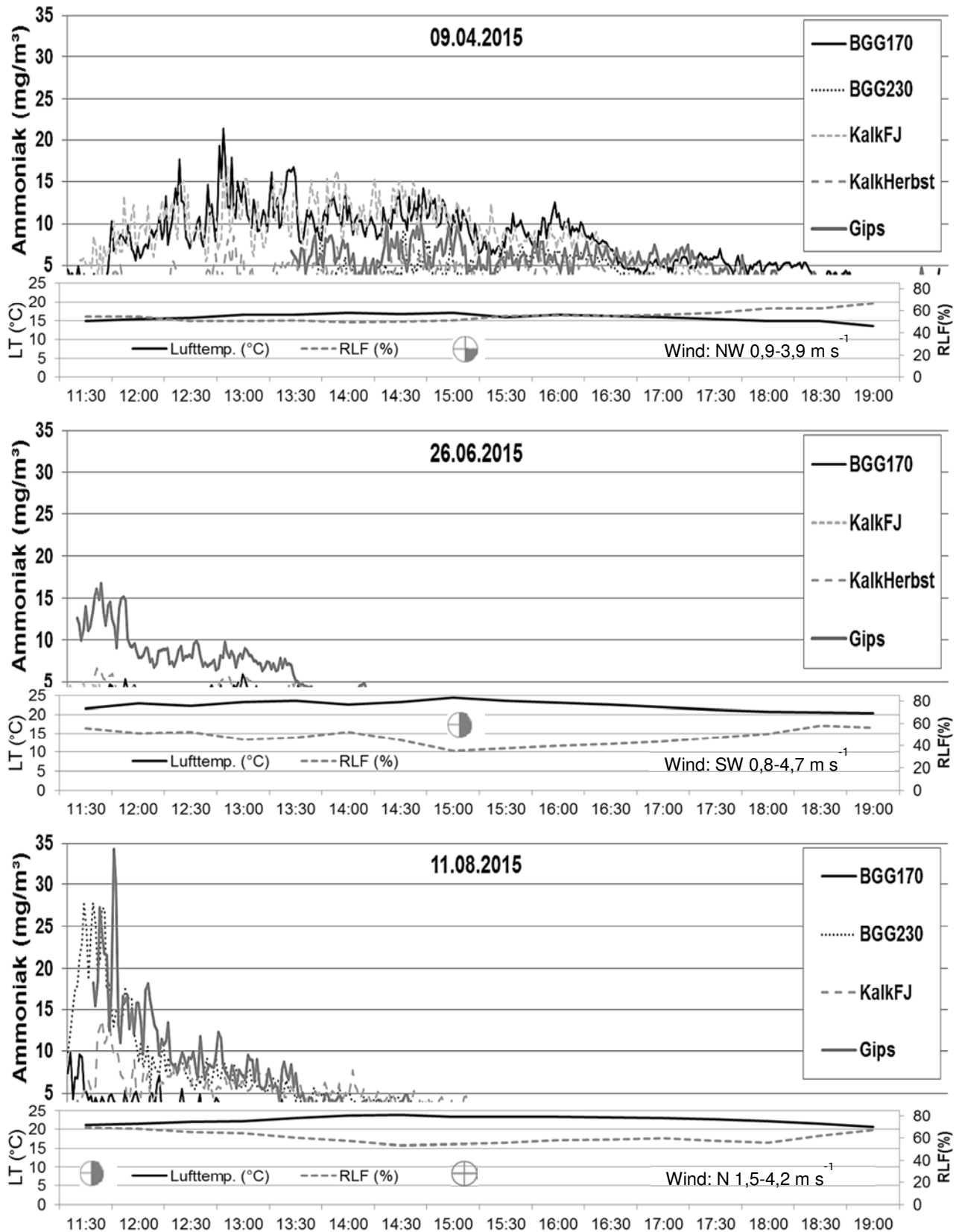


Abbildung 1: Mittelwerte der 2015 über die Aeroqual-Geräte 1 cm über der Biogasgülle (BGG) minütlich gemessenen NH_3 -Konzentrationen in den Parzellen (meist $n = 3$) der Varianten mit Kontrollgaben an BGG in zwei Düngungsstufen, Bodenkalkungen im Frühjahr oder Herbst, sowie der Zugabe von Gips in die ausgebrachte BGG. Darunter sind die Lufttemperaturen, relative Luftfeuchten (RLF) und Windgeschwindigkeiten gezeigt, die zeitgleich per Vaisala-Wetterstation gemessen wurden

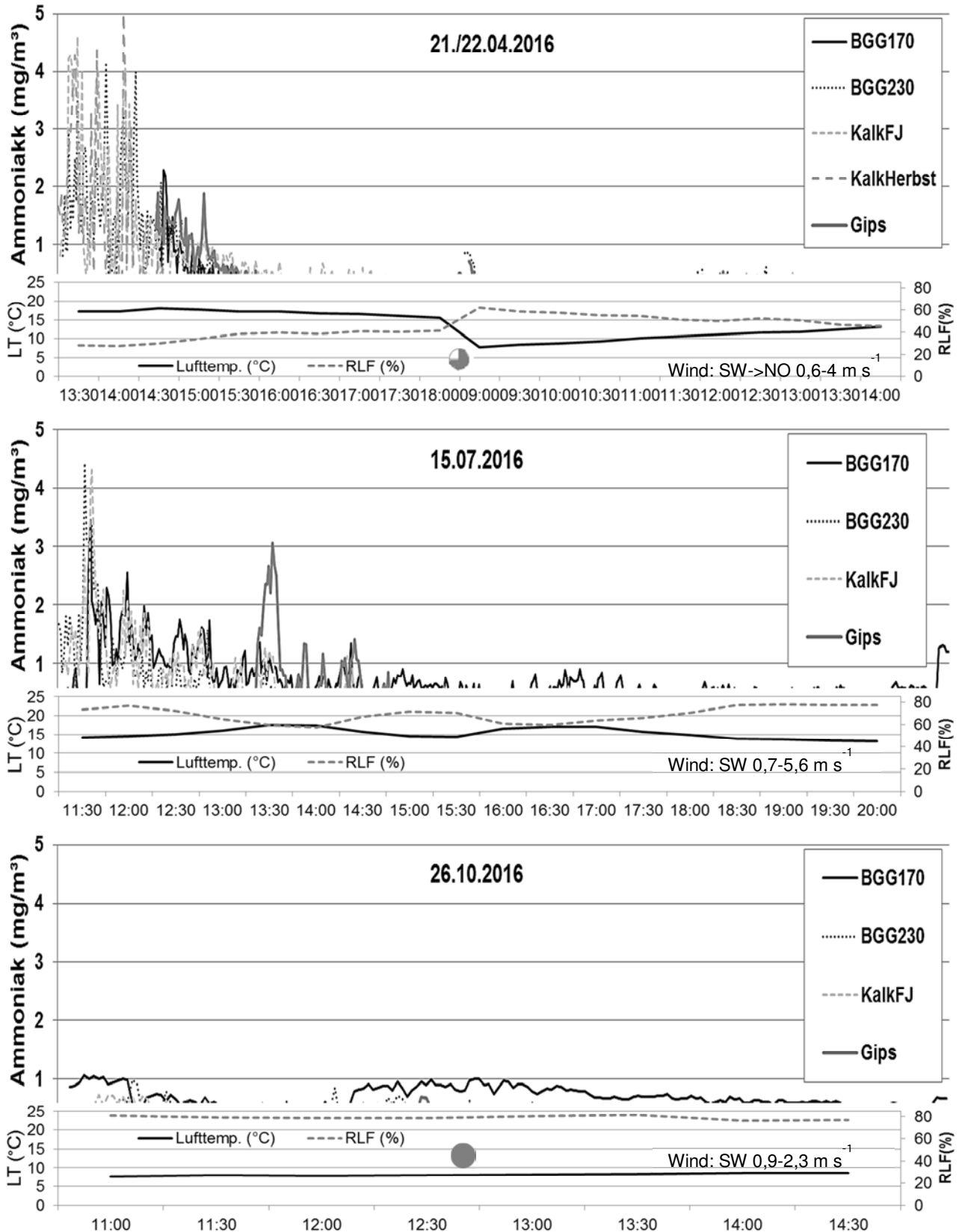


Abbildung 2: Mittelwerte der 2016 über die Aeroqual-Geräte in 6 cm Höhe minütlich gemessenen NH_3 -Konzentrationen in den Parzellen (meist $n = 3$) der Varianten mit Kontrollgaben an Biogassgülle (BGG) in zwei Düngungsstufen, Bodenkalkungen im Frühjahr oder Herbst, sowie der Zugabe von Gips in die ausgebrachte BGG. Darunter sind die Lufttemperaturen, relative Luftfeuchten (RLF) und Windgeschwindigkeiten gezeigt, die zeitgleich per Vaisala-Wetterstation gemessen wurden

Schlussfolgerungen

Weder eine Kalkung im Herbst, noch eine im Frühjahr verursachten einen eindeutigen Effekt auf die NH₃-Emissionen der ausgebrachten Gülle. Dieser ergab sich nur zu einzelnen Terminen. Auch die Beimengung von Gips in die Gülle verringerte nur zu Einzelterminen die NH₃-Ausgasung, während sie sie an anderen Tagen steigerte. Ob die Gipsbeimengung prinzipiell geeignet ist, Ammoniak zu reduzieren, wird derzeit in wiederholten Gewächshausmessungen überprüft.

Insgesamt lagen die sich aus den Messungen ergebenden NH₃-N-Verluste von der Versuchsfläche mit maximal etwa 8 kg ha⁻¹ im Jahr deutlich unter für Grünland in der Literatur zu findenden Werten, die meist aber auch aus dem Tiefland stammten. Die Relevanz dieser NH₃-Mengen für den Klimawandel erscheint gering, zumal im Hügelland und Mittelgebirge höhere Depositionsraten des vor Ort ausgegasteten Ammoniaks stattfinden als im Tiefland (Sutton *et al.* 1993).

Die Aeroqual[®]-Messtechnik war geeignet, die NH₃-Konzentrationen über verschiedenen Behandlungen unmittelbar zu vergleichen, ohne die Umweltbedingungen maßgeblich zu ändern. Vorteile der Sensortechnik gegenüber anderen Methoden ergeben sich durch die Möglichkeit zahlreicher Messungen mit engen Zeitintervallen und mehreren Stunden Datenaufzeichnung durch den angeschlossenen Datalogger. Die vergleichsweise geringen Anschaffungskosten (ca. 1600 € für Gasmessgerät und NH₃-Sensor) und der verbrauchsmittelfreie Betrieb der Geräte lassen bei Verwendung mehrerer Geräte zur Parallelmessung eine hohe Datendichte zu. Da die Geräte in der Regel ohne Rüstzeiten unmittelbar nach der Gülleapplikation einsatzbereit sind, können die Emissionen unmittelbar und quasi in Echtzeit erhoben werden.

Literatur

- Bouwman, A.F. und Asman, W.A.H. (1997): Scaling of Nitrogen Gas Fluxes from Grasslands. IN: Jarvis, S.C. & B.F. Pain [Eds]: Gaseous Nitrogen Emissions from Grassland. CAB International; Wallingford, New York: 311–330.
- Häni, C., Sintemann, J., Kupper, T. und Neffel, A. (2015): Ammonia emission after slurry application to grassland. IN: RAMIRAN Proceedings, 16th International conference, Hamburg: 293–296.
- Hötte, S., Stemann, G. und Laser, H. (2011): Entwicklung eines rechnergesteuerten Applikationsgerätes für Gülle in randomisierten Parzellenversuchen. Gülle und Gärrestausbringung auf Grünland. LAZ-BW, 264–265.
- Hou Y., Velthof, G.L. und Oenema, O. (2015): Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions from manure management chains: a meta-analysis and integrated assessment. *Global Change Biology* 21: 1293–1312.
- Lange, G. und Borstel, U. (2011): Minderung der Stickstoffemission auf Grünland durch Anwendung geeigneter Gülleapplikationstechniken. In: Elsäßer, M. *et al.* [Eds]: Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. Tagungsband Internationale Tagung, Kloster Reute, 17.–18.10.2011. LAZ-BW, 157–158.
- Misselbrook, T.H., Laws, J.A. und Pain, B.F. (1996): Surface application and shallow injection of cattle slurry on grassland: nitrogen loss, herbage yields and nitrogen recoveries. *Grass and Forage Science* 51: 270–277.
- Pacholski, A., Techow, A., Qakernack, R., Hermann, A., Taube, F. und Kage, H. (2011): Spurengasemissionen (N₂O, NH₃) und Ertragsentwicklung nach Gärrestapplikation auf einem Marschstandort Norddeutschlands. IN: Elsäßer, M. *et al.* [Eds]: Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. Tagungsband Internationale Tagung, Kloster Reute, 17.–18.10.2011. LAZ-BW, 195–199.
- Pain, B.F. (1989): Loss of nitrogen through ammonia volatilization during and following the application of pig or cattle slurry to grassland. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 47: 1–12.
- Seidel, A., Pacholski, A., Nyord, T. und Kage, H. (2015): Reduction of ammonia emissions by acidification and injection of cattle slurry applied to perennial grassland. IN: RAMIRAN Proceedings, 16th International conference rural-urban symbiosis, Hamburg: 85–89.
- Smith, K.A., Jackson, D.R., Misselbrook, T.H., Pain, B.F. und Johnson, R.A. (2000): Reduction of Ammonia Emission by Slurry Application Techniques. *Journal of Agricultural Engineering Research* 77(3): 277–287.
- Sutton, M.A., Fowler, D., Moncrieff, J.B. und Storeton-West, R.L. (1993): The exchange of atmospheric ammonia with vegetated surfaces. II: Fertilized vegetation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 119 (513): 1047–1070.
- Verges, M., Hunter, C., Holland, R. und Pahl, O. (2013): Evaluation of gaseous pollutants arising from slurry containing recycled plasterboard. IN: RAMIRAN Proceedings, 15th International Conference, Versailles. Proceedings.

Ertragsleistung und Umweltwirkungen von Winterzwischenfrüchten in einer Silomaiselbstfolge unter den klimatischen Bedingungen Norddeutschlands

Komainda, M.^{1,2}, Taube, F.², Kluß, C.² und Herrmann, A.²

¹ Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Grüner Kamp 15–17, 24768 Rendsburg

² Institut für Pflanzenbau und -züchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel

mkomainda@lksh.de

Einleitung und Problemstellung

Silomais (*Zea mays* L.) -produktion zur Rinderhaltung und Bioenergiegewinnung ist eng mit langjähriger organischer Düngung assoziiert. Aufgrund der schwierigen Abschätzung einer Stickstoff-(N)-Nachlieferung aus der organischen Bodensubstanz, sowie oft überzogener N-Gaben treten nach der Ernte häufig erhöhte N_{min}-Werte auf, wie Daten aus der Gewässerschutzberatung belegen (GWS-Nord 2015). Dies ist besonders problematisch in den typischen Silomaisproduktionsgebieten der norddeutschen Tiefebene auf locker-sandigen Böden, wo die Grundwasserqualität massiv durch Nitrat (NO₃)-Kontamination eingeschränkt ist (LLUR 2014, BMEL 2016). Dies liegt neben einer unangepassten Düngestrategie vor allem darin begründet, dass häufig aufgrund der späten Maiserntete keine Folgefrüchte angebaut werden und der verfügbare Boden N_{min} nach der Maisernte mit dem Niederschlagsüberschuss im Winter in den oberflächennahen Grundwasserleiter ausgespült wird. Zwischenfrüchte (ZF) sind in der Lage, diesen Residual-N zu akkumulieren und vor Auswaschung zu schützen (Martinez-Feria *et al.* 2016, Komainda *et al.* 2017). Darüber hinaus wird ein Teil dieser N-Akkumulation in die Folgefrucht transferiert und ermöglicht eine Anpassung der N-Düngung (Jahanzad *et al.* 2016), was vor dem Hintergrund der Düngeverordnung von Bedeutung ist. Die anrechenbare N-Menge hängt jedoch primär von der absoluten N-Akkumulation sowie der Qualität der Biomasse ab (White *et al.* 2017). Bislang fehlen jedoch eindeutige Daten zu den Effekten des Maisernte- bzw. ZF-Aussaattermins sowie der ZF-Art sowohl hinsichtlich der Ertrags- und Qualitätsleistung als auch der N-Aufnahme durch ZF und das damit verbundene verringerte N-Verlustpotenzial unter den gegebenen klimatischen Bedingungen. Diese Studie untersucht deshalb das agronomische Potenzial eines Mais-ZF-Mais-Systems unter einer bereits optimierten N-Düngestrategie hinsichtlich des Ausbringzeitpunktes und -menge sowie der Düngerart.

Material und Methoden

Die vorliegende Studie basiert auf einem randomisierten Feldversuch mit drei Wiederholungen und einer Parzellengröße von 51–72 m², der zwischen April 2012 und Oktober 2014 an den Standorten Osterfeld (OF; östliches Hügelland, 847 mm, 8.9 °C, schluffiger Sand) und Schuby (SI; Geest, 856 mm, 8.6 °C, humoser Sand; mit Berechnungsmöglichkeiten) in Schleswig-Holstein realisiert wurde und im Detail in Komainda *et al.* (2016, 2017) beschrieben ist. Die untersuchten Faktoren beinhalteten das Jahr, den Standort, den Maisernte-/ZF-Aussaattermin (10.Sept. (hd1), 20.Sept. (hd2) nach früherer Hybride *Suleyka*; 30.Sept. (hd3) und 15.Okt. (hd4) nach mittelfrüher Hybride *Ronaldinio*) sowie die ZF-Art (*Lolium multiflorum* Lam. cvar. *Gisel* (WW); *Secale cereale* L. cvar. *Protector*). Die ZF wurden nach Stoppelzerkleinerung und flacher Bodenbearbeitung (5 cm) konventionell ausgedrillt. Die Kontrollen beinhalteten einerseits eine Variante, in welcher im Anschluss an die Saatbettbereitung keine Aussaat von ZF erfolgte sowie eine ungestörte Kontrolle, in welcher weder Maisstoppeln noch Boden bearbeitet wurden. Um die N-Nachlieferung aus den ZF quantifizieren zu können, wurde die N-Düngung zu Mais in Abhängigkeit zur Stellung in der Fruchtfolge adaptiert.

Während der Hauptfruchtmais (MM) vor ZF mit 180 kg N ha^{-1} versorgt wurde, erhielt der Folgemais (SM) nach ZF 140 kg N ha^{-1} . Die N-Düngung erfolgte dabei nach Sollwertmethode im Frühjahr nach der Maisaussaat in Form von Kalkammonsalpeter.

Eine ungedüngte Kontrolle erhielt keinen N-Dünger und diente damit zur Abschätzung der N-Nachlieferung sowie als Kontrolle (uBF) während der Erfassung der N-Auswaschung und Lachgas (N_2O)-Emissionen. Die NO_3 -Auswaschung wurde ausschließlich über Winter nach hd1 und hd3 in Roggen, WW und uBF wöchentlich mittels Saugsonden quantifiziert und anhand einer klimatischen Wasserbilanz aus den NO_3 -Konzentrationen und der Sickerwassermenge die NO_3 -Fracht berechnet. Die NO_3 -Konzentration wurde photometrisch bestimmt. Die N_2O -Emissionen wurden wöchentlich in ausgewählten Varianten über den Zeitraum Hauptfruchtmais und ZF (Roggen und uBF) 12-monatig bis bzw. nach der Ernte/Aussaat ZF zu hd1 und hd3 mittels statischer Gaswechselkammern erfasst (Mosier und Hutchinson 1981). Die N_2O -Konzentrationen wurden gaschromatographisch bestimmt und die N_2O -Flüsse nach linearer-Interpolation kumuliert. Zur Maisernte wurden die Parzellen maschinell beerntet und die Trockensubstanz (TS) nach Trocknung einer Unterprobe bestimmt. Im Jahr 2014 konnte der Folgemais nach ZF witterungsbedingt nur an zwei Ernteterminen beerntet werden, sodass in die vorliegende Auswertung für Folgemais nur ein früher (hd1) und später (hd3) Erntetermin eingeht. Die ZF wurden manuell oberirdisch beprobt und die Wurzelmasse mittels der ingrowth core Methode bis zum Frühjahr ermittelt (Steingrobe *et al.* 2001). Da die Wurzelmasse nur am Standort OF erfasst werden konnte, wurde zur Ableitung der ZF-N-Akkumulation im Frühjahr mittels allometrischer Funktionen die Wurzelmasse in SI geschätzt (Komainda *et al.* 2016). Die N-Gehalte der pflanzlichen Biomasse wurden mittels NIRS geschätzt.

Die Effektivität zur Minimierung von N-Verlusten in Form ausreichender N-Akkumulation beschränkt sich vor allem auf den Zeitraum zwischen ZF-Aussaat und dem Einsetzen der Niederschlagsüberschüsse (Svoboda *et al.* 2013). Dabei ist eine N-Akkumulation von mindestens 20 kg N ha^{-1} vor Winter anzustreben. Zur Akkumulation von 20 kg N ha^{-1} werden Temperatursummen (Tsum, $5 \text{ }^\circ\text{C}$ Basistemperatur) von $278 \text{ }^\circ\text{Cd}$ (Roggen) bzw. $381 \text{ }^\circ\text{Cd}$ (WW) benötigt (Komainda *et al.* 2015, 2016). Um die Verlässlichkeit dieser Funktionen zu überprüfen, wurden unabhängige Daten zur oberirdischen Trockenmassebildung (AGB) von Roggen und WW aus Belgien (Cognon *et al.* 2015), Minnesota (Krueger *et al.* 2011) und Iowa (Pantoja *et al.* 2015, 2016) zur Validation genutzt. Daten zur Wurzelbildung und N-Aufnahme lagen nicht vor. Da die Leistung von ZF maßgeblich von der verfügbaren Temperatursumme (Tsum) abhängt und diese sich direkt aus dem Aussattermin ergibt, wurden zur Abschätzung des tatsächlichen Potenzials von Winter ZF nach Silomais zusätzlich zur empirischen Datenauswertung verfügbare Klimadaten der DWD-Stationen im Land von 1981–2014 hinsichtlich der verfügbaren Tsum bis Vegetationsende als Funktion potenzieller Maiserntetermine ausgewertet, um daraus notwendige ZF-Aussaatetermine ableiten zu können und im Hinblick auf Ansprüche der Silomaisproduktion bewerten zu können. Statistische Auswertungen wurden mittels der software 'R' anhand linearer gemischter Modelle realisiert (Pinheiro *et al.* 2015), wobei neben Co-Varianzanalysen auch Varianzanalysen gefolgt von multiplen Kontrasttests durchgeführt wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Die ZF-Varianten hatten keinen Einfluss auf die Ertragsbildung im Silomais. Zur Veranschaulichung werden die Erträge deshalb über die Interaktion von Jahr \times Ort \times Erntetermin (hd) gemittelt über ZF dargestellt (Tabelle 1). Der TM-Ertrag von MM variierte zwischen 13.8 und $18.5 \text{ t TM ha}^{-1}$ und wurde durch die Interaktion von Jahr \times hd ($P \leq 0.05$) beeinflusst. Eine Verschiebung der Ernte steigerte den Ertrag um bis zu 17 % und das Ertragsmaximum wurde meist bereits zu hd2 erreicht. Der TM-Ertrag von SM wurde signifikant durch das Jahr ($P \leq 0.05$), den Ort ($P \leq 0.01$) und den hd ($P \leq 0.001$) beeinflusst und erreichte ein Niveau zwischen 14.2 und $21.3 \text{ t TM ha}^{-1}$ (Tabelle 1). Dabei führte eine Ernteterminverschiebung zu einer Ertragssteigerung von 21 %. Sowohl in der Milchviehfütterung als auch zur Silierung des Silomais sind TS-Gehalte von 30–35 % anzustreben (Khan *et al.* 2015), sodass sich bei Erreichen dieses Wertes der optimale Erntezeitpunkt für Silomais ableiten lässt.

Der TS-Gehalt von MM und SM wurde signifikant durch die Interaktion aus Jahr \times Ort \times hd beeinflusst und die TS-Gehalte stiegen durch eine Ernteverzögerung erwartungsgemäß an. Der Ziel-TS-Gehalt in MM wurde sicher in allen Jahren und Orten nur bei Ernte zu hd4 erreicht. In SM zeigte sich ein etwas differenzierteres Bild, wo mit Ausnahme von hd1 in 2013 in SI 30 % TS bereits zu hd1 realisiert wurde. Damit ergibt sich ein trade-off zwischen dem Maximalertrag (hd2, 20. September) und der notwendigen Qualität von Silomais (frühestens hd3, 30. September).

Tabelle 1: TM-Ertrag [t TM ha⁻¹] von MM und SM in Abhängigkeit von Jahr, Ort und hd. Großbuchstaben zeigen Unterschiede zwischen hd für jede Jahr \times Ort Kombination, Kleinbuchstaben zwischen Orten für jede Jahr \times hd Kombination und die Symbole \$# zwischen Jahren für jede Interaktion von Ort \times hd ($P \leq 0.05$). Zahlen hinter \pm zeigen den Standardfehler des Mittelwerts. 'Suleyka' wurde an hd1 and hd2, 'Ronaldinio' an hd3 and hd4 geerntet. OF: Ostenfeld, SI: Schuby, MM: Hauptfruchtmais, SM: Folgemais, hd: Erntetermin

Jahr	Ort	hd1	hd2	hd3	hd4	
MM	2012	OF	15.4 \pm 0.4 \$Ba	17.6 \pm 0.2 \$Aa	17.8 \pm 0.1 \$Aa	18.5 \pm 0.3 \$Aa
		SI	13.8 \pm 0.4 \$Ca	14.6 \pm 0.3 \$BCb	15.8 \pm 0.3 \$ABa	16.1 \pm 0.3 \$Ab
	2013	OF	17.9 \pm 0.4 \$#Ba	19.2 \pm 0.3 \$Aa	19.7 \pm 0.4 \$Aa	19.1 \pm 0.6 \$ABa
		SI	14.7 \pm 0.4 \$Bb	14.9 \pm 0.4 \$ABb	16.4 \pm 0.3 \$Ab	15.3 \pm 0.4 \$ABb
SM	2013	OF	17.6 \pm 0.4 \$Ba	–	20.1 \pm 0.3 \$Aa	–
		SI	14.2 \pm 0.7 \$Bb	–	18.0 \pm 0.5 \$Aa	–
	2014	OF	19.1 \pm 0.5 \$Ba	–	21.3 \pm 0.3 \$Aa	–
		SI	15.0 \pm 0.4 \$Bb	–	16.5 \pm 0.4 \$Ab	–

Die klimatischen Verhältnisse in den Versuchsjahren führten zu deutlichen Effekten des Jahres hinsichtlich der Biomasse- und N-Akkumulation der ZF. Roggen erreichte dabei immer eine signifikant höhere N-Akkumulation im Vergleich zu WW, was vor allem am Standort OF deutlich wurde. Aufgrund dessen konnte auch ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen der N-Aufnahme vor Winter und der NO₃-Auswaschung für Roggen am Standort OF abgeleitet werden (Abbildung 1).

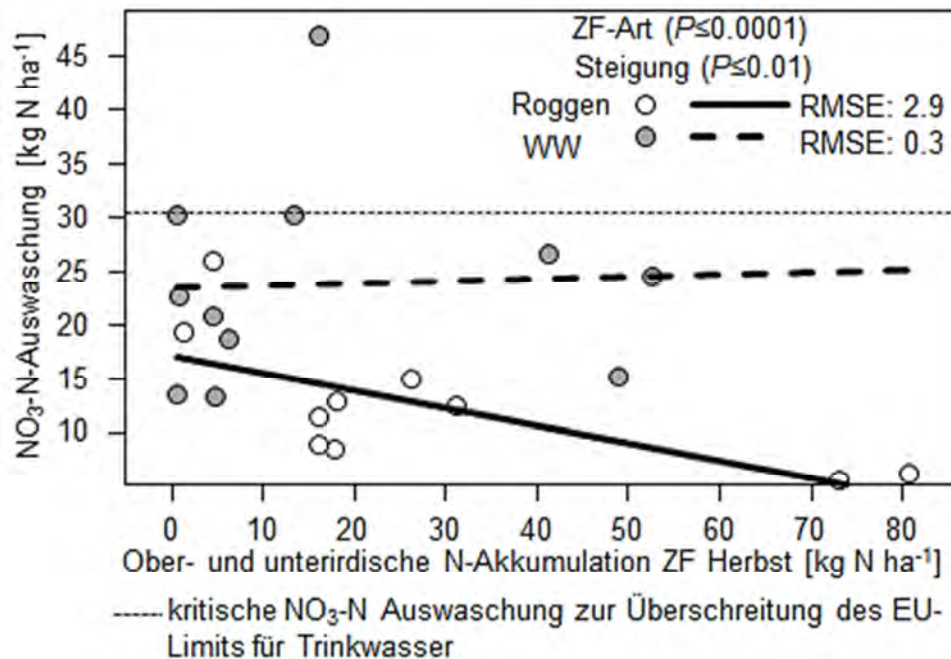


Abbildung 1: Funktioneller Zusammenhang zwischen der ZF-N-Akkumulation im Herbst [kg N ha⁻¹] (Wurzel+Spross) und der NO₃-N Auswaschung [kg N ha⁻¹] in Ostenfeld in den Winterperioden 2012/2013 und 2013/2014. RMSE: root mean squared error, WW: *Lolium multiflorum*. Gestrichelte Linie zeigt die Überschreitung der kritischen Fracht für den EU-Trinkwassergrenzwert.

Die varianzanalytische Auswertung für die NO_3 -Fracht belegt eine signifikante Interaktion von Jahr \times Ort \times ZF-Art \times Maisernte-/ZF-Aussaattermin ($P \leq 0.05$). Eine maximale N-Fracht von 37.3 (WW) und 40 $\text{kg NO}_3\text{-N ha}^{-1}$ (Roggen) in OF und SI wurde für eine späte Aussaat dokumentiert.

Insgesamt lag eine Tendenz für geringere Verluste nach früher Aussaat vor. Die N_2O -Emission lag auf einem insgesamt geringen Niveau zwischen 0.18 und 0.42 $\text{kg N}_2\text{O-N ha}^{-1}$ und wurde nicht durch die ZF-Art beeinflusst, jedoch signifikant durch die N-Düngung gesteigert.

Im getesteten System erwiesen sich die ZF als ineffizient N in den Folgemais zu transferieren. Daher wurden keine Effekte der ZF auf den Silomaisertrag gefunden (Komainda *et al.* 2017). Dies ist für ZF-Systeme in den Anfangsjahren typisch, da sich erst nach ca. drei Jahren Effekte auf den N-Pool im Boden einstellen und damit zusätzliche N-Mineralisation erwarten lassen (Constantin *et al.* 2011).

In der vorliegenden Studie lag dies vor allem darin begründet, dass witterungsbedingt die N-Akkumulation im Jahr 2012/2013 sehr gering war, dagegen im Jahr 2013/2014 die N-Akkumulation eine relevante Menge erreichte. Die C/N-Verhältnisse der ZF stiegen jedoch mit der N-Akkumulation an, was vermutlich eine eingeschränkte Umsetzung im Boden induzierte (Finney *et al.* 2016, Komainda *et al.* 2017).

Da ZF nach Silomais primär dem Ziel dienen N-Auswaschung zu verringern, ist die verlässliche Abschätzung der Leistung in Einzeljahren essentiell. Die Abschätzung der Biomasse- und N-Akkumulation aus der verfügbaren T_{sum} wurde bereits in Komainda *et al.* (2015) vorgestellt. Die Validation der Funktion für die Spross-TM ist in Abbildung 2 dargestellt und zeigt eine gute Übereinstimmung zu den unabhängig generierten Daten, wie RMSE-Werte von 706 bzw. 303 kg TM ha^{-1} für Roggen und WW belegen. Roggen erweist sich aufgrund der geringeren T_{sum} -Ansprüche zur Realisierung einer N-Aufnahme von mindestens 20 kg N ha^{-1} als wesentlich effizienter im Vergleich zu WW.

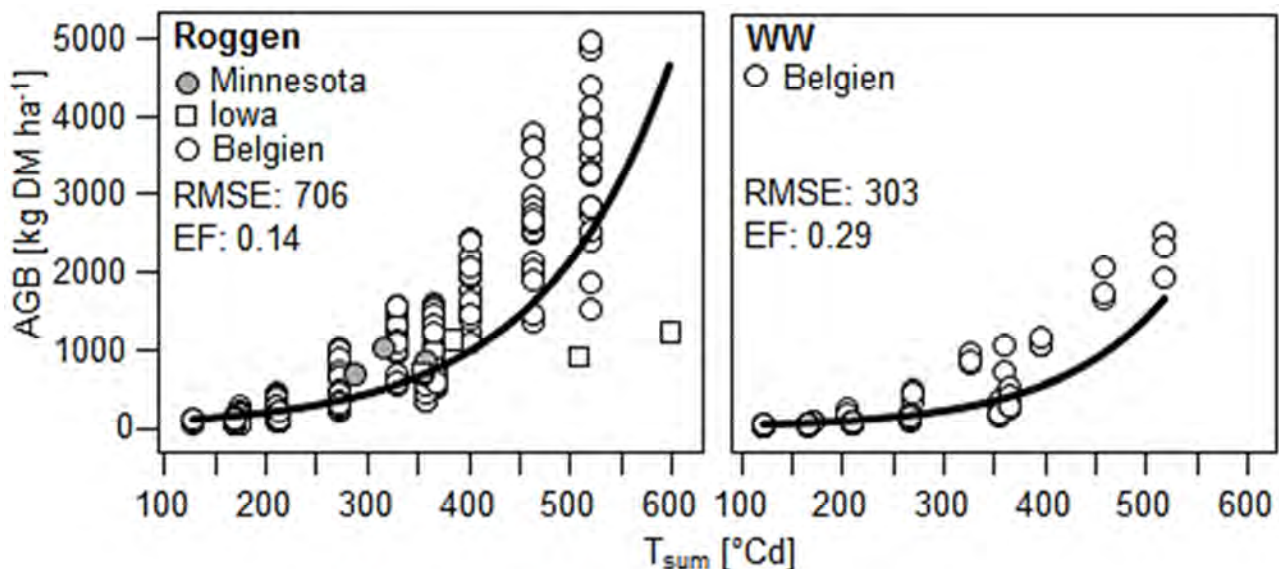


Abbildung 2: Validation des Zusammenhangs zwischen der Einflussgröße Temperatursumme (T_{sum} , 5 $^{\circ}\text{C}$ Basis) und der oberirdischen TM-Akkumulation [kg TM ha^{-1}] mittels Daten aus Minnesota (Krueger *et al.* 2011), Iowa (Pantoja *et al.* 2016) und Belgien (Cougnon *et al.* 2015). Daten wurden verglichen mit Funktionen aus Komainda *et al.* (2016) für Roggen, $y = \exp(3.74 + 0.00787x)$ und WW $y = \exp(2.56 + 0.00933x)$. RMSE: Root mean squared error, EF: modelling efficiency, WW: *Lolium multiflorum*.

Die Wahrscheinlichkeit zum Erreichen der kritischen Tsumme von 278 °Cd bis Vegetationsende sinkt erwartungsgemäß mit einer späteren Ernte. Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, ist dabei eine Aussaat spätestens in der 2. Septemberdekade notwendig. Dadurch ergibt sich zwischen den Ansprüchen in der Silomaisproduktion (Mindest-TS von 30 %) und der effizienten Etablierung von ZF ein trade-off. In den meisten Jahren sind die Witterungsbedingungen im Herbst als nicht ausreichend zu bezeichnen, was die Effizienz von ZF nach Silomais deutlich einschränkt.

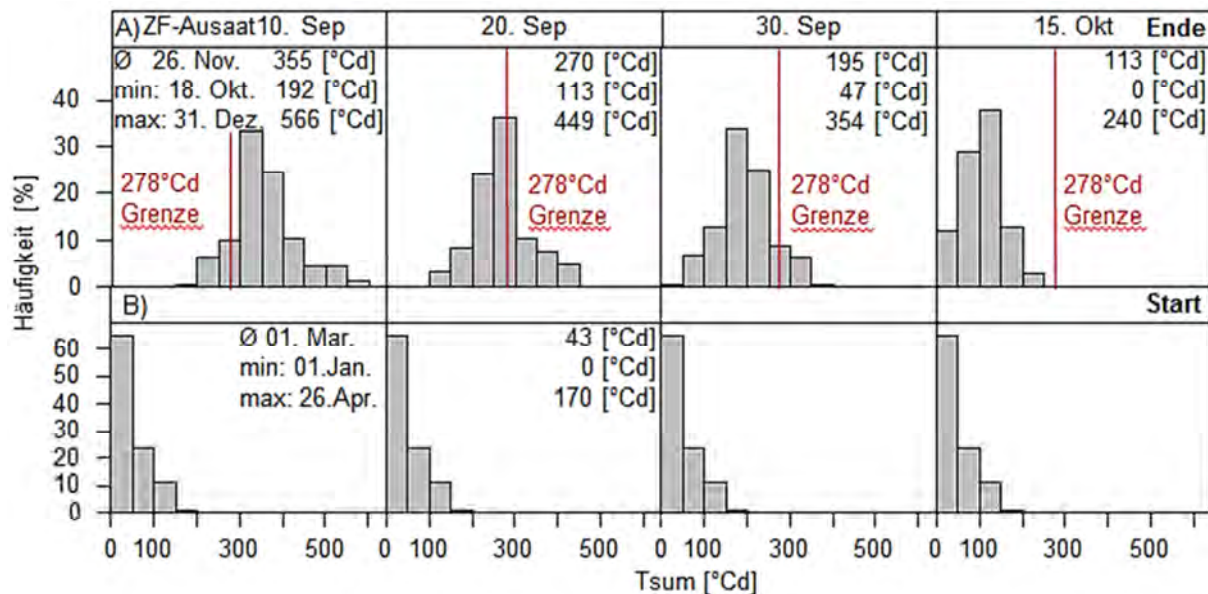


Abbildung 3: Häufigkeit [%] von Temperatursummen [Tsum, °Cd, 5 °C Basis] in Abhängigkeit des Aussaatzeitpunktes (10., 20., 30. September, 15. Oktober) bis Vegetationsende (A) sowie von Vegetationsstart (B) bis 20. April (ZF Umbruchzeitpunkt). Dargestellt sind mittlere, minimum und maximum Tsums sowie die dazugehörigen Kalendertage. Datenursprung aus DWD Stationen in SH für die Jahre 1981–2014 (unbalancierte Daten, da nicht jedes Jahr verfügbar war). Rote Linie zeigt die 278 °Cd-Grenze, um 20 kg N ha⁻¹ durch Roggen zu akkumulieren (Komainda *et al.* 2016). Die Vegetationsperiode wurde gemäß Frich *et al.* (2002) definiert. Werte sind über Stationen und Jahre aggregiert.

Schlussfolgerungen

Die N-Verluste im Silomaisanbau sind vor dem Hintergrund der Grundwasserproblematik zu reduzieren. Neben bewährten Praktiken zur Steigerung der N-Ausnutzung ermöglichen ZF einen zusätzlichen Beitrag zu leisten, wenn eine Aussaat in der 2. Septemberdekade realisiert wird. Insgesamt lagen die N-Verluste im betrachteten System auf einem geringen Niveau, da eine sehr hohe N-Aufnahmeeffizienz von Silomais vorlag (Komainda *et al.* 2017). Dennoch sind ZF auch unter diesen Optimalbedingungen in der Lage durch eine Konservierung des Residual-N die N-Auswaschung zu verringern. Unter Praxisbedingungen mit langjährig organischer Düngung ist die Amplitude der Verlustminimierung vermutlich wesentlich höher.

Literatur

- BMEL, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, (2016): Nitratbericht der BRD 29.07.2016, 1–136.
- Constantin, J., Beaudoin, N., Laurent, F., Cohan, J.-P., Duyme, F. und Mary, B. (2011): Cumulative effects of catch crops on nitrogen uptake, leaching and net mineralization. *Plant Soil* 341, 137–154.
- Cougnon, M., Vandermoere, S., De Vliegheer, A. und Reheul D. (2015): Yield comparison of Italian ryegrass and winter rye sown as cover crops after forage maize. In: Van den Pol-van Dasselaar, A., Aarts, H.F.M., De Vliegheer, A., Elgersma, A., Reheul, D., Reijneveld, J.A., Verloop, J. und Hopkins, A. [Eds]: Grassland and forages in high output dairy farming systems. *Proceedings of the 18th Symposium of the European Grassland Federation*, Wageningen, pp 187–189.

- Finney, D.M., White, C.M. und Kaye, J.P. (2016): Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. *Agronomy Journal* 108, 39–52.
- Frich, P., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein, A.M.G. und Peterson, T. (2002): Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research* 19, 193–212.
- GWS-Nord, (2015): Aktuelles zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Schleswig-Holstein. Gewässer-schutzberatung im Beratungsgebiet 3.
- Jahanzad, E., Barker, A.V., Hashemi, M., Eaton, T., Sadeghpour, A. und Weis, S.A. (2016): Nitrogen release dynamics and decomposition of buried and surface cover crop residues. *Agronomy Journal* 108, 1735–1741.
- Komainda, M., Taube, F., Kluß, C. und Herrmann, A. (2015): Effekt des Erntetermins von Silomais auf Mais-ertrag, N-Aufnahme von Zwischenfrüchten und assoziierte Umwelteffekte – ein Trade-off? In: 59. Jahresta-gung der AGGF in Aulendorf (2015), Tagungsband, 216–219.
- Komainda, M., Taube, F., Kluß, C. und Herrmann, A. (2016): Above- and belowground nitrogen uptake of winter catch crops sown after silage maize as affected by sowing date. *European Journal of Agronomy* 79, 31–42.
- Komainda, M., Taube, F., Kluß, C. und Herrmann, A. (2017): Effects of catch crops on silage maize (*Zea mays* L.): yield, nitrogen uptake efficiency and losses. *Nutrient Cyclings in Agroecosystems* Mar. 2017.
- Khan, N.A., Yu., P., Ali, M., Cone, J.W. und Hendriks, W.H. (2015): Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95, 238–252.
- Krueger, E.S., Ochsner, T.E., Porter, P.M. und Baker, J.M. (2011): Winter rye cover crop management influ-ences on soil water, soil nitrate and corn development. *Agronomy Journal* 103, 316–323.
- LLUR. (2014): Nährstoffe in Gewässern Schleswig-Holsteins. Entwicklung und Bewirtschaftungsziele. Lan-desamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR). July 2014, 1–92.
- Martinez-Feria, R.A., Dietzel, R., Liebman, M., Helmers, M.J. und Archontoulis, S.V. (2016): Rye cover crop effects on maize: A system-level analysis. *Field Crops Research* 196, 145–159.
- Pantoja, J.L., Woli, K.P., Sawyer, J.E. und Barker, D.W. (2015): Corn nitrogen fertilization requirement and corn-soybean productivity with a rye cover crop. *Soil Science Society of America Journal* 79, 1482–1495.
- Pantoja, J.L., Woli, K.P., Sawyer, J.E. und Barker, D.W. (2016): Winter rye cover crop biomass production, degradation, and nitrogen recycling. *Agronomy Journal* 108, 841–853.
- Mosier, A.R. und Hutchinson, G.L. (1981): Nitrous oxide emissions from cropped fields. *Journal of Environ-mental Quality* 10, 169–173.
- Pantoja, J.L., Woli, K.P., Sawyer, J.E. und Barker, D.W. (2016): Winter rye cover crop biomass production, degradation, and nitrogen recycling. *Agronomy Journal* 108, 541–853.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S. und Sarkar, D. (2015): {nlme}: Linear and nonlinear mixed effects mod-els.
- Steingrobe, B., Schmid, H. und Claassen, N. (2001): The use of the ingrowth core method for measuring root production of arable crops – influence of soil and root disturbance during installation of the bags on root in-growth into the cores. *European Journal of Agronomy* 15, 143–151.
- Svoboda, N., Taube, F., Wienforth, B., Kluß, C., Kage, H. und Herrmann, A. (2013): Nitrogen leaching losses after biogas residue application to silage maize. *Soil Tillage Research* 130, 69–80.
- White, C.M., DuPont, S.T., Hautau, M., Hartman, D., Finney, D.M., Bradley, B., LaChance, C. und Kaye, J.P. (2017): Managing the trade off between nitrogen supply and retention with cover crop mixtures. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 237, 121–133.

Nachsaaterfolg und Persistenz von Leguminosen im Dauergrünland bei unterschiedlicher Nutzungs- und Düngeintensität

Meister, L.¹, Thumm, U.² und Elsäßer, M.¹

¹ Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW)

Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

² Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften

FG. Nachwachsende Rohstoffe (340)

lisa.meister@lazbw.bwl.de

Einleitung und Problemstellung

In der EU werden ca. 70 % des Bedarfs an eiweißreichen Futtermitteln durch Importe in Form von Sojaprodukten aus Übersee – hauptsächlich Brasilien, Argentinien und den USA gedeckt. Importiertes Soja ist häufig gentechnisch verändert, und der Anbau steht oftmals im direkten Zusammenhang mit der Rodung von Regenwäldern. Der Einsatz von importiertem Soja ist daher auf Dauer nicht anzustreben (Stockinger und Schätzl 2012). In Deutschland besteht eine „Eiweißlücke“, weil das für die Nutztierhaltung benötigte Eiweiß nicht in ausreichender Menge produziert wird. Die Steigerung des Anbaus von heimischen eiweißreichen Pflanzen ist eine Möglichkeit diese Lücke zu schließen. Dazu kann das Potenzial und die Reserve von Dauergrünland genutzt werden, um die heimische Eiweißproduktion zu steigern. Forschungsaktivitäten im Rahmen der Eiweißinitiative Baden-Württemberg sollen klären, wie diese ungenutzten Reserven besser ausgenutzt werden können und wie weit eine Reduzierung der Eiweißlücke über eine Steigerung der Proteinerträge durch Leguminosennachsaat vom Dauergrünland möglich ist.

In viehhaltenden Betrieben ist die Steigerung der Eiweißerträge durch Leguminosen aufgrund der anfallenden und auf den Grünlandflächen auszubringenden wirtschaftseigenen Dünger jedoch nicht ohne weiteres möglich. Hohe N-Ausbringmengen hemmen bekanntlich die Etablierung von Leguminosen nachhaltig.

Deswegen wird untersucht, wie sich Leguminosen bei Nachsaat trotz Stickstoffdüngung verhalten, wie lange sich die nachgesäten Arten nach der Etablierung im Bestand halten können und welchen zusätzlichen Mehrertrag zur Düngung die Leguminosen auch bei einer Stickstoffgabe von 170 kg N/ha bringen können.

Material und Methoden

Der Versuch wurde als teilweise randomisierte Blockanlage (Parzellengröße: 10m²) in drei Wiederholungen in einer intensiven Graslandregion in Baden-Württemberg (Oberschwaben: intensive Grünlandproduktion, 5 Schnitte) angelegt. Der mehrfaktorielle Versuch (Nachsaat, Düngungsintensität, Nutzungsintensität, Düngerart) wurde im Jahr 2014 mit folgenden Ausprägungen angelegt:

Tabelle 1: Übersicht über die Faktoren und die Ausprägungen der Faktoren

Faktor	Ausprägung
Nachsaat	<ul style="list-style-type: none">• ohne Nachsaat• Weißklee• Rotklee
Nutzungsintensität	<ul style="list-style-type: none">• 3 Schnitte• 5 Schnitte
Düngungsintensität	<ul style="list-style-type: none">• ohne N-Düngung• 35 % vom N-Bedarf• 75 % vom N-Bedarf
Düngerart	<ul style="list-style-type: none">• mineralisch• organisch (Gülle)

Aufgrund der Versuchsanlage konnten nicht alle Kombinationen berücksichtigt werden. Bei der 3-maligen Nutzung fehlt die organische Stickstoffdüngung mit 35 % des Stickstoffbedarfes und bei der 5-maligen Nutzung mit 75 % des Stickstoffbedarfes musste die organische Düngung aufgrund der Versuchsanlage durch eine mineralische Düngung ergänzt werden.

Weißklee (*Trifolium repens*) und Rotklee (*Trifolium pratense*) wurden mit einer Saatstärke von 10 kg pro ha (Weißklee) bzw. 20 kg pro ha (Rotklee) ausgesät. Für den Weißklee wurden zu je 50 % die Sorten Merlyn (AF) und Riesling und für den Rotklee zu je 50 % die Sorten Merula (d) und Milvus (d) verwendet. Vor der Aussaat wurden Lücken mit einer starren Zinkenegge geschaffen. Mit einem Schwader wurden die losen Teile zusammengereicht und dann abgefahren. Die Nachsaat erfolgte mit einer Parzellendrillmaschine mit Doppelscheiben am 12.05.2014.

Die mineralische Düngung erfolgte parzellenscharf mit dem Düngefahrrad nach ausgebrachter Menge zum ersten bis zum dritten Aufwuchs. Für die Grunddüngung wurden nur Dünger verwendet, die für die ökologische Landwirtschaft zugelassen sind. Die Gülle wurde von der landwirtschaftlichen Lehr- und Versuchsanstalt des LAZBW zur Verfügung gestellt und zum ersten und zweiten Aufwuchs mit einem Güllefass und Schleppschlauchtechnik ausgebracht.

Um den Auflaufferfolg der nachgesäten Leguminosen zu ermitteln, wurde fünf Wochen nach der Nachsaat eine Auflaufbonitur mit einem vorgefertigten Bewertungsschema nach Engel *et al.* (2013) durchgeführt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Bewertungsschema der Auflaufbonitur nach Engel *et al.* (2013)

0	ohne	Nullparzelle (ohne Nachsaat)
1	fehlend	keine Keimpflanzen erkennbar
2	gering	einige Keimpflanzen erkennbar
3	mittel	mehrere Keimpflanzen erkennbar
4	stark	vereinzelte Reihen mit Keimpflanzen erkennbar
5	sehr stark	mehrere nebeneinander liegende Reihen mit Keimpflanzen erkennbar

Ab dem Jahr nach der Nachsaat (2015) wurden jährlich vor dem ersten Schnitt die Pflanzenbestände nach Klapp/Stählin bestimmt und die Ertragsanteile jeder Art geschätzt. Zu jedem weiteren Aufwuchs wurden die Ertragsanteile von Gras, Kraut und Leguminosen parzellenscharf bestimmt. Mit dem Vollernter wurde zu jedem Schnitt eine Ertragsfeststellung durchgeführt. Gleichzeitig wurde von jeder Parzelle eine Teilprobe bei 60 °C und für mindestens 24 h getrocknet und gemahlen. Die Teilprobe diente der Bestimmung des Trockenmasse- und des Rohproteingehaltes. Die Bestimmung des Rohproteingehaltes wurde mittels NIRS durchgeführt.

Die Statistische Auswertung erfolgte mit Excel 2010 und R (Version 3.3.1, R Core Development Team 2008).

Ergebnisse und Diskussion

Auflaufbonitur

Die Leguminosenarten Weißklee und Rotklee liefen im Jahr 2014 gleich gut auf und unterscheiden sich innerhalb einer Düngevariation nicht voneinander (Abbildung 1). Je mehr gedüngt wurde, desto schlechter liefen beide Leguminosenarten auf. Wird auf eine Stickstoffgabe verzichtet, können Auflaufbonituren von 5 (sehr stark) beobachtet werden. Mit zunehmender Stickstoffmenge gehen die Auflaufferfolge bis auf Boniturnoten von 2 (gering) zurück. Bei einer Stickstoffgabe von 170 kg N/ha (min.) unterscheiden sich beide Leguminosenarten signifikant von den Varianten ohne Stickstoffdüngung. Der Effekt der Düngung scheint sich auf den Weißklee deutlicher auszuwirken als auf den Rotklee. So unterscheidet sich bei der 3-maligen Nutzung und einer Düngehöhe von 85 kg N/ha nur der Weißklee von der Variante ohne Stickstoffdüngung.

Der Grund könnte die unterschiedliche Wuchsform der Leguminosen sein. Die Stickstoffdüngung fördert vor allem die Gräser. Diese konkurrieren mit den Leguminosen und wirken sich vor allem auf den niedrig wachsenden Weißklee aus. Der Rotklee scheint konkurrenzkräftiger.

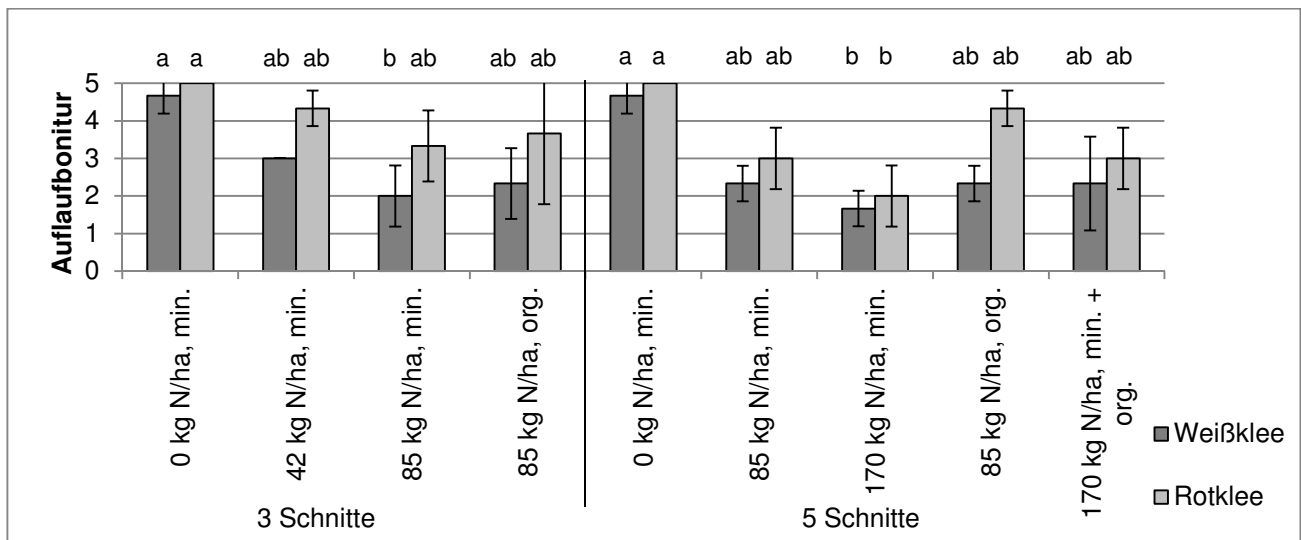


Abbildung 1: Durchschnittliche Auflaufboniturnote der nachgesäten Varianten über die Düngungsintensität bei 3 maliger (links) bzw. 5 maliger (rechts) Nutzung. Die Balken zeigen die Standardabweichung der Grundgesamtheit (n=3). Unterschiedliche Buchstaben über den Diagrammen zeigen statistische Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Düngungsintensitäten und Düngerarten bei einer Nutzungshäufigkeit

Ertragsanteile der Leguminosen

Der beobachtete Effekt der Stickstoffmenge auf die Auflaufbonitur setzt sich in den Anteilen der Leguminosen in den darauffolgenden Erntejahren fort (Abbildung 2).

Vor allem bei 5-maliger Nutzung ist zu beobachten, dass sich Leguminosen besser etablieren können, wenn auf eine Stickstoffgabe verzichtet wurde. So konnte der Weißklee in einigen Aufwüchsen in der ungedüngten Variante Anteile von bis zu 50 % und der Rotklee sogar 80–90 % entwickeln. Die höheren Ertragsanteile wurden in den späteren Aufwüchsen beobachtet. Wurde viel Stickstoff gedüngt, fielen die Ertragsanteile von Weißklee bei der 5-maligen Nutzung auf unter 20 % und die des Rotklees auf unter 60 %.

Die Ertragsanteile von Weißklee sind bei der 3-maligen Nutzung deutlich geringer als bei der 5-maligen Nutzung. In diesem Versuch lagen diese bei unter 20 % und in einigen Schnitten sogar unter 10 %, unabhängig von der Höhe der Stickstoffgabe. Dies liegt vermutlich an der geringen Wuchshöhe des Weißklees. Bei einer 3-maligen Nutzung können die Gräser höher wachsen, beschatten den Weißklee, und die Weißkleeanteile gehen zurück. Bei einer 3-maligen Nutzung scheint der Rotklee wesentlich weniger empfindlich auf die Höhe der Stickstoffgabe zu reagieren. Die Ertragsanteile liegen hier unabhängig von der Düngergabe bei durchschnittlich 70–80 %. Dabei ist zu beobachten, dass die Ertragsanteile über die Jahre leicht abnehmen.

Trotz einer 5-maligen Nutzung hält sich der Rotklee mit sehr hohen Ertragsanteilen im Bestand. Zu Beginn des dritten Erntejahres (2017) liegt er bei der ungedüngten Variante noch mit Anteilen von über 60 % vor.

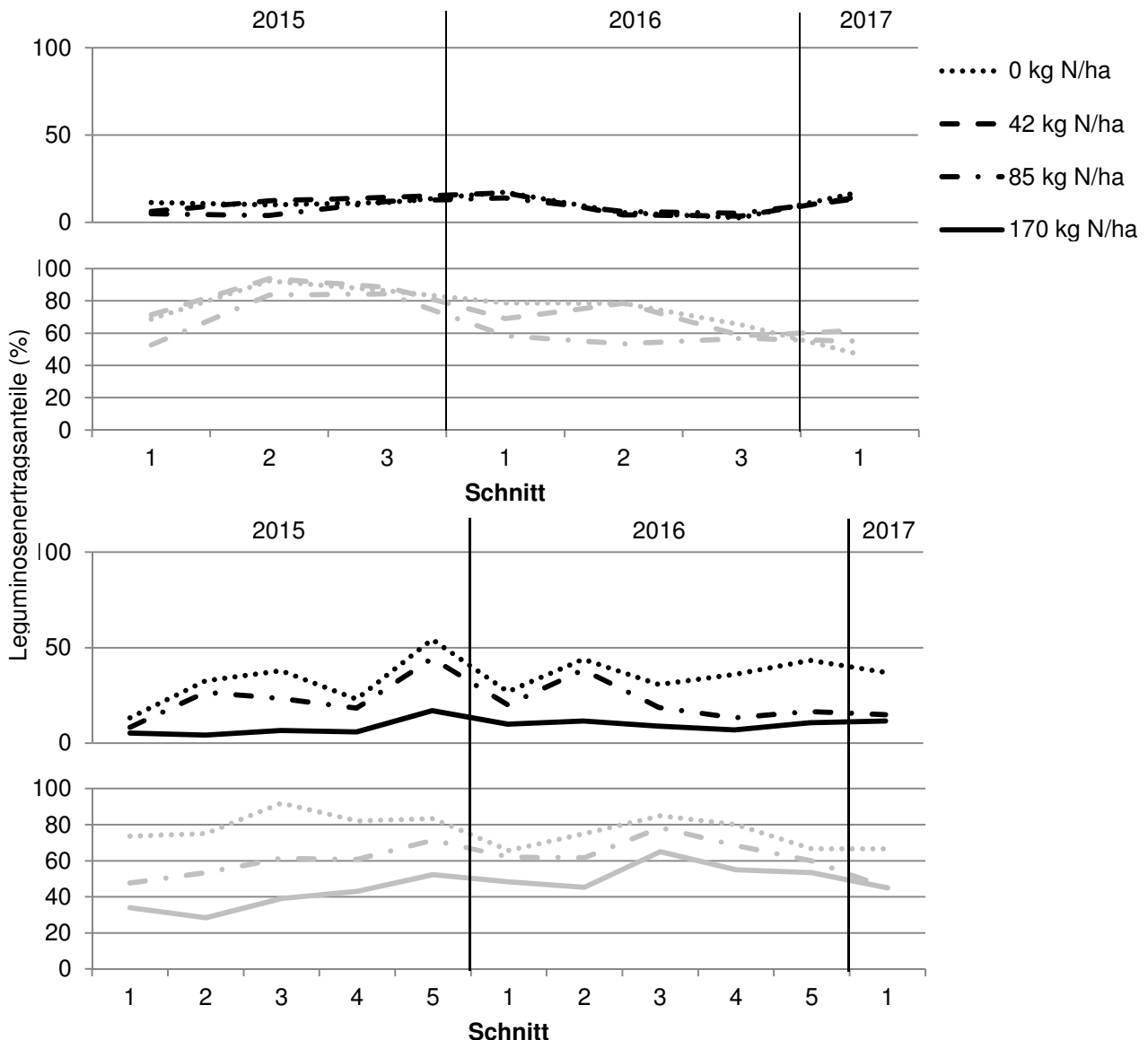


Abbildung 2: Leguminosenertragsanteile der Weißkleenachsaaten (schwarz) und der Rotkleenachsaaten (grau) bei 3-maliger (oben) und 5-maliger (unten) Nutzung in den Jahren 2015–2017

Trockenmasse- und Rohproteinерtrag

Die Stickstoffgabe hat keinen signifikanten Einfluss auf den Trockenmasse- und Rohproteinерtrag innerhalb einer Nachsaatvariante (Tabelle 3). So liegt der Trockenmasseertrag bei einer 3-maligen Nutzung ohne Nachsaat zwischen 74,1 und 108,2 kg TM/ha, bei einer Weißkleenachsaat zwischen 94,2 und 131,7 kg TM/ha und bei einer Rotkleenachsaat zwischen 135,6 und 143,1 kg TM/ha. Wird die Fläche 5-mal genutzt, liegen die Trockenmasseerträge ohne Nachsaat zwischen 82,9 und 104,5 kg TM/ha, bei einer Weißkleenachsaat zwischen 103,3 und 118,7 kg TM/ha und bei einer Rotkleenachsaat zwischen 135,7 und 161,7 kg TM/ha. Dies könnte daran liegen, dass bei einer höheren Stickstoffgabe gleichzeitig der Leguminosenanteil zurückgeht. Es scheint eine Substitution zwischen Leguminosenanteil und Stickstoffdüngung vorzuliegen. Eine Untersuchung von Mallarino *et al.* 1990 zeigt, dass der fixierte Stickstoff durch Weißklee und Rotklee an die Begleitgräser weitergeleitet wird und dieser Transfer linear mit den Anteilen der Leguminosen ansteigt. Eine weitere Studie von Nyfeler *et al.* (2009) zeigt, dass ein Leguminosen-Gras-Gemenge mit 40–60 % Leguminosenanteil und gleichzeitiger Stickstoffdüngung von 50–150 kg/ha den gleichen Trockenmasseertrag bringen kann, wie eine Grasmonokultur die mit 450 kg N/ha gedüngt wird.

Bei den Rohproteinträgen sieht es ähnlich aus. Die Varianten ohne Nachsaat bringen insgesamt betrachtet die geringsten Erträge und die Rotkleenachsaaten die höchsten.

So liegen die Rohproteinträge bei einer 3-maligen Nutzung und ohne Nachsaat zwischen 8,8 und 11,5 kg XP/ha und bei einer Rotkleenachsaat zwischen 20,1 und 21,9 kg XP/ha. Wird die Fläche 5-mal genutzt, liegt der Rohproteintrag ohne Nachsaat zwischen 12,5 und 16,8 kg XP/ha und bei einer Rotkleenachsaat zwischen 24,7 und 29,0 kg XP/ha.

Es ist zu beobachten, dass in Bezug auf den Trockenmasseertrag zwischen den Nachsaatvarianten vor allem in den niedrigeren Düngerstufen (0 % und 35 % des N-Bedarfes) signifikante Unterschiede vorliegen. So unterscheidet sich bei Verzicht auf eine Stickstoffdüngung die Rotkleenachsaat signifikant von den Varianten ohne Nachsaat und von der Weißkleenachsaat. Wird 35 % des Stickstoffbedarfes (42 kg N/ha bzw. 85 kg N/ha) gedüngt, zeigt die Rotkleenachsaat einen signifikant höheren Trockenmasseertrag als die Varianten ohne Nachsaat. Bei einer höheren Düngung (85 kg N/ha bzw. 170 kg N/ha) geht der Vorteil des Rotklees zurück.

Tabelle 3: Mittlere Trockenmasse- (TM) und Rohproteinträge (XP) in dt pro ha mit Standardabweichung aus den Jahren 2015 und 2016. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen einen signifikanten Unterschied mit $p < 0,05$

Nachsaat		ohne		Weißklee		Rotklee		
3-Schnitt		TM dt/ha						
Düngerstufe	0 kg N/ha, PK	76,5 ±	8,6 a AB	113,9 ±	15,2 a A	142,6 ±	14,1 a B	
	42 kg N/ha, min.	74,1 ±	4,9 a A	95,3 ±	5,0 a AB	143,1 ±	10,2 a B	
	85 kg N/ha, min	96,8 ±	8,2 a A	94,2 ±	9,2 a A	141,9 ±	13,3 a A	
	85 kg N/ha, org.	108,2 ±	8,8 a A	131,7 ±	37,7 a A	135,6 ±	7,5 a A	
	5-Schnitt							
	0 kg N/ha, PK	82,9 ±	19,1 a A	103,3 ±	12,3 a A	157,4 ±	8,9 a B	
	85 kg N/ha, min	86,4 ±	5,0 a A	110,8 ±	12,7 a A	139,4 ±	11,3 a A	
	170 kg N/ha, min.	101,6 ±	5,3 a A	109,7 ±	9,0 a A	135,7 ±	17,5 a A	
	85 kg N/ha, org.	88,6 ±	10,7 a A	116,3 ±	11,9 a AB	161,7 ±	11,8 a B	
	170 kg N/ha, org.	104,5 ±	6,5 a A	118,7 ±	13,3 a A	145,3 ±	13,4 a A	
3-Schnitt		XP dt/ha						
Düngerstufe	0 kg N/ha, PK	8,8 ±	1,7 a A	14,0 ±	1,8 a AB	21,9 ±	2,0 a B	
	42 kg N/ha, min.	8,9 ±	1,4 a A	11,3 ±	0,6 a A	21,0 ±	1,9 a B	
	85 kg N/ha, min	10,2 ±	0,8 a A	12,1 ±	1,8 a A	20,4 ±	1,6 a A	
	85 kg N/ha, org.	11,5 ±	1,3 a A	16,2 ±	3,1 a AB	20,1 ±	2,7 a B	
	5-Schnitt							
	0 kg N/ha, PK	12,6 ±	3,1 a A	17,9 ±	1,9 a A	27,9 ±	1,3 a B	
	85 kg N/ha, min	12,5 ±	1,0 a A	18,7 ±	2,6 a AB	25,5 ±	2,0 a B	
	170 kg N/ha, min.	16,8 ±	0,7 a A	18,2 ±	1,2 a A	24,7 ±	4,2 a A	
	85 kg N/ha, org.	14,5 ±	2,4 a A	20,5 ±	1,9 a A	29,0 ±	2,2 a B	
	170 kg N/ha, org. + min.	15,5 ±	1,1 a A	18,8 ±	2,0 a AB	25,9 ±	2,4 a B	

Unterschiedliche kleine Buchstaben kennzeichnen den signifikanten Unterschied innerhalb einer Nachsaat zwischen den Düngerstufen

Unterschiedliche große Buchstaben kennzeichnen den signifikanten Unterschied innerhalb einer Düngerstufe zwischen den Nachsaaten

In Bezug auf den Rohproteinерtrag unterscheidet sich vor allem die Rotkleenachsaat signifikant von der Variante ohne eine Nachsaat. Die Variante ohne Nachsaat und die Weißkleenachsaat unterscheiden sich nicht signifikant. Anders als in Bezug auf den Trockenmasseertrag, liegen zwischen der Variante ohne Nachsaat und der Rotkleenachsaat nicht nur in den niedrigeren Düngerstufen (0 % und 35 % des Stickstoffbedarfes) signifikante Unterschiede vor, sondern auch in der hohen Düngerstufe (70 % des Stickstoffbedarfes).

Hier scheint es jedoch einen Unterschied zwischen der mineralischen und der organischen Düngung zu geben. Der Rotklee unterscheidet sich nur bei hoher organischer Düngung signifikant von der Variante ohne eine Nachsaat.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass für eine gute Etablierung von Leguminosen auf eine Stickstoffgabe verzichtet bzw. diese reduziert werden sollte. Weißklee reagiert dabei empfindlicher als Rotklee auf die Stickstoffdüngung. Je mehr Stickstoff gedüngt wird, desto geringere Leguminosenanteile wurden beobachtet, wobei diese beim Rotklee trotz 170 kg N/ha noch bei 60 % lagen.

Bereits im ersten Erntejahr konnten deutlich höhere Trockenmasse- und Rohproteinерträge durch Leguminosennachsaaten beobachtet werden, wenn die Stickstoffgabe reduziert wird. Dies setzt sich im darauffolgenden Jahr weiter fort und vor allem der Rotklee überzeugt. Ist eine Nachsaat erfolgt und wird dennoch viel Stickstoff gedüngt, geht der Leguminosenanteil zurück und der Mehrertrag durch die Nachsaat geht verloren.

Literatur

- Engel, S., Elsäßer, M. und Thumm, U. (2013): Protein vom Grünland – Potenziale nutzen. Landinfo 1, 9–14.
- Mallarino, A.P., Wedin, W.F., Perdomo, C.H., Goyenola, R.S. und West, C.P. (1990): Nitrogen transfer from white clover, red clover, and birdsfoot trefoil to associated grass. *Agronomy Journal* 82, 790–795.
- Nyfeler, D., Huguenin-Elie, O., Sutter, M., Frossard, E., Connolly, J. und Lüscher, A., (2009): Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology* 46, 683–691.
- R Development Core Team, (2008): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Stockinger, B. und Schätzl, R. (2012): Strategien zur Erhöhung des Anteils von heimischen Eiweißfuttermitteln in der deutschen Nutztierfütterung. LFL: www.gil-net.de/Publikation/24_291.pdf.

Das Berggrünlandprojekt Thüringer Wald – Erfassung und Bewertung des Grünlands einer Mittelgebirgsregion

Petersen-Schlapkohl, U.¹ und Hochberg, H.²

¹ Thünen-Institut für Biodiversität

Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

² Deutscher Grünlandverband e.V., Arbeitsgruppe Thüringen

Langestraße 4, 99869 Günthersleben-Wechmar

ute.petersen@thuenen.de

Einleitung und Problemstellung

Dauergrünland ist deutschlandweit sowohl quantitativ als auch qualitativ gefährdet. Besonders in den Mittelgebirgsregionen, wie dem Thüringer Wald, sind Berggrünlandflächen aufgrund von Verbuschung infolge massiver Unterschreitung der Mindestpflegeintensität und nachfolgender Nutzungsauffassung im Rückgang begriffen. Der fortschreitende Rückgang dieser Flächen ist folgenreich, da Berggrünland das über Jahrhunderte gewachsene Landschaftsbild prägt und somit eine wesentliche Säule der regionalen Attraktivität darstellt. Zudem hat das Berggrünland eine hohe Bedeutung für die Erhaltung der biologischen Vielfalt sowie den Gewässer-, Boden- und Klimaschutz.

Das Verbundprojekt „Erhaltung des Grünlandes im Naturpark Thüringer Wald durch optimierte, gesamtbetriebliche Nutzungskonzepte“ (OPTIGREEN), kurz Berggrünlandprojekt Thüringer Wald, hat sich zum Ziel gesetzt, aufbauend auf einer flächendeckenden Erfassung und Bewertung des Dauergrünlands im Naturpark (NP) Thüringer Wald, gesamtbetriebliche Nutzungs- und Pflegekonzepte für sechs typische Grünlandbetriebe (mit Milchvieh, Mutterkühen (konventionell bzw. ökologisch), Schafen, Mutterkühen/Pferden und ohne Wiederkäuer) zu entwickeln, um das Grünland dauerhaft in seiner Vielfalt zu erhalten. Um nachhaltige Nutzungskonzepte zur Erhaltung des Grünlands im NP zu entwickeln, muss zunächst eine flächendeckende Zustandserhebung der Grünlandvegetation, differenziert nach Grünlandvegetationstypen erfolgen. Derartige Daten liegen bisher für das Untersuchungsgebiet nicht vor. Eine Erfassung und Bewertung der botanischen Zusammensetzung aller Grünlandflächen des NP mittels Begehung und Bonitierung ist logistisch nicht machbar. Daher stellen wir hier eine Methode vor, die es ermöglicht, unter Verwendung von räumlich hochaufgelösten Daten zu Agrarumweltmaßnahmen und Naturschutzdaten sowie einer repräsentativen Grünlandbonitur (oder Grünlandflächenstichprobe) das Grünland zu klassifizieren und zu bewerten.

Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet umfasst den gesamten Naturpark Thüringer Wald. Der Thüringer Wald liegt als Mittelgebirge mit Höhenlagen zwischen 400 bis knapp an die 1000 m über NN zentral in Deutschland. Der Gebirgsblock erstreckt sich keilförmig von SO nach NW und verjüngt sich auf einer Länge von 100 km dabei von 60 km Breite auf ein 5 km breites Kammgebirge. Der Rennsteig ist der First des Gebirges. Die 220 Siedlungen folgen entweder dem Talverlauf der Gewässer oder liegen als Rodungsinseln auf den breiter werdenden Bergkuppen und sind mosaikartig in die Waldgebiete eingestreut. Die abwechslungsreiche Landschaft wird in 16 verschiedene Naturräume unterteilt (Hiekel *et al.* 2004, eigene Bearbeitung in GIS). Die Jahresdurchschnittstemperaturen liegen im Bereich von 4,0 bis 6,5 °C und die Jahresniederschläge schwanken zwischen 800 mm (östliche Hänge im Windschatten gelegen) und 1300 mm (westliche Kammlagen).

Eine 1987 landesweit durchgeführte Grünlandbonitur wies für den Thüringer Wald ca. 32.500 ha Grünland aus (Hochberg 1992). Das produktive Grünland bestand aus artenarmen Ansaatgrünland in arrondierten Plateaulagen und autochthonem Dauergrünland.

Vorwiegend in steilen Hanglagen oberhalb von 400 m ü. NN waren aufgrund einer extensiven Bewirtschaftung noch standortangepasste, artenreiche Pflanzengesellschaften, wie Borstgrasrasen (*Nardeteum*), Goldhaferwiesen (*Trisetetum*), Bärwurz-Rotschwingelwiesen (*Meo athamantici-Festucetum rubrae*) und Feuchtwiesen (*Calthion*), zu finden.

Das Bewirtschaftungsmanagement auf den produktiven Standorten war gekennzeichnet durch ein hohes einseitiges Düngungsniveau (großflächig P-unterversorgt, K überversorgt) und geringe Nutzungshäufigkeit, wobei ca. zwei Drittel des gesamten Grünlandes als Weide/Mähweide genutzt worden sind. Mit der gesellschaftlichen Wende erfolgte eine massive Reduktion der Tierbestände. Dieser Prozess führte zu einer außergewöhnlichen Extensivierung und ging mit dem Brachfallen und der nachfolgenden Sukzession von Berggrünland auf abgelegenen und steilen Standorten einher. Auf arrondierten Flächenkomplexen etablierte sich, unterstützt durch Agrarumweltmaßnahmen (AUM) im Rahmen des Thüringer Kulturlandschaftsprogramms (KULAP), in den 1990er Jahren eine äußerst extensive Mutterkuhhaltung bzw. Sommerbeweidung mit Schafen und die entsprechende Winterfuttermittelgewinnung ohne jegliche Nährstoffzufuhr oder Grünlandpflege (vgl. Ergebnisse Evaluierung KULAP, siehe Hochberg *et al.* 2008). Auf dem vorherrschenden Flächenanteil hat die Mutterkuhhaltung die vorher vorherrschende Jungrinder-/Färsenaufzucht (Pensions-tierhaltung) abgelöst. Kennzeichnend sind großräumige Weidesysteme mit sehr niedrigem Tierbesatz. Über den aktuellen Zustand des Grünlands im NP Thüringer Wald gibt es nur wenige, punktuelle Untersuchungen (u.a. Waesch 1994, Finke und Hochberg 2003, Hochberg *et al.* 2003, Hochberg 2004, Hochberg und Schwabe 2004, Hochberg *et al.* 2008, Hochberg und Schwabe 2009). Seit Anfang der 1990er Jahre wurden ca. 80 % des Grünlands im Rahmen von KULAP-Maßnahmen gefördert. Durch die Maßnahmen wird eine an den Standort und Pflanzenbestand angepasste Grünlandbewirtschaftung unterstützt (Hochberg *et al.* 2008). Es ist daher davon auszugehen, dass auf einer Grünlandfläche, welche langjährig durch eine spezifische KULAP-Maßnahme gefördert wurde, eine typische, standortangepasste Vegetation bzw. ein bestimmter Grünlandtyp zu finden ist. Um eine Aussage über den aktuellen Zustand der Grünlandvegetation, differenziert nach Grünlandvegetationstypen, im NP zu treffen, gingen wir wie folgt vor (vgl. Abbildung 1).

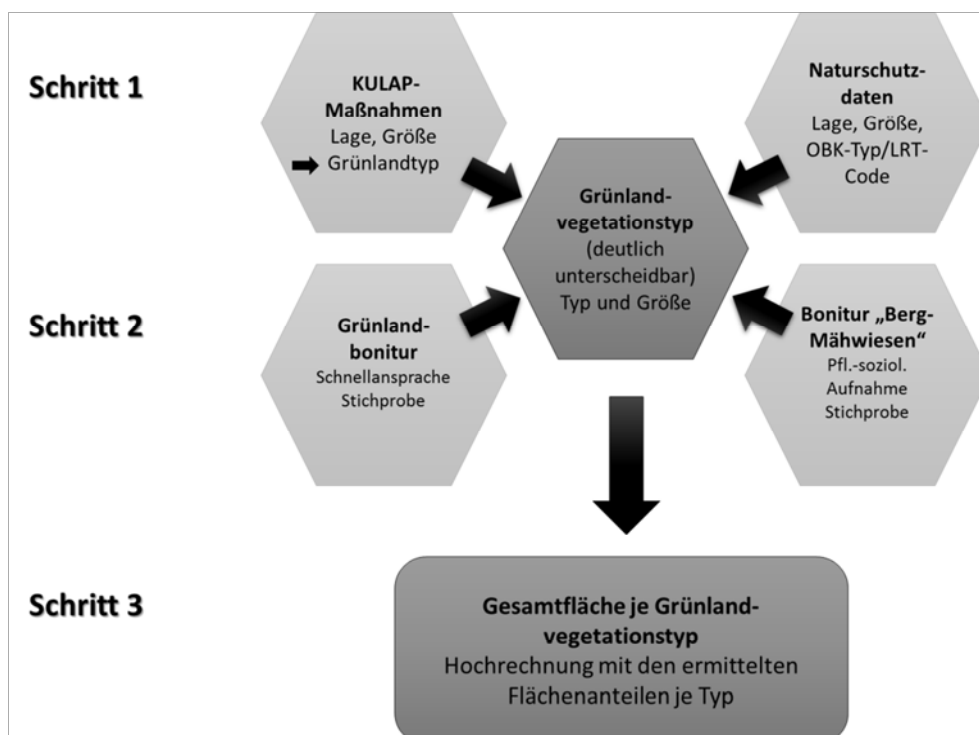


Abbildung 1: Schema zur Ermittlung von Grünlandvegetationstypen und deren Flächenanteil im NP Thüringer Wald

Im ersten Schritt wurden anonymisiert schlagkonkrete Daten zu KULAP-Maßnahmen aus der Datenbank des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) verwendet, um das Grünland in übergeordnete Grünlandtypen zu aggregieren und den Flächenumfang je Grünlandtyp (vgl. Tabelle 2) für den NP Thüringer Wald GIS-gestützt zu berechnen.

Zusätzlich wurden Naturschutzdaten (Offenlandbiotopkartierung, OBK, und FFH-Lebensraumtypen, LRT) verwendet, um die Grünlandtypen in sogenannte Grünlandvegetationstypen (differenzierte Vegetationseinheiten, z.T. pflanzensoziologisch zuordenbar) zu unterteilen. Dazu wurden die Naturschutzdaten mit den im InVeKoS geführten Grünlandflächen räumlich verschnitten, wenn die OBK- bzw. Lebensraumtypen einen relevanten Flächenanteil auf dem jeweiligen Schlag einnahmen.

Da die Naturschutzdaten jedoch nur selektiv erfasst wurden (besonders geschützte Biotope bzw. FFH-Lebensraumtypen), wird in einem zweiten Arbeitsschritt eine umfangreiche Grünlandbonitur durchgeführt. Im Rahmen dieser Bonitur wird der Pflanzenbestand hinsichtlich der botanischen Zusammensetzung charakterisiert und die Grünlandvegetationstypen weiter konkretisiert und verifiziert. Um alle Grünlandtypen entsprechend ihrer jeweiligen Flächenanteile abzudecken und eine Hochrechnung der räumlichen Verteilung der Grünlandvegetationstypen zu ermöglichen, wurde für die Grünlandbonitur eine repräsentative Flächenstichprobe gezogen. Die Flächenstichprobe der Grünlandbonitur setzt sich aus allen Grünlandflächen von ausgewählten Referenzbetrieben (insgesamt 799 Grünlandflächen) sowie 200 weiteren Flächen außerhalb der Referenzbetriebe zusammen. Die Referenzbetriebe repräsentieren unterschiedliche Betriebstypen (Tabelle 1) im NP Thüringer Wald und gewährleisten eine Ableitung optimierter, betriebstypspezifischer Pflege- und Nutzungskonzepte für die identifizierten Grünlandvegetationstypen.

Tabelle 1: Betriebstypen für die Grünlandbonitur

Betriebstyp	Mindestanteil Grünland an Betriebsfläche
Schäfferei	≥ 90 %
Mutterkuh- und Pferdebetrieb	≥ 90 %
Tierloser Grünlandbetrieb	≥ 90 %
Mutterkuhbetrieb	≥ 90 %
Öko-Mutterkuhbetrieb	≥ 50 %
Milchviehbetrieb mit Schafhaltung	≥ 50 %

Die Grünlandbonitur innerhalb und außerhalb der Referenzbetriebe erfolgt als Transektbegehung und unter Verwendung eines standardisierten Erfassungsbogens für die Schnellansprache der Grünlandvegetation. Geschätzt wird der Bestandsanteil der vorkommenden Arten nach folgender Skala (BRAUN-BLANQUET, modifiziert):

1	Einzelexemplare	sehr spärlich, sehr wenige, vereinzelte Exemplare
2	<10 % Bestandsanteil	regelmäßig über die Fläche verteilte Exemplare
3a	10–25 % Bestandsanteil	häufig, regelmäßig auf der Fläche verteilt
3b	25–40 % Bestandsanteil	häufig, regelmäßig auf der Fläche verteilt
4	40–70 % Bestandsanteil	zahlreich
5	≥70 % Bestandsanteil	Dominanzen, maßgeblich an Ertragsbildung beteiligt

Mit der Flächenbegehung werden gleichzeitig auch wichtige Standort- und Bewirtschaftungsdaten erfasst. Im Ergebnis der Grünlandbonitur soll ein Schnellanspracheschlüssel entwickelt werden. Dieser wird die wichtigsten Kenn-/Charakterarten der relevanten Grünlandpflanzengesellschaften enthalten, so dass anhand der Vegetationsaufnahmen auf einfache Art und Weise der Grünlandvegetationstyp ohne umfassende pflanzensoziologische Kenntnisse ermittelt werden kann.

Aufgrund ihrer Flächenrelevanz und naturschutzfachlichen Bedeutung, erfolgt zusätzlich zur Grünlandbonitur eine Vegetationskartierung auf 100 ausgewählten „Berg-Mähwiesen“ (LRT-Code 6520). Die Vegetation wird auf einer Fläche von 5 x 5 m mit der von Reichelt und Wilmanns (1973) abgewandelten Skala nach Braun-Blanquet (1964) erfasst.

Diese zusätzlichen 100 Vegetationsaufnahmen (ebenfalls als repräsentative Stichprobe über den gesamten NP verteilt) ermöglichen eine weitere Differenzierung der Berg-Mähwiesen hinsichtlich Grünlandvegetationstypen und unterstützen die Ableitung gezielter Pflegeempfehlungen. Im Ergebnis des zweiten Arbeitsschritts können die relevanten Grünlandvegetationstypen für den gesamten NP Thüringer Wald abgeleitet werden.

In einem abschließenden dritten Arbeitsschritt erfolgt die GIS-gestützte Ermittlung der Gesamtfläche für jeden identifizierten Grünlandvegetationstyp im Naturpark. Die jeweilige Gesamtfläche ergibt sich aus einer Hochrechnung der im Gelände ermittelten Grünlandvegetationstypen und der InVeKoS-Daten.

Ergebnisse und Diskussion

Das im InVeKoS gemeldete Dauergrünland im NP nimmt ca. 28.000 ha ein, welches sich auf 10.500 Grünlandflächen erstreckt. Basierend auf der Auswertung der KULAP-Maßnahmen wurde das Grünland zu 13 Grünlandtypen aggregiert (Tabelle 2). Artenreiches Extensivgrünland, frische, nach naturschutzfachlichen Vorgaben bewirtschaftete Bergweiden sowie konventionell bewirtschaftetes, produktives Grünland (keine KULAP-Maßnahme) machen dabei den größten Teil des Grünlands aus.

Tabelle 2: Grünlandtypen im NP Thüringer Wald abgeleitet aus dem KULAP 2014

Grünlandtyp	Fläche Grünlandtyp (ha)	%
artenreiches Extensivgrünland	7.441,22	27,13
frische Bergweiden	4.996,40	18,22
<i>produktives Grünland</i>	<i>4.438,19</i>	<i>16,18</i>
Ökogrünland	2.868,22	10,46
frische Bergwiesen	1.776,97	6,48
Magerweiden, vorw. bodensaure Standorte	1.384,54	5,05
feuchte bzw. nasse Bergweiden	1.129,70	4,12
Schafhutungen/(Kalk-)Magerrasen	1.099,41	4,01
struktureiche Bergweiden	963,45	3,51
Feucht- u. Nasswiesen	521,76	1,90
magere, trockene Wiesen	426,9	1,56
Spätschnittwiesen	363,77	1,33
Streuobstwiesen (Weide, Mahd)	18,61	0,07

Im Rahmen der repräsentativen Flächenstichprobe für die Grünlandbonitur werden ca. 10 % des im InVeKoS gemeldeten Grünlands hinsichtlich der botanischen Zusammensetzung charakterisiert.

Die Grünlandbonitur im Gelände ist 2016 begonnen worden. Folgende Erkenntnisse können daraus abgeleitet werden:

- Es ist ein hoher Anteil standortangepasster Grünlandvegetationstypen vorgefunden worden.
- Die Pflanzengemeinschaften sind allerdings meist durchsetzt mit Extensivierungs-/Unternutzungszeigern, vor allem mit Wolligem Honiggras (*Holcus lanatus*) oder der Bergrippe (*Poa chaixii*).
- Es ist eine massive Unternutzung auf großer Fläche festzustellen.
- Vielfach werden komplette Gemarkungen extensiv bewirtschaftet.
- Die Mutterkuh ist der Landschaftspfleger Nr. 1 im Naturpark Thüringer Wald.
- Das größte Managementdefizit besteht in der unzureichenden mechanischen Weidpflege.
- Die Extensivweiden sind von Störzeigern überprägt.
- Problematisch ist die fortschreitende Verbuschung, besonders auffällig an Steilhängen und in Terrassenlandschaften.

Da die Bonitur auch in der Vegetationsperiode 2017 fortgeführt wird, lassen sich noch keine endgültigen Aussagen über die Grünlandvegetationstypen im NP Thüringer Wald treffen.

Eine vorläufige pflanzensoziologische Differenzierung der Bergwiesen im Thüringer Wald lässt sich wie folgt charakterisieren:

- hoher Anteil Gebirgs-Frischwiesen (*Polygono-Trisetion*, s.l. und s.str.) inkl. einiger Übergangsbestände mit Einflüssen von Frischwiesen und Wirtschaftsgrünland sowie auch weniger Feuchtwiesen
- gefolgt von Bärwurz-Rotschwengel-Wiese (*Meo-Festucetum rubrae*, Syn. *Festuca rubra* – *Meum athamanticum*-Gesellschaft, inkl. einige Übergangsbestände) sowie
- Rotschwengel-Rotstraußgraswiese (*Festuca rubra-Agrostis capillaris*-Gesellschaft) und
- Waldstorchschnabel-Goldhafer-Wiese (*Geranio sylvatici-Trisetetum flavescens*)
- nur vereinzelt traten Borstgrasrasen (*Viola caninae-Nardion strictae*, inkl. ein Übergangsbestand) und die Seegrass-Seggen-Gesellschaft (*Carex brizoides*-Gesellschaft) auf

Eine weitere Ausdifferenzierung der Gebirgs-Frischwiesen wird nach Vorliegen der letzten Vegetationsaufnahmen 2017 vorgenommen. Dabei ist vor allem zu klären, ob eine Differenzierung/Charakterisierung der Übergangsbestände und artenärmeren Ausbildungen sowie eine weitere Differenzierung zu den folgenden pflanzensoziologischen Einheiten erfolgen kann.

Für jeden Grünlandvegetationstyp werden in enger Zusammenarbeit mit den Landwirten der Referenzbetriebe angepasste Pflege- und Nutzungskonzepte entwickelt. Dafür werden zusätzlich alle relevanten betriebswirtschaftlichen Daten der Referenzbetriebe rückwirkend über mehrere Jahre hinweg erhoben. So soll sichergestellt werden, dass das Grünland in seinem bisherigen Umfang erhalten und wenn möglich qualitativ verbessert wird.

Schlussfolgerungen

Im Berggrünlandprojekt Thüringer Wald wird erstmalig ein kompletter Naturraum vegetationskundlich erfasst und bewertet. Das ist jedoch nur der Grundstock des Projekts. Da es sich um ein Modell- und Demonstrationsvorhaben handelt, sollen in Zusammenarbeit mit Landwirten vor Ort für das Grünland angepasste Pflege- und Nutzungskonzepte entwickelt werden, die sich auf andere Mitteleberegionsregionen übertragen lassen.

Literatur

- Anonym (1999): Evaluierung des KULAP in Thüringen. Thür. Min. f. Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Erfurt. 242 S.
- Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie. 3., neubearb. u. wesentl. verm. Aufl. Springer, Wien.
- Finke, C. und Hochberg, H. (2003): Extensivgrünland im Thüringer Schiefergebirge – Vegetation und Bodennährstoffversorgung. *Schriftl. Deutscher Grünlandverband e.V.*, Berlin. 37 S.
- Hiekel, W., Fritzlär, F., Nöllert, A. und Westhus, W. (2004): Die Naturräume Thüringens. [Hrsg.]: Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG), Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Jena.
- Hochberg, H. (1992): Schriftl. Mitt.
- Hochberg, H., Finke, C., Schwabe, M., Zopf, D. und Matthes, I. (2003): Halbzeitbewertung des Entwicklungsplanes für den ländlichen Raum Thüringen 2000–2006. Thür. Min. f. Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Erfurt. 563 S.
- Hochberg, H. (2004): Auswirkung langjähriger Extensivierung auf die Biodiversität des Grünlands in Thüringen. in: Agrarproduktion und Biodiversität S. 48–57. Min. f. Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Erfurt
- Hochberg, H. und Schwabe, M. (2004): Pflege und Schutz der Kulturlandschaft durch Landwirte. Thür. Min. f. Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Erfurt. 24 S.
- Hochberg, H., Zopf, D., Maier, U., Schwabe, M. und Hochberg, E. (2008): Ex-post-Evaluation des Entwicklungsplanes für den ländlichen Raum Thüringen 2000–2006. *Bericht*. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 467 S., http://ec.europa.eu/agriculture/rur/countries/de/thuring/ex-post_de.pdf (URL), Stand: 15.02.2014.
- Hochberg, H. und Schwabe, M. (2009): KULAP 2007 – Schutz natürlicher Ressourcen, Erhalt der Agrobiodiversität und Kulturlandschaftspflege durch Landwirtschaft. Thür. Landesanstalt f. Landwirtschaft, Jena. 24 S.
- Reichelt, G. und Wilmanns, O. (1973): Vegetationsgeographie. Westermann, Braunschweig.
- Waesch, G. (2003): Montane Graslandvegetation des Thüringer Waldes: Aktueller Zustand, historische Analyse und Entwicklungsmöglichkeiten. *Dissertation*. Universität Göttingen.

Rohnährstoffgehalte und Proteinqualität in Rotklee und Luzerne (frisch und siliert) in Abhängigkeit von der Anwelkdauer

Baumgärtel, T.

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)

Naumburger Straße 98, 07743 Jena

tina.baumgaertel@tll.thueringen.de

Einleitung und Problemstellung

Aufgrund von Greening sowie der Förderung von artenreichen Fruchtfolgen mit 10 % Leguminosenanteil im Rahmen des KULAP 2014 hat sich der Anbau von kleinkörnigen Leguminosen in Thüringen deutlich erhöht. So wurden im Jahr 2016 auf 17.900 ha kleinkörnige Leguminosen und deren Grasgemenge angebaut (TLS 2016).

Luzerne und Rotklee stellen in Reinbeständen bzw. in Gemenge mit Gras wichtige Fruchtfolgeglieder in Futterbaubetrieben dar. Ihre positiven Wirkungen auf Bodenfruchtbarkeit und Bodenstruktur sind gemeinhin bekannt. Kleinkörnige Leguminosen leisten zudem einen Beitrag zur Proteinversorgung der Wiederkäuer über das Grundfutter, dem im Zuge der Bestrebungen zur Erhöhung des Anteils einheimischer Proteinträger auch eine gewisse Bedeutung beigemessen wird.

In Reinbeständen stellen vor allem Luzerne aber auch Rotklee jedoch hohe Anforderungen an die Silagebereitung, da beide Leguminosen aufgrund des geringen Zuckergehaltes in Verbindung mit hohen Protein- und Rohaschegehalten als schwer silierbar gelten und ein hohes Risiko für Fehlgärungen bergen.

Ziel der Untersuchung war es zum einen, die Entwicklung der Gehalte an Rohnährstoffen (Rohasche, Rohprotein, Rohfaser, Gesamtzucker) sowie ausgewählter Kennzahlen der Proteinqualität (Proteinfraktionen, Reinprotein, Proteinlöslichkeit, UDP) in frischem Erntematerial bei zunehmendem Anwelkgrad darzustellen. Des Weiteren sollte der Effekt unterschiedlicher Anwelkdauer auf Nährstoffgehalt, Gärparameter und Proteinkennzahlen von Luzerne- bzw. Rotkleesilagen untersucht werden.

Material und Methoden

Vom 2. Aufwuchs wurden in Praxisschlägen eines Luzernebestands (Sorte: Europe) und eines Rotkleebestands (Sorte: Rozeta) am Erntetag (06.07.2016) Proben geschnitten und für unterschiedliche Zeiten im Trockenschrank bei 25 °C angewelkt. Folgende Anwelkgrade wurden erreicht: frisch=2 h; 11 h; 22 h; 31 h; 52 h. Im frischen sowie unterschiedlich angewelkten Material erfolgte die Analyse der Rohnährstoffe Rohasche (XA), Rohprotein (XP), Rohfaser (XF) und Gesamtzucker (XZ) nach VDLUFA-Standardmethoden im hauseigenen Labor sowie der Rohproteinfraktionen (LKS-GmbH Lichtenwalde). Das Rohprotein setzt sich zusammen aus der Fraktionen A (Nichtprotein-Stickstoff), der schnell abbaubaren Fraktion B1 (pufferlösliches Reinprotein), der variabel abbaubaren Fraktion B2 (pufferunlösliches Reinprotein), der langsam abbaubaren Fraktion B3 (zellwandgebundenes, lösliches Reinprotein) sowie der unverdaulichen Fraktion C (zellwandgebundenes, unlösliches Reinprotein). Aus der Summe der Proteinfraktionen B1, B2, B3 und C wurde der Reinproteinanteil am Rohprotein berechnet, die Summe der Fraktionen A und B1 ergaben die prozentuale Proteinlöslichkeit. Da für Rotklee und Luzerne jeweils Mischproben analysiert wurden, erfolgte keine statistische Auswertung.

Weiterhin wurden von Rotklee und Luzerne in zwei Anwelkstufen (30 h und 53 h im Freien) Modellsilagen in 1-L-Weckgläsern angefertigt (alle Varianten ohne Siliermittel), in denen nach 90 Tagen ebenfalls eine Bestimmung der Rohnährstoffgehalte, Proteinqualitätskennzahlen und Gärqualitätsparameter erfolgte. Die statistische Auswertung (Mittelwertvergleich) der unterschiedlichen Anwelkgrade innerhalb der Silagen wurde mit dem Tukey-HSD-Test mit einer Signifikanzschwelle von $p \leq 0,05$ im Programm Statistica für Windows 9.0 vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Zum Schnittzeitpunkt befand sich sowohl die Luzerne als auch der Rotklee im Stadium zwischen Knospenbildung und Blühbeginn. Es zeigte sich, dass bei etwa vergleichbarem Trockenmasse (TM)-Gehalt des Ausgangsmaterials Luzerne deutlich schneller trocknete als Rotklee (Abbildung 1). Nach 52 h Anwelkzeit wies Luzerne bereits einen TM-Gehalt von 81,3 % auf, während Rotklee lediglich 44,4 % TM erreichte. Möglicherweise waren die Stängel bei der Luzerne zum Schnittzeitpunkt bereits deutlich trockener als beim Rotklee.

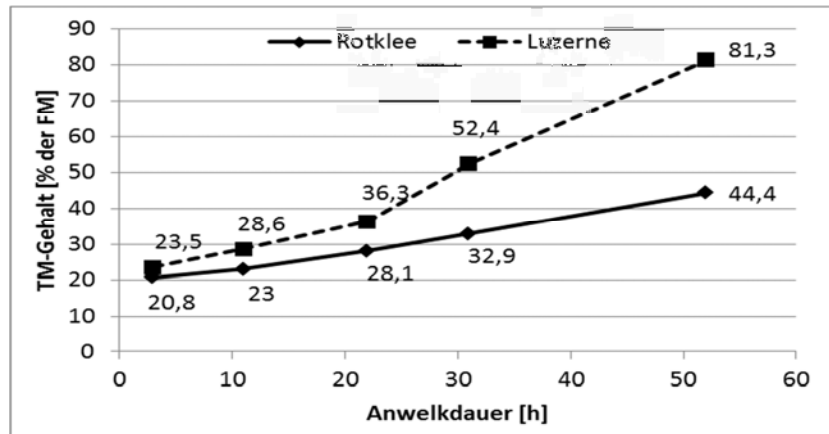


Abbildung 1: Entwicklung der Trockenmassegehalte von Rotklee und Luzerne in Abhängigkeit von der Anwelkdauer

Die Rohnährstoffgehalte blieben während der gesamten Anwelkdauer relativ konstant, wie Abbildung 2 zeigt. Es fand lediglich ein leichter Zuckerabbau statt, während die Rohproteingehalte insgesamt geringfügig anstiegen. Die Rohfasergehalte veränderten sich beim Rotklee während des Anwelkens kaum, während die Rohfasergehalte in der Luzerne größeren Schwankungen unterlagen und sich nach 52 h auf 27,3 % der TM einpegelten. Insgesamt wies Luzerne im vergleichbaren Entwicklungsstadium höhere Rohprotein- und Rohfasergehalte auf als Rotklee, während Rotklee im Zuckergehalt überlegen war.

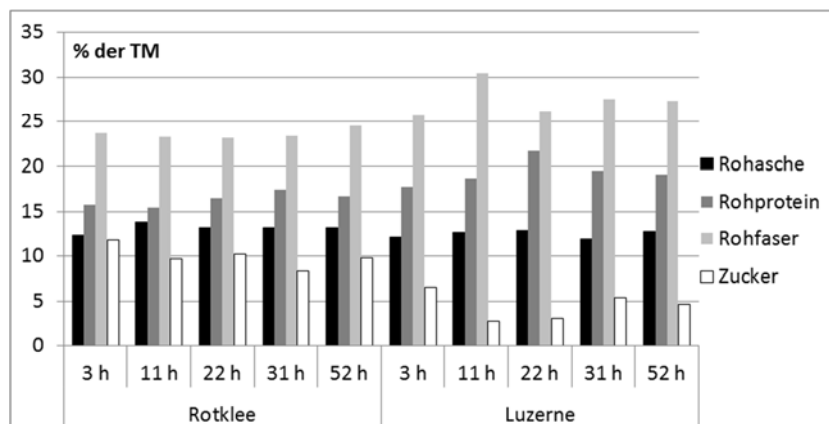


Abbildung 2: Rohnährstoffgehalte von Rotklee und Luzerne zu unterschiedlichen Anwelkzeiten

Der Anteil des Reinproteins am Gesamtprotein (Daten nicht gezeigt) lag im Rotklee zu Beginn des Anwelkens mit 96,5 % deutlich höher als in der Luzerne (85,9 %). In beiden Leguminosen war im Verlauf des Anwelkens aufgrund der Aktivität pflanzeigener Proteasen ein leichter Rückgang der Reinproteinanteile auf 86,8 bzw. 79,5 % festzustellen, wobei dieser Anteil dennoch als hoch einzuschätzen ist. Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, zeigten sich in den Silagen je nach Anwelkgrad erwartungsgemäß deutliche Unterschiede im TM-Gehalt, der bei 53 h Anwelkzeit bei Rotklee und Luzerne um 10 bzw. 18 %-Punkte höher lag. Als Faustzahlen für den Mindest-TM-Gehalt (TM_{\min}) werden für Luzerne 40 und für Rotklee 35 % angegeben. Bereits bei 30 h Anwelkzeit wurden diese Werte weitgehend erreicht.

Die trockneren Silagen wiesen zudem deutlich höhere Restzuckergehalte auf. Bei der Luzernesilage kam es beim höheren Anwelkgrad zu einer Abnahme der Gehalte an Rohasche und Rohprotein. Die Energiegehalte waren von der Anwelkdauer nicht beeinflusst.

Tabelle 1: Rohnährstoffgehalte, Gärparameter und Proteinkennzahlen in Modellsilagen von Rotklee und Luzerne aus 30 h bzw. 53 h angewelktem Material (MW \pm s)

Parameter	Anwelkzeit	Luzernesilage			Rotkleesilage		
		30 h (n=5)	53 h (n=3)	p-Wert	30 h (n=5)	53 h (n=4)	p-Wert
Rohnährstoffe und Energie							
Trockensubstanz	% der FM	40,6 \pm 0,52	58,9 \pm 0,90	<0,001	34,2 \pm 0,80	44,3 \pm 0,26	<0,001
Rohasche		8,40 \pm 0,07	7,95 \pm 0,08	<0,001	9,29 \pm 0,10	9,21 \pm 0,09	0,336
Rohprotein	% der TM	18,6 \pm 0,19	18,2 \pm 0,08	0,037	17,3 \pm 0,29	17,0 \pm 0,40	0,302
Rohfaser		33,9 \pm 0,48	34,8 \pm 0,33	0,086	25,9 \pm 0,57	25,3 \pm 0,47	0,180
Gesamtzucker		1,94 \pm 0,62	5,25 \pm 0,09	<0,001	1,50 \pm 0,90	8,75 \pm 0,29	<0,001
ME	MJ/kg TM	8,73 \pm 0,05	8,69 \pm 0,04	0,419	9,54 \pm 0,08	9,63 \pm 0,07	0,180
NEL		5,03 \pm 0,04	5,00 \pm 0,03	0,438	5,63 \pm 0,06	5,69 \pm 0,05	0,151
Gärparameter							
pH		4,96 \pm 0,10	5,70 \pm 0	<0,001	4,96 \pm 0,05	5,55 \pm 0,05	<0,001
NH ₃ -N	% am Gesamt-N	5,92 \pm 1,13	1,86 \pm 0,14	0,003	9,08 \pm 1,07	3,69 \pm 0,41	<0,001
Ethanol		4,27 \pm 0,76	1,87 \pm 0,05	0,006	9,50 \pm 1,15	2,67 \pm 0,28	<0,001
Milchsäure	g/kg TM	26,6 \pm 0,84	n. n.		36,4 \pm 1,05	4,11 \pm 0,81	<0,001
Essigsäure + Propionsäure		11,2 \pm 0,75	5,55 \pm 0,40	<0,001	14,7 \pm 0,94	8,83 \pm 0,49	<0,001
Verdichtung	kg TM/m ³	235 \pm 4,42	210 \pm 5,47		211 \pm 3,95	203 \pm 1,16	
Proteinkennzahlen*							
A		75,3	68,5		61,3	61	
B1		0,9	1,2		1,5	2,7	
B2		18,4	25,6		24,9	23,6	
B3	% des XP	1,4	2,3		7,2	7,1	
C		4	2,4		5,2	5,6	
Proteinlöslichkeit		76,2	69,7		62,8	63,7	
Reinprotein		24,7	31,5		38,8	39,0	
UDP5		7	10		17	19	

*die Fraktionierung des Rohproteins erfolgte in Mischproben, daher keine statistische Auswertung möglich

In den Gärparametern zeigten sich deutliche Unterschiede. Bei 53 h Anwelkzeit wiesen die Silagen höhere pH-Werte auf, die oberhalb des so genannten „kritischen pH-Wertes“ von 4,8 (für > 45 % TM) lagen. Auch bei einer Anwelkzeit von 30 h wurde der „kritische pH-Wert“ von maximal 4,6 überschritten. Vergleichbare Beobachtungen für Luzerne (38,9 % TM) machte auch Nußbaum (2001). Die Milchsäuregehalte lagen bei 30 h Anwelkzeit aufgrund des Substratmangels vor allem in der Luzernesilage erwartungsgemäß auf geringem Niveau. Im Fall der Luzernesilage war bei Verwendung des stärker angewelkten Siliergutes keine Milchsäure nachweisbar. In der Rotkleesilage reduzierte sich der Milchsäuregehalt von 36,4 auf 4,1 g/kg TM.

Eine Silierung des Welkgutes hat nach 53 h Anwelkzeit demnach nicht bzw. in der Rotkleesilage nur in sehr begrenztem Umfang stattgefunden.

Ab einem TM-Gehalt von 50 % kann bei luftdichter Lagerung lediglich von einer Konservierung gesprochen werden (Heulage). Aufgrund der stark begrenzten bakteriellen Aktivität zeigten die Silagen bei einer Anwelkzeit von 53 h auch geringere Ammoniak-N-Anteile als die feuchteren Silagen, was lediglich auf einen geringen Proteinabbau schließen lässt. Ammoniak-N-Anteile von > 8 % am Gesamt-N deuten auf einen erhöhten Proteinabbau hin, wobei insbesondere Silagen unterhalb des empfohlenen Mindest-TM-Gehaltes betroffen sind. Ethanol als Abbauprodukt der alkoholischen Gärung durch Hefen kann bei starker Hefenaktivität im Zuge mangelnder aerober Stabilität Werte über 10 g/kg TM erreichen. Auch hier war eine signifikante Abnahme mit zunehmendem Anwelkgrad zu beobachten. Die Gehalte an Essigsäure und Propionsäure (letztere mit einer Konzentration von 0,2 g/kg TM) lagen für alle Silagen unterhalb der empfohlenen Obergrenze von 30 g/kg TM. Eine Essigsäuregärung hat demnach ebenfalls nur in begrenztem Maße stattgefunden. Buttersäure war in keiner der Silagen nachweisbar. Die Lagerdichten in den 30 h angewelkten Silagen lagen im von Honig (1987) empfohlenen Bereich. Nach 53-stündiger Anwelkzeit konnte das Siliergut hingegen nicht mehr ausreichend verdichtet werden.

Die Ergebnisse der Proteinfractionierung zeigen für die Luzernesilage mit zunehmendem Anwelkgrad eine leichte Verlagerung des Anteils der Fraktion A in die Fraktion B2, während die Proteinfractionen in der Rotkleeilage kaum von der Anwelkdauer beeinflusst wurden. Deutlich wird jedoch zwischen Luzerne- und Rotkleeilage der Unterschied in den Fraktionen A, B2 und B3, der sich in der Rotkleeilage in geringeren Proteinlöslichkeiten und höheren UDP5-Anteilen widerspiegelt. Diese Überlegenheit des Rotkleees im Hinblick auf die Qualität des Rohproteins gegenüber der Luzerne konnte auch in Gemengen mit Gras beobachtet werden (Baumgärtel 2016). Verantwortlich für die deutlich geringere Proteinlöslichkeit ist vermutlich ein Polyphenol-Oxidase-System im Rotklee, welches phenolische Verbindungen erzeugt, die wiederum die Proteolyse hemmen (Jones *et al.* 1995).

Die Reinproteinanteile der Silagen waren deutlich geringer als im frischen und angewelkten Erntegut. Dies deckt sich mit Aussagen von Richardt und Steinhöfel (2000), wonach der Reinproteinanteil im Kleegrass im Zuge der Silierung etwa halbiert wird. Der für Grassilagen von Eicken (2005) empfohlene Anteil an Reinprotein von mindestens 50 % wurde in keiner Silage erreicht. Möglicherweise sind die Orientierungswerte nur bedingt auf Silagen von kleinkörnigen Leguminosen übertragbar. Geringe Reinproteinanteile in Grassilagen werden im Zusammenhang mit gesundheitlichen Problemen von Milchkühen diskutiert.

Schlussfolgerungen

Die Nährstoffgehalte und der Reineiweißanteil in Luzerne und Rotklee werden während des Anwelkens (bei günstigen Bedingungen) kaum beeinflusst. Zu beachten ist, dass Luzerne deutlich schneller trocknet als Rotklee. Nach 30-stündigem Anwelken waren die empfohlenen TM_{\min} -Gehalte sowohl in Luzerne als auch im Rotklee erreicht, wobei die Silagen eine gute Verdichtung und Gärqualität aufwiesen. Eine Anwelkdauer von 53 h ist für eine Silierung nicht zu empfehlen, da ab TM-Gehalten von > 50 % keine bzw. nur noch eine sehr begrenzte Milchsäuregärung stattfindet. In der Praxis sollte zudem auf einen Zusatz geeigneter Siliermittel nicht verzichtet werden.

Literatur

- Baumgärtel, T. (2016): Untersuchungen zu Anbau, Ertragsleistung sowie Futterqualität kleinkörniger Leguminosen im Gemenge mit Gras in Thüringer Betrieben. *Versuchsbericht*, TLL-Eigenverlag, 15 S.
- Eicken, K. (2005): Mögliche gesundheitliche Probleme von Milchkühen bei Grassilage-betonten Rationen. *Nutztierpraxis*, 13, 13–16.
- Honig, H. (1987): Influence of forage type and consolidation on gas exchange and losses in silo. In: *Summary of papers*, 8th Silage Conference, Hurley (UK), 51–52.
- Jones, B.A., Muck, R.E. und Hatfield, R.D. (1995): Red clover extracts inhibit legume proteolysis. *J. Sci. Food Agric.* 67/3, 329–333.
- Nußbaum, H. (2001): Silierung von Luzerne unterschiedlichen TS-Gehaltes mit und ohne den Einsatz von Impfkulturen. *Versuchsbericht des Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf*. 4 Seiten.
- Richardt, W. und Steinhöfel, O. (2000): Untersuchungen zu Rohproteinfractionen in Grundfuttermitteln. *VDLUFA-Schriftenreihe* 55/2000, Teil III, 9–15.
- Thüringer Landesamt für Statistik [TLS] (2016). Statistischer Bericht – Bodennutzung in Thüringen 2016.

Einfluss der Bewirtschaftung von FFH-Mähwiesen auf die botanische Zusammensetzung

Boob, M.¹, Thumm, U.¹, Lewandowski, I.¹, Truckses, B.², Seither, M.³ und Elsäßer, M.³

¹ Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften

Fruwirthstraße 23, 70599 Stuttgart

² LEV Landkreis Böblingen

Parkstraße 16, 71034 Böblingen

³ LAZBW

Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

meike.boob@uni-hohenheim.de

Einleitung und Problemstellung

Durch traditionelle, zweisechürige Heunutzung entstanden artenreiche Mähwiesen, die als Lebensräume für viele Tier- und Pflanzenarten nach Anhang I der FFH-Richtlinie geschützt sind (FFH-Richtlinie 1992). Die botanische Qualität dieser FFH-Mähwiesen nahm in den letzten Jahrzehnten durch Intensivierung, Verbrachung oder andere, unbekannte Ursachen ab. Ein guter Erhaltungszustand hängt von der Anzahl der Pflanzenarten, insbesondere der Häufigkeit von Magerkeitszeigern, der Bestandsstruktur sowie geringen sonstigen Beeinträchtigungen ab und muss alle sechs Jahre an die Kommission der EU berichtet werden (LUBW 2016). Ein früher erster Schnitt kann über mehrere Jahre beispielsweise bestimmte Arten, die auf generative Vermehrung angewiesen sind, verdrängen. Hohe Düngergaben können wiederum konkurrenzkräftige Arten fördern. Daher wurde in einem Feldversuch der Einfluss von Düngung und Zeitpunkt des ersten Schnitts als wesentliche Steuerungsfaktoren auf die botanische Zusammensetzung von FFH-Mähwiesen untersucht.

Material und Methoden

2013 wurde eine randomisierte Blockanlage mit drei Düngungsvarianten (ohne, PK, NPK) und vier Schnittterminen (erster Aufwuchs) mit drei Wiederholungen am Standort „Albvorland“ (470 m ü. NN, MAT 9,6 °C, MAP 968 mm) in Süddeutschland, Landkreis Esslingen, angelegt. Die Behandlungsvarianten setzen sich zusammen aus einer Kombination von verschiedenen Düngungsstufen und verschiedenen Terminen für den ersten Schnitt. (Tabelle 1). Die FFH-Mähwiese wurde zweisechürig bewirtschaftet mit einer Nachbeweidung bis zu Versuchsbeginn und Festmistdüngung alle zwei Jahre.

Tabelle 1: Versuchsfaktoren

Faktor	Stufe
Düngung (=D)	D1 = ungedüngt
	D2 = PK-Düngung (35 kg P ₂ O ₅ und 120 kg K ₂ O)
	D3 = NPK-Düngung (35 kg N, 35 kg P ₂ O ₅ und 120 kg K ₂ O)
Schnittzeitpunkt (=S)	S1 = nach der Löwenzahnblüte (ca. Mitte Mai)
	S2 = Beginn Gräserblüte (ca. Anfang Juni)
	S3 = Hauptblütezeit der Gräser (ca. Mitte Juni)
	S4 = Samenreife der Gräser (ca. Anfang Juli)

Die Ertragsanteile der Artengruppen Gräser, Leguminosen sowie übrige Kräuter wurden nach Klapp/Stählin (Voigtländer und Voss 1979) geschätzt. Alle Berechnungen wurden mit den Programmen RStudio (Version 3.3.1, (R Core Team 2016)) und Excel 2013 durchgeführt. Auf jede Zielvariable wurden gemischte lineare Modelle (package nlme) angepasst, vereinfacht und mittels QQ-Plots auf Normalverteilung und Varianzhomogenität überprüft. Falls keine Normalverteilung der Residuen gegeben war, wurde eine boxcox-Transformation (package MASS) der Daten vorgenommen und die Modelle nochmals auf Varianzhomogenität überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Zur Charakterisierung der botanischen Vielfalt wurde die Anzahl der Pflanzenarten pro Parzelle herangezogen. Pro 25 m² wurden zu Versuchsbeginn (2013) durchschnittlich 36,2 verschiedene Pflanzenarten erfasst. 2016 kamen bei jährlicher NPK-Düngung 31,0, bei PK-Düngung 31,7 und ohne Düngung 32,3 Arten vor (Abbildung 1).

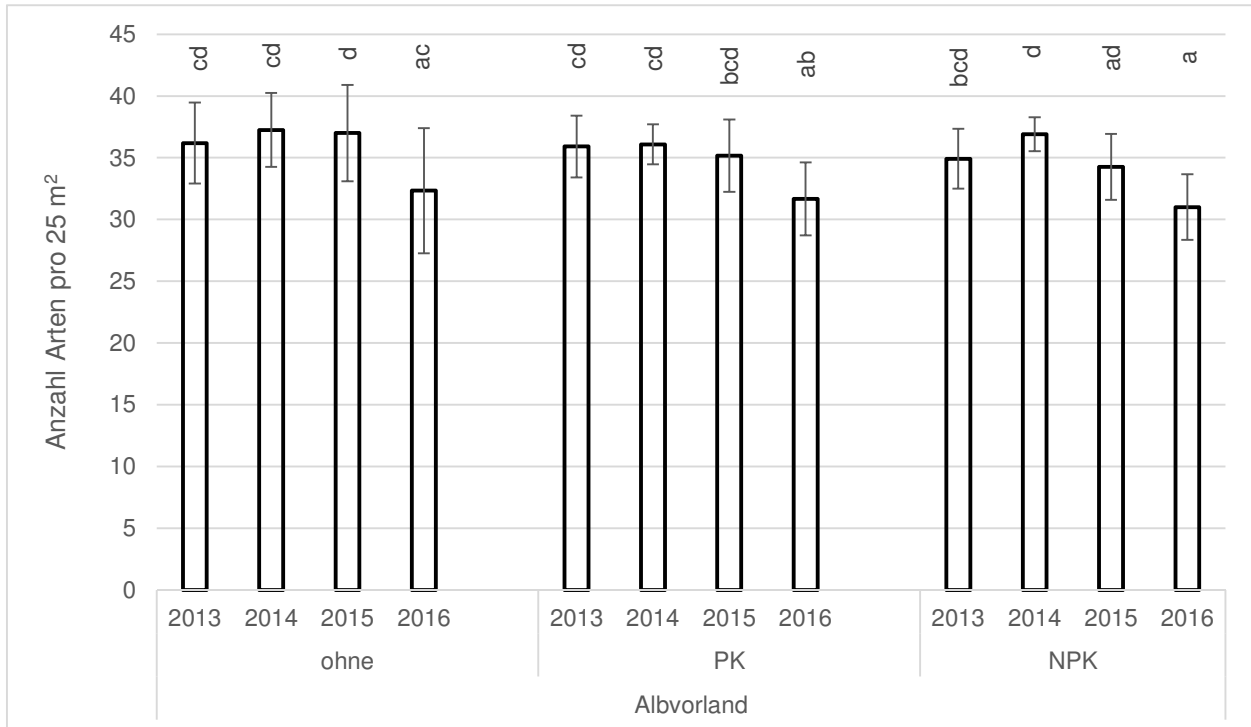


Abbildung 1: Mittelwerte der Artenzahlen der Jahre 2013–2016 bei verschiedenen Düngungsstufen mit Standardabweichung (n = 12). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

Vergleicht man Artenanzahlen 2013 und 2016, gehen diese bei jährlicher Düngung (PK und NPK) signifikant zurück, während bei der ungedüngten Variante die Abnahme erst im Vergleich mit den Werten 2015 signifikant war (Abbildung 1). Eine Abnahme der Artenanzahl durch Düngung wird auch in der Literatur beschrieben (Oppermann und Briemle 2009, Socher *et al.* 2013). Gründe dafür können Veränderungen der Konkurrenzverhältnisse sein, z.B. die erhöhte Nährstoffverfügbarkeit im Boden oder eine Verschiebung der Lichtverhältnisse im Bestand.

Dass 2016 weniger Arten auch bei ungedüngten Parzellen vorkamen, kann zum einen an der fehlenden Beweidung seit Versuchsbeginn 2013 liegen. Denn bei Beweidung mit Schafen wurden auf der Schwäbischen Alb die höchsten Artenzahlen im Grünland beobachtet (Socher *et al.* 2013). Zum anderen kann es auch in ungedüngten Parzellen zu Nährstoffeinträgen gekommen sein.

Bei der Variation der Schnittzeitpunkte ergaben sich nach vier Versuchsjahren noch keine signifikanten Unterschiede der Artenanzahl (Abbildung 2). Doch ein signifikanter Einfluss des Zeitpunkts des ersten Schnitts auf die Ertragsanteile einzelner Artengruppen war zu beobachten. Die Ertragsanteile der magerkeitszeigenden Arten schwankten 2013 zwischen 30,5 und 43,7 % (Abbildung 3). Während sich bei den Magerkeitszeigern insgesamt kaum signifikante Unterschiede ergaben, war bei einem frühen Schnitttermin der Anteil der Magerkeitszeiger ohne Gräserarten (magerkeitszeigende Kräuter) 2013 signifikant höher im Vergleich zu 2016. Es ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Jahren und auch die Düngung hatte einen Einfluss auf die Anteile der Magerkeitszeiger. Diese Bestandsveränderungen von 2013 bis 2016 könnten sich langfristig negativ auf den Status als FFH-Mähwiese auswirken.

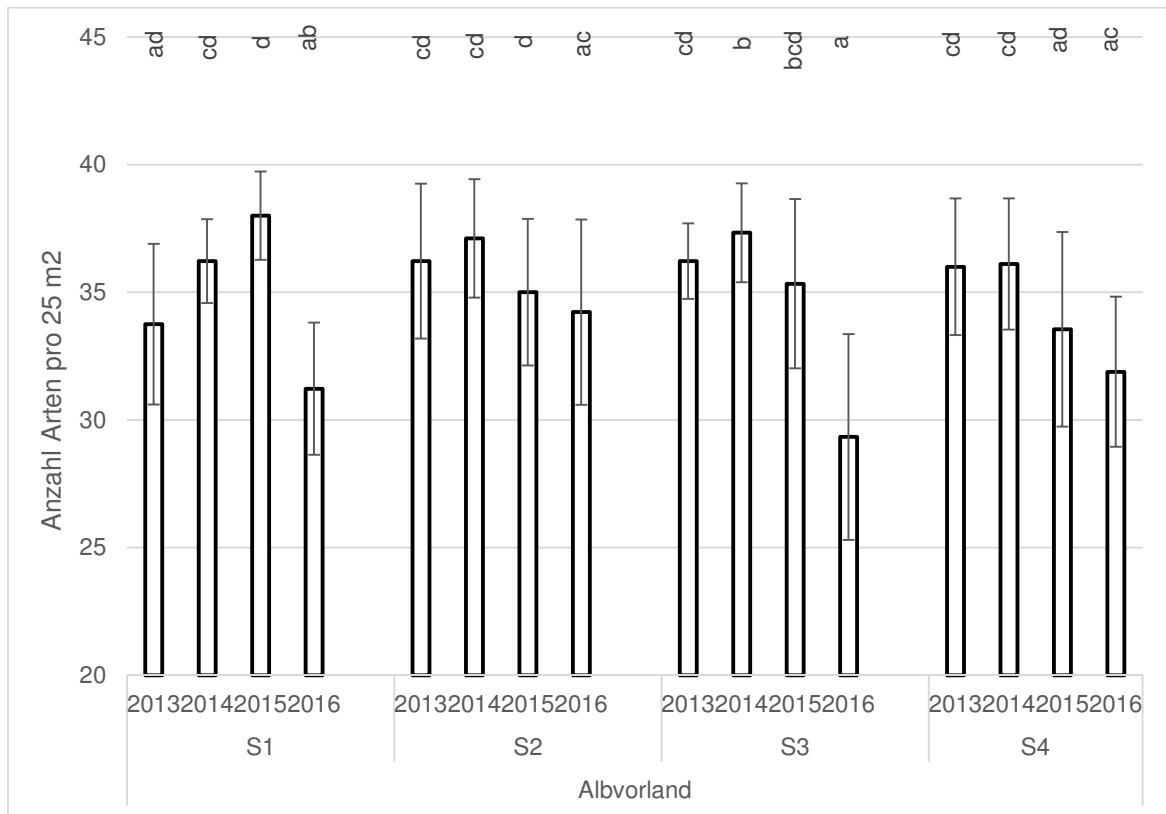


Abbildung 2: Mittelwerte der Artenzahlen der Jahre 2013–2016 bei verschiedenen Schnittterminen mit Standardabweichung (n = 9). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

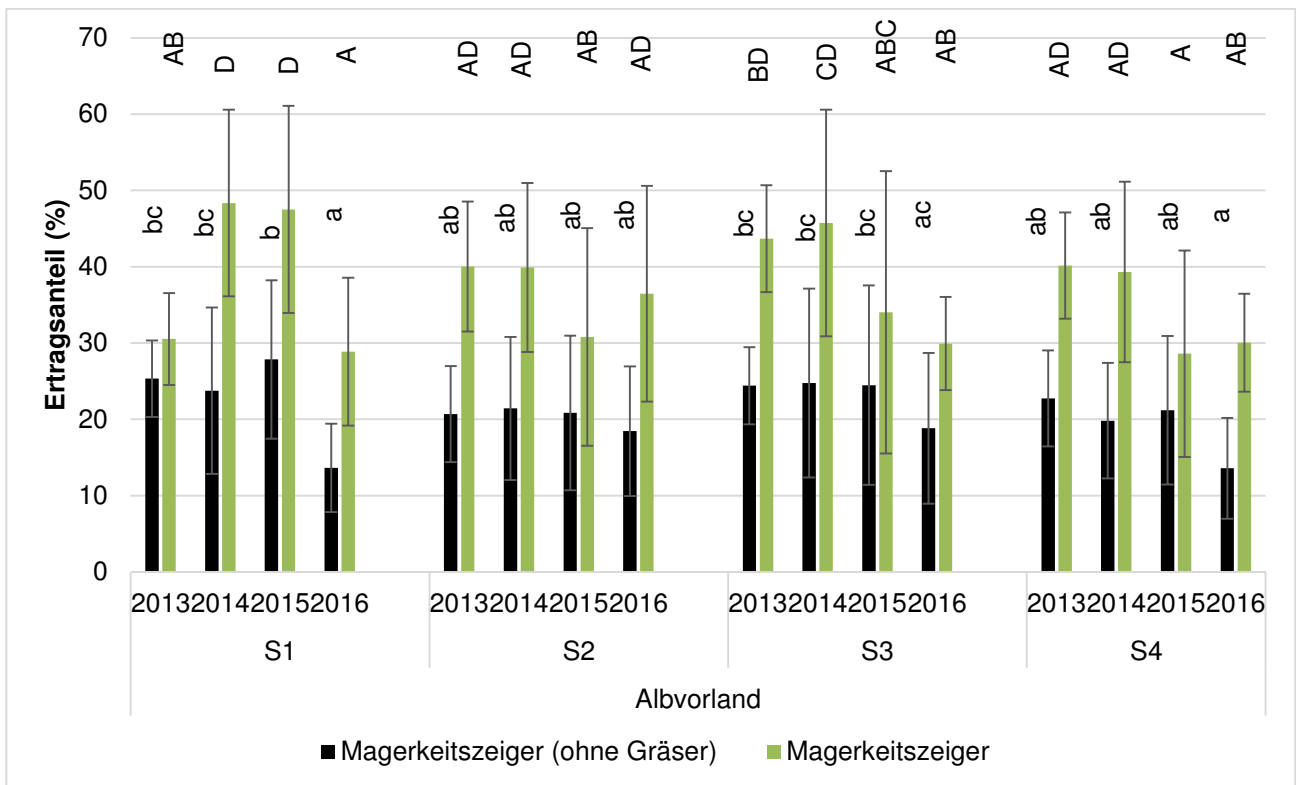


Abbildung 3: Mittelwerte der Ertragsanteile aller Magerkeitszeiger (Gräser, Kräuter und Leguminosen) und der Magerkeitszeiger ohne Gräser von 2013 bis 2016 bei verschiedenen Schnittzeitpunkten mit Standardabweichung (n = 12). Unterschiedliche Groß- und Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

Schlussfolgerungen

Es zeigten sich signifikant negative Einflüsse der Düngung auf die Artenanzahl und die Ertragsanteile der Magerkeitszeiger. Bei frühen Schnittterminen nahm der Anteil der magerkeitszeigenden Kräuter signifikant ab. Solche Bestandsveränderungen können zu einer Verschlechterung des Erhaltungszustands bis zu einem Verlust des Status als FFH-Mähwiese führen. In weiteren Untersuchungen werden die Ursachen von langfristigen Bestandsveränderungen analysiert.

Literatur

FFH-Richtlinie (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. FFH-Richtlinie, vom 21.05.1992. In: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 7–50.

LUBW [Hrsg.] (2016): Kartieranleitung Offenland-Biotopkartierung Baden-Württemberg.

Oppermann, R. und Briemle, G. (2009): Artenreiche Wiesen und Weiden – Umfang und Bedeutung in Baden-Württemberg. In: Schreiber, K.-F. und Briemle, G. [Hrsg.]: Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft. 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. Ubstadt-Weiher: Regionalkultur (Naturschutz-Spectrum Themen, 97), 49–62.

R Core Team (2016): R: A language and environment for statistical computing. packages: MASS, nlme, multcomp. Version 3.3.1. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Online verfügbar unter www.R-project.org, zuletzt geprüft am 30.01.2017.

Socher, S.A., Prati, D., Boch, S., Müller, J., Baumbach, H., Gockel, S. *et al.* (2013): Interacting effects of fertilization, mowing and grazing on plant species diversity of 1500 grasslands in Germany differ between regions. *Basic and Applied Ecology* 14, 126–136. DOI: 10.1016/j.baae.2012.12.003.

Voigtländer, G. und Voss, N. (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. Grünland – Feldfutter – Rasen. Stuttgart: Eugen Ulmer.

Regionale und zeitliche Variation der Sauerstoffisotope im Milchwasser

Chen, G., Schäufele, R. und Auerswald, K.
Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München
Alte Akademie 12, 85354 Freising-Weihenstephan
auerswald@wzw.tuzm.de

Einleitung und Problemstellung

Sauerstoffisotope im (Milch)wasser werden als guter Proxy der geographischen Herkunft angesehen, da es eine ausgeprägte, gut verstandene regionale Variation im Niederschlag gibt (Chesson *et al.* 2010). Wegen der starken Anreicherung von ^{18}O im Blattwasser könnte das Sauerstoffisotopenverhältnis ($\delta^{18}\text{O}$) auch als Nachweis für eine Frischgrasfütterung verwendet werden (Kornexl *et al.* 1997). Dieser Effekt wird verstärkt, weil gleichzeitig der hohe Wassergehalt im Frischfutter im Vergleich zur Silagefütterung zu einer niedrigen Aufnahme von Tränkwasser führt, das einen niedrigen $\delta^{18}\text{O}$ -Wert aufweist. Wie stark Fütterung und Haltung das $\delta^{18}\text{O}$ im Milchwasser beeinflussen, ist aber bisher nicht bekannt. Daher wurde $\delta^{18}\text{O}$ im Milchwasser über fast ein Jahr bei einem weiten Spektrum an Betrieben gemessen. Außerdem wurde $\delta^{18}\text{O}$ im Milchwasser mit Hilfe des mechanistischen ‚Munich Kohn Model‘ (MK-Modell) (Chen *et al.* 2017) prognostiziert, um die Einflüsse besser zu verstehen, denen $\delta^{18}\text{O}$ im Milchwasser unterliegt.

Material und Methoden

Von 28 im süddeutschen Raum (Schwarzwald bis Berchtesgaden; Abbildung 1) gelegenen Betrieben wurden im zweiwöchentlichen Abstand insgesamt 608 Tankmilchproben entnommen und auf $\delta^{18}\text{O}$ untersucht. Gleichzeitig wurde die Fütterung der Herde der vorausgegangenen 14 Tagen durch Interviews abgefragt. Dabei wurden die Futterumstellungen von Winter- auf Sommer- und wieder auf Winterfütterung erfasst. Die Betriebe wiesen eine große Bandbreite zwischen Hochleistungs-TMR-Betrieben, und extensiv, organisch bewirtschafteten Betrieben mit reiner Weidehaltung im Sommer auf (Abbildung 2; weitere Details s. Auerswald *et al.* 2016).

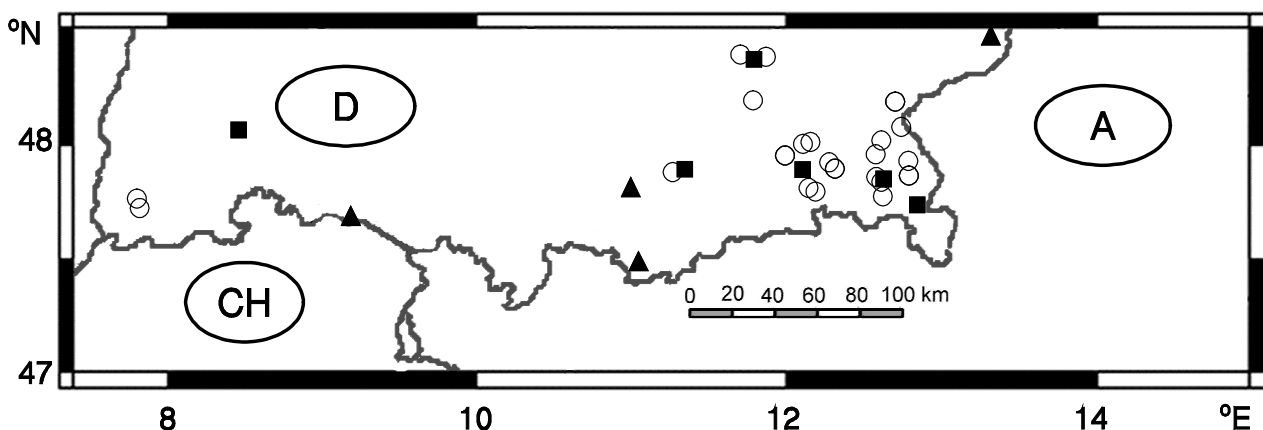


Abbildung 1: Lage der 28 Betriebe (Kreise), der sechs Wetterstationen (Quadrate) und der vier Isotopenstationen (Dreiecke)

Das MK-Modell berechnete auf Tagesbasis alle O-Flüsse in das Tier (Blattwasser, anhaftender Regen oder Tau, Tränkwasser, chemisch gebundener Sauerstoff, Luftsauerstoff) und alle O-Flüsse aus dem Tier (nasale und orale Atmung, Transpiration, Schweiß, Urin, Milch, Faeces) und bilanziert dabei ^{18}O und ^{16}O . Haupttreiber des Modells sind die Futtermenge und -zusammensetzung, Wetterparameter (Temperaturen, Niederschlag, Luftfeuchte) und die isotopische Zusammensetzung der O-Flüsse in das Tier. Das Modell hat sich als geeignet erwiesen, die saisonalen Veränderungen im Keratin-O über viele Jahre mit ca. 14-tägiger Auflösung nachzuvollziehen (Chen *et al.* 2017).

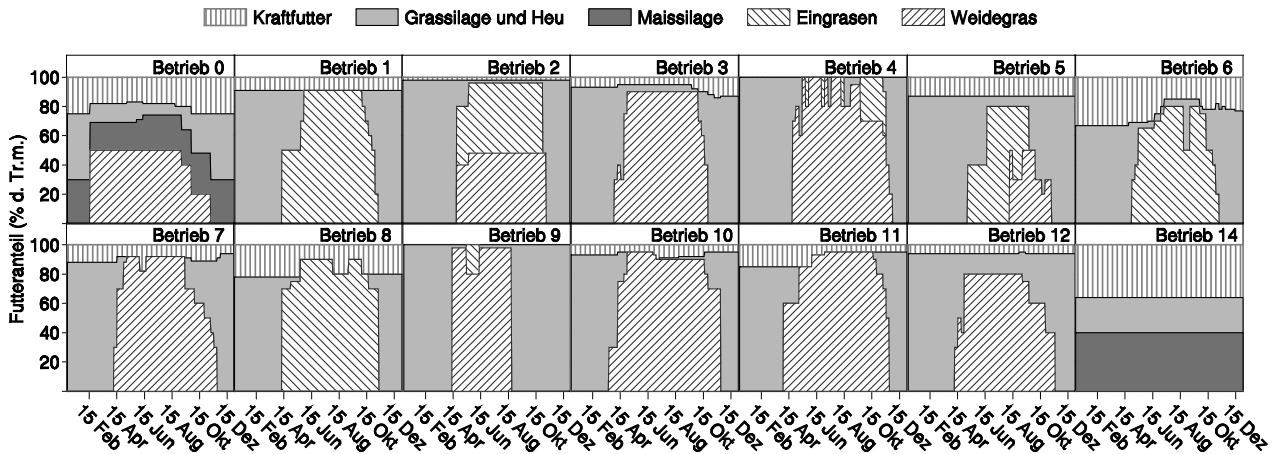


Abbildung 2: Saisonale Variation der Futtermittelration von 14 der 28 Betriebe

Ergebnisse

$\delta^{18}\text{O}$ in Milch variierte von -2 ‰ bis -10 ‰, wobei die höchsten Werte im Sommer bei hohen Anteilen von Frischgras auftraten (Abbildung 3 und 4).

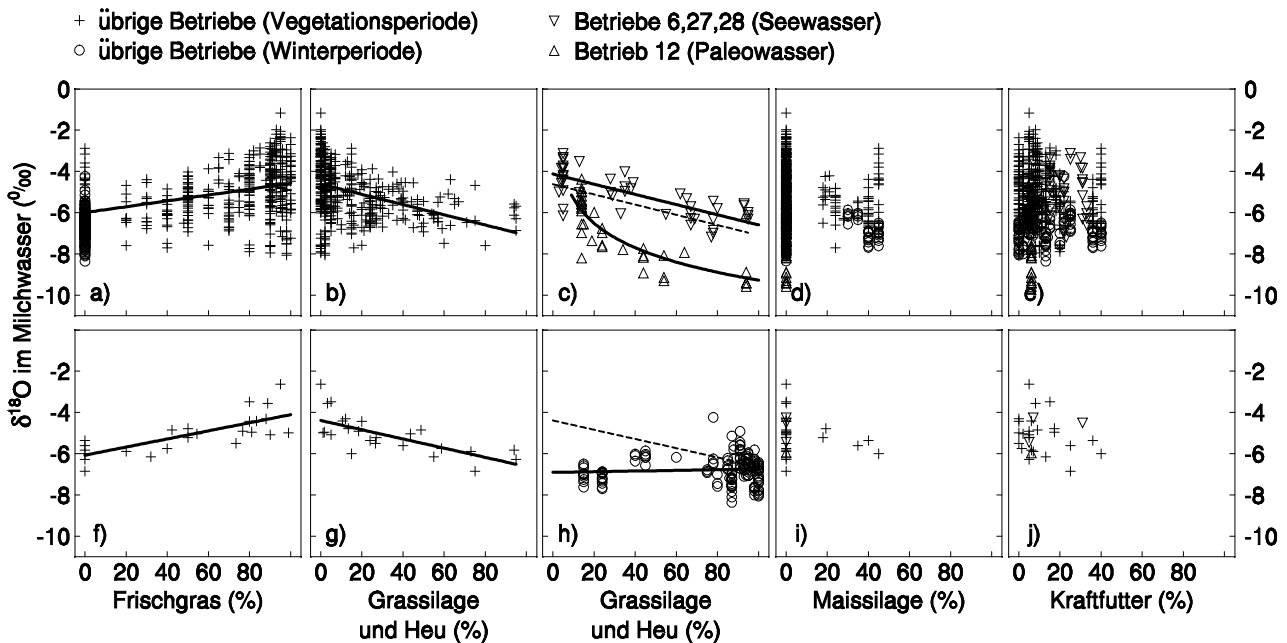


Abbildung 3: Korrelation zwischen den Anteilen der Futterkomponenten (% der Trockenmasse) und $\delta^{18}\text{O}$ im Milchwasser mit den jeweiligen Regressionen, sofern sie signifikant waren (durchgezogene Linien)
 a), c), d), e) zeigen das gesamte Jahr,
 f), g), i), j) zeigen nur Mai-Werte,
 b) zeigt nur Werte der Vegetationsperiode,
 c) zeigt nur Betriebe mit besonderen Tränkekwasserquellen (die Regression der übrigen Betrieben während der Vegetationsperiode aus Tafel b ist zum Vergleich gestrichelt mit eingetragen),
 h) zeigt nur Winterwerte (die Regression der Vegetationsperiode aus Tafel b ist zum Vergleich gestrichelt mit eingetragen).

Frischgrasverfütterung im Stall und Weidegang unterschieden sich nicht. Bei Silagefütterung waren die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte niedriger (im Sommer um ca. 1,5‰), wiesen aber auch einen ausgeprägten Jahrgang auf, selbst wenn ganzjährig TMR vorgelegt worden war (siehe Betrieb 14 in Abbildung 4). Die niedrigsten $\delta^{18}\text{O}$ -Werte im Milchwasser traten im Winter bei Betrieb 12 auf (Abbildung 4).

Dieser Betrieb verfütterte außerhalb der Vegetationsperiode 96 % Heu, was zu einer hohen Tränkek Wasseraufnahme führte. Das Tränkek Wasser dieses Betriebes war ca. 8000 Jahre altes Tiefenwasser, das um ca. 2‰ unter dem rezenten Grundwasser lag und die besonders niedrigen $\delta^{18}\text{O}$ -Werte im Milchwasser bedingte (Abbildung 3c).

Ein Teil des saisonalen Signals entsteht demnach durch das saisonal wechselnde Futter. Der andere Teil entsteht aber durch das Tier selbst, besonders da die transcutane Verdunstung im Sommer zu einer stärkeren Anreicherung von ^{18}O im Körperwasser führt. Bei Futterquellen traten die größten Unterschiede zwischen dem angereicherten Blattwasser im Frischfutter und dem Tränkek Wasser auf. Wasser in Maissilage war relativ ähnlich dem Frischgraswasser, da bei der Maiseernte ebenfalls verdunstende Pflanzenteile geerntet werden. Grassilage und Heu lieferten dagegen Wasser das relativ ähnlich dem Tränkek Wasser war, da bei der Bodentrocknung das Blattwasser isotopisch mit dem Bodenwasser austauscht (Sun *et al.* 2015) und Bodenwasser auch Grundwasser speist und damit die Quelle von Tränkek Wasser ist.

Das Tränkek Wasser war unerwartet variabel und konnte sich stark zwischen benachbarten Betrieben unterscheiden, je nachdem, ob die Wasserwerke rezentes Grundwasser, Paleowasser (Betrieb 12) oder Seewasser (Betrieb 6, 27,28) lieferten oder ob hofeigene Quellen verwendet wurden (Abbildung 3c). In einer multiplen Regression wurden 56 % der Variation durch die relative Luftfeuchte, den Trockenmasseanteil von Frischgras in der Ration, die mittlere Lufttemperatur und das $\delta^{18}\text{O}$ des Tränkek Wassers erklärt.

Auch die Modellierung mit dem MK-Modell erklärte die Variation gut (RMSE 1,1‰; Abbildung 4). Die Modellierung zeigte, dass innerhalb kurzer Zeit sehr große Fluktuationen auftreten können, die durch die Variation der Umgebungsbedingungen hervorgerufen werden. Sie wirken vor allem über das Blattwasser, den Tränkek Wasserbedarf und die Wasserausscheidungen des Tieres. Die Milchleistung hat dagegen keinen Einfluss, weil streng gekoppelt Futteraufnahme und Tränkek Wasseraufnahme mit zunehmender Milchleistung zunehmen.

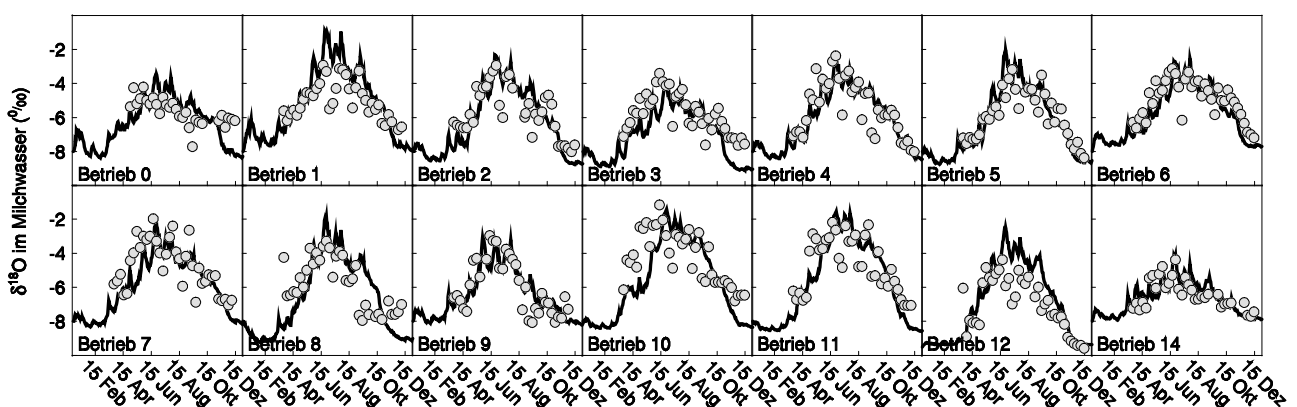


Abbildung 4: Saisonale Variation der gemessenen (Punkte) und modellierten $\delta^{18}\text{O}$ -Werte im Milchwasser von 14 der 28 Betriebe

Die größten Unsicherheiten der Prognose resultieren aus:

- 1) dem Niederschlag, da er bei einzelnen Regen in Menge und isotopischer Zusammensetzung kleinräumig stark variieren kann.
- 2) dem Graseverhalten der Tiere (z.B. Meiden großer Hitze oder Meiden zu nasser Vegetation beim Grasen), da die Tageszeit einen starken Einfluss auf die Blattwassersignatur hat.
- 3) dem Verhalten des Landwirts (z.B. Zeitpunkt des Grasschnitts), das von Tag zu Tag wechseln kann

Schlussfolgerungen:

Die isotopische Zusammensetzung des Milchwassers lässt nur eingeschränkt Rückschlüsse auf die geographische Herkunft oder das Fütterungsregime zu, da beide Einflüsse sich nicht trennen lassen und zusätzlich eine starke Streuung auf Grund nicht prognostizierbarer Einflüsse auftritt.

Das MK-Modell ist ein mächtiges Instrument, um die Wirkung verschiedene Einflüsse (z.B. Haltungsform, Nutzungsintensität) zu prognostizieren und so zu quantitativen Hypothesen zu kommen, die sich dann experimentell überprüfen lassen. Durch die Verwendung der Isotopenverhältnisse weiterer Elemente lässt sich die Trennung verbessern, wobei $\delta^{13}\text{C}$ vor allem den Maisanteil, $\delta^{15}\text{N}$ vor allem die betrieblichen N-Verluste und $\delta^{32}\text{S}$ vor allem den geologischen Untergrund anzeigen. $\delta^{18}\text{O}$ variiert dagegen, sofern der geographische Raum begrenzt ist, vor allem mit der Jahreszeit und dies umso ausgeprägter, je höher der Frischgrasanteil im Sommer ist.

Literatur

- Auerswald, K., Schäufele, R. und Bellof, G. (2015): Routing of fatty acids from fresh grass to milk restricts the validation of feeding information by measuring ^{13}C in milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63, 10500–10507, DOI: 10.1021/acs.jafc.5b03646.
- Chen, G., Schnyder, H. und Auerswald, K. (2017): Model explanation of the seasonal variation of $\delta^{18}\text{O}$ in cow (*Bos taurus*) hair under temperate conditions. *Scientific Reports* 320, DOI:10.1038/s41598-017-00361-y.
- Chesson, L.A., Valenzuela, L.O., O'Grady, S.P., Cerling, T.E. und Ehleringer, J.R. (2010): Hydrogen and oxygen stable isotope ratios of milk in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58, 2358–2363.
- Kornexl, B.E., Werner, T., Rossmann, A. und Schmidt, H.L. (1997): Measurement of stable isotope abundances in milk and milk ingredients – A possible tool for origin assignment and quality control. *Food Research Technology* 205, 19–24.
- Sun, L.Z., Auerswald, K., Schäufele, R. und Schnyder, H. (2014): Oxygen and hydrogen isotope composition of silage water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62, 4493–4501, dx.doi.org/10.1021/jf405703g.

Vergleich der Auswirkungen einer Gülledüngung im Herbst und im Frühjahr auf Wachstumsverhalten und Ertrag im ersten Schnitt auf benachteiligten Grünland-Standorten Süddeutschlands – Zwischenergebnisse

Dentler, J.¹, Kiefer, L.², Bahrs, E.² und Elsäßer, M.¹

¹ Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Grünlandwirtschaft,
Atzenbergerweg 99, 88326 Aulendorf

² Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre,
Schwerzstraße 44, 70599 Stuttgart
juliane.dentler@lazbw.bwl.de

Einleitung und Problemstellung

Wirtschaftseigene organische Dünger sind für die Bodenfruchtbarkeit bedeutend und stellen insbesondere in ökologisch wirtschaftenden Betrieben eine maßgebliche Nährstoffquelle dar. Andererseits werden sie, insbesondere bei nicht hinreichender Nährstoffausnutzung, vielfach auch als Ursache von Umwelt- und Grundwasserbelastungen gesehen. Sowohl aus landwirtschaftlicher, wie auch aus ökologischer Perspektive ist daher eine bestmögliche Ausnutzung wirtschaftseigener Düngemittel essentiell. Begrenzte Lagerungskapazitäten in viehhaltenden Betrieben führen häufig dazu, dass große Mengen Gülle zu einem nicht optimalen Zeitpunkt ausgebracht werden müssen und besonders in Verdacht stehen, hohe Nitratauswaschungen zu verursachen. Dies erklärt auch die agrarpolitischen Diskussionen um gesetzlich erforderliche Gülle-Lagerkapazitäten sowie Sperrzeiten der Gülleausbringung im Herbst und Winter. Im Frühjahr können hingegen wassergesättigte oder schneebedeckte Böden eine frühe Gülleausbringung verhindern (Thomet 2011).

Frühere Versuchsergebnisse aus Bayern belegen, dass leistungsfähige Weidelgras-Bestände auch im Herbst zur Nährstoffaufnahme durch Gülle in der Lage sind, sodass Gaben im Früh- oder Spätherbst eine fehlende Düngung im Frühjahr ersetzen können (Diepolder 2011). Untersuchungen aus Baden-Württemberg (Elsäßer 2011) und Nordrhein-Westfalen (Berendonk 2011) konnten tendenziell aufzeigen, dass höhere Erträge bei Frühjahrsgülledüngung auftreten. Bei extensiv genutzten Grünlandbeständen könnte die günstige Wirkung der Gülle im Herbst nicht zutreffen, weil die dort wachsenden Pflanzen eher in Winterruhe gehen und damit ihr Wachstum und die Nährstoffaufnahme im Herbst früher einstellen.

Da vor allem auf benachteiligten Standorten und bei biologischer Wirtschaftsweise wirtschaftseigener Dünger maximal effizient genutzt werden muss, soll im vorgestellten Versuch untersucht werden, inwieweit Güllegaben im Herbst 2016 und/oder im Frühjahr 2017 den Wachstumsverlauf und den Ertrag desselben Jahres auf insgesamt 15 leistungsschwächeren Grünlandstandorten in Mittelgebirgsregionen Baden-Württembergs beeinflussen. Die Anzahl der Versuchsflächen repräsentiert einen Anteil der benachteiligten Regionen in Baden-Württemberg. Die beteiligten Betriebe sind ausnahmslos Betriebe die in einem im April des Jahres 2016 begonnenen EIP Projekts vertreten sind, das sich mit der verbesserten Nutzung von Grünland in benachteiligten Regionen Baden-Württembergs beschäftigt. Für die Finanzierung wird dem Land Baden-Württemberg an dieser Stelle gedankt.

Material und Methoden

Der Versuch wurde im Oktober 2016 auf 15 Standorten des Schwarzwaldes und der Schwäbischen Alb als zweifaktorielle Spaltanlage mit randomisierten Parzellen (6m x 30m) ohne Wiederholungen geplant und angelegt. Er gliedert sich in insgesamt 6 Varianten inklusive Kontroll-Variante, die sich hinsichtlich Zeitpunkt und Menge der Güllegabe unterscheiden (siehe Tabelle 1). Am 02. November 2016 und am 22. März 2017 wurde die gleiche, verdünnte Rindergülle eines Betriebes (siehe Tabelle 2) mit einem Schleppschlauchverteiler auf den Parzellen aller Versuchsstandorte ausgebracht.

Gülleproben wurden aus der Güllegrube gezogen und im Labor des LAZBW Aulendorf hinsichtlich Nährstoff- und Trockensubstanzgehalt untersucht. Unmittelbar zuvor wurde an jedem Standort der Nmin-Gehalt im Boden mittels Probebohrung in 0–30 cm und 30–60 cm Tiefe erhoben und analysiert.

Die Aufwuchererträge wurden je nach Standort und Wachstum ab dem vierzehnten Tag nach der Güllendüngung zur Ermittlung des Zuwachses in starrem zweiwöchigem Rhythmus mittels drei Messwiederholungen von 0,64 m² pro Parzelle erhoben und in einem Crispac-Beutel bei 60 °C für 48 h im Trockenschrank getrocknet. Mit dem ersten praxisüblichen Silageschnitt wurden die Aufwuchsmessungen beendet. Anschließend wurde eine Varianzanalyse mit SAS durchgeführt.

Tabelle 1: Düngemenge und -zeitpunkt in den Versuchsvarianten V1–V6 in m³ pro Hektar

Variante	Düngung im Herbst	Düngung im Frühjahr
V1 Kontrolle	–	–
V2 Gülle im Herbst	15	–
V3 Gülle im Frühjahr	–	15
V4 Gülle im Herbst und im Frühjahr	15	15
V5 Doppelte Gülle im Frühjahr	–	30
V6 Doppelte Gülle im Herbst	30	–

Tabelle 2: Inhaltsstoffe der Herbst- und Frühjahrsgülle

Inhaltsstoffe	Herbstgülle	Frühjahrsgülle
TS-Gehalt (%)	3,41	4,68
pH Wert	7,3	7,2
NH ₄ -N v. gesamt N (%)	47	44
Gesamt N (kg/m ³)	1,34	1,43
NH ₄ -N (kg/m ³)	0,63	0,63
kg gesamt N in 15 m ³ Gülle	20,1	21,45
kg gesamt N in 30 m ³ Gülle	40,2	42,9

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt konnten die 15 Standorte in drei unterschiedliche Produktionsstandorts-Gruppen gemäß des jeweiligen Wachstumsbeginns des Standorts aufgeteilt werden. Gruppe 1 zeichnet sich durch gute Wachstumsbedingungen im frühen Frühjahr aus. Gruppe 2 setzte ca. 2 Wochen nach Gruppe 1 mit dem Wachstum ein. Gruppe 3 repräsentiert einen späten Vegetationsstart, ca. 4–6 Wochen nach Gruppe 1 (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Produktionsstandorts-Gruppen

Gruppe	1	2	3
1. Ertragsschnitt	06.04.2017	20.04.2017	18.05.2017
Ø Höhenlage in m ü. NN	550	935	906
Ø Niederschlag in mm	1100	1325	1500
Ø Jahres-Temperatur in °C	9,0	6,1	5,7

In Abbildung 1 sind die Auswirkungen der unterschiedlichen Güllevarianten auf die Trockenmasseproduktion im frühen ersten Schnitt anhand drei unterschiedlicher standortspezifischer Vegetationsgruppen und in Abhängigkeit der Düngevarianten 1–6 dargestellt. Aufgrund des definierten zweiwöchigen Ernte-Rhythmus fällt das Ertragsniveau auf Standort 3 zum ersten Schnitt etwas höher aus.

Dauergrünlandbestände weisen aufgrund ihrer Heterogenität naturgemäß eine große Streubreite auf. Aufgrund der Robustheit gegenüber Ausreißern wurde zur Betrachtung der Ergebnisse daher der Median gewählt.

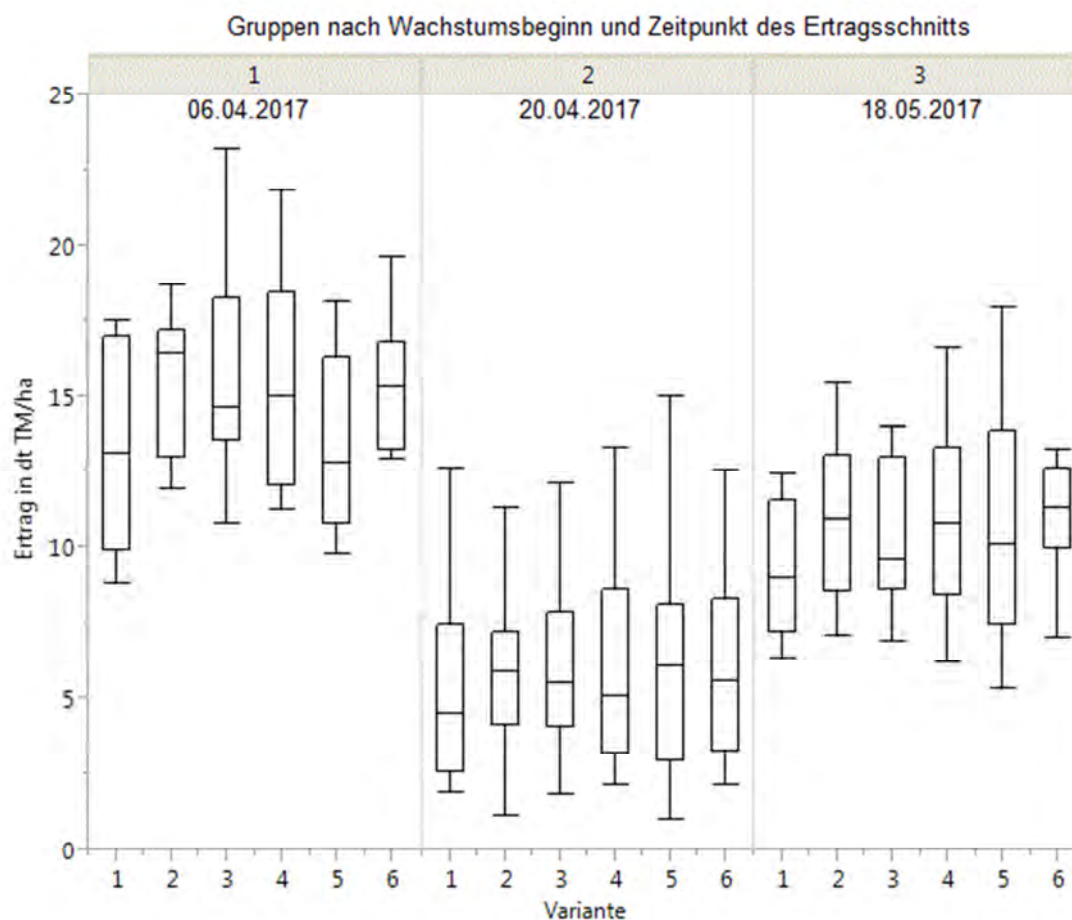


Abbildung 1: Auswirkung der unterschiedlichen Güllevarianten auf die Trockenmasseproduktion im frühen Schnitt an drei unterschiedlichen Produktionsstandorts-Gruppen (1=früher Standort, 2=mittlerer Standort, 3=später Standort) und in Abhängigkeit der Düngevarianten 1–6

Es kann festgehalten werden, dass bei der Betrachtung des Medians die Kontrolle (V1) in allen Gruppen erwartungsgemäß den geringsten Ertrag aufweist (nicht signifikant). Weiterhin zeigte sich tendenziell in den Gruppen 1 und 3 eine geringe Überlegenheit der Herbstgüllevarianten 2, 4, und 6, diese Beobachtung ist aber nicht signifikant ($p=0,28$). Insgesamt kann daher kein deutlicher Vorteil oder Nachteil der Gülleausbringung im Herbst gegenüber den Frühjahrsvarianten festgestellt werden. Die Ergebnisse stellen derzeit ein erstes Zwischenergebnis dar. Sie werden mit weiteren Aufwuchsmessungen im Frühjahr ergänzt.

Im Vergleich zu den Effekten des Ausbringungstermins war der Unterschied der drei Standortgruppen signifikant verschieden ($p=0,00$).

Auf Grünland sollten alle günstigen Zeitpunkte während des Jahres für die Gülleausbringung genutzt werden. Die Zeitperiode im späten Herbst und Winter kann bei entsprechender Witterung besonders wertvoll sein (Thomet 2011). Insbesondere im Jahr 2016/17 war der Winter trocken, bei gleichzeitig geringen Bodentemperaturen. Eine verlustarme Gülleausbringung in diesem Zeitraum wäre daher, aufgrund des geringen Mineralisierungspotenzials, möglich gewesen. Das anschließende Frühjahr war gekennzeichnet durch lange Schneelagen und Spätfröste bis in den März, was nicht nur die Düngung, sondern auch das Wachstum im Frühjahr stark beeinflusst hat (siehe Abbildung 2).

Insgesamt kann vermutet werden, dass bei höherer Düngemenge die Effekte deutlicher ausfallen würden. Allerdings stellt das Ausbringen von dünner Gülle mittels Gülleverschlauung insbesondere in ökologisch wirtschaftenden Betrieben der Mittelgebirgsregionen eine optimale Lösung zwischen regelmäßiger, bodennaher Ausbringung und Befahrbarkeit des Standorts dar. In diesem Zusammenhang sind geringe Nährstoffmengen daher als realistisch zu betrachten.

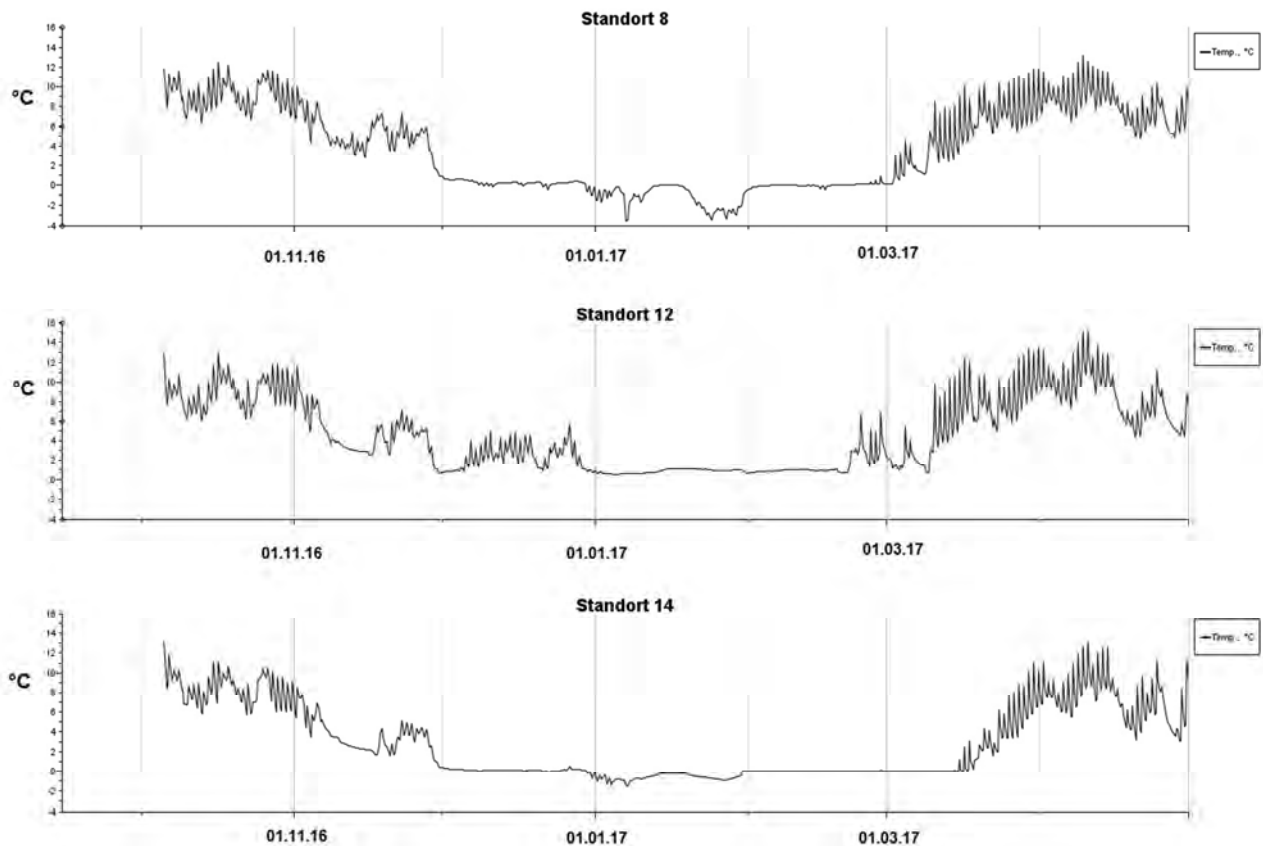


Abbildung 2: Bodentemperatur in 10 cm Tiefe am Standort 8 und 12 (Gruppe 2) und Standort 14 (Gruppe 3) in °C

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Versuchsserie können ein Indiz dafür sein, dass geringe Nährstoffgaben über Gülle sowohl im Herbst oder Frühjahr sich nicht signifikant hinsichtlich der Trockenmasseerträge unterscheiden. Da der Effekt des Standortes den der Varianten durchaus überlagern kann, müssen besonders in Jahren mit schwierigen Witterungsbedingungen die Ergebnisse aus Grünlandversuchen einzelner Standorte sehr vorsichtig interpretiert werden.

Vor diesem Hintergrund werden weitere Untersuchungen daher die Stickstoffaufnahme in Abhängigkeit vom Düngetermin und Standort zum Ziel haben.

Literatur

Berendonk, C. (2011): Stickstoffwirkung der Gölledüngung auf dem Dauergrünland in Abhängigkeit vom Ausbringungstermin im Herbst, Winter und Frühjahr. *Tagungsband Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland vom 17–18. Oktober 2011 im Kloster Reute*, 164–166.

Diepolder, M. und Raschbacher, S. (2011): Versuchsergebnisse zur Terminierung der Göllegaben bei Grünland. *Tagungsband Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland vom 17–18. Oktober 2011 im Kloster Reute*, 61–65.

Elsäßer, M. (2011): Effekte von im Herbst und frühem Frühjahr gegebenen Göllegaben auf zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Frühjahr geerntete Aufwüchse von Deutschem Weidelgras. *Tagungsband Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland vom 17–18. Oktober 2011 im Kloster Reute*, 344–347.

Thomet, P. (2011): Länderspezifische Sicht der Problematik: Schweiz – Plädoyer für die Gölleausbringung auf Grünland während der Wintermonate. *Tagungsband Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland vom 17–18. Oktober 2011 im Kloster Reute*, 313–316.

Untersuchungen zur Dynamik und zur Ursache von Harnschäden auf der Weide

Diepolder, M. und Raschbacher, S.
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz (IAB)
Lange Point 12, 85354 Freising
michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung

Kühe setzen beim Weidegang pro Tag 45–55 kg Exkremente ab, davon über 40 Prozent in Form von Harn (Urin), der pro Kuh etwa acht bis zwölfmal mal am Tag ausgeschieden wird (Voigtländer und Jakob 1987, Haynes und Williams 1993). Harn enthält als düngungsrelevante Nährstoffe vorwiegend Kalium und Stickstoff, letzteren zu 60–90 Prozent als Harnstoff, welcher im Boden schnell über Ammonium zu Nitrat umgewandelt wird. Auf Urinstellen werden starke Nährstoffanreicherungen gemessen, da die lokal zugeführten Stickstoff- und Kalium-Mengen weit über der möglichen Nährstoffabfuhr liegen. Harnstellen sind daher eine Quelle für teilweise erhebliche Stickstoffverluste (Haynes und Williams 1993, Troxler *et al.* 2010, Wachendorf *et al.* 2005, Belanger *et al.* 2015). Diese können in Form von Nitrat-Auswaschung oder im Falle hoher pH-Werte im Boden sowie hoher Temperaturen bzw. Verdunstungsraten in Form von Ammoniakabgasung auftreten. Harnstellen sind andererseits für das Pflanzenwachstum wichtige Düngungsstellen, was man in der Praxis auf Weiden vor allem bei niedrigem Düngungsniveau anhand von dunkelgrünen Grasstellen optisch sehr gut erkennen kann (pers. Mitteilungen, zit. bei Diepolder *et al.* 2016). Zudem werden Grasaufwüchse von Urinstellen von Kühen lieber als solche von Kotstellen gefressen (Voisin 1958, Scheide *et al.* 2015). Allerdings fallen auf Weiden manchmal auch mehr oder weniger hellgelbe bis verätzte Stellen auf, wo Harn zeitweise zu einer unmittelbar schädigenden Wirkung auf den Pflanzenbestand geführt hat. Unter solchen sichtbaren Harnflecken kommt es zu unangenehm riechenden Wurzelschäden an flach wurzelnden Gräsern und Leguminosen und damit zu Fehlstellen, während Tiefwurzler überleben können (pers. Mitteilungen, zit. bei Diepolder *et al.* 2016). Deutlich erkennbar ist im Kernbereich hier die fast vollständige Zerstörung der grünen Blattmasse der Grasnarbe. Die Größe der geschädigten Fläche liegt bei ca. 0,2 m², dies entspricht etwa 3 DIN A4-Seiten. Um den sichtbaren, abgegrenzten Schaden ist die Grasnarbe häufig dunkelgrün. Die genaue Ursache von Harnschäden und damit ggf. die Möglichkeit von Vermeidungsstrategien sind bisher nicht völlig klar. Als mögliche Ursache werden neben eher unwahrscheinlichen direkten Blattschäden vor allem indirekte Salzschäden am Wurzelsystem genannt. Auch kurzfristige Säureschäden im Zusammenhang mit Prozessen des Harnstoff- bzw. Ammoniumabbaus im Boden zu Nitrat sind zumindest theoretisch denkbar (Diepolder *et al.* 2016). Um Hinweise über die Dynamik von Harnschäden zu erhalten, wurde am Spitalhof über vier Weideperioden hinweg bei einer Kurzrasenweide bonitiert, ob, wann und in welchem Ausmaß sichtbare Harnflecken auftraten. Ziel war es auch zu untersuchen, welche Bedeutung die Harnflecken im Hinblick auf Veränderungen des gesamten Pflanzenbestands einer Weide hatten und potenzielle Ertragseinbußen abzuschätzen. Spezielle bodenchemische Analysen (s.u.) sollten die Ursache des Auftretens von Harnflecken klären helfen. Dabei wurde auch Hinweisen aus der Praxis nachgegangen, ob gezielte Kalkmaßnahmen eine sinnvolle und damit in der Beratung evtl. künftig zu empfehlende Vermeidungsstrategie sein können, vor allem wenn Säureschäden eine der Ursachen bzw. die Hauptursache wären.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf einer hofnahen, stark weidelgrasbetonten Weide am Spitalhof in Kempten/Allgäu auf einer würmeiszeitlichen Jungmoräne von Frühjahr 2011 bis Herbst 2014 durchgeführt. Die Bodenart liegt im Bereich lehmiger Sand bis sandigem Lehm, der Oberboden (0–10 cm) wies einen pH-Wert von 5,5–5,6 sowie verfügbare (CAL) Phosphat- und Kaliwerte in Gehaltsklasse „C“ bzw. „E“ auf. Die rundum eingezäunte, quadratische Weidefläche enthielt neun Parzellen (drei Varianten in dreifacher Wiederholung; lateinisches Quadrat) von je 200 m².

Dabei bestanden zwischen den einzelnen Parzellen für die Tiere keine Begrenzungen. Schnüre, welche kurzfristig zwischen Innenpfosten gespannt werden konnten, ermöglichten eine für Anlage und Versuchsdurchführung notwendige Parzellenidentifikation. Die drei Varianten unterschieden sich ausschließlich durch die Kalkdüngung. Diese erfolgte bei einer Variante mit 1,5 t/ha gekörntem Branntkalk (1,35 t CaO/ha) und bei der zweiten Kalkvariante mit 3,0 t/ha kohlen-saurem Kalk (1,6 t CaO/ha). Die Kalkung wurde einmalig im Frühjahr 2011 per Hand auf die Parzellen ausgebracht. Sie wurde bewusst mehr als doppelt so hoch als die für diese Bodenart veranschlagte offizielle Kalkempfehlung (0,6–0,7 t CaO/ha alle vier Jahre) angesetzt. Dies um gegebenenfalls eventuelle Säureschäden sicher zu neutralisieren bzw. um Effekte bei Pflanzenbestandsveränderungen herausarbeiten zu können. Eine weitere Variante blieb als Kontrollvariante ungekalkt. Die Beweidung wurde als Vollweide in Form einer Kurzrasenweide mit zwei Kühen (Trockenstehern) durchgeführt. Die Steuerung der optimalen Grasnarbenhöhe (5–7 cm) erfolgte bei Futterknappheit dahingehend, dass die Kühe an einer Koppelstelle durch ein Tor auf eine angrenzende Koppel gelangen und dort grasen konnten. Nach Viehabtrieb im Oktober wurden auf die Weide 25 m³/ha dünne Gülle ausgebracht, zusätzlich wurden einmal pro Jahr 30–40 kg N/ha als Kalkammonsalpeter (KAS) gedüngt. Im Versuchszeitraum wurden zu insgesamt 38 Boniturterminen die Parzellen auf sichtbare Harnflecken (Vergilbungen) untersucht. Im August des ersten Versuchsjahrs traten besonders viele Harnschäden auf. Deshalb wurden zu diesem Termin bodenchemische Analysen vorgenommen. Dabei wurde pro Parzelle je ein Harnfleck beprobt. Mit einem N_{min}-Bohrer wurden sowohl im vergilbten Kernbereich als auch circa 10 cm außerhalb davon in der grünen Grasnarbe jeweils 10 Einstiche in 0–10 cm Tiefe vorgenommen. Die Proben wurden in zwei Schichttiefen (0–5, 5–10 cm) unterteilt. Im Labor wurden der pH-Wert, der CAL-Phosphat und CAL-Kaligehalt und der Nitratgehalt bestimmt. Ebenfalls wurde der Salzgehalt des Bodens mittels elektrischer Leitfähigkeit im Wasserextrakt (10:1; nach VDLUFA 1991) untersucht. Dabei ist der Salzgehalt des Bodens ein Summenwert, der alle wasserlöslichen Stoffe umfasst, welche als Ionen vorliegen, wie zum Beispiel Kali-, Nitrat-, Phosphat-Ionen. Aus der Höhe des Salzgehaltes können Rückschlüsse auf mögliche Pflanzenschäden gezogen werden.

Ergebnisse und Diskussion

Dynamik und Ausmaß von Harnschäden:

Es traten immer wieder deutlich sichtbare Stellen mit Symptomen eines geschädigten bzw. zerstörten Pflanzenwachstums (Abbildung 1) auf, wo die Grasnarbe gelb und im Extremfall wie „ausgebrannt“ erschien. Ihre Zahl pro Fläche änderte sich dabei stark und war nicht zwangsläufig an trocken-heiße Witterung gekoppelt, wenngleich das Maximum des Auftretens (Frühjahr/Sommer 2011; Juli–August 2013) in solche Phasen fiel. Jedoch hatten sich im Spätherbst die Schäden bereits verwachsen und beim Wiederaustrieb Frühjahr darauf wurden nie Harnflecken beobachtet.

Bei 29 Prozent der insgesamt 38 Bonituren wurden überhaupt keine sichtbaren Harnflecken (Vergilbungen/Schäden) festgestellt. Bei 71 Prozent der Bonituren waren hingegen Harnflecken/Harnschäden sichtbar. Durchschnittlich wurden im Versuchsmittel, d.h. im Mittel aller 38 Bonituren und 9 Versuchspartzen, 1,23 Harnflecken pro Parzelle bonitiert. Dies entspricht einem „Besatz“ von rund 60 Vergilbungs-/Schadstellen pro Hektar Weidefläche. Der damit verbundene geschätzte Ertragsausfall lag in einer Größenordnung von rund ein bis zwei Tausendstel und war sehr gering. Im Falle des Auftretens von Harnschäden wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen der ungekalkten Kontrollvariante und den beiden gekalkten Varianten festgestellt.

Harnstelle bedeutet nicht gleich Harnfleck/Harnschaden

Pro Harnvorgang gelangt an Stickstoff bzw. Kalium im Vergleich zur jährlich möglichen Nährstoffabfuhr durch den Aufwuchs etwa das Zweifache auf die benetzte Fläche (Kalkulation nach Diepolder *et al.* 2016).

Es führt aber bei weitem nicht jede Urinstelle zu einem Schaden in der Grasnarbe. Statistisch gesehen kam es im Versuch nur bei etwa 0,5 Prozent der Urinstellen zu einem sichtbaren Harnfleck. Eine Erklärung für das Auftreten von Harnschäden ist, dass die Gefahr versengter Stellen auf der Weide mit zunehmender Harnstoff- bzw. Ionenkonzentration des Urins ansteigt. Diese kann in einem weiten Bereich schwanken, abhängig von der Tierart, dem Individuum, der Wasseraufnahme, der Tageszeit und zwischen einzelnen Tagen (Hoogendorn *et al.* 2010).

Kritisch wird es, wenn bestimmte Konzentrationen im Boden durch Kombination mehrerer Faktoren, wie Harnmenge und Harnstärke, Verdunstung bzw. Wassergehalt des Bodens überschritten werden.



Abbildung 1: Harnfleck auf Kurzrasenweide, festgestellt am Spitalhof im Sommer 2011

Ergebnisse bodenchemischer Analysen

Im Schadbereich der Harnflecken („innen“) wurden im Versuch wesentlich höhere Konzentrationen an pflanzenverfügbarem Kalium, Nitrat und wasserlöslichen Salzkonzentrationen gemessen als im grünen Außenbereich („außen“). Diese Unterschiede waren vor allem in der obersten Bodenschicht besonders deutlich, jedoch auch noch in 5–10 cm Tiefe signifikant (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ergebnis bodenchemischer Analysen an Harnstellen in beiden Beprobungstiefen innerhalb und außerhalb des Schadbereichs (Versuchsmittel aus 3 Varianten und 3 Wiederholungen)

		Beprobungstiefe und -stelle			
		0–5 cm		5–10 cm	
		Innen	Außen	Innen	Außen
pH-Wert	CaCl_2	6,1	5,8	5,3	5,3
P_2O_5	CAL mg/100 g B.	16	17	5	5
K_2O	CAL mg/100 g B.	172	69	41	19
Nitrat-N	mg/100 g B.	22	12	8	4
Salzgehalt	wasserlöslich mg/100 g B.	279	141	95	54

Hinweis zur Einstufung der Salzgehalte (in mg/100 g Boden, Messung im Wasserextrakt 1:10): 30–70 – normal; 75–200 – sehr hoch; über 200 – schädlich für Pflanzen; nach VDLUFA 1991

Aus den Messwerten geht hervor, dass es sich bei den beobachteten Harnflecken um Salzschäden handelt. Salzschäden entstehen dadurch, dass hohe (hier durch Harn verursachte) Salzkonzentrationen im Boden viel Wasser binden, welches sich an Ionen anlagert und den Pflanzenzellen fehlt. Dies führt zum Absterben der Wurzeln und als Folge davon zum Absterben der oberirdischen Biomasse. Auch außerhalb des eigentlichen Schadbereiches bleiben die Salzkonzentrationen in der obersten Bodenschicht noch im erhöhten Bereich. Dies sowie im Vergleich zur gesamten Weidefläche erhöhten Kaligehalte deuteten darauf hin, dass auch in den Bereich „außerhalb“ des sichtbaren Harnflecks Urin gelangt, hier aber keine die Grasnarbe schädigenden Salzkonzentrationen erreicht werden. Des Weiteren fanden sich in den Untersuchungen keine Anhaltspunkte dafür, dass die Schäden durch einen (momentanen) Anstieg der Bodenversauerung hervorgerufen wurden, zumal die pH-Werte in der obersten Bodenschicht im vergilbten Schadbereich signifikant höher als im grünen Außenbereich lagen (Tabelle 1). Fünf Monate nach der Kalkung wurden bei den beiden Kalkvarianten im Vergleich zur ungekalkten Kontrollvariante in der obersten Bodenschicht etwas höhere pH-Werte, vor allem aber deutlich höhere Salzgehalte gemessen.

Pflanzenbestand

Bekannt ist u.a. aus älteren Untersuchungen (zit. bei Haynes und Williams 1993), dass Harnschäden in Weidelgrasbeständen durchaus zu einer Verschlechterung der Pflanzenbestände führen können, unter anderem durch Besiedelung mit Jähriger Rispe, Stumpfblättrigem Ampfer, Gänsedistel und Spitzwegerich. Im Versuch am Spitalhof ergab die Bonitur der gesamten Weideparzellen jedoch keinen Hinweis auf augenfällige Unterschiede zwischen ehemaligen Schadflächen und dem übrigen Bestand. Ebenfalls fand sich kein Anhaltspunkt, dass der hochwertige Pflanzenbestand durch die zugeführten Kalkmaßnahmen noch hätte weiter verbessert werden können.

Schlussfolgerungen

Harnflecken sind Stellen mit hohen Nährstoffanreicherungen an Stickstoff und Kali. Auch bei Grünlandstandorten mit günstigen mittleren Niederschlags- und Temperaturverhältnissen (Gunstlagen) können Harnschäden als „naturgegebene Ursache“ auftreten, dabei ist eine ausgeprägte Dynamik feststellbar. Sehr hohe lokale Salzkonzentrationen im Oberboden dürften die Ursache von Harnschäden sein. Deren Auftreten und vor allem ihr Flächenanteil waren im mehrjährigen Versuch im Vergleich zu der Gesamtzahl potenzieller Urinstellen jedoch sehr gering. Kalkung als kohlenaurer Kalk bzw. Branntkalk weit über der Höhe der Erhaltungskalkung bewirkte im Versuch weder eine Reduzierung oder gar Verhinderung von Harnschäden noch zeigten sich Unterschiede hinsichtlich der botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes der Weidefläche. Der Kalbedarf von Weiden sollte sich nach den Ergebnissen der Bodenuntersuchung richten. Insgesamt gesehen dürften durch den Urin von Weidetieren verursachte Schäden auf Weiden bei angepasstem Besatz weder ein regelmäßiges noch ein problematisches Phänomen sein.

Hinweis: Eine ausführliche Beschreibung der Versuchsdurchführung sowie insbesondere der Darstellung und Diskussion der Ergebnisse findet sich bei Diepolder *et al.* (2016).

Literatur

- Belanger, G., Rochette, P.H., Chantigny, M., Ziadi, N., Angers, D., Charbonneau, E., Pellerin, D. und Liang, C.H. (2015): Nitrogen availability from dairy cow dung and urine applied to forage grasses in eastern Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 2015, 95 (1), 55–65.
- Diepolder, M., Raschbacher, S. und Nätscher, L. (2016): Untersuchungen zur Dynamik und Ursache des Auftretens von Harnschäden auf der Weide – Ergebnisse vom Spitalhof. LfL-Schriftenreihe 5/2016 Tagungsband „Chancen der Weide mit Rindern nutzen: Vom Intensiv-Grünland bis zur Berglandwirtschaft. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, 71–84.
- Haynes, R.J. und Williams, P.H. (1993): Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, Vol. 49, 119–199.
- Hoogendoorn, C.J., Betteridge, K., Costall, D.A. und Ledgard, S.F. (2010): Nitrogen concentration in the urine of cattle, sheep, and deer grazing a common ryegrass/cocksfoot/white clover pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research* Vol. 53, No 3, September 2010, 235–243.
- Scheile, T., Isselstein, J. und Tonn, B. (2015): Beeinflussung des Biomassewachstums sowie der Selektivität von Weidetieren durch Exkrementstellen bei extensiver Beweidung. Tagungsband der 59. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (AGGF) in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. in Aulendorf/BW vom 27.–29. August 2015, LAZBW 2015, 174–177.
- Troxler, J., Ryser, J.-P., Pittet, J.-P., Jaccard, H. und Jeangros, B. (2010): Einfluss von Rinderausscheidungen auf die auswaschungsbedingten Verluste unter einem Gräserrasen. *Agrarforschung Schweiz* 1 (10), 384–391.
- Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA, [Hrsg.] 1991): Methode A 10.1.1 „Bestimmung des Salzgehaltes in Böden, gärtnerischen Erden und Substraten“. Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA Methodenbuch), Bd. I Die Untersuchung von Böden, 4. Auflage, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Voigtländer, G. und Jacob, H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Eugen Ulmer Verlag.
- Voisin, A. (1958): Die Produktivität der Weide. BLV Verlagsgesellschaft München Bonn Wien.
- Wachendorf, C., Taube, F. und Wachendorf, M. (2005): Nitrogen leaching from ¹⁵N labelled cow urine and dung applied to grassland on a sandy soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (2005) 73, Springer 2005, 89–100.

Ergebnisse eines P-Düngungsversuchs zu Grünland im Allgäuer Alpenvorland

Diepolder, M. und Raschbacher, S.
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL),
Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz (IAB)
Lange Point 12, 85354 Freising
michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung

Phosphor ist für die Pflanze und das Tier ein lebenswichtiges Element. Im 2003 angelegten Langzeitversuch wird untersucht, welchen Einfluss eine Düngung mit unterschiedlichen Phosphatformen und Phosphatmengen auf den CAL-Phosphatgehalt des Bodens, die Qualität des Pflanzenbestands (Futterwertzahl), den Trockenmasse-Ertrag und den mittleren P-Gehalt im Futter hat, speziell wenn die Bodenuntersuchung zu Versuchsbeginn nur eine niedrige Phosphatversorgung (Gehaltsklasse B) aufweist.

Ebenfalls soll der Versuch dazu beitragen, bestehende Faustzahlen (Wendland *et al.* 2012) zur Kalkulation der P-Abfuhr bzw. der P-Düngung von Wirtschaftsgrünland in niederschlagsreichen Gunstlagen zu überprüfen bzw. weiter zu optimieren.

Material und Methoden

Der Versuch wird im Allgäuer Alpenvorland am Spitalhof/Kempton (730 m über NN; mittlerer jährlicher Niederschlag 1.300 mm) auf einer natürlichen Weidelgraswiese mit vier Schnitten durchgeführt. Als Bodentyp liegt eine Braunerde-Parabraunerde vor, Bodenart ist schluffiger Lehm. Der Humusgehalt in 0–10 cm Tiefe beträgt 7,3 %, der pH-Wert liegt mit 4,9 im sehr sauren Bereich (im Unterboden pH 5,3–5,5).

Die 8 Varianten, welche im Exaktversuch vierfach wiederholt sind, zeigt Tabelle 1. Neben einer Kontrollvariante ohne P-Düngung (1) und einer Güllevariante (8) erfolgte bei sechs weiteren Versuchsgliedern (2–7) die Düngung ausschließlich mineralisch.

Tabelle 1: Düngevarianten [Nährstoffangaben in kg/ha]

Variante		P ₂ O ₅	N	K ₂ O
1	Ohne P-Düngung (Kontrolle)	0		
2	Superphosphat	50	4 x 50 als KAS	300 zum 1. Aufw. als Kornkall
3	zum 1. Aufwuchs	100		
4	Novaphosphat	50		
5	zum 1. Aufwuchs	100		
6	Weicherdiges Rohphosphat	50		
7	zum 1. Aufwuchs	100		
8	4x25 m ³ Gülle (4,6 % TS, Prallteller)	4 x 25	4 x 63	4 x 68

Es werden drei P-Düngerarten mit unterschiedlichem Aufschluss bzw. unterschiedlicher Löslichkeit in je zwei P-Stufen geprüft. Dabei beträgt die Düngung der reduzierten Stufe (50 kg P₂O₅/ha) die Hälfte der für diesen Standort vor Versuchsbeginn nach Faustzahlen veranschlagten P-Abfuhr.

Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse des ersten Versuchszeitraums 2003–2009 dargestellt und diskutiert.

Qualität der Pflanzenbestände

Alle P-gedüngten Varianten wiesen einen etwas höheren Grasanteil (Tabelle 2) und damit auch eine etwas höhere Futterwertzahl (Tabelle 3) als die Variante, bei der langjährig kein Phosphat gedüngt wurde auf.

Die theoretisch maximale Futterwertzahl eines Bestandes von 8,0 wird in der Praxis im Dauergrünland kaum erreicht. Die mittleren Futterwertzahlen (Tabelle 3) aller acht Varianten (FWZ 6,7–7,0) zeigen somit pflanzenbaulich hochwertige Bestände.

Zwischen den P-gedüngten Varianten zeichneten sich bisher keine eindeutigen Trends in der Bestandszusammensetzung und damit in der Futterwertzahl ab. Eine gewisse Ausnahme bildete hierbei die Güllevariante, die etwas mehr Klee (6 %) gegenüber den übrigen Varianten (1–2 % Klee) aufwies.

Tabelle 2: Botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände (nach Klapp und Stählin 1936) in Abhängigkeit von der Höhe der P-Düngung; Mittel der Jahre 2003, 2006, 2010

	Artenzahl	Prozent in der Frischmasse 1. Aufwuchs				
		Deutsches Weidelgr.	Gem. Rispe	Σ Gräser	Σ Kräuter	Σ Leguminosen
P ₀	15,4	59	8	72	26	2
P ₅₀ [Ø Var. 2, 4, 6]	16,2	63	9	77	22	1
P ₁₀₀ [Ø Var 3., 5, 7]	15,7	64	8	78	20	2
P _{Gülle}	14,8	57	11	74	20	6

Tabelle 3: Mittlere Futterwertzahl (FWZ) der Varianten, Trockenmasse-Ertrag, und mittlerer Rohprotein (XP)- und P-Gehalte im Aufwuchs

Variante		Ø FWZ ¹⁾	TM-Ertrag ²⁾ (dt TM/ha)	Ø XP ³⁾ (g/kg TM)	Ø P ³⁾
1	Kontrolle	6,74	101,6	163	2,95
2	P ₅₀ Super	6,97	110,4	156	3,85
3	P ₁₀₀ Super	6,99	112,9	156	4,16
4	P ₅₀ Nova	6,90	110,1	154	3,43
5	P ₁₀₀ Nova	6,99	112,0	151	3,82
6	P ₅₀ w. Roh	6,82	109,5	159	3,41
7	P ₁₀₀ w. Roh	6,95	111,5	153	3,58
8	P ₁₀₀ Gülle	6,92	109,6	165	3,72

¹⁾ Mittel aus Bonituren von 3 Jahren, Futterwertzahl nach Klapp *et al.* 1953

²⁾ Mittel aus 7 Jahren; GD_{5%} = 4,7 dt/ha

³⁾ Mittel aus 6 Untersuchungsjahren, Ertragsanteile der Schnitte berücksichtigt

Trockenmasse-Erträge

Gegenüber einer mineralischen P-Düngung im Bereich der P-Abfuhr (P₁₀₀) führte fehlende P-Düngung (P₀) zu signifikanten Einbußen beim TM-Ertrag in Höhe von 10–11 dt TM/ha (Tabelle 3) was im Mittel rund 9 Prozent Minderertrag entspricht.

Ab dem vierten Versuchsjahr (2006) wurden die Ertragseinbußen bei fehlender P-Düngung besonders deutlich, wobei sich jedoch im Untersuchungszeitraum kein Trend zu kontinuierlich ansteigenden Ertragsdifferenzen zwischen der ungedüngten Kontrolle (P₀) und den mit Phosphor gedüngten Varianten abzeichnete (Abbildung 1).

Auch führte im Untersuchungszeitraum eine stark reduzierte P-Düngung (ca. 50 % der P-Abfuhr) gegenüber einer P-Düngung im Bereich der P-Abfuhr nicht zu signifikanten Mindererträgen, die Ertragseinbußen lagen mit nur ca. 2 dt TM/ha weit unter einem Signifikanzbereich von knapp 5 dt TM/ha (Tabelle 3). Während des gesamten Untersuchungszeitraums lagen die TM-Erträge der beiden stark unterschiedlichen P-Düngungsniveaus bemerkenswert eng zusammen (Abbildung 1).

Zwischen den unterschiedlichen P-Düngerformen (Superphosphat, Novaphos, Rohphosphat) bestanden ebenfalls keine signifikanten Ertragsunterschiede. Im Versuch wurden auf dem relativ sauren Standort (pH etwas unter 5,0 in 0–10 cm Tiefe) mit weicherdigem Rohphosphat (Var. 6 und 7) die gleichen TM-Erträgen erzielt wie bei chemisch teil- (Var. 4 und 5) bzw. vollaufgeschlossenem (Var. 2 und 3) Phosphat.

Trotz einer deutlichen Unterschreitung des für diese Bodenart nach Faustzahlen angegebenen optimalen pH-Bereichs (5,6–5,9) zeigten alle Varianten hochwertige Pflanzenbestände und Erträge.

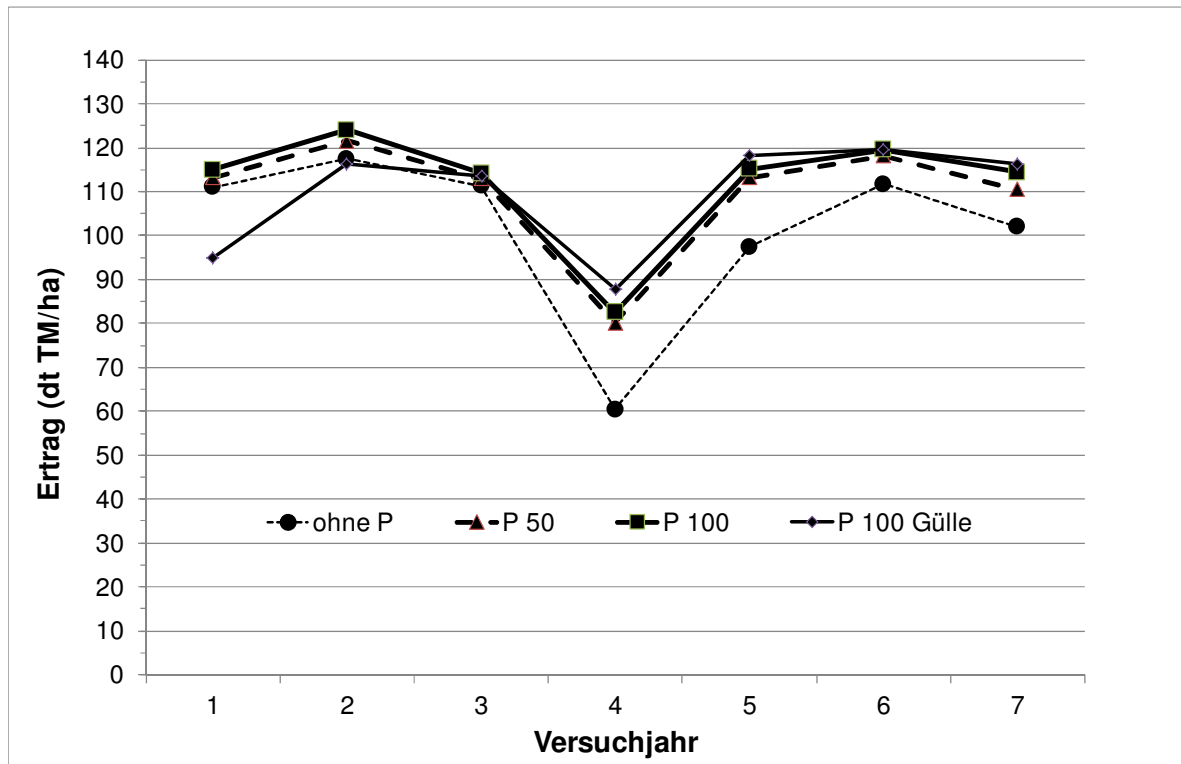


Abbildung 1: Entwicklung der TM-Erträge bei unterschiedlicher Höhe der P-Düngung ($P_{50} = \emptyset$ Varianten 2, 4, 6; $P_{100} = \emptyset$ Varianten 3, 5, 7; zudem P_{100} über Gülle)

Mittlere Rohprotein- und Phosphorgehalte

Bei mineralischer P-Düngung (Var. 2–6) wurde der mittlere Rohproteingehalt weder von der Art des P-Düngers noch von der P-Menge beeinflusst. In der Tendenz wiesen die ungedüngte, ertragsschwächere Kontrollvariante (Konzentrationseffekt) und die etwas kleereichere Güllevariante leicht höhere Rohproteingehalte auf (Tabelle 3).

Bei fehlender P-Düngung wurden knapp 3,0 g P/kg TM im Futter erreicht. Dagegen lagen bei den P-gedüngten Varianten die mittleren P-Gehalte im Futter bei 3,4–4,2 g/kg TM (Tabelle 3, rechts).

Im Trend stiegen die P-Gehalte im Futter mit zunehmender Höhe der P-Düngung sowie zunehmender Wasserlöslichkeit des P-Düngers an. Allerdings bewegten sich dabei die Unterschiede in einem relativ engen Bereich. So brachte eine Verdopplung der P-Düngung nur eine Anhebung der mittleren P-Gehalte um 0,2–0,4 g P/kg TM. Bei der Variante mit Gülledüngung wurden 3,7 g/kg TM gemessen.

Aus pflanzenbaulicher und futterbaulicher Sicht (Milchviehfütterung) sind P-Gehalte von rund 3,0 g/kg TM ausreichend. Somit führte im bisherigen Untersuchungszeitraum eine stark reduzierte P-Düngung (Var. 2, 4, 6) weder zu relevanten Ertrags- noch zu relevanten Qualitätseinbußen.

P-Abfuhr und Phosphatgehalte im Boden

Im siebenjährigen Durchschnitt wurde im Versuchsmittel (hier ohne die Kontrollvariante) bei einem Ertragsniveau von 111 dt TM/ha bei verlustloser Ernte und vier Schnitten pro Jahr eine mittlere P-Abfuhr in Höhe von 41 kg P/ha bzw. rund 95 kg P_2O_5 erreicht.

Erhebliche P-Mengen können am Spitalhof vom Boden selbst nachgeliefert werden, dies zeigt die Kontrollvariante (1) ohne P-Düngung, bei der mit dem Futter durchschnittlich rund 70 kg P₂O₅ (30 kg P/ha) mit dem Erntegut abgefahren wurden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Kalkulierte P-Abfuhr¹⁾ und mittlere CAL-Phosphatgehalte in 0–5, 5–10 und 10–20 cm Tiefe²⁾

Variante	P-Abfuhr _{kalkuliert} (kg P ₂ O ₅ /dt TM)	CAL-Phosphatgehalt _{Boden} (mg P ₂ O ₅ /100 g B.)		
		0–5 cm	5–10 cm	10–20 cm
1 Kontrolle	69	7	5	4
2 P ₅₀ Super	97	11	7	4
3 P ₁₀₀ Super	108	14	9	5
4 P ₅₀ Nova	86	9	6	4
5 P ₁₀₀ Nova	98	12	7	4
6 P ₅₀ w. Roh	86	9	5	3
7 P ₁₀₀ w. Roh	91	11	6	4
8 P ₁₀₀ Gülle	93	11	7	4

¹⁾ Kalkuliert aus mittlerem Ertrag und mittlerem P-Gehalt,

²⁾ Mittel aus 12 Bodenprobennahmen im 7-jährigen Untersuchungszeitraum

Auch Rohphosphat wurde auf dem sauren Boden im Vergleich zur Kontrollvariante in P-Ertrag umgesetzt, wenngleich nicht ganz die Werte von voll- bzw. teilaufgeschlossenem P-Düngern erreicht wurden (Tabelle 4). Bei einer Verdoppelung der P-Düngung um 50 kg P₂O₅/ha auf Höhe der ungefähren P-Abfuhr wurden nur rund 5–12 kg mehr Phosphat abgefahren.

Höhe und Form der P-Düngung wirkten sich auf die mittleren CAL-Gehalte im Oberboden, speziell in 0–5 cm Tiefe aus. Ab 10 cm Tiefe wurden keine Unterschiede mehr gemessen (Tabelle 4). Selbst bei fehlender bzw. stark reduzierter P-Düngung ließ sich bisher kein Trend weiter abnehmender P-Gehalte des Bodens im Oberboden feststellen.

Schlussfolgerungen

Auch bei niedriger P-Versorgung des Bodens (Gehaltsklasse B) können in weidelgrasreichen Gunstlagen hohe Erträge sowie für die Pflanzen- bzw. Tierernährung optimale P-Gehalte erzielt werden. Dies auch, wenn die jährlich zugeführte P-Düngung deutlich unter der mehrjährigen P-Abfuhr durch das Erntegut liegt.

Hinweis: Ein weiterer bayerischer P-Düngungsversuch auf einem anderen Standort ist im gleichen Tagungsband enthalten.

Literatur

- Klapp, E. und Stählin, A. (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes, *Buch*, Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- Klapp, E., Boeker, P., König, F. und Stählin, A. (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Verlag Schaper, Hannover. Das Grünland 5: 2 S.
- Wendland, M., Diepolder, M. und Capriel, P. (2012): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. 10. unveränderte Auflage 2012 (mit aktualisiertem Anhang). *LfL-Information*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan.

Ergebnisse eines P-Düngungsversuchs auf einer Wiesenfuchsschwanzwiese im vorderen Bayerischen Wald

Diepolder, M. und Raschbacher, S.
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL),
Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz (IAB)
Lange Point 12, 85354 Freising
michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung

Erträge, P-Gehalte und P-Abfuhr von Wiesen werden auch von der Ausprägung des Pflanzenbestands beeinflusst (Rieder 1983, Diepolder und Raschbacher 2016), was bislang in bayerischen Faustzahlen zur Düngung (Wendland et al. 2012) berücksichtigt wurde. Im bayerischen Grünland spielt der Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*) vor Weidelgras und Knautgras die wichtigste Rolle als Hauptbestandbildner (Kuhn et al. 2011). Versuche zur Wirkung von Düngerarten und Düngerformen sollten daher idealerweise zeitgleich auf unterschiedlichen Standorten durchgeführt werden.

Mit dem Ziel, seit Langem bestehende Faustzahlen zur Kalkulation der P-Abfuhr bzw. der P-Düngung von Wirtschaftsgrünland zu überprüfen bzw. weiter zu optimieren, ergänzt der nachfolgend dargestellte Versuch auf einer Wiesenfuchsschwanzwiese am Rande des bayerischen Waldes die im gleichen Tagungsband von den Autoren dargestellten Ergebnisse eines fast identischen Versuchs auf einer Weidelgraswiese im Allgäuer Alpenvorland. Beide Versuche sind somit auch ein Beitrag zur Untermauerung länderübergreifender Abstimmungsergebnisse zur P-Bedarfsermittlung im Grünland u.a. im Zuge der Umsetzung der neuen Düngeverordnung.

Untersucht wird speziell, welchen Einfluss eine Düngung mit unterschiedlichen Phosphatformen und Phosphatmengen auf den CAL-Phosphatgehalt des Bodens, die Qualität des Pflanzenbestands (Futterwertzahl), den Trockenmasse-Ertrag und den mittleren P-Gehalt im Futter hat, speziell wenn die Bodenuntersuchung zu Versuchsbeginn eine niedrige Phosphatversorgung (Gehaltsklasse B) aufweist.

Material und Methoden

Der Versuch wurde von 2003 bis 2010 im westlichen Vorwald des Bayerischen Waldes im Landkreis Straubing (450 m über NN; mittlerer jährlicher Niederschlag 850 mm, 7,2 °C Jahresdurchschnittstemperatur) auf einer Wiesenfuchsschwanzwiese mit i.d.R. vier Schnitten pro Jahr durchgeführt. Aufgrund von Trockenschäden des Versuchs 2003 wurde dieses Jahr bei der Auswertung der Erträge, XP- und P-Gehalte von der Verrechnung ausgeschlossen. Als Bodentyp liegt ein Ranker auf Tiefengestein vor, Bodenart ist sandiger Lehm. Zu Versuchsbeginn lagen in 0–10 cm Tiefe ein $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Wert von 5,1 sowie pro 100 g Boden Nährstoffgehalte von 5 mg $\text{P}_2\text{O}_5_{\text{CAL}}$, 8 mg $\text{K}_2\text{O}_{\text{CAL}}$ und 16 mg $\text{Mg}_{\text{CaCl}_2}$ vor.

Tabelle 1: Düngevarianten [Nährstoffangaben in kg/ha]

Variante	P_2O_5	N	K_2O
1 Ohne P-Düngung (Kontrolle)	0	4 x 50 als KAS	300 zum 1. Aufwuchs als Kornkali
2 Superphosphat	50		
3 zum 1. Aufwuchs	100		
4 Novaphosphat bzw. Cederan	50		
5 zum 1. Aufwuchs	100		
6 Weicherdiges Rohphosphat	50		
7 zum 1. Aufwuchs	100		

Die 7 Varianten, welche im Exaktversuch (lateinisches Rechteck) vierfach wiederholt sind, zeigt Tabelle 1. Neben einer Kontrollvariante ohne P-Düngung (1) erfolgte bei den sechs weiteren Versuchsgliedern (2–7) die Düngung ausschließlich mineralisch.

Es werden drei P-Düngerarten mit unterschiedlichem Aufschluss bzw. unterschiedlicher Löslichkeit in je zwei P-Stufen (50 und 100 kg P₂O₅/ha) geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse des gesamten Versuchszeitraums 2004–2010 dargestellt und diskutiert. Auf wesentliche Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten zu ersten Ergebnissen des ebenfalls 2003 begonnenen und noch laufenden Parallelversuchs im Allgäuer Alpenvorland (Diepolder und Raschbacher 2017, siehe Seite 173 im Tagungsband) wird dabei hingewiesen.

Qualität der Pflanzenbestände

Alle P-gedüngten Varianten wiesen einen höheren Grasanteil (Tabelle 2) als die Kontrollvariante 1 auf. Mit Zunahme der P-Düngung wurden eine Verringerung der Pflanzenarten im Bestand sowie eine Abnahme des Ertragsanteils von Kräutern in der Frischmasse bzw. steigende Grasanteile beobachtet (Tabelle 2).

Tabelle 2: Botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände (nach Klapp und Stählin 1936) in Abhängigkeit von der Höhe der P-Düngung; Mittel der Jahre 2003, 2005, 2007, 2010

	Artenzahl	Prozent in der Frischmasse 1. Aufwuchs				
		Wiesen-Fuchsschw.	Knautgras	Σ Gräser	Σ Kräuter	Σ Leguminosen
P ₀	24,5	14	8	44	48	8
P ₅₀ [Ø Var. 2, 4, 6]	23,2	24	10	56	37	7
P ₁₀₀ [Ø Var 3., 5, 7]	20,5	29	11	61	32	7

Die mittleren Futterwertzahlen (Tabelle 3) aller sieben Varianten liegen im Bereich von 5,8 bis 6,3. Im Trend zeigt sich mit zunehmender P-Düngung ein leichter Anstieg der mittleren Futterwertzahl. Im Vergleich zu der Weidelgraswiese im Allgäuer Alpenvorland wurden auf der Wiesenfuchsschwanzwiese im Bayerischen Wald mehr Pflanzenarten (im Mittel ca. 22 statt 16), jedoch um etwas 0,7–0,9 Einheiten niedrigere Futterwertzahlen festgestellt. Die Höhe der P-Düngung wirkte sich auf die Artenzahl, die Bestandszusammensetzung bzw. die mittlere Futterwertzahl etwas stärker als beim Allgäuer Standort aus.

Tabelle 3: Mittlere Futterwertzahl (FWZ) der Varianten, Trockenmasse-Ertrag, und mittlerer Rohprotein (XP)- und P-Gehalte im Aufwuchs

Variante		Ø FWZ ¹⁾	TM-Ertrag ²⁾ (dt TM/ha)	Ø XP ²⁾ (g/kg TM)	Ø P ²⁾
1	Kontrolle	5,79	98,3	149	2,41
2	P ₅₀ Super	5,90	112,9	148	3,11
3	P ₁₀₀ Super	6,29	117,3	143	3,53
4	P ₅₀ Nova, Ced.	6,26	113,2	143	3,07
5	P ₁₀₀ Nova, Ced.	6,26	121,5	146	3,26
6	P ₅₀ w. Roh	6,00	117,9	147	2,99
7	P ₁₀₀ w. Roh	6,25	116,7	146	2,96

¹⁾ Mittel aus Bonituren von 4 Jahren, Futterwertzahl nach Klapp *et al.* 1953

²⁾ nach Ertragsanteil gewichtete Mittel von 7 Jahren (2004–2010);
GD_{5%} = 4,7 dt TM/ha; ca. 5 g XP/kg TM; ca. 0,2 g P/kg TM

Trockenmasse-Erträge

Gegenüber einer P-Düngung im Bereich der P-Abfuhr (P₁₀₀) führte fehlende P-Düngung (P₀) zu signifikanten Einbußen beim TM-Ertrag in Höhe von etwa 18–23 dt TM/ha (Tabelle 3), was im Mittel rund 17 Prozent Minderertrag entspricht. Diese Ertragseinbußen waren höher als beim Standort im Allgäuer Alpenvorland (hier durchschnittlich minus 9 Prozent). Im Trend nahm die Differenz ungedüngt/gedüngt mit fortschreitendem Versuchsverlauf zu (Abbildung 1).

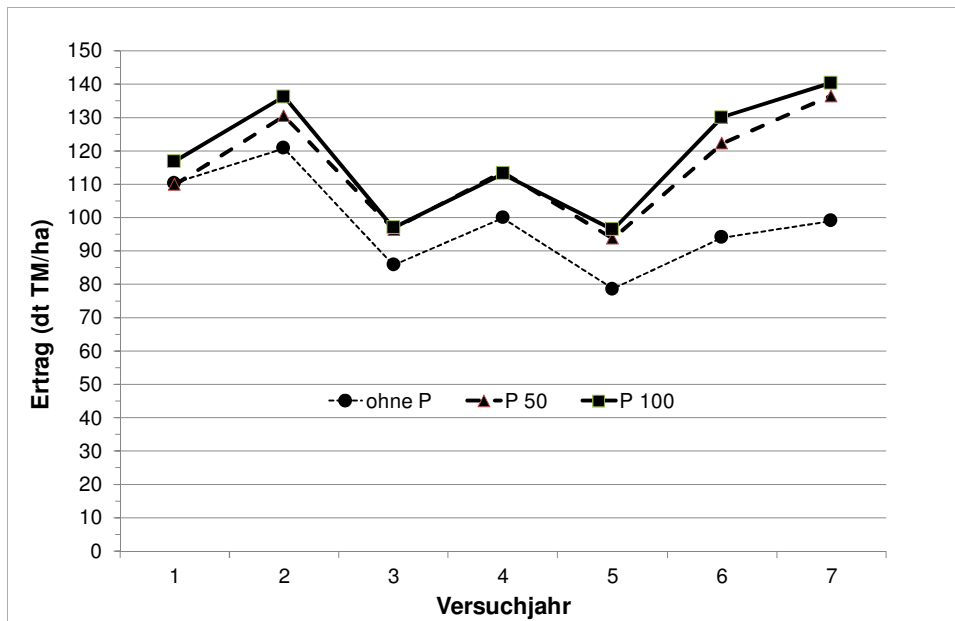


Abbildung 1: Entwicklung der TM-Erträge bei unterschiedlicher Höhe der P-Düngung (P₅₀ = Ø Varianten 2, 4, 6; P₁₀₀ = Ø Varianten 3, 5, 7)

Zwar zeigten sich im Mittel über die P-Düngerformen kaum Ertragsunterschiede zwischen den beiden Düngerstufen (Abbildung 1), allerdings bestanden – ganz im Gegensatz zu dem Versuch im Allgäuer Alpenvorland – zwischen einzelnen Varianten (P-Menge und P-Form) teilweise signifikante Unterschiede (Tabelle 3). So führte bei chemisch teilausgeschlossenem (Var. 4, 5) bzw. vollaufgeschlossenem (Var. 2, 3) Phosphat die jeweils höhere Düngung noch zu Mehrerträgen. Dies war bei weicherdigem Rohphosphat (Var. 6, 7) nicht der Fall. Allerdings erwies sich bei deutlich saurem pH-Wert Rohphosphat ebenfalls als eine geeignete Düngerform. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen aus dem Allgäuer Versuch.

Mittlere Rohprotein- und Phosphorgehalte

Aus den mittleren Rohproteingehalten ergab sich keine Präferenz für eine bestimmten Düngestufe bzw. Düngerart (Tabelle 3). Das Versuchsmittel (146 g XP/kg TM) auf der obergrasreichen Wiese lag allerdings um ca. 10 g XP/kg TM unter dem Versuchsmittel des Weidelgrasstandorts im Allgäu. Bei fehlender P-Düngung wurden nur 2,4 g P/kg TM im Futter erreicht. Bei den P-gedüngten Varianten lagen die mittleren P-Gehalte im Futter bei ca. 3,0–3,5 g/kg TM (Tabelle 3, rechts).

Im Trend stiegen die P-Gehalte im Futter mit zunehmender Wasserlöslichkeit und bei teil- bzw. vollaufgeschlossenem Phosphat auch mit der Höhe der P-Düngung an. Allerdings bewegten sich dabei die Unterschiede in einem relativ engen Bereich. So brachte eine Verdopplung der P-Düngung nur eine Anhebung der mittleren P-Gehalte um 0,2–0,4 g P/kg TM.

Aus pflanzenbaulicher und futterbaulicher Sicht (Milchviehfütterung) sind P-Gehalte von rund 3,0 g/kg TM ausreichend. Somit führte im bisherigen Untersuchungszeitraum eine stark reduzierte P-Düngung (Var. 2, 4, 6) weder zu relevanten Ertrags- noch zu relevanten Qualitätseinbußen. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen des Versuchs im Allgäuer Alpenvorland, wobei hier allerdings auf dem Weidelgrasstandort mit ca. 3,0 g P/kg TM (ohne P-Düngung) bzw. 3,4–4,2 g/kg TM (mit P-Düngung) deutlich höhere P-Gehalte gemessen wurden. Damit werden Ergebnisse von Diepolder und Raschbacher (2016) untermauert, die anhand von mehrjährigen Monitoringdaten von Praxisflächen bei Wiesenfuchsschwanzwiesen niedrigere P-Gehalte im Aufwuchs als bei weidelgras- oder kräuterreichen Wiesen feststellten.

P-Abfuhr und Phosphatgehalte im Boden

Im siebenjährigen Durchschnitt wurde im Versuchsmittel (hier ohne die Kontrollvariante) bei einem Ertragsniveau von 117 dt TM/ha bei verlustloser Ernte und vier Schnitten pro Jahr eine mittlere P-Abfuhr in Höhe von 37 kg P/ha bzw. rund 85 kg P₂O₅/ha erreicht.

Dies war um rund 10 kg P₂O₅/ha weniger als beim Standort im Allgäuer Alpenvorland, obwohl dort bei Volldüngung das Ertragsniveau um ca. 5 dt/ha niedriger lag. Erhebliche P-Mengen – wenn gleich weniger als im Allgäuer Alpenvorland – wurden vom Boden selbst nachgeliefert, dies zeigt die Kontrollvariante (1) ohne P-Düngung, bei der mit dem Futter durchschnittlich rund 54 kg P₂O₅/ha (24 kg P/ha) mit dem Erntegut abgefahren wurden (Tabelle 4).

Tabelle 4: P-Abfuhr¹⁾ und mittlere CAL-Phosphatgehalte in 0–5, 5–10 und 10–20 cm Tiefe²⁾

Variante	P-Abfuhr (kg P ₂ O ₅ /dt TM)	CAL-Phosphatgehalt _{Boden} (mg P ₂ O ₅ /100 g B.)		
		0–5 cm	5–10 cm	10–20 cm
1 Kontrolle	54	5	2	1
2 P ₅₀ Super	81	8	3	1
3 P ₁₀₀ Super	96	17	5	2
4 P ₅₀ Nova, Ced.	81	8	3	2
5 P ₁₀₀ Nova, Ced.	91	11	4	1
6 P ₅₀ w. Roh	81	7	3	1
7 P ₁₀₀ w. Roh	80	8	2	1

¹⁾ Mittel aus 7 Versuchsjahren (2004–2010); GD_{5%} = 8,0 kg P₂O₅/ha

²⁾ Mittel aus 11 Bodenprobennahmen im 8-jährigen Untersuchungszeitraum 2003–2010

Auch Rohphosphat wurde zumindest bei der niedrigen Düngungsstufe (P₅₀) auf dem sauren Boden im Vergleich zur Kontrollvariante in P-Ertrag umgesetzt, allerdings blieb eine Verdoppelung der P-Düngung (P₁₀₀) bei Rohphosphat wirkungslos (Tabelle 4), woraus im Versuch bei Variante 7 trotz hohem Ertragsniveau eine deutlich positive P-Bilanz resultiert. Bei voll- bzw. teilaufgeschlossenem P-Düngern wurden bei einer Verdoppelung der P-Düngung um 50 kg P₂O₅/ha nur rund 10–15 kg mehr P₂O₅/ha abgefahren, die P-Ausnutzung sank damit stark ab.

Höhe und Form der P-Düngung wirkten sich auf die mittleren CAL-Gehalte im Oberboden, speziell in 0–5 cm Tiefe aus. Ab 10 cm Tiefe wurden keine Unterschiede mehr gemessen (Tabelle 4). Bei Applikation von P₁₀₀ als teil- bzw. vollaufgeschlossenes Phosphat nahmen die P_{CAL}-Gehalte im Oberboden (0–10 cm) im Trend (ohne Darstellung) über die Jahre deutlich zu, bei fehlender P-Düngung lag der P_{CAL}-Gehalt ab dem dritten Versuchsjahr sehr niedrig bei 3 mg P₂O₅/100g Boden.

Schlussfolgerungen

Bei Wiesen mit unterschiedlicher Bestandszusammensetzung und hohem Ertragspotenzial (über 100 dt TM/ha) bestehen bei gleicher Nutzungsintensität Unterschiede hinsichtlich der P-Gehalte im Futter und damit auch bei der P-Abfuhr. Aus rein fachlicher Sicht sollte daher der Wiesentyp idealerweise bei der Düngebedarfsermittlung nach wie vor Berücksichtigung finden.

Auch bei niedriger P-Versorgung des Bodens (Gehaltsklasse B) können hohe TM-Erträge sowie für die Pflanzen- bzw. Tierernährung optimale P-Gehalte erzielt werden. Dies auch, wenn die jährlich zugeführte P-Düngung mehrjährig deutlich unter P-Abfuhr durch das Erntegut liegt.

Literatur

- Diepolder, M. und Raschbacher, S. (2016): Untersuchungen zu Phosphatgehalten von Grünlandaufwüchsen auf bayerischen Praxisflächen. *Tagungsband* der 60. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (AGGF) in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. in Luxemburg. [Hrsg.]. ASTA, Lycee Technique Agricole, CONVIS; 63–66.
- Klapp, E. und Stählin, A. (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes, *Buch*, Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- Klapp, E., Boeker, P., König, F. und Stählin, A. (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Verlag Schaper, Hannover. *Das Grünland* 5: 2 S.
- Kuhn, G., Heinz, S. und Mayer, F. (2011): Grünlandmonitoring Bayern – Ersterhebung der Vegetation 2002–2008. – *LfL-Schriftenreihe* 3/2011.
- Rieder, J.B. (1983): Dauergrünland. *Buch*, BLV-Verlagsgesellschaft München.
- Wendland, M., Diepolder, M. und Capriel, P. (2012): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. 10. unveränderte Auflage 2012 (mit aktualisiertem Anhang). *LfL-Information*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan.

Nischenüberlappung und Ressourcenpartitionierung zwischen seltenen Leierantilopen (*Damaliscus korrigum*) und anderen Herbivoren im Pendjari Biosphärenreservat (Nordbenin)

Djagoun, C.A.M.S. und Wrage-Mönnig, N.
Grünland und Futterbauwissenschaften, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Universität Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock
nicole.wrage-moennig@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Der Bestand der Leierantilopen ist in Westafrika in den letzten Jahrzehnten stark zurückgegangen, z.T. aufgrund von Habitatveränderungen und Wilderei (Sayer 1982, Sinsin *et al.* 2002). Allerdings ist die Leierantilope auch als recht spezialisierte Art bekannt, die vermutlich anfälliger auf Habitatveränderungen und das Vorkommen konkurrierender Antilopenarten reagiert als mehr generalistische Arten (Codron *et al.* 2009). Bisher fehlen jedoch vergleichende Daten zur genauen Ernährungsweise dieser und ggf. konkurrierender Antilopenarten. Erkenntnisse über die Aufteilung von Futter- und Habitatressourcen, die das Zusammenleben verschiedener Herbivore in einer Region ermöglichen, sind fundamental wichtig für das Management und den Schutz dieser Tiere. Neben der Leierantilope (*Damaliscus korrigum*) kommen im hier untersuchten Pendjari Biosphärenreservat (PBR) in Nordbenin u.a. der Kaffernbüffel (*Syncerus caffer brachyceros*), Wasserbock (*Kobus defassa*), Westafrikanische Kuhantilope (*Alcelaphus buselaphus*), Pferdeantilope (*Hippotragus equinus*) und die Senegal Grasantilope (*Kobus kob*) vor. In diesem Projekt wollen wir 1) die räumliche Verteilung von Leierantilope und anderen sympatrischen Herbivoren im PBR untersuchen, 2) die Futterpräferenzen der verschiedenen Arten in Bezug auf Futterverfügbarkeit und Jahreszeit testen, 3) die Habitatmerkmale erfassen, die diese Arten ökologisch unterscheiden und 4) die Zeiten im Jahresverlauf identifizieren, die für die Ernährung der Leierantilope kritisch sind.

Material und Methoden

Das PBR liegt in Nord-Westbenin (10°30' bis 11°30' n.B., 0°50' bis 2°00' ö.L., Abbildung 1). 1954 wurde das Gebiet zum Wildreservat erklärt, 1961 dann zum Pendjari Nationalpark. Heute umfasst es eine streng geschützte Kernzone ('Nationalpark' genannt, 2660 km² groß) und zwei angrenzende Jagdgebiete, die "Konkombri" und "Pendjari" Jagdzonen an der östlichen und südwestlichen Flanke des Nationalparks (insgesamt noch einmal 1971 km²). Im Osten schließen sich die Ausläufer des Atacoramassivs an, im Norden und Westen der Fluss Pendjari. Im Norden grenzt das PBR an Burkina Faso. Im PBR gibt es eine Regenzeit (April/Mai bis Oktober) und eine Trockenzeit (November bis März). Der Jahresniederschlag beträgt im Mittel 1000 mm, wovon 60 % zwischen Juli und September fallen. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 27 °C. Die Vegetation im PBR besteht aus einem Mosaik an Büschen, Bäumen, Baumsavanne und Grünland. Das Grünland wird im gesamten Gebiet jährlich abgebrannt, um frische Vegetation für die Herbivoren zu erhalten und die Sicht für Safari-Touristen zu erhöhen (die vor allem in der Trockenzeit kommen). Außerdem sollen unkontrollierte Feuer in der späteren Trockenzeit verhindert werden, die von umliegenden Dörfern ausgehen oder von Wilderern angesteckt werden, um illegale Aktivitäten zu maskieren. Ähnlichkeiten und Unterschiede in Habitatmerkmalen der Regionen, die von den vorkommenden Herbivoren genutzt werden, werden entlang von 38 Transekten von je 3 km Länge ausgewertet (Abbildung 1). Hier werden Daten zu den langjährig aus der Luft beobachteten Arten, deren Individuenzahl, GPS-Koordinaten der Sichtungen, sowie am Boden anhand von Vegetationskartierungen Habitattyp und Charakteristika der physikalischen Umwelt wie Topographie, Deckungsgrad durch Bäume, Sträucher oder Gräser, Höhe der höchsten Vegetationsschicht, etc. erhoben. Insbesondere wird untersucht, wie die Grasqualität, die Menge und das assoziierte Prädationsrisiko die Präsenz/Absenz und die Habitatnutzung kleiner, mittelgroßer und großer Herbivoren beeinflusst. Da die Beobachtung der Tiere jedoch nicht immer einfach ist, sollen auch isotopische Analysen sowie Analysen der Faeces (Stickstoffgehalt) vorgenommen werden.

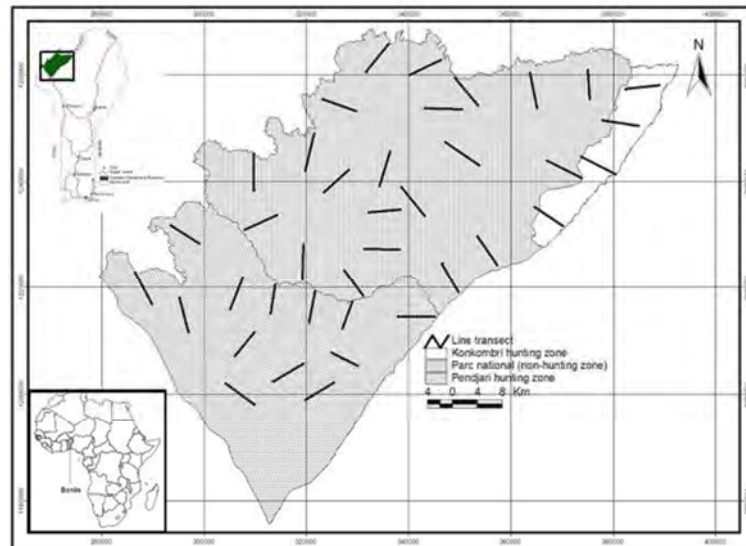


Abbildung 1: Karte des Untersuchungsgebiets mit Ausweisung der Zonen mit (hunting) bzw. ohne (non-hunting) erlaubte Jagd. Außerdem werden die Transekte gezeigt (siehe Text)

Isotopische Analysen werden an Haar- und Zahnproben durchgeführt, die vor allem von Tieren stammen, die in den Jagdzonen geschossen wurden. Diese Analysen erlauben Rückschlüsse darauf, was die Tiere gefressen haben, da es deutliche Unterschiede in den Kohlenstoffisotopenwerten zwischen den vorkommenden C4-Gräsern und den C3-Sträuchern und -Bäumen gibt. Da sowohl Zähne als auch Haare über längere Zeiträume gebildet werden, kann man mit Hilfe dieser Proben auch Aussagen über z.B. jahreszeitliche Änderungen in der Futteraufnahme treffen (Codron *et al.* 2009). Auf Basis der Ergebnisse sollen Ressourcenüberlappungsindices berechnet werden, die auf Piankas symmetrischem Nischenüberlappungsmodell beruhen (Pianka 1986). Mit Hilfe von generalisierten linearen Modellen werden Habitatselektionsmodelle für die untersuchten Herbivoren berechnet.

Ausblick

Bisherige isotopische Untersuchungen der Faeces verschiedener Antilopenarten im PBR haben ergeben, dass sich einzelne Arten hier anders ernähren als von anderen Gebieten (Krüger Nationalpark in Südafrika) her bekannt. So wurden Oribis und Riedböcke, die in anderen Gebieten vor allem weiden (Raufutterfresser), hier als Konzentratselektierer (browser) identifiziert (Djagoun *et al.* 2013). So erwarten wir auch für Leierantilopen ggf. von bisherigen Erkenntnissen abweichende Ergebnisse. Momentan werden Zahnproben für die isotopischen Analysen aufbereitet und werden zur Tagung präsentiert werden.

Danksagung

Die Arbeit von C.A.M.S Djagoun an der Professur Grünland und Futterbauwissenschaften in Rostock wird mit einem Georg-Forster-Stipendium der Alexander von Humboldt Stiftung gefördert.

Literatur

- Codron, D., Codron, J., Lee-Thorp, J.A., Sponheimer, M., Grant, C.C. und Brink, J.S. (2009): Stable isotope evidence for nutritional stress, competition, and loss of functional habitat as factors limiting recovery of rare antelope in southern Africa. *Journal of Arid Environments* 73, 449–457.
- Djagoun, C.A.M.S., Codron, D., Sealy, J., Mensah, G.A. und Sinsin, B. (2013): Stable Carbon Isotope Analysis of the Diets of West African Bovids in Pendjari Biosphere Reserve, Northern Benin. *South African Journal of Wildlife Research* 43, 33–43.
- Pianka, E.R. (1986): *Ecology and Natural History of Desert Lizards*. Princeton University Press.
- Sayer, J.A. (1982): The pattern of the decline of the korrugum *Damaliscus lunatus* in West Africa. *Biological Conservation* 23, 95–110.
- Sinsin, B., Tehou, A.C., Daouda, I. und Saidou, A. (2002): Abundance and species richness of larger mammals in Pendjari National Park in Benin. *Mammalia* 66, 369.

Eignung von Mantel-Saatgut und Hochzuckergras im Vergleich zu handelsüblichen Nachsaatmischungen auf Ertrag und Qualitätsparameter bei Frühjahrs- und Herbstnachsaat von Dauergrünland

Elsäßer, M. und Wurth, W.

Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft,
Milchwirtschaft, Wild und Fischerei
Atzenberger Weg 99 , 88326 Aulendorf
martin.elsaesser@lazbw.bwl.de

Einleitung

Nachsaaten in bestehende Grünlandbestände zum Zwecke der nachhaltigen botanischen Verbesserung von Grünlandbeständen gelingen nicht immer. Neben zu dichten Altbeständen mit in der Folge geringem Lichtangebot für die Keimlinge, wird oft ein ungünstiger Saattermin als Ursache genannt (Elsäßer und Rothenhäusler 2013). Frühjahrsnachsaaten sollen dabei meist den Herbstnachsaaten, aufgrund der geringeren Konkurrenz der Altnarbe im Herbst und der oft besseren Wasserversorgung, unterlegen sein. Einzelne Saatgutfirmen haben zur Verbesserung der Konkurrenzbedingungen des angesäten Saatgutes mittels Ummantelung der Samen zudem versucht, die Auflaufbedingungen der Keimlinge zu optimieren (Fa. Freudenberger). Bei gleichem Saatgutaufwand reduziert sich dabei allerdings aufgrund des Gewichts der Ummantelung die Anzahl an keimfähigen Samen um etwa die Hälfte. Von Interesse war daher, die Effekte differenzierter Saatmengen und der Ummantelung auf die botanische Entwicklung und die Situation hinsichtlich der Trockenmasseerträge und der Futterqualität bei Nachsaat in bestehendes Grünland zu erfassen. Gleichzeitig wurde Hochzuckergras (HZG), das sich in Norddeutschland bei Neuansaat auf Niedermoor bewährt hatte (Jänicke 2007) unter Nachsaatbedingungen getestet.

Material und Methoden

Die Versuchsfläche befand sich in Aulendorf (560m ü. NN, Niederschlag im langjährigen Mittel 902 mm und Jahresmittel bei Temperatur 8,4 °C). Die Bodenart war sandiger Lehm (sL) und der Bodentyp eine Pseudogley-Parabraunerde.

Als Saatgut wurden 7 verschiedene Varianten eingesetzt. Variante 1 stellte die Deckmischung GSWT (Deckmischung Grünland-Schnitt-Weidenutzung trockener Standort) ohne Deutsches Weidelgras mit den Anteilen 25 % *Festuca pratense*, 26 % *Phleum pratense*, 17 % *Poa pratensis*, 9 % *Festuca rubra rubra*, 9 % *Dactylis glomerata* und 13 % *Trifolium repens* dar (Saatmenge: 12 kg/ha). Als Varianten 2 und 3 wurden die Nachsaatmischungen für Intensives Grünland NSI (88 % *Lolium perenne* nicht ummantelt und 12 % *Trifolium repens*) verwendet. Die NSI mit Mantel-saatgut wurde als Variante 4 und 5 und die NSI zusammen mit Hochzuckergras (Dt. Weidelgras, Sorte Aberavon) zu jeweils 50 % als Varianten 6 und 7 ausgesät. Bei allen Varianten, ausgenommen Variante 1, wurden zwei unterschiedliche Saatgutmengen (10 kg/ha und 25 kg/ha) verwendet. Der Versuch wurde von Mai 2009 bis Ende 2014 durchgeführt. Vor jedem Schnitt erfolgte eine Klee-Gras-Kraut-Schätzung nach Klapp-Stählin. Weiterhin wurde in den Jahren 2012–2014 jeweils der erste Aufwuchs einer Ertragsanteilschätzung unterzogen. Der Bestand wurde jährlich fünfmal geschnitten mit Ausnahme des Jahres 2009, in dem nach der Nachsaat im Mai noch dreimal gemäht wurde. Erhoben wurden die Trockenmasse-, Rohprotein- und Energiegehalte, damit konnten die Trockenmasse-, Rohprotein- und Energieerträge berechnet werden.

Die Stickstoffdüngung erfolgte in 4 bis 5 Gaben in Form von Kalkammonsalpeter (KAS). Insgesamt wurden circa 240 kg N/ha und Jahr ausgebracht. Die PK-Düngung in Höhe von 100 kg/ha P₂O₅ und rund 170 kg/ha K₂O erfolgte jeweils im März. In den Jahren 2009 bis 2012 wurde im August noch eine weitere K-Düngung in Höhe von ca. 175 bis 200 kg/ha K₂O gegeben.

Die jährlich durchgeführte Grundbodenuntersuchung ergab, dass die Phosphor- und Magnesiumgehalte im Boden weitestgehend im optimalen Bereich (Klasse C) lagen. Beim Kaliumgehalt befand sich der Boden in Klasse B. Der pH-Wert des Bodens schwankte zwischen 5,3 und 6,3.

Der Versuch wurde in vollständig randomisierten Blöcken durchgeführt. Dabei wurde die Anlage in vier Teilversuche für die jeweiligen Saattermine gegliedert: Versuch A: Ansaat mit Deckmischung (07.05.2009); Versuch B: 1. Nachsaat (16.09.2009); Versuch C: 2. Nachsaat (28.05.2010); Versuch D: 3. Nachsaat (08.09.2010). In jedem Teilversuch wurden drei Wiederholungen mit den jeweils 7 verschiedenen Varianten angelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen zeigen, dass sich der Einfluss des Mantelsaatguts nur geringfügig positiv auf den Ertrag und bestimmte Qualitätsparameter auswirkte. Im Versuch A, der Ansaat mit Deckmischung, erbringt die Variante 4 (MS NSI 10 kg/ha) einen signifikant niedrigeren Trockenmasse-, Rohprotein- und Energieertrag als die Varianten 1 (GSWT ohne WD) und 5 (MS NSI 25 kg/ha). Die Variante 1 weist den höchsten TM-Ertrag und einen sehr hohen Energie- und Rohproteinenertrag auf. Im Umkehrschluss lässt sich folglich bei Variante 1 der niedrigste Energiegehalt von lediglich 5,72 MJ NEL feststellen. Im Gegensatz zu Versuch A weist die Variante 4 im Versuch B (1. Nachsaat) den höchsten TM-Ertrag auf. Die Variante 1 zeichnet sich ebenfalls wieder durch einen hohen Rohprotein- und Energieertrag aus. Dennoch lassen sich zwischen den einzelnen Varianten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der verschiedenen Qualitätsparameter finden. Betrachtet man im Versuch C (2. Nachsaat) ebenfalls wieder den TM-Ertrag, schneidet neben der Variante 2 (NSI 10 kg/ha) nun das Mantelsaatgut mit der höheren Saatmenge (Var. 5) signifikant schlechter ab als die Variante 1. Weitere signifikante Unterschiede treten beim Rohprotein- und Energieertrag auf. Hier erreichen wiederum Variante 2 und 4 einen niedrigeren Ertrag als Variante 1. Dadurch, dass die 3. Nachsaat für den Versuch D erst im Herbst 2010 ausgebracht worden ist, sind für diesen Versuch in der Tabelle 1 die Mittelwerte von 2011 bis 2014 verwendet worden. Die TM- und Energieerträge weisen jeweils keine signifikanten Differenzen auf, wohingegen beim Rohproteinenertrag die Variante 6 (NSI (50 %) + HZG (50 %)) signifikant schlechter als die Variante 2, mit dem höchsten Ertrag, abschneidet.

Generell schwanken die Rohprotein- und Energiegehalte innerhalb und zwischen den Teilversuchen eher wenig. Auffallend ist jedoch, dass die Energiegehalte generell sehr unterdurchschnittlich ausfallen. Damit erreichen die Grünlandbestände nicht die für Silagebereitung gewünschten mehr als 6,0 MJ NEL/kg TM. Die TM-Erträge befinden sich mit den Mittelwerten von 126–155 dt/ha im Allgemeinen auf einem überdurchschnittlichen Niveau (KTBL 2005).

Tabelle 1: Ertragsanteile an *Lolium perenne* (Mittelwerte der ersten Aufwüchse der Jahre 2012 und 2014)

Variante	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014
	Saat Frühjahr 2009		Saat Herbst 2009		Saat Frühjahr 2010		Saat Herbst 2010	
1	1,0	3,3	1,7	1,7	2,7	1,7	1,7	4,0
2	9,7	13,3	4,7	10,0	5,7	10,7	5,0	9,3
3	13,3	21,7	7,0	14,0	6,3	15,3	6,0	14,7
4	10,0	18,0	4,0	7,7	6,0	12,3	4,3	18,3
5	12,7	18,7	6,7	12,7	7,0	13,0	5,0	17,3
6	12,0	21,3	6,3	19,3	6,0	16,3	3,0	22,3
7	18,3	24,3	8,7	22,0	10,7	23,3	5,7	22,7

Die Verwendung von Mantelsaatgut zur Nachsaat hatte in diesem Versuch kaum positive Auswirkungen auf den TM-, Energie- und Rohproteinenertrag. Saatgutfirmen, die Mantelsaaten vertreiben, versprechen verbesserte Auflaufbedingungen und damit einhergehend auch bessere Etablierungsmöglichkeiten im Bestand (Feldsaaten Freudenberger 2017, Tamegger 2008). Das vorliegende Ergebnis lässt die Vermutung zu, dass die möglicherweise vorteilhaften Effekte der Umantelung, durch die tatsächlichen Bedingungen zur Aussaat und Keimung überlagert werden. Eine pauschale Feststellung wonach der Einsatz von Mantelsaatgut zu höheren Erträgen und besseren Qualitäten als herkömmliches Saatgut führt, lässt sich also nicht treffen.

Um zudem dieselbe Aussaatmenge von keimfähigen Körnern von ummanteltem Saatgut gegenüber Normalsaatgut zu erreichen, müsste die Saatgutmenge erhöht werden, was zu deutlich höheren Kosten führen würde.

Tabelle 2: Mittelwerte des Ertrages und der Gehalte an TM, Rohprotein und Energie 2010–2014

Variante	TM-Ertrag		Rohprotein		Energie	
	dt TM/ha	%	dt/ha		MJ NEL/kgTM	MJ NEL/ha
Versuch A Saat Frühjahr 2009						
1 GSWT (ohne WD 12 kg/ha)	147,7 ^a	14,3	21,1	a	5,72	84.439 ^{ab}
2 NSI 10 kg/ha	143,0 ^{ab}	14,5	20,8	ab	5,79	82.794 ^{ab}
3 NSI 25 kg/ha	143,1 ^{ab}	14,3	20,5	ab	5,82	83.268 ^{ab}
4 MS NSI 10 kg/ha	139,2 ^b	14,2	19,8	b	5,78	80.425 ^b
5 MS NSI 25kg/ha	147,8 ^a	14,3	21,2	a	5,76	85.082 ^a
6 NSI (50 %) + HZG (50 %) 10 kg/ha	141,1 ^{ab}	14,5	20,5	ab	5,82	82.188 ^{ab}
7 NSI (50 %) + HZG (50 %) 25 kg/ha	140,7 ^{ab}	14,3	20,1	ab	5,90	82.971 ^{ab}
GD 5 %	8,0		1,1			4.513
Versuch B Saat Herbst 2009						
1 GSWT (ohne WD 12 kg/ha)	155,8	13,9	21,6		5,79	90.156
2 NSI 10 kg/ha	154,0	13,7	21,1		5,68	87.550
3 NSI 25 kg/ha	154,1	13,9	21,4		5,70	87.776
4 MS NSI 10 kg/ha	157,4	13,6	21,3		5,72	89.976
5 MS NSI 25 kg/ha	157,0	13,7	21,5		5,64	88.601
6 NSI (50 %) + HZG (50 %) 10 kg/ha	155,6	13,8	21,5		5,72	89.046
7 NSI (50 %) + HZG (50 %) 25 kg/ha	155,3	13,6	20,9		5,75	88.239
GD 5 %	6,9		1,1			4.027
Versuch C Saat Frühjahr 2010						
1 GSWT (ohne WD 12 kg/ha)	137,2 ^a	13,9	19,1	a	5,64	77.312 ^a
2 NSI 10 kg/ha	126,8 ^b	13,7	17,3	d	5,66	71.744 ^b
3 NSI 25 kg/ha	133,9 ^a	13,0	18,3	abc	5,66	75.812 ^a
4 MS NSI 10 kg/ha	127,5 ^b	13,7	17,4	cd	5,65	71.999 ^b
5 MS NSI 25 kg/ha	133,2 ^a	13,7	18,3	abc	5,69	75.735 ^a
6 NSI (50 %) + HZG (50 %) 10 kg/ha	134,3 ^a	13,7	18,4	ab	5,61	75.368 ^a
7 NSI (50 %) + HZG (50 %) 25 kg/ha	133,5 ^a	13,6	18,1	bcd	5,68	75.850 ^a
GD 5 %	5,5		1,0			3.333
Versuch D Saat Herbst 2010*						
1 GSWT (ohne WD 12 kg/ha)	128,3	13,3	17,0	ab	5,71	73.271
2 NSI 10 kg/ha	128,0	14,0	17,9	a	5,76	73.787
3 NSI 25 kg/ha	125,8	13,5	17,0	ab	5,68	71.396
4 MS NSI 10 kg/ha	127,4	13,6	17,3	ab	5,71	72.687
5 MS NSI 25 kg/ha	125,3	13,6	17,0	ab	5,64	70.664
6 NSI (50 %) + HZG (50 %) 10 kg/ha	121,5	13,3	16,2	b	5,76	70.012
7 NSI (50 %) + HZG (50 %) 25 kg/ha	123,1	13,9	17,2	ab	5,78	71.146
GD 5 %	8,5		1,4			4.874

* Mittelwerte von 2011–2014, Nachsaat erfolgte im Herbst 2010

GSWT = Deckmischung Grünland-Schnitt-Weidenutzung trockener Standort; NSI = Nachsaatmischung intensive Nutzung; MS = Mantelsaatgut; HZG = Hochzuckergras)

Die Einflüsse von Hochzuckergras wurden in dieser Versuchsdurchführung ebenfalls untersucht. Die Varianten mit Hochzuckergras (Var. 6 und 7) wiesen vereinzelt höhere Energiegehalte auf als die der anderen Varianten. Nichtsdestotrotz liegen die meisten Ergebnisse sowohl beim Energiegehalt als auch beim Energieertrag eher auf durchschnittlichem Niveau. Mit den im Versuch erzielten Energiegehalten lässt sich der Einsatz von Kraftfutter nicht substituieren.

Die Ergebnisse lassen keinen klaren Zusammenhang zwischen der Saatmenge und den Erträgen an TM, Rohprotein und Energie erkennen. Eine Ausnahme stellt hier der Unterschied zwischen Variante 4 und 5 im Versuch A dar.

Die Ergebnisse der botanischen Analysen zeigen, dass Nachsaat generell zu einer Steigerung der Ertragsanteile an *Lolium perenne* geführt hatte (Tabelle 2). Sehr deutlich ist das bei den Varianten 6 und 7, in deren NSI-Mischung 50 % Hochzuckergras enthalten war. Die Anteile hatten sich teilweise verdoppelt bis verdreifacht. In den Nachsaatmischungen für intensive Nutzung (NSI) ist zu 88 % *Lolium perenne* enthalten (LAZBW 2011). Dieser hohe Anteil kann bei Nachsaat nochmals einen erheblichen Konkurrenzdruck auf andere Arten ausüben. Nachsaaten mit ummanteltem Saatgut hatten ebenfalls zu einer Erhöhung der Ertragsanteile an *Lolium perenne* geführt, jedoch tendenziell weniger stark als die Varianten mit Hochzuckergras. In Variante 1, bei der lediglich die Deckmischung GSWT ohne Deutsches Weidelgras ausgesät worden war, blieb der Anteil an *Lolium perenne* deutlich niedriger. Wie bei den anderen erfassten Parametern lässt sich auch bei der Veränderung der Ertragsanteile nur ein leichter positiver Effekt der Saatmenge hinsichtlich der Ertragsanteile an WD feststellen. Im Verlauf der Versuchsdauer konnte sich das WD allerdings kontinuierlich entwickeln.

Schlussfolgerungen

Zusammengefasst können folgende Schlüsse gezogen werden: Die Ansaat im Frühjahr hatte höhere Anteile an Dt. Weidelgras als die Herbstsaat zur Folge. Die höhere Saatmenge wirkte positiv auf die Entwicklung von WD und im Verlaufe der Versuchsdauer nahm der Weidelgrasanteil stetig zu. Hochzuckergräser entwickelten sich bei Nachsaat besser als das Mantelsaatgut. Die Unterschiede zwischen Mantelsaatgut und normalem Saatgut waren aber letztlich sehr gering.

Literatur

- Tamegger, C. (2008): Einsatz von Mantelsaatgut im Grünland. 14. Alpenländisches Expertenforum, Raumberg-Gumpenstein.
- Freudenberger (2017): www.freudenberger.net Abruf am 8.5.2017.
- Elsäßer, M. und Rothenhäusler, S. (2013): Nachsaat vor Kahlschlag bei der Grünlandverbesserung. DLZ Agrarmagazin, 3, 2–6.
- Jänicke, H. (2007): Hoch-Zuckerreiches Gras auf einem norddeutschen Niedermoorstandort – vierjährige Ergebnisse. Mitteilungen der AG Grünland und Futterbau, Bd. 7, 52–56.
- LAZBW (2011): Empfehlungen für die Nachsaat und Neuansaat von Dauergrünland. LAZBW Aulendorf.

Entscheidungsverhalten von Landwirten mit Moorstandorten im Kontext von Produktion und Nachhaltigkeit

Häfner, K. und Weltin, M.

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.

Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg

kati.haefner@zalf.de

Einleitung und Problemstellung

Innerhalb der EU hatte Deutschland im Jahr 2014 die höchsten Treibhausgasemissionen (21,9 % der EU-28). Deutschland hat sich bereit erklärt, bis zu Jahr 2020 die THG-Emissionen um 40 % im Vergleich zu 1990 zu reduzieren und um 80–95 % bis zum Jahr 2050. Um diese Klimaschutzziele zu erreichen, bedarf es großer Anstrengungen, die auch die Landwirtschaft betreffen werden. Entwässerte und landwirtschaftlich genutzte Moore sind eine der THG-Hauptquellen und machen ca. 5 % der dt. Gesamt-THG-Emissionen aus. Die Emissionen werden hauptsächlich durch den Wasserstand und die Bewirtschaftung verursacht. Eine Reduzierung der THG-Emissionen kann erreicht werden durch a) ein verbessertes Wasserstandsmanagement mit einem erhöhten Wasserstand und b) einer extensiven standortangepassten Bewirtschaftung. Dies erfordert ein generelles Umdenken aller Akteure, sowohl der Landwirte als auch der Politik, um eine ökonomisch und ökologisch nachhaltige Wertschöpfung auf Moorstandorten zu ermöglichen. Im Bereich der politischen Anreizinstrumente wurde in Brandenburg eine neue Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahme (AUKM) entwickelt, um den entstehenden Einkommensverlust der Landwirte bei einer längerfristigen Anhebung des Wasserstands auszugleichen. Die AUKM „Moorschonende Stauhaltung“ hat das Ziel, sowohl den Boden als klimarelevanten Kohlenstoffspeicher und Biodiversität zu erhalten als auch Landwirten eine Bewirtschaftung der Flächen zu ermöglichen. Dazu muss die Staustufe auf 10 cm unter Geländeoberkante festgesetzt werden (im Bewirtschaftungszeitraum 30 cm erlaubt) und die Fläche als Grünland einmal im Jahr genutzt werden. Zur Akzeptanz, Effektivität und optimalen Ausgestaltung der Maßnahme gibt es bisher nur wenig Erfahrung und Wissen. Hier knüpft ein Teil unserer Forschung an. Neben den politischen Anreizinstrumenten muss ein Umdenken hin zu einer nachhaltigen Wertschöpfung auf dem Betrieb stattfinden. Dies beinhaltet eine ganzheitliche Anpassung des Produktionsprozesses. Unter dem Begriff „nachhaltige Intensivierung“ (NI) wird ein breites Bündel an Strategien diskutiert. Ziel ist, die landwirtschaftliche Produktionsleistung zu optimieren und gleichzeitig negative Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft einzudämmen (Pretty und Bharucha 2014). Konzepte reichen von neuen Technologien bis hin zu alt bewährten Praktiken wie der Nutzung angepasster Sorten oder Produktionsresten, die nicht vermarktet werden wie z.B. Schnittgut auf Grünlandstandorten. Ein weiterer Aspekt der NI beinhaltet die Kooperation über den einzelnen Betrieb hinaus, beispielsweise im Rahmen einer abgestimmten Landschaftsnutzung oder dem überregionalen Austausch von Wissen und Ressourcen. Hinsichtlich des besonderen Wertes von Moorstandorten für den Klimaschutz muss regionale Vernetzung berücksichtigt werden, die in der Forschung teilweise noch vernachlässigt wird, wie eine systematische Literaturanalyse zeigt (Weltin *et al.* 2017). Ziel dieser Studie ist die Entscheidungen von Landwirten sowohl für die Annahme der beschriebenen AUKM „Moorschonende Stauhaltung“ als auch für eine Adaption der Wertschöpfung im Sinne einer nachhaltigen Intensivierung und standortangepassten Bewirtschaftung zu analysieren und Einflussfaktoren zu bewerten. Wir untersuchen, welche einzelnen Faktoren die Annahme der AUKM „Moorschonende Stauhaltung“ beeinflussen und wie wichtig Kooperation, Koordination und Nachbarschaftseffekte dabei sind. Gleichzeitig interessiert uns, welche NI-Strategien gewählt werden und wie diese erfolgreich miteinander verknüpft werden.

Material und Methoden

Die Datengrundlage dieser Studie basiert auf der schriftlichen standardisierten Befragung von 454 landwirtschaftlichen Betrieben in Norddeutschland (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen, Schleswig Holstein). Das Untersuchungsgebiet ist auf Postleitzahlenbereiche mit hohen Mooranteilen eingeschränkt.

Insgesamt bewirtschaften 179 Betriebe (39 %) Moorflächen. Auf diesen Teil der Stichprobe bezieht sich diese Studie. Tabelle 1 gibt einen kurzen Überblick zur Beschreibung der untersuchten Betriebe.

Tabelle 1: Deskriptive Beschreibung der untersuchten Stichprobe

Variable	Durchschnitt	Standard-Abweichung	Min	Max	N
Größe (ha)	483,78	726,11	2,57	4560	168
Anteil Grünland (%)	54	35	0	100	168
Moor Ackerland (ha)	18,46	83,38	0	820	159
Moor Grünland extensiv (ha)	71,99	140,46	0	900	159
Moor Grünland intensiv (ha)	35,87	112,80	0	1000	159
Moor naturnah (ha)	6,24	28,54	0	257	159
Einzelunternehmen*	0,60	0,49	0	1	168
Vollzeitbetrieb*	0,71	0,46	0	1	168
Spez. Futterbau*	0,45	0,50	0	1	163
Spez. Ackerbau*	0,17	0,38	0	1	163
Mischbetrieb*	0,35	0,49	0	1	163

* binäre Variable, der Durchschnitt repräsentiert den Anteil, auf die die Charakteristik zutrifft.

Um die Annahmefähigkeit der AUKM „Moorschonende Stauhaltung“ zu bewerten, wurde ein sogenanntes Discrete Choice Experiment durchgeführt, eine Methode aus dem Bereich der Mikroökonomie. Dabei bewerten Befragte ein Set an Alternativen und wählen eine Option aus. Jede Alternative ist eine Kombination aus Vertragseigenschaften/Attributen, die in Levels variiert werden (siehe Abbildung 1).

	Option A	Option B	Option C
Vertragslänge	10 Jahre	2 Jahre	Keine der beiden Optionen
Unterstützung bei Kooperation mit Nachbarn	Ja, durch Wasser- und Bodenverband	Nein	
Aufwand	Gering	Hoch	
Abnahme des Schnittguts	Ja, gesichert zu Marktpreisen	Nein	
Finanzielle Kompensation	220 €	380 €	
Ich wähle:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 1: Beispiel einer Antwortmöglichkeit im Choice Experiment auf die Frage: „Bei welcher der folgenden Optionen könnten Sie sich vorstellen einen Vertrag zu unterschreiben?“

Beschreibung der Maßnahme: Staustufe wird auf 10 cm unter Geländeoberkante eingestellt; 30 cm unter Geländeoberkante im Bewirtschaftungszeitraum vom 01.06 bis 15.10. zulässig

Basierend auf Literatur, Workshops und initialen Interviews mit Landwirten wurden im Experiment fünf Attribute berücksichtigt: Vertragslänge, Unterstützung bei der Kooperation mit benachbarten Flächennutzern, Aufwand für die Beantragung der Maßnahme, Abnahme des Schnittguts und die Kompensationszahlung. Jede/r Befragte beantwortete neun unterschiedlich variierte Sets. Über ein conditional logit Model lässt sich errechnen, wie wichtig einzelne Attribute für die Entscheidung zur Annahme der Maßnahme sind. Zur Untersuchung der standortangepassten Bewirtschaftung wurde ein Bündel an relevanten NI Strategien ausgewählt. Diese werden auf Basis einer konzeptionellen Rahmens vier Bereichen zugeordnet (Weltin *et al.* 2017). Sie umfassen im Bereich „agronomische Entwicklungen“ reduzierte Bodenbearbeitung und Precision Farming; im Bereich „Ressourceneffizienz“ Nutzung von Produktionsresten als Futter, integrierter Pflanzenschutz und Einsatz einer Betriebsmanagementsoftware; im Bereich „Landschaftsplanung“ Bewirtschaftung von Flächen mit Naturschutzauflagen und Blühstreifen; und im Bereich „regionale Integration“ Austausch von Ressourcen, Mitgliedschaft in Maschinenringen oder Kooperativen, Direktvermarktung, Vermarktung unter Regionalmarken sowie Kooperation mit anderen Landnutzern in der Region.

Die Analyse wird unter der Annahme durchgeführt, dass der Betrieb ein nutzenmaximierendes Bündel an NI Maßnahmen auswählt. In einer Korrelationsanalyse wird geprüft, ob es eine Tendenz zur Kopplung und gemeinsamen Anwendung von NI-Strategien gibt. Dazu werden tetrachorische Korrelationskoeffizienten geschätzt. Diese schätzen die Korrelation der nicht beobachtbaren latenten Variablen, der Neigung des Betriebs eine Strategie anzuwenden. Übersteigt diese eine bestimmte Grenze entscheidet sich der Betrieb für die Maßnahme.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Ausgestaltung der AUKM „Moorschonende Stauhaltung“ haben sich alle fünf betrachteten Attribute als wichtig heraus gestellt. Es gibt eine klare Präferenz für einen 5-Jahres-Vertrag, der sowohl Planungssicherheit als auch eine gewünschte Flexibilität bietet. Verträge mit 2 oder mit 10 Jahren sind deutlich weniger gewünscht. Eine Unterstützung bei der Kooperation mit benachbarten Landwirten würde die Annahme der AUKM deutlich erhöhen, allerdings nur, wenn der Wasser- und Bodenverband diese Leistung übernimmt. Eine Unterstützung durch das Landwirtschaftsamt wird eher abgelehnt und sogar leicht schlechter bewertet als gar keine Unterstützung. Beim Aufwand, der nötig ist, um an der Maßnahme teilzunehmen, gibt es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen geringem und mittlerem Aufwand. Erst ein hoher Aufwand schreckt ab und reduziert die Bereitschaft zur Teilnahme. Da bei erhöhten Wasserständen die Qualität des Schnittguts in ihrem Futterwert stark sinkt, stellt sich die Frage, was mit dem Schnittgut geschehen soll. Im Experiment haben wir ein Szenario vorgestellt, in dem ein Niedermoorheizkraftwerk auf Gemeindeebene eingerichtet wird, das das Schnittgut abnehmen würde, um es thermisch umzusetzen. Im Choice Experiment hat sich gezeigt, dass eine Abnahme des Schnittguts präferiert wird und einen positiven Einfluss auf die Annahme der AUKM hätte. Ob es dafür eine festgesetzte Zahlung von 50 €/t TM gibt, oder die Preise am Markt schwanken, scheint keinen Einfluss zu haben. Betrachten wir hingegen die Höhe der finanziellen Beihilfe, die aus Mitteln der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU geleistet wird, zeigt sich, dass sie gegenüber den anderen Attributen am bedeutendsten ist. Eine Zahlung von ca. 550 €/ha/Jahr wäre nötig, damit Landwirte einen Vertrag unterzeichnen. Bei Interpretation dieser Zahl ist Vorsicht geboten, da die Bereitschaft an der AUKM teilzunehmen, sehr stark zwischen Betrieben schwankt und von Faktoren abhängt wie der umgebenden Nutzungsintensität, den aktuellen Wasserständen, oder der Notwendigkeit eigene Tiere zu versorgen.

Tabelle 2: Präferenz für einzelne Attributlevel

Attribute und ihre Level		Präferenz
Vertragslänge (2 Jahre als Basis)	5 Jahre	+++
	10 Jahre	+
Unterstützung bei der Kooperation (keine Unterst. als Basis)	durch Landwirtschaftsamt	o
	durch Wasser- und Bodenverband	+++
Aufwand (geringer Aufwand als Basis)	Mittel	o
	Hoch	- - -
Abnahme des Schnittguts (keine Abnahme als Basis)	Abnahme zu Festpreis	++
	Abnahme zu Marktpreisen	++
	Finanzielle Ausgleichszahlung	+++

Skala: von - - - für stark signifikant negativen Einfluss bis + + + für stark signifikant positiven Einfluss auf die Annahme. Angegeben ist auch die Basis zu der berechnet wurde. Genaue Werte sind späteren Publikationen zu entnehmen.

Wenn der Blick auf das gesamtbetriebliche Management erweitert wird, werden im Verhältnis mehr Maßnahmen nachhaltiger Intensivierung auf dem Betrieb als auf einer regionalen Vernetzungsebene durchgeführt (Abbildung 2). Eine wichtige Rolle spielt dabei die reduzierte Bodenbearbeitung. Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutz oder der Optimierung von Wissensabläufen im Betrieb über eine Managementsoftware sind im Bereich Ressourceneffizienz relevant. Auf regionaler Ebene ist die Mitgliedschaft in Maschinenringen oder Kooperativen und die Kooperation mit anderen Landnutzern verhältnismäßig wichtig. Eine wichtige Frage stellt sich nach der Kopplung von Strategien. Es ist davon auszugehen, dass viele erst in der gemeinsamen Anwendung positive Effekte entfalten.

Die Ergebnisse zeigen, dass neben den 22 % der Betriebe, die keine NI-Strategien anwenden, viele Betriebe zu einer Kopplung mehrerer Strategien neigen (Tabelle 3). Erste Ergebnisse, welche Strategien gekoppelt werden zeigt eine Korrelationsanalyse der vier beschriebenen Handlungsfelder (Tabelle 4).

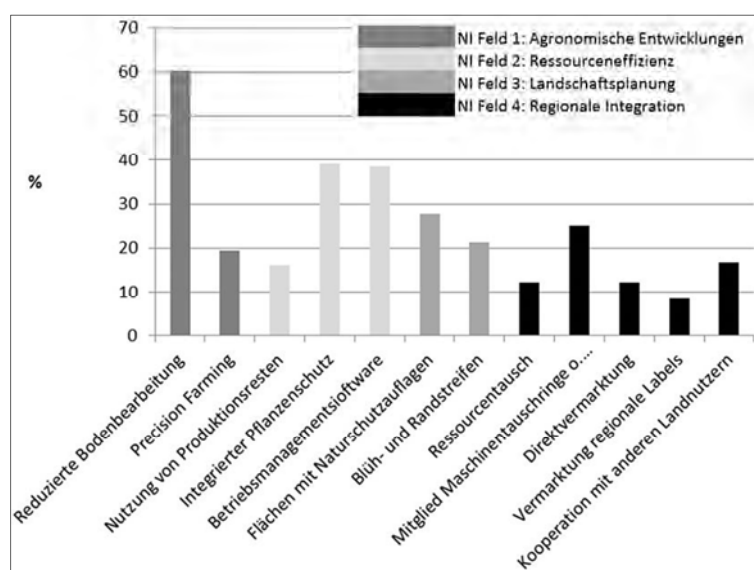


Abbildung 2: Anteile der Betriebe, die NI Strategien durchführen, sortiert nach Handlungsfeldern. (N=179 Betriebe)

Tabelle 3: Anzahl angewandeter NI Strategien anteilig nach Betrieben (N=179)

Anzahl Maßnahmen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
% Betriebe	22.4	12.3	14.0	8.9	15.6	11.2	7.3	3.4	2.8	1.1	0.6	0.6

Tabelle 4: Korrelationsanalyse des Annahmeverhaltens NI-Strategien nach Handlungsfeldern

	Feld 1	Feld 2	Feld 3	Feld 4
Feld 1	1			
Feld 2	0,784 (0,000)	1		
Feld 3	0,296 (0,019)	0,432 (0,000)	1	
Feld 4	0,510 (0,000)	0,603(0,000)	0,414 (0,000)	1

Tetrachorischer Korrelationskoeffizient, p-Wert in Klammern; Feld 1: Agronomische Entwicklung; Feld 2: Ressourceneffizienz; Feld 3: Landschaftsplanung; Feld 4: Regionale Integration

Insgesamt besteht eine starke Indikation, dass Betriebe zu einer gekoppelten Anwendung verschiedener NI-Bereiche neigen. Alle Korrelationskoeffizienten zwischen den Handlungsfeldern sind statistisch signifikant und der kleinste Wert liegt bei 0,29. Einen besonders starken Zusammenhang gibt es zwischen den beiden Handlungsfeldern auf Betriebsebene. Auffallend ist, dass die Korrelation zwischen dem Feld der Ressourceneffizienz und der regionalen Integration mit 0,6 sehr stark ist. Das zeigt, dass geschlossene Ressourcenkreisläufe und Managementoptimierung auch mit einer stärkeren regionalen Denk- und Handlungsweise zusammenhängen. Landschaftsplanung und regionale Integration sind im Vergleich schwächer korreliert. Es ist anzunehmen, dass durch die Kopplung von Strategien Pfadabhängigkeiten eingeleitet werden, die letztendlich zu bestimmten Wertschöpfungsmustern führen. Die hier dargestellten Ergebnisse hinsichtlich der AUKM als auch für eine adaptierte Wertschöpfung im Sinne der NI können lediglich erste Hypothesen liefern, die in multivariaten Modellen überprüft werden müssen. Die Unterscheidung nach Betriebstypen dürfte eine wichtige Rolle für unterschiedliches Entscheidungsverhalten spielen.

Literatur

Liste kann bei den Autoren erfragt werden.

Einfluss von Heu aus artenreichen Bergwiesen mit erhöhten Gehalten an Polyphenolen auf die Stickstoffverwertung von Milchkühen

Ineichen, S.¹, Künzler, A.D.², Marquardt, S.², Kreuzer, M.² und Reidy, B.¹

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

² ETH Zürich, Institut für Agrarwissenschaften, Zürich, Schweiz

beat.reidy@bfh.ch

Einleitung und Problemstellung

Mit der kürzlichen Einführung des Programms «Graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion (GMF)» in der Schweiz soll die Nutzung von Wiesenfutter für Wiederkäuer gefördert werden (BLW 2013). Obwohl die Verwendung von Wiesenfutter als primäre Futtergrundlage in der Wiederkäuerernährung vielfältige Vorteile aufweist (d.h. Nutzung der betriebseigenen Futtergrundlage, artgerechte Fütterung, Erhöhung der Futterautonomie), sind der Stickstoff-Verwertung durch das Tier relativ enge Grenzen gesetzt. Im Vergleich zu beispielsweise Sojaextraktionsschrot wird das aus dem Wiesenfutter stammende Protein im Pansen zu einem höheren Anteil zu Ammoniak abgebaut (Givens und Rulquin 2004). Zugleich wird in graslandbasierten Systemen eine möglichst hohe Futterautonomie verbunden mit einer Minimierung der Zufuhr von energiereichen Kraftfutterkomponenten wie z.B. Weizen oder Mais, aber auch Maissilage angestrebt. Dies reduziert die Möglichkeit, den vorhandenen überschüssigen Stickstoff effizient zu verwerten. Dieser Anteil geht dann als direkte Proteinquelle verloren und belastet den Stoffwechsel des Tieres und die Umwelt. Es stellt sich deshalb die Frage, wie das im Wiesenfutter enthaltene Protein möglichst effizient genutzt werden kann. Interessanterweise bietet die botanische Vielfalt an Wiesenfutter selbst einen möglichen Lösungsansatz an. Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (Polyphenole), wie sie besonders in kräuterreichen Naturwiesenbeständen (Fraisie *et al.* 2007; Besle *et al.* 2010), aber auch in bestimmten Futterleguminosen (Grosse Brinkhaus *et al.* 2016) vorkommen, können die Pansenstabilität des Futterproteins und somit die N-Verwertung erhöhen. Um dieser Frage näher nachzugehen, wurde ein Fütterungsversuch mit Milchkühen durchgeführt, in dem der Einfluss von Heu von Kunst- und Naturwiesen aus unterschiedlichen Höhenlagen bzw. mit unterschiedlicher botanischer Zusammensetzung auf die Stickstoff-Verwertung und die Milchleistung untersucht wurde.

Material und Methoden

In einem Stickstoffbilanzversuch mit 24 Milchkühen auf der ETH-Forschungsstation Chamau (Zug) wurde der Einfluss vier unterschiedlicher Heurationen auf Milchleistung, Milchqualität und Stickstoffverwertung untersucht. Jede Ration bestand aus einem Heu (B, Kunstwiese, 2. Schnitt), welches zu rund 90 % aus Englisch Raigras (*Lolium perenne*) zusammengesetzt war und durch Heu (alle 1. Schnitt) von einer der vier folgenden Pflanzenbestände ergänzt wurde (Tabelle 1): gräserreich mit überwiegend Englisch Raigras (G_R, Kunstwiese), gräserreich mit diversen Arten (G, Naturwiese), ausgewogen (A, Naturwiese) und einem kräuterreichen Bestand (K, Naturwiese). Für den Fütterungsversuch wurde die Energieaufnahme (NEL) auf Basis von Laboranalysendaten in allen vier Gruppen gleich gehalten. Die Kühe erhielten ausser dem Heu nur ein vitaminisiertes Mineralfutter. Um den Einfluss von Heu mit erhöhten Gehalten an totalen phenolischen (TP) Inhaltsstoffen auf Milchproduktion und Stickstoffverwertung zu ermitteln, wurde je eine Kontrollration mit moderatem Gehalt an Rohprotein (RP) in der Trockensubstanz (TS) (15,5 %; R-P-, Bestand B + G_R) und mit hohem RP-Gehalt (17,5 %; R++P-, Bestand B + G) verfüttert. Diese Rationen zeichneten sich durch relativ tiefe Phenolgehalte aus (Tabelle 1).

Das Heu der beiden Testrationen mit erhöhten Gehalten an Phenolen entstammte von artenreichen Bergwiesen (R+P+, Bestand B + A; R++P+, Bestand B + K). Die beiden Testrationen wurden so gemischt, dass sie mit 15,5 % (R+P+) bzw. 16,1 % (R++P-) RP-Gehalte aufwiesen, die zwischen den beiden Kontrollrationen lagen. Mit mit 27,4 g/kg bzw. 34,9 g/kg TP in der TS enthielten sie verhältnismässig hohe Phenolgehalte.

Tabelle 1: Botanische Zusammensetzung und geschätzte Anteile verschiedener Pflanzenarten in den Versuchsheuchargen (Anteile in % der TS; nur Werte über 3 % aufgelistet) bestimmt im Aufwuchs während des jeweiligen Vegetationszyklus (Dietl 1995), sowie gemessene chemische Zusammensetzung und berechnete Energiegehalte

Name	B	G _R	G	A	K
Herkunft (Kanton)	Zug	Aargau	Jura	Bern	Graubünden
Typ	Kunstwiese	Kunstwiese	Naturwiese	Naturwiese	Naturwiese
Aufwuchs	2	1	1	1	1
Meter über Meer.	420	537	1100	1921	1668
NEL (MJ/kg TS)	5,63	5,24	4,53	5,25	4,72
RP (g/kg TS)	196	111	88	126	125
Phenole (g/kg TS)	11,6	13,5	11,7	27,4	34,9
KT ¹	–	–	–	2,8	12,6
HT ²	–	–	–	9,7	4,1
Anzahl Arten (n)	8	6	28	27	44
Gräser, (n)	93,5 %, (5)	95,0 %, (3)	95,0 %, (14)	60,0 %, (6)	15,0 %, (16)
<i>Agrostis stolonifera</i>				3,0 %	
<i>Bromus erectus</i>			23,7 %		
<i>Cynosurus cristatus</i>			15,2 %		
<i>Dactylis glomerata</i>			7,6 %		
<i>Festuca pratensis</i>				3,0 %	
<i>Holcus lanatus</i>			4,7 %		
<i>Lolium multiflorum</i>		92,5 %			
<i>Lolium perenne</i>	90,5 %		17,1 %		6,0 %
<i>Nardus stricta</i>				51,6 %	
<i>Poa pratensis</i>					3,0 %
<i>Trisetum flavescens</i>			16,1 %		
Kräuter, (n)	1,5 %, (1)	+ ³ , (1)	2,5 %, (10)	37,5 %, (17)	80 %, (24)
<i>Crepis aurea</i>				15,8 %	
<i>Crepis biennis</i>					4,0 %
<i>Crepis paludosa</i>					4,0 %
<i>Geranium sylvaticum</i>					3,2 %
<i>Plantago alpina</i>				9,4 %	
<i>Plantago lanceolata</i>					4,0 %
<i>Polygonum bistorta</i>					24,0 %
<i>Ranunculus acris</i>				7,5 %	
<i>Rhinanthus minor</i>					20,0 %
<i>Taraxacum officinale</i>					4,0 %
<i>Veratrum album</i>					3,6 %
Leguminosen, (n)	5,0 %, (2)	5,0 %, (2)	2,5 %, (4)	2,5 %, (4)	5,0 %, (4)
<i>Trifolium pratense</i>	4,0 %	5,0 %			4,0 %

¹ Kondensierte Tannine

² Hydrolysierbare Tannine

³ Vorhanden, Anteile unbedeutend

Die 24 Kühe wurden zufällig einer der vier Rationen zugeteilt, wobei folgende Parameter im Mittel möglichst gleich gehalten wurden: Leistung ($32,5 \pm 7,1$ kg energiekorrigierte Milch (ECM)/Tag, $1,31 \pm 0,29$ kg Fett/Tag, $1,10 \pm 0,22$ kg Protein/Tag), Anzahl Laktationstage (162 ± 92 Tage), Laktationsnummer ($3,6 \pm 1,5$), Rasse (insgesamt 8 Braunvieh-, 16 Holsteinkühe) und Körpergewicht (663 ± 44 kg).

In drei leicht überlappenden Durchgängen, die mit 13 Tagen Anfütterung begannen, wurden die Milchmenge und -inhaltsstoffe (Milcoscan, Suisselab AG, Zollikofen), sowie quantitativ der Futterverzehr und die Ausscheidung an Kot, Harn und Milch an insgesamt sieben Messtagen erfasst. Aus den entsprechenden N-Gehaltsanalysen wurde die Stickstoffbilanz berechnet. Die statistische Auswertung erfolgte mit R (V. 3.2.3, 2015) mittels einer Varianzanalyse mit Ration als Haupteffekt und dem Durchgang als Blockfaktor. Mittelwertvergleiche wurden mit dem Tukey-Test durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Der tägliche Verzehr an Heu von 15,6 kg TS unterschied sich nicht signifikant zwischen den vier getesteten Rationen (Tabelle 2). Die Aufnahme an RP in kg/Kuh und Tag war für die Kontrollgruppe mit hohem RP-Gehalt R++P-signifikant höher als für die anderen Gruppen. Die Aufnahme an Phenolen war bei den Testgruppen R+P+ und R++P+ mit ca. 350 g/Kuh und Tag vergleichbar und signifikant höher als bei den beiden Kontrollgruppen (ca. 210 211 g/Kuh und Tag). Sowohl die produzierte Milchmenge als auch die gemessenen Gehalte der Milch an Fett, Protein sowie Laktose unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Gruppen. Die Verwertung des Futterstickstoffs für die Milchproteinsynthese unterschied sich signifikant zwischen den beiden Kontrollgruppen mit tiefem resp. hohem RP-Gehalt in der Ration. Die beiden Testrationen mit hohen Gehalten an Phenolen zeigten eine signifikant unterschiedliche Verwertung des Stickstoffs, obwohl die RP-Aufnahme vergleichbar mit derjenigen der Kontrollgruppe R-P- war. Die Ration R+P+, welche sich sowohl durch einen hohen Anteil an Gräsern wie auch Kräutern auszeichnete, erzielte mit 27,4 % die insgesamt höchste Stickstoffverwertung, wohingegen die kräuterreiche Ration (R++P+) mit 21,5 % signifikant tiefer lag. Bei vergleichbarer RP-Aufnahme mit der Kontrollration R-P- und mit den beiden Testrationen zeigte sich somit, dass die Gehalte an Phenolen unterschiedlich auf die Stickstoffverwertung wirken. Eine mögliche Erklärung liefert die unterschiedliche Zusammensetzung der Tannine. Die Ration R+P+ enthielt mit 2,8 g/kg TS rund 4,5 mal weniger kondensierte Tannine als die Ration R++P+ mit 12,6 g/kg TS. Die hydrolysierbaren Tannine waren mit 9,7 g/kg TS in der Ration R+P+ jedoch rund doppelt so hoch wie in der Ration R++P+ mit 4,1 g/kg TS.

Tabelle 2: Heu-TS-Aufnahme, Milchleistung und Gehalt an Milchinhaltsstoffen, sowie Stickstoffverwertung von Milchkühen bei Verfütterung von Rationen mit unterschiedlichen Gehalten an RP (R) und Phenolen (P) (Werte sind Mittelwerte und Standardfehler, n=6)

	Kontrollrationen		Testrationen	
	R-P-	R++P-	R+P+	R++P+
Aufnahme (kg TS/Kuh und Tag)	$15,4 \pm 0,31$	$16,4 \pm 0,28$	$15,6 \pm 0,15$	$15,1 \pm 1,03$
RP-Aufnahme (kg/Kuh und Tag)	$2,3^b \pm 0,05$	$2,9^a \pm 0,04$	$2,4^b \pm 0,04$	$2,4^b \pm 0,12$
Gesamtphenole (g/Kuh und Tag)	$209^b \pm 4,3$	$211^b \pm 3,3$	$324^a \pm 4,0$	$366^a \pm 35,9$
ECM (kg/Kuh und Tag)	$19,0 \pm 0,69$	$19,3 \pm 1,44$	$21,3 \pm 1,23$	$16,6 \pm 1,64$
Fett (g/100 g Milch)	$4,94 \pm 0,40$	$4,36 \pm 0,12$	$5,16 \pm 0,25$	$5,19 \pm 0,29$
Protein (g/100 g Milch)	$3,63 \pm 0,29$	$3,48 \pm 0,13$	$3,72 \pm 0,22$	$3,74 \pm 0,26$
Stickstoffverwertung (Milchprotein-N in % der N-Aufnahme)	$26,2^a \pm 0,01$	$21,6^b \pm 0,01$	$27,4^a \pm 0,01$	$21,5^b \pm 0,01$

^{a-c} Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben sind signifikant voneinander verschieden ($P < 0.05$)

Schlussfolgerungen

Milchmenge und Milchinhaltsstoffe blieben durch die verschiedenen Rationen unbeeinflusst. Allerdings zeigte sich für die Gruppe R+P+, welche mit dem an Gräsern und Kräutern ausgewogenen Bergwiesenbestand gefüttert wurde, eine signifikant bessere Stickstoffverwertung. Dies zeigt einerseits das Potenzial dieses Pflanzenbestandes bzw. einzelner darin enthaltener Arten auf, welches in der Fütterungspraxis gezielt genutzt werden könnte. Im Vergleich zum kräuterreichen Bestand der Ration R++P+ zeigt sich andererseits, dass die Zusammensetzung der Phenole auf den Futterverzehr und die Wirkung auf die Stickstoffverwertung grosse Bedeutung hat.

Literatur

- Besle, J.M., Viala, D., Martin, B., Pradel, P., Meunier, B., Berdague, J.L., Fraisse, D., La-maison, J.L. und Coulon, J.B. (2010): Ultraviolet-absorbing compounds in milk are related to forage polyphenols. *Journal of Dairy Science* 93, 2846–56.
- BLW (Bundesamt für Landwirtschaft) (2013): *Agrarbericht*, 2013.
- Dietl, W. (1995): Wandel der Wiesenvegetation im Schweizer Mittelland. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 4, 239–249.
- Fraisse, D., Carnat, A., Viala, D., Pradel, P., Besle, J.M., Coulon, J.B., Felgines, C. und La-maison, J.L. (2007): Polyphenolic composition of a permanent pasture: variations related to the period of harvesting. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87, 2427–2435.
- Givens, D.I. und Rulquin, H. (2004): Utilisation by ruminants of nitrogen compounds in silage-based diets. *Animal Feed Science and Technology* 114, 1–18.
- Grosse Brinkhaus, A., Bee, G., Silacci, P., Kreuzer, M. und Dohme-Meier, F. (2016): Effect of exchanging *Onobrychis viciifolia* and *Lotus corniculatus* for *Medicago sativa* on ruminal fermentation and nitrogen turnover in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99, 4384–4397.

Ertragsleistungen und Futterqualitäten von Rohrschwengel, Festulolium, Lieschgras und Deutschem Weidelgras – dreijährige Untersuchungen in Nordwestdeutschland

Kalzendorf, C.¹ und Hinrichsen, H.-C.²

¹ Fachbereich Grünland und Futterbau der Landwirtschaftskammer Niedersachsen
26121 Oldenburg, Mars-la-Tour-Straße 1–13
christine.kalzendorf@lwk-niedersachsen.de

² Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein Abteilung Pflanzenbau, Pflanzenschutz, Umwelt
24768 Rendsburg, Grüner Kamp 15–17
hchinrichsen@lksh.de

Einleitung und Problemstellung

Im Allgemeinen gilt das Deutsche Weidelgras als das wertvollste Grünlandgras, denn es vereint eine Vielzahl positiver Eigenschaften. Die Schwächen des Futtergrases werden allerdings bei schwierigen Standortbedingungen wie beispielsweise dem Moor und den Hochlagen deutlich, denn hier ist die Winterfestigkeit des Deutschen Weidelgrases im Vergleich zu anderen erwünschten Grünlandgräsern geringer.

Diese Tatsache wurde insbesondere nach den harten Wintern 2010 und 2011 sichtbar. Mit den in der Praxis beobachteten Auswinterungsschäden entfachte sich in Fachgremien die Diskussion um die Berechtigung von Weidelgras betonten Grasmischungen auf schwierigen Standorten.

Zunehmend gab es auch aus der Praxis Anfragen, wie die züchterisch neu bearbeiteten Futtergräser, beispielsweise der Wiesenschweidel (*Festulolium*) und der Rohrschwengel, in diesem Kontext einzuordnen sind.

Als Struktur betontes Gras wird zudem der Rohrschwengel in Firmenmischungen seit einigen Jahren beworben. Seitens der Officialberatung waren aktuelle Futterwertdaten von diesem Gras rar. Vor dem Hintergrund wurde in 2012 ein Versuch mit unterschiedlichen Grünlandgräsern in Reinsaat auf drei Standorten in Niedersachsen und auf einem Standort in Schleswig-Holstein angelegt. Das Ziel der dreijährigen Untersuchungen bestand darin, Fragen zum Leistungs- und Ausdauer- vermögen sowie zur Futterqualität von Grünlandgräsern zu beantworten.

Material und Methoden

Jeweils vier Grasarten wurden auf drei Standorten in Niedersachsen und einem Standort in Schleswig-Holstein angebaut (Tabelle 1).

Tabelle 1: Beschreibung der Versuchsstandorte

Standort	Boden-		pH-Wert	Bodenpunkte	Saattermin
	typ	art			
Otterham	Seemarsch	sT	7,0	90	03.09.2012
Ovelgönne	Brackmarsch	sT	5,8	88	07.09.2012
Dasselsbruch	Podsol-Gley	hS	5,3	20	28.08.2012
Schuby	Podsol	hS	5,3	23	20.08.2012

Einen Überblick über die Sortenwahl innerhalb der Grasarten gibt Tabelle 2. Mit Ausnahme vom Wiesenschweidel unterschieden sich die Genotypen innerhalb einer Grasart grundsätzlich hinsichtlich des Ährenschiebens. Da von den Grasarten prinzipiell eine unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeit zu erwarten war, wurde in dem Exaktversuch jede Grasart für sich randomisiert in vier Wiederholungen angebaut. Die Aussaaten erfolgten auf den vier Versuchsstandorten ab Mitte August bis Anfang September 2012.

Zu wesentlichen Untersuchungskenndaten gehörten der Trockenmasseertrag sowie die Bestimmung der Nährstoff- und Energiegehalte. Die Futterwerte von je einer Probe aus der A-Wiederholung wurden mit der NIRS-Technik bei der AG Fuko untersucht. Die Futterqualitäten wurden auf diese Art und Weise vom ersten bis zum dritten Schnitt ermittelt. Darüber hinaus erfolgten Bonituren nach den Richtlinien des Bundessortenamtes.

Tabelle 2: Überblick über die im Exaktversuch geprüften Grasarten und Sorten

Anbau-Nr.	Grasart	Sorte	Ährenschieben	Körner/m ²
1	Rohrschwengel	Lipalma	2	1500
2	Rohrschwengel	Hykor	3	1500
3	Rohrschwengel	Barolex	5*	1500
4	Rohrschwengel	Bariane	7*	1500
5	Rohrschwengel	Elodie	6*	1500
6	Wiesenlieschgras	Aturo	3	3000
7	Wiesenlieschgras	Lischka	3	3000
8	Wiesenlieschgras	Barpenta	7	3000
9	Wiesenschweidel	Paulita	7	1500
10	Wiesenschweidel	Perun	7	1500
11	Wiesenschweidel	Perseus	8	1500
12	Deutsches Weidelgras	Arvicola M VRS	1	1500
13	Deutsches Weidelgras	Activa t	5	1500
14	Deutsches Weidelgras	Honroso	7	1500

* vorläufige Einschätzung

Zur Orientierung der Schnittreife wurden innerhalb der vier Grasarten spezielle Sorten als Leitgräser ausgewählt. Sie sind daher in Tabelle 2 mit Fettdruck hervorgehoben.

Ergebnisse und Diskussion

Der Versuch machte zunächst deutlich, dass für eine gute Etablierung von Rohrschwengel und Wiesenlieschgras eine frühe Saat notwendig ist, um eine größere Sicherheit für eine gute Vorwinterentwicklung zu haben. Im Exaktversuch folgte nach der Saat im Zeitraum Mitte August bis Anfang September ein harter Winter, was auf dem Standort in Ovelgönne zu Auswinterungsschäden beim Rohrschwengel und beim Lieschgras führte. Beide Grasarten mussten daher im ersten Nutzungsjahr entweder neu angesät bzw. nachgesät werden. Insofern kam es auf diesem Standort in der ersten Jahreshälfte für die beiden Grasarten zunächst zu Ertragseinbußen.

Auf dem leichten Sandstandort in Dasselsbruch mangelte es nach der Saat zunächst an Niederschlägen, was die Jugendentwicklung verzögerte. Das betraf vor allem die sich langsam entwickelnden Grasarten Rohrschwengel und Lieschgras. Folglich trat in den Parzellen eine verstärkte Verkräutung auf.

Ohne Mängel entwickelten sich alle Gräser in Schuby (Schleswig-Holstein) und in Wirdum (Niedersachsen).

In Tabelle 3 sind die Ertragsergebnisse der einzelnen Grasarten als Mittelwert der vier Prüfstandorte für das jeweilige Nutzungsjahr aufgeführt. Daraus geht hervor, dass prinzipiell alle vier Grasarten sehr hohe Erträge erzielten. Die intensive Nutzung wirkte sich auf die Entwicklung der Grasnarbe für alle der vier geprüften Grasarten förderlich aus.

Mit Abstand die höchsten Erträge erzielte der Rohrschwengel. In abnehmender Reihenfolge folgten Festulolium, Deutsches Weidelgras und Lieschgras.

Der Rohrschwengel erwies sich im zweiten und dritten Nutzungsjahr als sehr ertragsstabil. Es bestätigte sich auch hier die Beobachtung anderer Anbauversuche, dass der Rohrschwengel im Gegensatz zu den anderen Grasarten mit zunehmender Nutzungsdauer nicht in seiner Ertragshöhe abfiel.

Tabelle 3: TM-Erträge und N-Entzüge (1. bis 3. Schnitt) für die Grasarten

Jahr	TM-Ertrag in dt TM/ha			
	FL	LG	RSW	WD
2013	171,6	104,2	135,2	149,0
2014	146,3	143,0	178,5	129,7
2015	127,9	123,3	169,4	103,3
Mittelwert TM-Ertrag	148,6	123,5	161,0	127,3
Mittelwert N-Entzug in kg N/ha für den 1. bis 3. Schnitt	227,0	207,4	239,2	188,4

FEL: Festulolium, WL: Wiesenlieschgras, RSC: Rohrschwengel, WD: Deutsches Weidelgras

Vom Festulolium wurde im ersten Nutzungsjahr der mit Abstand höchste Ertrag im Vergleich zu den anderen drei Grasarten erreicht. Es kam jedoch mit den beiden weiteren Nutzungsjahren zu einem allmählichen Ertragsrückgang.

Zwischen den beiden Grünlandgräsern Lieschgras und Deutsches Weidelgras waren die Ertragsunterschiede gering.

Die im Versuch geprüften Grasarten kamen uneingeschränkt mit der intensiven Nutzungsweise und Düngungsintensität zurecht.

Der N-Entzug lag auf hohem Niveau. Wie zu erwarten war, konnte für den Rohrschwengel als ertragreichste Grasart auch der höchste N-Entzug ermittelt werden. Im Futterwert gab es große Unterschiede, wie aus Abbildung 1 hervorgeht.

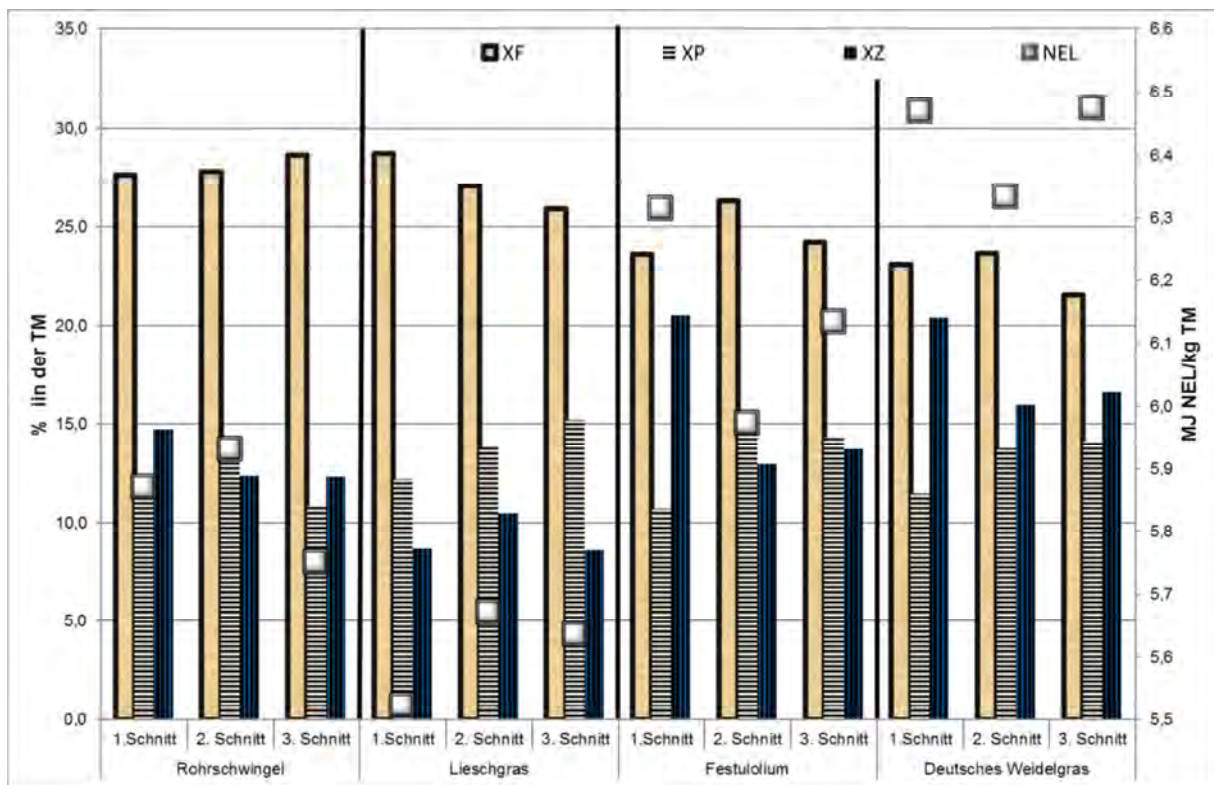


Abbildung 1: Futterwerte des ersten bis dritten Aufwuchses des Erntejahres 2015 (Mittelwerte von vier Standorten)

Energiekonzentrationen von $> 6,0$ MJ NEL/kg TM wurden für den Rohrschwengel und das Lieschgras aufgrund der erhöhten Rohfasergehalte im Allgemeinen nicht erreicht.

Die stets besten Futterqualitäten erzielte erwartungsgemäß das Deutsche Weidelgras. Es zeichnete sich bei den Frühjahrsaufwüchsen zudem durch hohe Zuckerkonzentrationen und damit einer guten Silierfähigkeit aus. Das Niveau des Rohfasergehaltes entsprach bei Ernte zum optimalen Schnitzeitpunkt den Anforderungen für ein gut verdauliches Futter.

Die Futterqualität des Festuloliums war deutlich besser im Vergleich zum Rohrschwengel und Lieschgras. An die hohen Energiewerte des Deutschen Weidelgrases kam der Festulolium allerdings infolge der erhöhten Rohfasergehalte gleichfalls nicht heran. Insofern lässt sich der Futterwert des Festuloliums zwischen den Grasarten Rohrschwengel und Lieschgras einerseits sowie dem Deutschen Weidelgras andererseits einordnen. Ähnlich wie beim Deutschen Weidelgras fielen die Zuckergehalte des Festuloliums bei den Frühjahrsaufwüchsen relativ hoch aus. Das lässt gleichfalls wie beim Deutschen Weidelgras eine gute Silierfähigkeit erwarten.

Fazit

Die im Versuch geprüften Grasarten sind bei intensiver Schnittnutzung unter guten Standort- und Witterungsbedingungen in der Lage, gute bis sehr gute Ertragsleistungen zu erbringen.

Aus Sicht der Ertragshöhe kann sowohl der Rohrschwengel und der Wiesenschweidel als Ackergrastyp eingeordnet werden.

Gemäß den Versuchsdaten gab es nur geringe Ertragsvorteile des Deutschen Weidelgrases gegenüber dem Lieschgras. In Grünlandmischungen zur intensiven Nutzung ist die Einbindung des Lieschgrases deshalb weiterhin sinnvoll, zumal es auch durch seine Winterfestigkeit wichtige Eigenschaften für eine nachhaltige Nutzung mit sich bringt.

Das Deutsche Weidelgras hat auch in diesem Versuch seine wichtige Rolle als qualitativ wertvolles Futtergras bestätigt.

Eine gute Siliereignung kann sowohl dem Deutschen Weidelgras als auch dem Wiesenschweidel zugesprochen werden.

Im Hinblick auf den relativ hohen Rohfasergehalt eignen sich der Rohrschwengel, das Lieschgras und der Wiesenschweidel gleichermaßen als Strukturträger. Von diesen drei Obergräsern bringt der Wiesenschweidel die besseren Voraussetzungen sowohl zur Erhaltung des Futterwertes als auch zur Silierfähigkeit mit.

Ertrag und Rohproteingehalt in Kleegrasmischungen

Leisen, E
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Nevinghoff 40, 48147 Münster
edmund.leisen@lwk.nrw.de

Einleitung und Problemstellung

In Beratung und Praxis werden unterschiedliche Kleegrasmischungen empfohlen und eingesetzt. Die Empfehlungen beruhen nur auf Versuchsergebnissen weniger Standorte. Speziell im ökologischen Landbau (mit 2- oder Mehrartenmischungen statt reinen Grasansaat und keiner Nivellierung der Einflussfaktoren durch Stickstoffdüngung) können die unterschiedlichen Standort- und Anbaubedingungen die Entwicklung von Klee gras erheblich beeinflussen. Eine große Anzahl unterschiedlicher Bedingungen liefern zusammen mit bekannten Eigenschaften der einzelnen Arten Erklärungsansätze für die unterschiedliche Bestandesentwicklung in der Praxis und die Basis für gezieltere Empfehlungen: siehe auch Versuchsbericht (2004a) und Versuchsbericht (2004b):

Fragestellung:

Wie lassen sich Ertrag (Trockenmasseertrag, Rohproteinertrag) und Qualität (Proteingehalt) durch Aussaatmischung, Saattechnik (Untersaat/Blanksaat) und Nutzungsdauer (ein- oder mehrjährig) beeinflussen?

Material und Methoden

Grundlage bilden die Mischungsvergleiche im Rahmen des Projektes Öko-Leitbetriebe der letzten 20 Jahre in NRW.

Die 26 Vergleiche von Klee gras- und Luzernemischungen teilen sich auf in

- 19 mit Blanksaat, insgesamt 18 Mischungen
- 7 mit Untersaat, insgesamt 14 Mischungen incl. Luzernereinsaat

Je nach Fragestellung wurden unterschiedliche Mischungen verglichen. Diese lassen sich einteilen in:

- Mischungen mit/ohne Knautgras
- Mischungen mit/ohne Welsches Weidelgras
- Rotkleemenge in der Ansaatmischung
- Knautgrasmischungen mit/ohne Luzerne

Ergebnisse, Diskussion und Schlussfolgerungen

Nachfolgend werden die Ergebnisse von Blanksaaten zusammengefasst dargestellt. Einzelheiten sowie die Ergebnisse von Untersaaten sind zu finden im Bericht 1997-2016 „Vergleich von Klee gras- Luzerne- und Kräutermischungen auf Öko-Milchviehbetrieben 1997–2016“.

1. Trockenmasse- und Rohproteinträge nach Blanksaat

- Nachfolgende Tabellen zeigen Trockenmasse (T) -Erträge und Rohproteinträge:
- Kleegrasmischungen ohne Knaulgras und ohne Welsches Weidelgras (=100) erzielten im Vergleich zu den übrigen Mischungen, je nach Jahr, etwas höhere oder auch niedrigere Trockenmasse-Erträge (Tabelle 1), die Rohproteinträge (Tabelle 2) lagen in fast allen Vergleichen deutlich höher.
- Niedrigere Erträge bei den Luzernegrasmischungen (Bollheim, Fläche 2) stehen im Zusammenhang mit späterem Saattermin (9. September) und höherem Unkrautdruck.
- Die Mischung mit einem hohen Kräuteranteil (in den Niederlanden häufiger angesäte Mischung) lag im Trockenmasse-Ertrag im 3–4-jährigen Mittel bei 94–95 %, beim Rohprotein-Ertrag zwischen 72–90 %.

Tabelle 1: Trockenmasse-Erträge von Kleegrasmischungen nach Blanksaat

Bodenart/ Betrieb	mittlerer Jahresertrag (dt T/ha)	Klee gras ohne Knaulgras					Klee gras mit Knaulgras ^{9) 10)} 11) 12)
		mit Welschem Weidelgras			ohne WW		
		A3+W ¹⁾	A3+S ²⁾ /Sonst. ³⁾	4)	A7 ⁵⁾ /Sonst. ⁶⁾	7) 8)	
Rotkleemenge (kg/ha) in Ansaatmischung							
	6	10	15,8	6	10,5-12	6	
RP-Ertrag rel. (Klee gras ohne Welsches Weidelgras=100)							
Sandböden							
IS/Holtwick 1997–1999, 2-jährige Nutzung							
	107	104		106	100 ⁵⁾	102 ⁹⁾	
S/Batenhorst 2004–2005, 2-jährige Nutzung							
	88	106	97 ²⁾		100 ⁶⁾	104 ¹⁰⁾	
S/Batenhorst 2012–2016, Mittel von 3 Flächen, 2-jährige Nutzung							
	104	94	99 ²⁾		100 ⁵⁾		
Lehmböden							
uL/Wiesengut 1997–1998, 1-jährige Nutzung							
	94		102 ³⁾			100 ¹⁾	
tL/Altenheerse 2004–2005, 1-jährige Nutzung							
	106	97	101 ²⁾		100 ⁶⁾		
SL/Minden 2012–2016, Mittel von 3 Flächen, 2-jährige Nutzung							
	130	94	98 ²⁾			100 ⁸⁾	
L/Frankenhausen, Bollheim (2 Flächen), Warstein 2016, bisher 1-jährige Nutzung							
	112	93	103 ²⁾		100 ⁵⁾	55–88 ^{11) 12)}	

¹⁾ A3 + W: 17 % RKL, 12 % WKL, 30 % DW, 21 % WW, 21 % BW.

²⁾ A3 + S: 29 % RKL, 30 % DW, 21 % WW, 21 % BW. ³⁾ Klee gras: 29 % RKL, 71 % WW.

⁴⁾ Klee gras: 45 % RKL, 5 % WKL, 20 % DW, 30 % WW.

⁵⁾ A7: 20 % RKL, 13 % WKL, 17 % DW, 33 % WSC, 17 % LG. ⁶⁾ Klee gras: 20 % Rkl, 13 % WKL, 66 % DW.

⁷⁾ Klee gras: 29 % Rkl, 71 % DW. ⁸⁾ Klee gras: 40 % Rkl, 13 % WKL, 34 % DW, 7 % WSC, 6 % LG.

⁹⁾ Klee gras: 20 % Rkl, 13 % Wkl, 29 % DW, 16 % WSC, 14 % LG, 8 % KG.

¹⁰⁾ Luzernegras: 12 % Luz, 18 % Rkl, 8 % Wkl, 2 % Gelbklee, 7 % DW, 29 % WSC, 15 % LG, 9 % KG.

¹¹⁾ Luzernegras: 4 % Luz, 5 % Rkl, 3 % Schwedenklee, 5 % Wkl, 4 % Bokharaklee, 4 % Alexandrinerklee, 22 % DW, 5 % WSC, 9 % LG, 10 % KG, 10 % Rohrschwengel, 2 % Wiesenrispe, 16,5 % Kräuter.

¹²⁾ Luzernegras: 66 % Luz, 34 % Rohrschwengel. ¹²⁾ Luzernegras: 66 % Luz, 17 % WSC, 17 % LG.

RKL: Rotklee, WKL: Weißklee, Luz: Luzerne, DW: Deutsches Weidelgras, WW: Welsches Weidelgras, BW: Bastardweidelgras, WSC: Wiesenschwengel, LG: Lieschgras, KG: Knaulgras

Tabelle 2: Rohprotein-Erträge von Klee-grasmischungen nach Blanksaat

Bodenart/ Betrieb	mittlerer Jahresertrag (kg RP/ha)	Kleegras ohne Knaulgras					Kleegras mit Knaulgras ^{9) 10)} 11) 12)
		mit Welschem Weidelgras			ohne WW		
		A3+W ¹⁾	A3+S ²⁾ /Sonst. ³⁾	4)	A7 ⁵⁾ /Sonst. ⁶⁾	7) 8)	
Rotkleemenge (kg/ha) in Ansaatmischung							
	6	10	15,8	6	10,5-12	6	
RP-Ertrag rel. (Kleegras ohne Welsches Weidelgras=100)							
Sandböden							
IS/Holtwick 1997–1999, 2-jährige Nutzung							
	2081	91		94	100 ^{b)}	103 ⁹⁾	
S/Batenhorst 2004–2005, 2-jährige Nutzung							
	1775	88	86 ²⁾		100 ⁶⁾	95 ¹⁰⁾	
S/Batenhorst 2012–2016, Mittel von 3 Flächen, 2-jährige Nutzung							
	1749	93	97 ²⁾		100 ^{b)}		
Lehmböden							
uL/Wiesengut 1997–1998, 1-jährige Nutzung							
	2532		86 ³⁾		100 ⁷⁾		
tL/Altenheerse 2004–2005, 1-jährige Nutzung							
	2013	85	90 ²⁾		100 ⁶⁾		
SL/Minden 2012–2016, Mittel von 3 Flächen, 2-jährige Nutzung							
	2337	77	86 ²⁾		100 ⁸⁾		
L/Frankenhausen, Bollheim (2 Flächen), Warstein 2016, bisher 1-jährige Nutzung							
	1924	92	88 ²⁾		100 ^{b)}	46–109 ^{11) 12)}	

1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9) 10) 11) 12) Erklärungen siehe Tabelle 1

2. Rohproteingehalte im 1. und 2. Hauptnutzungsjahr

Die hohen Rohprotein-erträge der Mischung A7 (Mischung ohne Welsches Weidelgras) erklären sich durch die höheren Rohproteingehalte, vor allem im 1. Aufwuchs sowohl des 1. als auch 2. Hauptnutzungsjahres (Tabelle 3 und 4).

Tabelle 3: Rohproteingehalt von Kleegras im 1. Hauptnutzungsjahr 2012–2016, jeweils 4–5 Mischungsvergleiche

| Mischung | Standort | Rohproteingehalt (% in T) | | |
|--|-------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| | | 1.Schnitt | 2.Schnitt | weitere Schnitte |
| (in Klammern: Spannbreite der Rohproteingehalte) | | | | |
| A3 + S ¹⁾ | Sandboden | 11,8
(6,9–15,7) | 16,2
(12,4–18,3) | 19,8
(18,2–21,8) |
| | Lehmboden | 8,4
(6,6–9,5) | 15,9
(10,8–18,9) | 21,5
(17,4–24,5) |
| A3 + W ²⁾ | Sandboden | 11,2
(9,4–13,1) | 15,5
(11,4–17,7) | 19,3
(17,7–22,8) |
| | Lehmboden | 8,1
(6,2–9,2) | 17,6
(14,9–20,5) | 19,6
(16,2–22,2) |
| A7 ³⁾ | Sandboden | 13,8
(10,8–16,9) | 15,5
(12,0–18,3) | 19,3
(17,4–21,7) |
| | Lehmboden ⁴⁾ | 12,4
(10,8–13,8) | 18,2
(16,3–20,7) | 20,7
(17,3–22,4) |

1) 2) 3) 4) Erklärungen siehe Tabelle 1

Tabelle 4: Rohproteingehalt von Klee gras im 2. Hauptnutzungsjahr 2013–2016, jeweils 4 Mischungsvergleiche

| Mischung | Standort | Rohproteingehalt (% in T) | | |
|----------------------|-------------------------|---|---------------------|---------------------|
| | | 1.Schnitt
(in Klammern: Spannbreite der Rohproteingehalte) | 2.Schnitt | weitere Schnitte |
| A3 + S ¹⁾ | Sandboden | 13,7
(9,5–17,1) | 16,5
(11,2–20,6) | 19,2
(16,2–22,9) |
| | Lehmboden | 13,0
(10,4–18,4) | 15,5
(13,1–18,7) | 19,0
(15,0–19,7) |
| A3 + W ²⁾ | Sandboden | 12,8
(11,3–13,8) | 16,4
(15,4–17,7) | 17,8
(16,3–19,7) |
| | Lehmboden | 12,8
(10,4–16,9) | 15,8
(13,0–19,3) | 20,4
(17,4–21,9) |
| A7 ³⁾ | Sandboden | 17,5
(14,1–20,1) | 17,8
(15,6–22,3) | 18,5
(16,9–21,6) |
| | Lehmboden ⁴⁾ | 16,3
(14,8–21,2) | 19,9
(18,3–22,5) | 20,0
(18,0–21,9) |

^{1) 2) 3) 4)} Erklärungen siehe Tabelle 1

Literatur

Bericht 1997–2016: „Vergleich von Klee gras- Luzerne- und Kräutermischungen auf Öko-Milchviehbetrieben 1997–2016“ (beim Autor erhältlich) www.oekolandbau.nrw.de/forschung/projekte-versuche-nrw/index.php
 Versuchsbericht 2004a: www.oekolandbau.nrw.de/pdf/projekte_verseuche/leitbetriebe_2004/Bericht_2004/54_Ertrag_Qualit_t_Klee gras_FB_04.pdf.
 Versuchsbericht 2004b: www.oekolandbau.nrw.de/pdf/projekte_verseuche/leitbetriebe_2004/Bericht_2004/52_Bestandesentwicklung_Klee gras_FB_04.pdf.

Flächenproduktivität von Kuhweiden: Vergleich Kurzrasen und Umtriebsweiden

Leisen, E.

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Nevinghoff 40, 48147 Münster
edmund.leisen@lwk.nrw.de

Einleitung und Problemstellung

In vielen Betrieben hat sich in den letzten Jahren die Kurzrasenweide durchgesetzt. Einer der Gründe: Nach Untersuchungen an verschiedenen Standorten (Schweiz, Bayern und Norddeutschland) bringt die Kurzrasenweide eine hohe Flächenproduktivität. Was bisher jedoch fast vollständig fehlt: Der Vergleich mit anderen Weidesystemen (Ausnahme siehe unten). Zwar gibt es Vergleiche zur Trockenmassebildung (Nordrhein-Westfalen und Österreich). Das Ergebnis Umtriebsweide bringt mehr Trockenmasse, ist nicht erstaunlich. Denn fast alle Schnittversuche zeigen: Mit steigender Intensität der Nutzung sinkt der Trockenmasseertrag. Entscheidend ist aber nicht nur die Trockenmasse (TM), sondern auch die Qualität des Aufwuchses. Niedrige Rohfasergehalte von nur 15 % im Mittel der Weideperiode (Versuchsbericht 2015, S. 227) deuten darauf hin, dass der Energiegehalt sehr hoch sein muss. Genauere Angaben sind nicht möglich, da Fütterungsversuche mit derart kurzen Aufwüchsen kaum durchführbar sind. **Für den Landwirt entscheidend ist nicht die aufgewachsene Trockenmasse sondern die erzeugte Milchmenge.** Untersuchungen des Louis-Bolk-Institutes aus 2016 auf Moorboden zeigen: Trotz eines TM-Ertrages von nur 75 % erbrachte die Kurzrasenweide einen höheren Milchertrag (plus 9 % mehr ECM/ha, incl. Differenz in Futteraufnahme im Stall) (Hoekstra *et al.* 2017).

Es geht um folgende Fragestellungen:

Welche Flächenproduktivität wurde erzielt, wie verteilte sie sich über die Weideperiode und welcher Zusammenhang besteht zu Boden und Niederschlägen?

Wie entwickelte sich die Einzeltierleistung?

Material und Methoden

2014 bis 2016 wurden in unterschiedlichen Regionen Betriebe mit unterschiedlichen Weidesystemen verglichen, gestartet 2014 mit 12 Betrieben, 2016 waren es noch 10 Betriebe. Die große Bandbreite bei der Flächenproduktivität in Region 3 zeigte: Für eine fundierte Basis muss die Untersuchung auf weitere Betriebe ausgedehnt werden. Von den 26 Betrieben im Jahr 2016 hatten lediglich 3 weniger als 50 % Weideanteil in der Gesamtration, 14 dagegen mehr als 80 % Weideanteil. Ein hoher Weideanteil ist Voraussetzung für eine genaue Berechnung der Weideproduktivität.

Anmerkung: Der für Mai bis Oktober ausgewiesene Weideanteil ist ein Vergleichswert zwischen den Betrieben: Weidezeiten vor Mai und nach Oktober wurden in diesem Wert berücksichtigt.

Festgehalten wurden in wöchentlichem Abstand: Viehbesatz, mittlere Laktationstage, Niederschlagsmenge, ermolzene Milch, Milchinhaltstoffe (Fett-, Eiweiß-, Harnstoff- und Zellgehalt), Weidefläche, Wuchshöhe (Messung ohne Weiderest), Zufütterung (Komponenten, Menge). Bei der Berechnung der Flächenleistung, ausgedrückt in Milch pro ha und Jahr, wird die realisierte Milchleistung anteilig der Energiezufuhr aufgeteilt (Leisen *et al.* 2013).

Portions- Umtriebs- und Kurzrasenweide im mehrjährigen Vergleich

Regionen:

- Region 1: Kurzrasen- und Portionsweide, jeweils weitgehend ohne Zufütterung
- Region 2: Kurzrasen- und Portionsweide, mit wenig oder ohne Zufütterung
- Region 3: Kurzrasenweide mit wenig Zufütterung und Umtriebsweide mit wenig oder hohem Anteil an Zufütterung.

**Ergebnisse I
(2014 bis 2016, Tabelle 1)**

Die Flächenproduktivität fiel in den einzelnen Jahren und Standorten sehr unterschiedlich aus. Wesentlicher Faktor: Die Wasserversorgung: So begrenzte in Region 1 Trockenheit 2015 und 2016 die Flächenproduktivität auf dem Betrieb mit Kurzrasenweide (weniger Niederschlag, teils leichter Boden), in Region 2 (2014) und Region 3 (2015) waren die Betriebe mit Umtriebsweide stärker betroffen. Die niedrigen Erträge eines Betriebes mit Kurzrasenweide in Region 3 sind wahrscheinlich auf die schwierigen Bodenverhältnisse (Knickmarsch) zurück zu führen. Bei der Einzelkuhleistung erzielten die Betriebe mit Umtriebsweide höhere tägliche Milchmengen, teils allerdings auch mit mehr Kraftfutter.

Fazit der mehrjährigen Vergleiche

Die begrenzte Betriebszahl erlaubt keine Aussage zum Weidesystem. Die Datenbasis muss erweitert werden.

Tabelle 1: Flächenproduktivität: Kurzrasen- und Umtriebsweide 2014 bis 2015/2016

Anzahl Betriebe: jeweils 1 Betrieb, außer (1) mit 5 Betrieben

| | Kurzrasenweide | Umtriebsweide |
|-------------------------|--|---------------|
| | kg ECM/ha | |
| Region 1
(2014–2016) | 10.443 | 10.711 |
| Region 2
(2014–2015) | 9.500 | 9.388 |
| Region 3
(2014–2016) | 8.907 ⁽¹⁾
(6.280–10.208) | 8.933 |

Ergebnisse II

(Weideperiode 2016 in 2 Regionen mit unterschiedlichem Boden, Tabelle 2)

Ablauf der Weideperiode

Ein Teil der Betriebe weidete schon im März, die meisten jedoch erst im April. Aber auch im April verzögerte auf einigen Betrieben zu nasser Boden den Start. Im Juni/Juli war es auf mehreren Betrieben so nass, dass zeitweise die Kühe im Stall blieben. Ab Mitte August gab es bis in den Oktober meist wenig Regen, was den Zuwachs beeinträchtigte.

Tabelle 2: Flächenproduktivität: Kurzrasenweide und Umtriebsweide 2016

1. Klammer: Spannweite der Flächenproduktivität, 2. Klammer: Anzahl Betriebe

| | Kurzrasenweide | Umtriebsweide |
|--|--------------------------------|-------------------------------|
| | kg ECM/ha | |
| Region 3, Lehm- bis Tonboden | 8.548
(6.522–9.370)
(5) | 7.812
(6.797–9.370)
(6) |
| Region 4, Sandboden bis sandiger Lehm, keine Bewässerung | 7.838
(7.140–9.039)
(4) | 8.059
(6.613–9.563)
(5) |
| Region 4, Sandboden bis sandiger Lehm, mit Bewässerung | 9.781
(9.038–10.502)
(3) | |

Flächenproduktivität

Die ausschließlich aus Weide erzeugte Milch fiel je nach Betrieb sehr unterschiedlich aus und lag auf die gesamte Weideperiode bezogen zwischen 6.522 und 10.502 kg ECM/ha. Ein Zusammenhang zum Weidesystem war nicht erkennbar, denn die Spannweite war in allen Systemen etwa vergleichbar.

Wesentlicher Faktor war dagegen die Wasserversorgung: Ausreichend, aber nicht zu viel Wasser. So gab es in einem Betrieb innerhalb von nur 6 Wochen 465 mm Regen. Das hat wahrscheinlich nicht nur die Flächenproduktivität in der Nässeperiode beeinträchtigt. Narbenschäden und Bodenverdichtungen machten das Grünland auch anfälliger für die Trockenperiode im Herbst.

Einzelkuhleistung

Die tägliche Milchmenge fiel mit im Mittel der Weideperiode 15,9 bis 23,1 kg ECM/Kuh sehr unterschiedlich aus. Ein Zusammenhang zum Weidesystem war nicht erkennbar.

Die Kraftfuttermenge hatte einen gewissen Einfluss: Betriebe mit einer täglichen Milchmenge von im Mittel über 20 kg ECM/Kuh haben fast alle mehr als 3 kg Kraftfutter pro Tag gegeben. Ein Betrieb hat aber schon mit 1 kg Kraftfutter 21,1 kg ECM/Kuh erzielt, ein anderer Betrieb dagegen mit 3,2 kg Kraftfutter nur 15,9 kg ECM/Kuh.

Milch-, Energie- und Trockenmasseertrag

Die ausschließlich aus Weide erzeugte Milch lag je nach Betrieb zwischen 6.522 und 10.502 kg ECM/ha. Auf der Basis des Milchertrages wurde der hierfür erforderliche Energie- und Trockenmasseertrag berechnet: Um die oben genannten Milcherträge zu erzielen, sind 72–122 dt Trockenmasse (brutto, das heißt im Aufwuchs) erforderlich. Diese Erträge liegen höher, als sie im ökologischen Landbau zu erwarten sind.

Schlussfolgerungen

Beim Vergleich von Kurzrasenweide und Umtriebsweide bringt die Kurzrasenweide zwar niedrigere Trockenmasseerträge, der Milchertrag fällt dagegen etwa gleich aus, auf Moorboden in den Niederlanden 2016 wurde sogar ein um 11 % höherer Milchertrag erzielt.

Literatur

Hoekstra, N., Eekeren, N. van, Holshof, G., Rijnveld, H., Houwelingen, K. van und Lenssinck, F. (2017): Systeminnovatie Beweiden Veenweiden, 54 S.

Leisen, E., Spiekers, H. und Diepolder, M. (2013): 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.

Test von Kleegrasmischungen: Rotkleearten unter Weidenutzung

Leisen, E.
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
Nevinghoff 40, 48147 Münster
edmund.leisen@lwk.nrw.de

Einleitung

Unter Schnittnutzung ist Rotklee eine wertvolle Futterpflanze. Unter Weidenutzung wird er zwar gerne gefressen, mit der Zeit jedoch zurückgedrängt, auf Sandboden schneller als auf Lehmböden. So enthielten die Aufwüchse am Ende des 1. Hauptnutzungsjahres bei Mischungen mit Welschem Weidelgras und Weidenutzung auf Sandböden fast durchweg weniger als 20 % Rotklee (87 % der Standorte), dagegen auf Lehmböden fast durchweg mehr als 20 % (80 % der Standorte) und bei der Hälfte der Standorte sogar mehr als 60 % Rotklee (Bericht 2004). Bei der Ausdauer sind große Sortenunterschiede möglich: Unter Schnittnutzung hat der Rotklee in laufenden Ausdaueruntersuchen in den Niederlanden auf Sandboden im 4. Hauptnutzungsjahr, je nach Sorte, noch Ertragsanteile zwischen 20 und 80 % (Eekeren 2016). Aber sogar unter Kurzrasenbedingungen kann sich Rotklee halten, so auf mehreren Standorten 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). Dies wurde vor allem in reinen Grünlandbetrieben beobachtet, die kein Klee gras anbauen. Es handelt sich wahrscheinlich dabei um Ökotypen und nicht um Zuchtsorten. Es gibt zwischenzeitlich in der Schweiz auch die Rotkleeart „Pastor“, die speziell für Weide geeignet sein soll (Boller *et al.* 2012). Trotz dieser Ansätze gibt es bisher in Deutschland keine Prüfung von Rotkleearten unter Weidebedingungen.

Aus der Vielzahl der Einflussfaktoren ergeben sich bei der Suche nach für die Weide geeigneten Rotkleearten verschiedene Fragen:

- Welche Rotkleeart kann sich unter Weidebedingungen halten?
- Welchen Einfluss hat das Weidesystem (Kurzrasen/Umbtriebsweide) auf den Erhalt des Rotkleees im Pflanzenbestand?
- Gibt es Unterschiede in der Akzeptanz durch Milchkühe? Welche Sorte wird bevorzugt gefressen?

Material und Methoden

Auf 14 Standorten werden Rotkleearten unter Weidebedingungen geprüft, dabei auf jedem Standort 3–4 Sorten. Die Ausnahme bildet eine Grünlandansaat auf Marsch, wo nur die Weide-Rotkleeart „Pastor“ zum Einsatz kam. Insgesamt werden 7 Sorten geprüft:

- 2 diploide Sorten: Milvus und Merula
- 2 Mattenkleearten (niedrigwachsendere Sorten): Larus und Astur
- 2 Ackerkleearten (höherwachsende Sorten): Taifun und Harmonie
- 1 Weide-Rotkleeart: Pastor

Ausgesät werden die Sorten als Bestandteil der Standardmischung A 7. Die Standardmischung A 7 ist eine für den mehrjährigen Klee grasanbau zur Weide- und Schnittnutzung in Norddeutschland empfohlenen Mischung (17 % Deutsches Weidelgras, 33 % Wiesenschwingel, 17 % Lieschgras, 13 % Weißklee, 20 % Rotklee). Auf einem Standort liegen damit nebeneinander 3–4 verschiedene Rotkleearten sortenrein, da jede Mischung nur eine Rotkleeart enthält.

Aussaatstärke: 30 kg/ha, Anlage: Langstreifen mit 3–4 Wiederholungen.
Bonituren: Ertragsanteilschätzung im April/Mai, im Juli und im Oktober.

Ergebnisse und Diskussion

Bestandeszusammensetzung nach Blanksaaten 2015 (Abbildung 1)

Auf 5 Flächen mit Blanksaaten aus dem Herbst 2015 war bis zum Juli 2016 der Rotkleeanteil von 20–40 % im Mai auf 1–12 % zurückgegangen. Auf den Standorten FRN und JUE mit Beweidung nach dem 1. Schnitt, lag er zu diesem Zeitpunkt auch noch etwas höher. Bis zum Oktober war der Rotkleeanteil auch hier stärker zurückgegangen. Ein Zusammenhang zwischen Ertragsanteil und Sorte ist beim Rotklee nicht erkennbar. Bei den Gräsern dominiert Deutsches Weidelgras. Wiesenschwingel und Lieschgras bilden max. 10 % Ertragsanteil, fehlten teilweise aber auch im Aufwuchs.

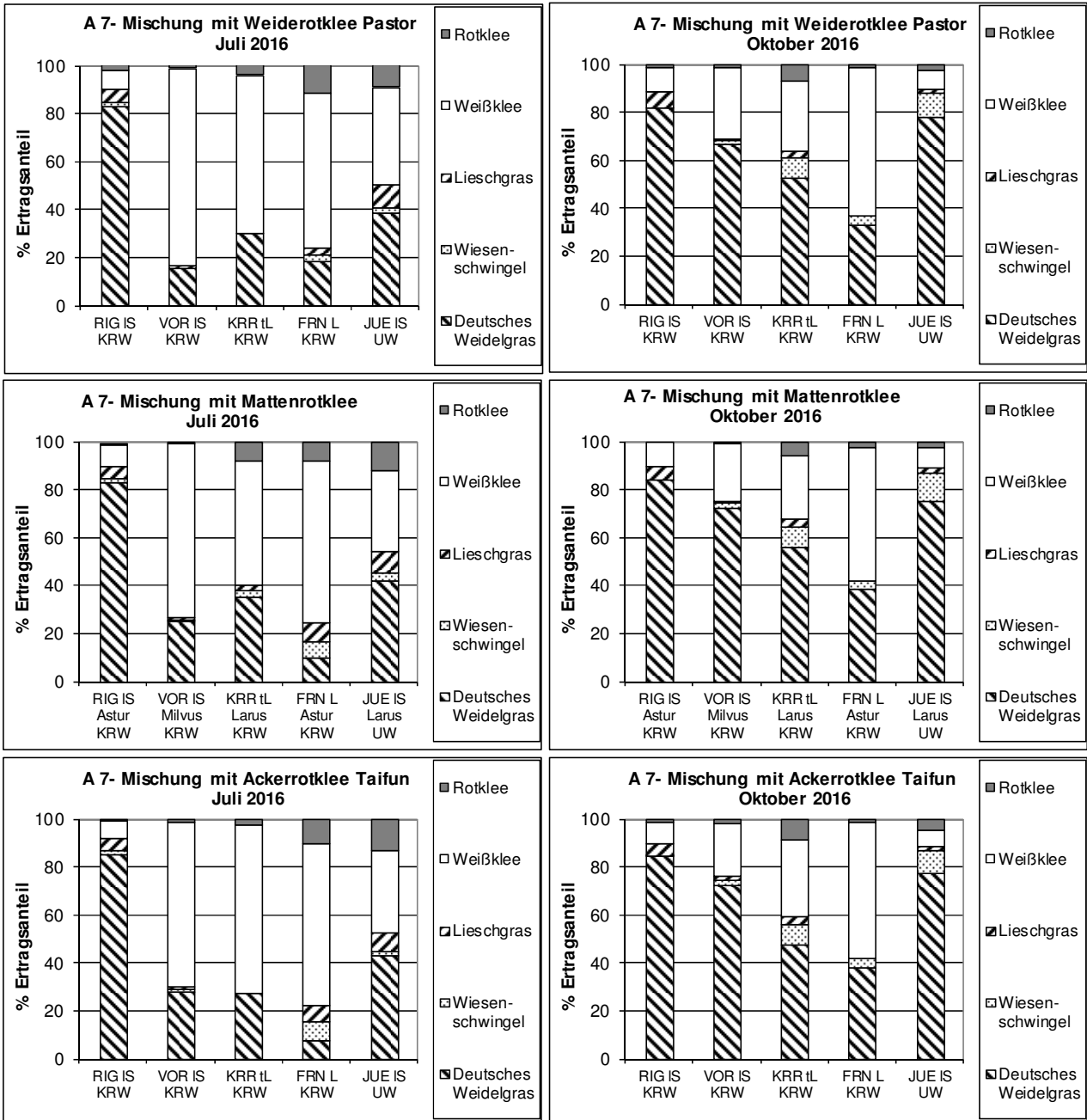


Abbildung 1: Klee-gras-mischungen nach Blanksaaten im Herbst 2015

Bestandeszusammensetzung nach Untersaaten und Blanksaaten 2016 (Abbildung 2)

Auf 4 Flächen mit Weidenutzung im Jahr 2016 erfolgten die Ansaaten erst im Frühjahr 2016, auf 2 Flächen als Blanksaat und auf 2 Flächen als Untersaat. Die Blanksaaten wurden schon im Sommer beweidet, die Untersaaten erst ab Ende August.

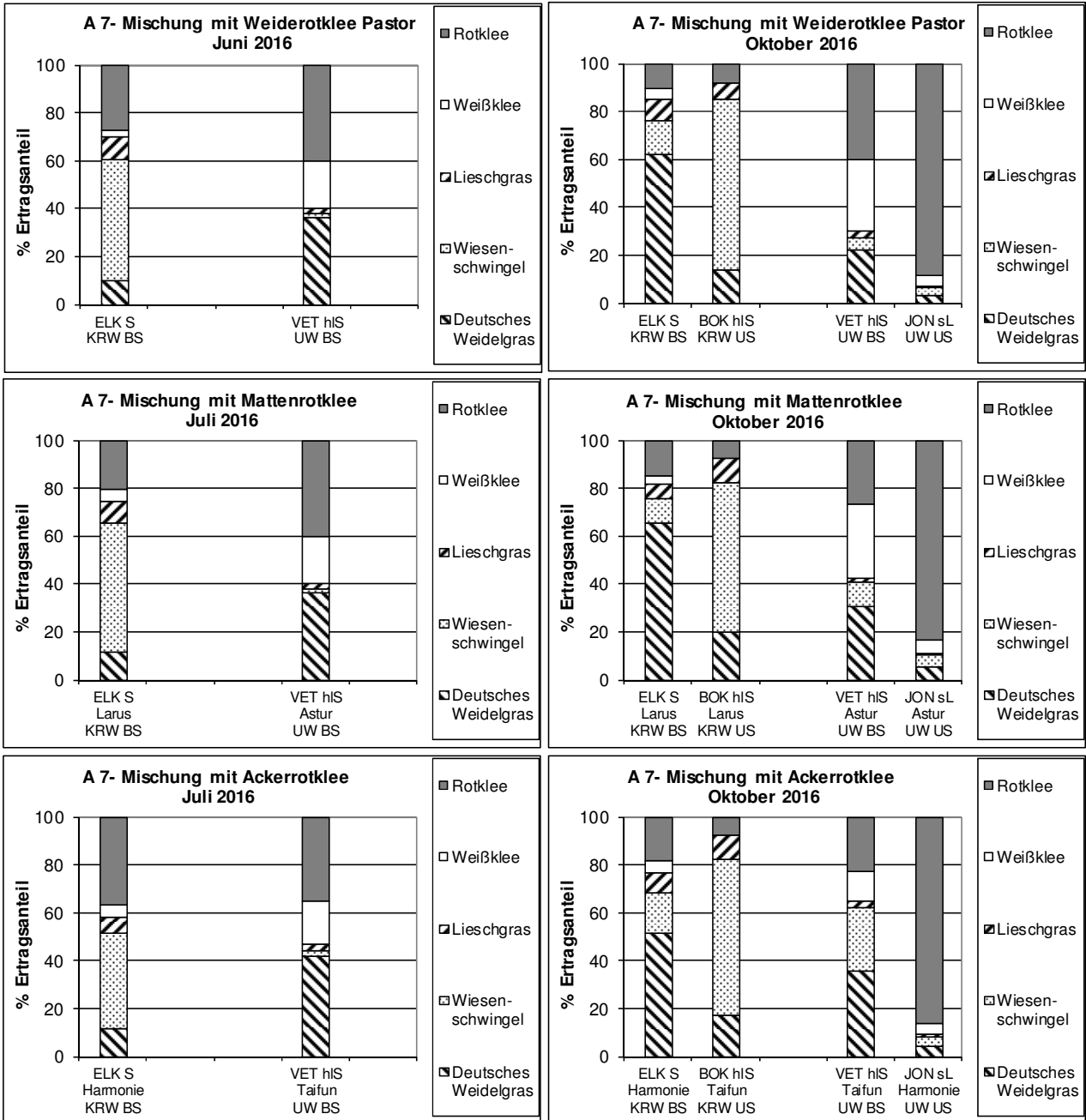


Abbildung 2: Klee-gras-mischungen nach Blanksaat/Untersaat in 2016

Zwischen den Standorten gab es große Unterschiede beim Rotkleeanteil im Aufwuchs, was teils auf die Fruchtfolge zurückzuführen sein dürfte: Bei JON waren es 2 Jahre (inklusive Deckfrucht) stickstoffzehrende Kulturen mit anschließend starker Kleeentwicklung aufgrund schwacher Stickstoffnachlieferung. Die anderen Betriebe haben eine sehr enge Fruchtfolge mit hohem Kleeergrasanteil. Aufgrund stärkerer Stickstoffnachlieferung wurden hier die Gräser stärker gefördert. Unterschiede zwischen den Rotkleeorten sollten aufgrund der kurzen Beobachtungszeit noch nicht überbewertet werden.

Anmerkung zu 5 weiteren Standorten: Auf 2 Standorten schwache Rotkleeentwicklung wegen ungünstiger Auflaufbedingungen, auf 3 Standorten in 2016 noch keine Beweidung.

Schlussfolgerungen

Rotkleeorten unter Weidenutzung (nur offiziell empfohlene Sorten waren im Test, Ausnahme: Schweizer „Weiderotklee“ Pastor): Bei Umtriebsweide können sich Rotkleeorten mit nennenswerten Ertragsanteilen länger halten (s. Bericht 2004, S. 198, Bonitur von 110 Flächen), auf Lehmböden länger als auf Sandböden. Bei Kurzrasenweide ging der Ertragsanteil dagegen innerhalb von 1–2 Monaten auf unter 10 % zurück. Die Weiderotkleeorte „Pastor“ war, anders als die Nutzungsempfehlung vermuten lässt, für Weidenutzung nicht besser geeignet als die übrigen geprüften Sorten.

Literatur

Bericht (2004): www.oekolandbau.nrw.de/pdf/projekte_versuche/leitbetriebe_2004/Bericht_2004/50_Rotkleeergras_Weidenutzung_FB_04.pdf.

Boller *et al.* (2012): Pastor: ein neuer, für die Weide geeigneter Rotklee. *Agrarforsch.g Schweiz* 3 (1): 20–27
Eekeren, N. van (2016): mündliche Mitteilung. Nick van Eekeren (NL)

Der Effekt von Bestandeszusammensetzung und Nutzungsfrequenz auf Ertragsleistung und Futterqualität von Klee grasbeständen

Lorenz, H., Loges, R., Hamacher, M., Kluß, C. und Taube, F.
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel
hlorenz@gfo.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Innerhalb eines Rotationsweidesystems werden mehrere Teilflächen sukzessive beweidet. Dabei ergibt sich, jeweils nachdem eine Teilfläche abgegrast wurde, eine Phase der Weideruhe. Die Länge der Weideruhe, bzw. das Nutzungsintervall, beeinflusst die Futterqualität und Höhe des Aufwuchses (z.B. Chestnutt *et al.* 1977). Dementsprechend wird, um eine ausreichende Futterversorgung der Milchkühe sicherzustellen, die Anzahl der Teilflächen in der Rotation gemäß den aktuellen Wachstumsraten angepasst. Ein weiterer Faktor, der Wachstum und Qualität maßgeblich beeinflusst, ist die Artenzusammensetzung der Weide. Während Leguminosen, wie bspw. der Weißklee den N-Düngerbedarf reduzieren (Clark und Harris 1996), erhöhen Futterkräuter den ernährungsphysiologischen Wert des Weidefutters (z.B. Pirhofer-Walzl *et al.* 2011). Artendiverse Bestände, die Arten mit unterschiedlichen funktionellen Eigenschaften enthalten, können eine höhere Produktion aufweisen und, wenn tiefwurzelnde Arten enthalten sind, auch besser an trockene Bedingungen angepasst sein als einfachere Weidemischungen (Huegenin-Elie *et al.* 2014). In dieser Studie wurden Bestände einer Vielarten- und einer Klee gras Mischung hinsichtlich Ertragsbildung und Futterqualität unter dem Einfluss unterschiedlicher Nutzungsintervalle verglichen.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf dem Versuchsgut für ökologischen Landbau „Lindhof“ der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel in den Jahren 2014 und 2016 durchgeführt. Die Jahresdurchschnittstemperatur an diesem Standort beträgt 8,8 °C, der durchschnittliche Jahresniederschlag 769 mm. Während die Durchschnittstemperatur während der Versuchsjahre ähnlich war (10 °C in 2014 und 9,9 °C in 2016), war das Jahr 2014 mit 866 mm deutlich niederschlagsreicher als das Jahr 2016 mit 716 mm. Die Bestände wurden jeweils im Vorjahr (2013 und 2015) als Untersaaten in Triticalebeständen angelegt.

Das Versuchsdesign war ein Split-Plot-Design mit den zwei Faktoren (1) Saatmischung und (2) Nutzungshäufigkeit in vier Wiederholungen. Die Versuchsfaktoren sowie die dazugehörigen Faktorstufen sind in den Tabellen 1 und 2 dargestellt. Die verwendeten Saatmischungen waren eine einfache Klee gras Mischung (Mischung 1) sowie eine Vielartenmischung (Mischung 2) mit einem Anteil von Kräutern und Hornschotenklee von 50 %. Die drei Nutzungshäufigkeiten waren 4 (nach 6–7 Wochen), 8 (nach 4 Wochen) und 11 (nach 3 Wochen) Nutzungen. Die Nutzungshäufigkeiten wurden gewählt um ein Rotationsweidesystem simulieren und mit einer in der Region üblichen 4-Schnitt-Nutzung zur Silagegewinnung vergleichen zu können.

Tabelle 1: Faktor Schnitthäufigkeit

| Abk. | Nutzungsfrequenz | Anzahl der Nutzungen |
|------|------------------|----------------------|
| 3W | 3-wöchig | 11 |
| 4W | 4-wöchig | 8 |
| 6–7W | 6–7-wöchig | 4 |

Die Parzellen wurden weiter unterteilt um ein System von Schnittserien in Anlehnung an Corral und Fenlon (1978) zu erhalten. Die Unterparzellen in den 3- und 4-wöchigen Systemen erlaubten eine wöchentliche Probenahme während jede Unterparzelle nur im vorgegebenen Rhythmus (nach 3 oder 4 Wochen) beprobt wurde. Zur Probenahme wurde auf einer Fläche von 0,25 m² das Material oberhalb einer Wuchshöhe von 5 cm von Hand geerntet.

Das Probenmaterial wurde in die einzelnen Arten fraktioniert und bei 58 °C für 48 h getrocknet um den Trockenmasse-Anteil zu bestimmen.

Für die statistische Auswertung wurde ein lineares gemischtes Modell mit den Faktoren Saatmischung, Nutzungshäufigkeit und Jahr verwendet.

Tabelle 2: Faktor Saatmischung (Artenzusammensetzung und Saatstärken)

| Art | Lat. Name | Sorte | Saatstärke (kg ha ⁻¹) | |
|---------------------|----------------------------|-----------|-----------------------------------|------------|
| | | | Mischung 1 | Mischung 2 |
| Dt. Weidelgras | <i>Lolium perenne</i> | Delphi | 20 | 10 |
| Rotklee | <i>Trifolium pratense</i> | Atlantis | 6 | 3 |
| Weißklee | <i>Trifolium repens</i> | Vyoscan | 3 | 1,5 |
| Hornschotenklee | <i>Lotus corniculatus</i> | Lotanova | | 5 |
| Zichorie | <i>Cichorium intybus</i> | Spadona | | 2 |
| Kleiner Wiesenknopf | <i>Sanguisorba minor</i> | Burnet | | 2 |
| Spitzwegerich | <i>Plantago lanceolata</i> | "native" | | 1,5 |
| Wiesenkümmel | <i>Carum carvi</i> | Volhouden | | 2 |
| Gesamt | | | 29 | 27 |

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Reduktion der Saatstärken von Dt. Weidelgras, Rot- und Weißklee zugunsten der Beimischung von Kräutern und Hornschotenklee unter verschiedenen Nutzungshäufigkeiten nicht zu einer Minderung des Jahresertrages führten (Abbildung 1).

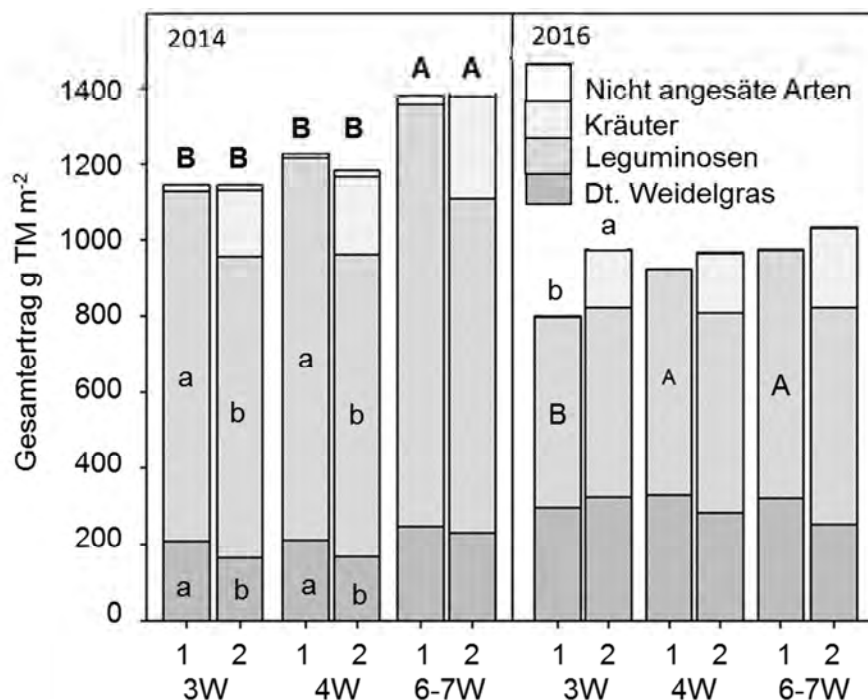


Abbildung 1: Gesamt-TM-Erträge (g TM m⁻²) aller Nutzungshäufigkeiten (3W, 4W, 6-7W) und Saatmischungen (1, 2). Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) zwischen Nutzungshäufigkeiten, Kleinbuchstaben zwischen Saatmischungen, fett gedruckte Buchstaben beziehen sich auf den Gesamtertrag

In 2014 erzielte die Vielartenmischung unter 3-wöchiger Beerntung einen höheren Ertrag als das Klee gras ($P=0,00276$). Bei niedrigeren Schnitffrequenzen sowie im Jahr 2014 war dieser Effekt nicht signifikant. Unter den beiden hohen Schnitffrequenzen zeigte sich 2014 ein Effekt der reduzierten Saatstärken von Dt. Weidelgras, Rot- und Weißklee in der Vielartenmischung durch geringere Erträge dieser Arten.

Die Lücke im Gesamtertrag wurde jedoch in allen Varianten durch die beigemischten Kräuter, hauptsächlich Zichorie und Spitzwegerich, geschlossen. Wiesenkümmel und Kleiner Wiesenkno­pf trugen als kleine Pflanzen nur wenig zum Ertrag bei.

Ein negativer Effekt einer hohen Schnitthäufigkeit auf den Gesamtertrag wurde 2014 festgestellt. Entscheidend für die Ertragsdifferenz war der Ertrag des Rotklee, welcher am stärksten zwischen den Nutzungshäufigkeiten variierte.

Im Jahr 2016 war das Wachstum von Rotklee unerwartet niedrig und die Differenzen zwischen den Nutzungshäufigkeiten fielen geringer aus und führten zu keinen signifikanten Unterschieden im Gesamtertrag.

In Bezug auf die Energiedichte zeigte sich ein positiver Effekt kurzer Zwischennutzungsintervalle (Abbildung 2). Während in 2014 in beiden Saatmischungen die Energiedichte mit jeder Erhöhung der Nutzungshäufigkeit signifikant zunahm, war der Effekt in 2016 schwächer ausgeprägt und in der Klee­grasmischung zeigte sich nur zwischen der 4-wöchigen und der 6–7-wöchigen Nutzung ein signifikanter Unterschied. Die Saatmischungen unterschieden sich im Jahr 2014 unter jeder Schnitthäufigkeit mit niedrigeren Energiedichten in der Vielartenmischung, im Jahr 2016 war der Unterschied nur unter der niedrigsten Nutzungshäufigkeit (6–7W) signifikant.

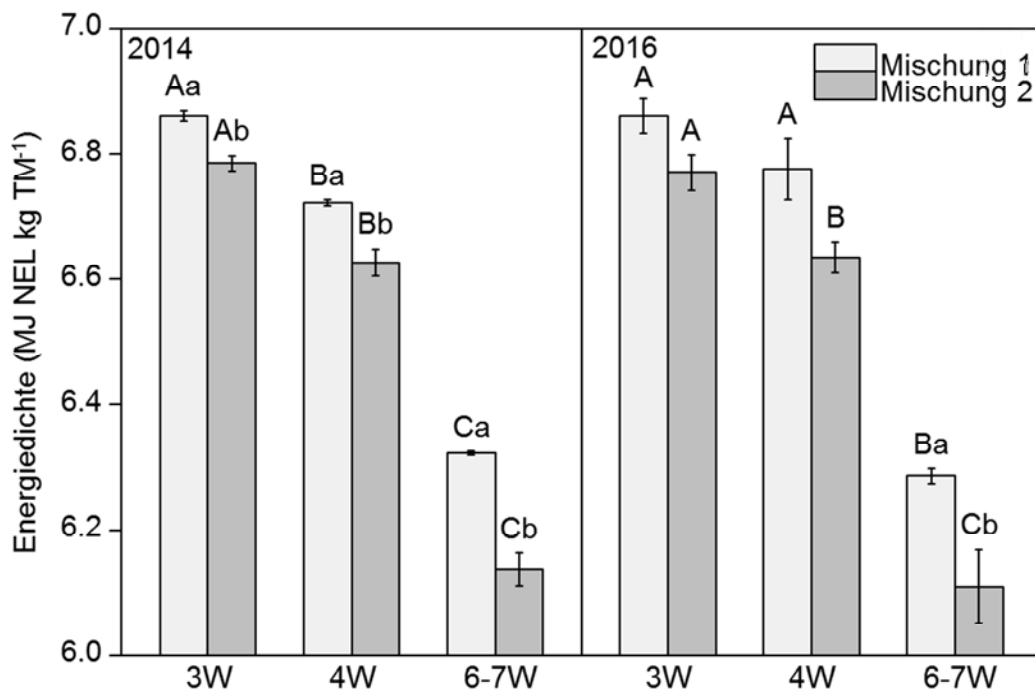


Abbildung 2: Energiedichte (MJ NEL kg TM⁻¹) unter allen Nutzungshäufigkeiten (3W, 4W, 6–7W) und Saatmischungen. Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (p<0.05) zwischen Nutzungshäufigkeiten, Kleinbuchstaben zwischen Saatmischungen

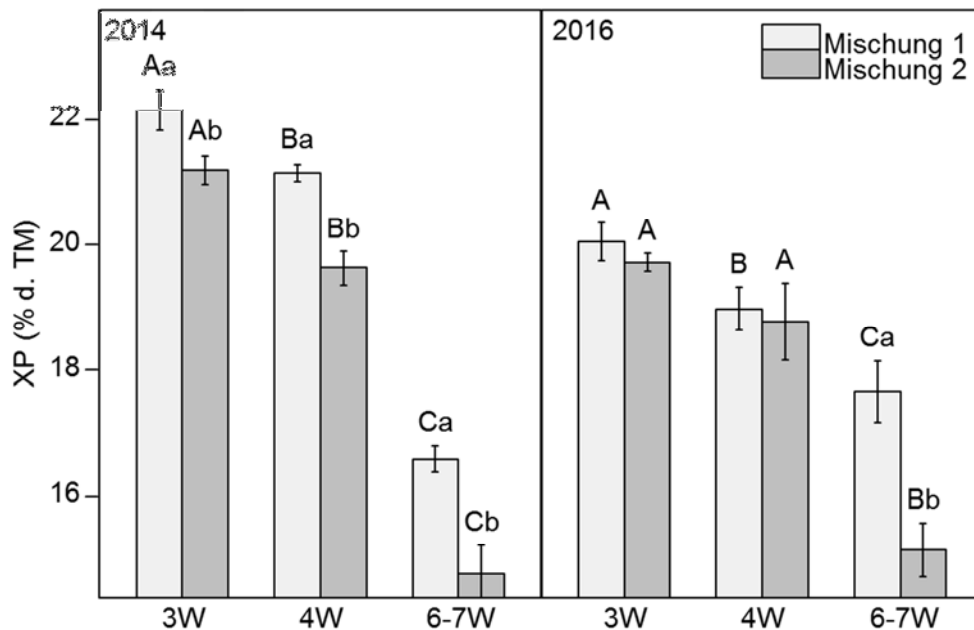


Abbildung 3: Rohproteingehalte (% d. TM) unter allen Nutzungshäufigkeiten (3W, 4W, 6–7W) und Saatmischungen. Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) zwischen Nutzungshäufigkeiten, Kleinbuchstaben zwischen Saatmischungen.

Auf die Rohproteingehalte der Gesamtbestände zeigte sich ein ähnlicher Effekt von Saatmischung und Nutzungshäufigkeit wie auf die Energiedichte (Abbildung 3). Die höchsten und niedrigsten Rohproteingehalte wurden im Jahr 2014 in der Kleegrasmischung unter der 3-wöchigen Nutzung (22,1 % XP) bzw. in der Vielartenmischung unter der 4-Schnitt-Nutzung (14,8 % XP) erreicht. Im Jahr 2016 waren die Unterschiede zwischen 3- und 4-wöchiger Nutzung nur in der Kleegrasmischung signifikant, der größte Effekt der Saatmischungen zeigte sich bei geringer Nutzungshäufigkeit.

Schlussfolgerungen

Durch die Reduktion der Saatstärke von Dt. Weidelgras, Rot- und Weißklee zugunsten der Beimischung von Kräutern und Hornschotenklee kann die Biodiversität in Grünlandbeständen ohne negative Effekte auf den Gesamtertrag erhöht werden. Mit höherer Nutzungsfrequenz, wie es in einem Rotationsweidesystem im Vergleich zur Schnittnutzung der Fall ist, kann es zu Einbußen im TM-Ertrag kommen. Diese gehen jedoch mit einer höheren Energiedichten und Rohproteingehalten im Bestand einher. Um die Ergebnisse auf ein Weidesystem übertragen zu können, sollten jedoch insbesondere die Futterkräuter auf ihre Weideverträglichkeit hin untersucht werden.

Literatur

- Corrall, A.J. und Fenlon, J.S. (1978): A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *Journal of Agricultural Science* 91, 61–67.
- Chestnutt, D.M.B., Murdoch, J.C., Harrington, F.J. und Binnie, R.C. (1977): The effect of cutting frequency and applied nitrogen on production and digestibility of perennial ryegrass. *Grass and Forage Science* 32 (4), 177–183.
- Clark, D.A. und Harris, S.L. (1996): White clover or nitrogen fertiliser for dairying? *Special publication-Agronomy Society of New Zealand*, 107–114.
- Huguenin-Elie, O., Collins, R.P., Hoekstra, N.J., Hofer, D., Husse, S., Suter, D. et al. (2014): Mischungseffekte unter unterschiedlichen Bedingungen. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau. Grasland- und weidebasierte Milchproduktion* (16), 136.
- Pirhofer-Walzl, K., Søegaard, K., Høgh-Jensen, H., Eriksen, J., Sanderson, M.A. und Rasmussen, J. (2011): Forage herbs improve mineral composition of grassland herbage. *Grass and Forage Science* 66 (3), 415–423.

Die Flüxwiesen der belgischen Ardennen. Ein bemerkenswertes natürliches Erbe, das es zu beschützen gilt

Luxen, P.¹, Philippe, A.¹ und Rouxhet, S.²

¹ Agra-Ost, Klosterstrasse 38, B-4780 St-Vith (B)

info@agraost.be

² aCREA-ULg, Institut Botanique B22, Sart-Tilman, B-4000 Lüttich (B)

serge.rouxhet@ulg.ac.be

Einleitung und Problemstellung

Neben ihrer patrimonialem Bedeutung können einige alte landwirtschaftliche Praktiken ebenfalls einen Wert für die Umwelt aufweisen. Dies ist der Fall des Flüxens, das in den belgischen Ardennen praktiziert wurde und zu einer bemerkenswerten Biodiversität beiträgt.

In den belgischen Ardennen, klassische Region ländlicher Viehzucht, war die Ernährung des Viehs (hauptsächlich Schafe und Rinder) während der Sommermonate durch die vielen Heiden gewährleistet, unter Aufsicht eines Hirten (Hüter der Herden). **Während der Winter**, die in dieser Region oftmals sehr lang waren, bestand **die einzige Futterquelle** der Tiere ausschließlich aus dem **Heu, das auf den Flüxwiesen** (den bewässerten Wiesen) **produziert wurde**, die sich auf den Talhängen und am Rande der Wasserläufe befanden.

Während sehr langer Zeit hielten Vorurteile und die bäuerliche Tradition den Gedanken aufrecht, dass es unmöglich sei, auf den armen und sauren Böden dieser Mittelgebirgsregion, ein Gras von hoher Qualität außerhalb der Täler zu produzieren. Im Laufe der Jahrhunderte hat diese **ehemalige Technik** des Flüxens zur Entstehung verschiedener Wiesen beigetragen, die eine außergewöhnlich reiche Flora aufweisen, die noch bis heute fortbesteht.

Material und Methoden

1. Beschreibung und Funktion des Flüxens

Überall dort, wo das Relief es ermöglichte, waren die **Wiesen durch das Flüxen bewässert**. Das Prinzip war zugleich einfach und raffiniert (Abbildung 1).

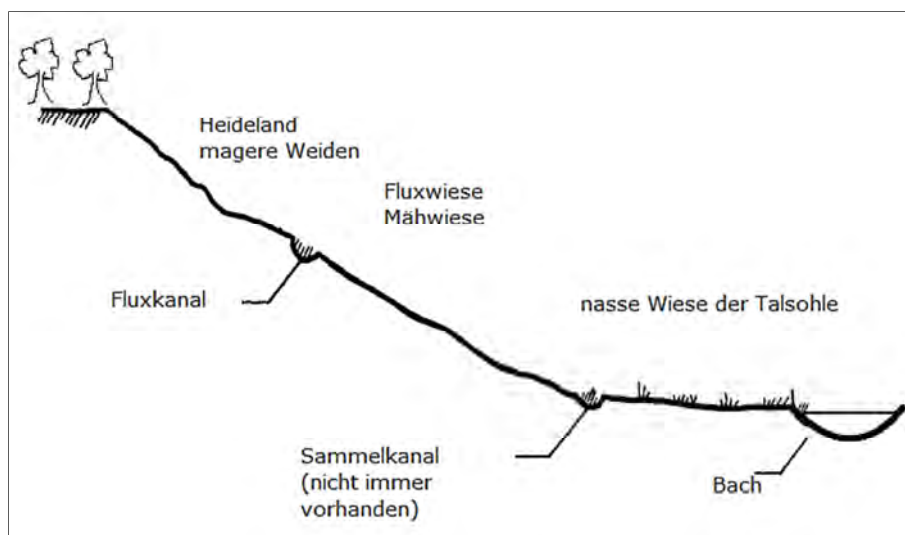


Abbildung 1: schematischer Querschnitt eines «Flüxtales» (Philippe 2008)

Ein Teil des Wassers wurde aus den Bachläufen heraus durch einen Kanal, der des Öfteren mit einem komplexen System aus Schleusen und Stauungen ausgestattet war, umgeleitet. **So wurde das Wasser hoch hinauf, zu den trockenen Wiesen der Talhänge, geleitet**. Kleine Stauungen mittels Steinen oder Brettern wurden quer durch den Kanal gelegt.

Diese ermöglichten es dem Wasser, nur durch Gravität, in feinen Wellen auf die Wiese zu fließen. Diese Kanäle konnten das Wasser manchmal weiter als einen Kilometer befördern. Sie waren 30 cm bis 1 m breit und 30–60 cm tief (Fontaine 1981). Diese Bewässerungstechnik wurde ab dem Herbst, nach Ernte des Grummets, bis zum Mai durchgeführt, ausschließlich der Perioden starken Frostes oder Schneefalls (Malbrouck 1970). In gewissen Ortschaften, wurden bereits die kleinsten Wasserquellen, wie Haushaltsabwässer und Sickersäfte aus Mist zu den Kanälen geleitet, um ein Maximum von deren Düngerwert zu profitieren.

Aufgrund des strategischen Futterwertes dieser Wiesen kann man sich ganz gut vorstellen, wie sehr die Parzellen der Täler zerstückelt waren, nachdem diese über Generationen hinweg ständig weitervererbt wurden. Verständlich sind auch die Spannungen zwischen den Dorfbewohnern. Während der Bewässerungsperiode der Felder, wollte jeder einen maximalen Dienst des Wassers auf seiner Parzelle in Anspruch nehmen, auf Kosten der Felder des Nachbarn. Diese Wassernutzung wurde nicht durch eine Gesetzgebung geregelt, sondern basierte eher auf den Gewohnheiten und stillschweigender Vereinbarung zwischen den Nutznießern.

2. Lokalisierung und historische Aspekte

Man trifft das Flügen auf der **ozeanischen Seite Europas** an (von Portugal bis Norwegen), in Zonen hoher Niederschläge, **ebenso wie in den Gebirgsregionen**, unter ähnlichen Formen. In den Waliser Alpen (Schweizer Dialekt), lautet das Wort für die Kanäle, die das Wasser zu ihrem Einsatzort führen „bisse“, ähnlich lautend wie der wallonische Begriff „abissage“!

Seit dem 15. Jahrhundert erscheint das Wort „abissage (= Flügen) in den Archiven der Ardennen. Auf wallonisch spricht man von „abïssadje“, auf Deutsch nennt man es „bewässern“, im Dialekt „dieschen“.

Diese Technik wurde aus Deutschland (Hunsrück, Schwarzwald,...) in die Wallonische Region importiert (Fontaine 1981).

Eine ähnliche Technik wurde in der Bretagne in der Mitte des 19. Jahrhunderts eingesetzt. Sie wird von H. Querret in einem 1845 veröffentlichtem Werk über die Verbesserung des natürlichen Grünlandes übertragen. Die Nutzung des Wassers durch das Graben von Ent- und Bewässerungskanälen in Verbindung mit einer Benutzung der Flora ermöglichte, ebenso wie die Flügen-Methode, eine bemerkenswerte Verbesserung der Futterproduktion und Futterqualität. Allerdings waren die Hänge weniger steil als die der Wiesen der Ardennen.

Nach dem zweiten Weltkrieg, mit Aufkommen der chemischen Dünger und der Schwierigkeit einer mechanisierten Ernte der Parzellen in Hanglage, ist diese Technik in unseren Gegenden vollkommen verschwunden. Heutzutage kann man, hauptsächlich in den Tälern im Osten der Ardennen, noch **Relikte dieser alten Kanäle finden**. Manchmal dienen diese alten Kanäle noch als Viehtränke. Das Flügen wird noch in einigen Gebirgsregionen praktiziert (Zentralmassiv, pyrenäische Alpen, Anden (Aubron 2007).

3. Ziele des Flügens

Paradoxe Weise hatte diese Bewässerungstechnik im Ardennenmassiv, wo die Niederschläge ergiebig und regelmäßig auftreten und durchschnittlich 1 100 mm pro Jahr erreichen (Poncelet und Martin 1947), nicht als Ziel ein Wasserdefizit auszugleichen.

Die Hauptziele dieser Technik können wie folgt zusammengefasst werden:

- **den Boden im Frühling erwärmen**, da die Wassertemperatur in dieser Jahreszeit höher ist als die Bodentemperatur. Dies ermöglicht es der Vegetation früher zu starten.
- Die **Zufuhr der Düngeelemente** (Mg, Ca, Na, K, N, P, Bikarbonate, organische Materie in Suspension, Ausscheidungen) während einer Epoche, in der es keine chemischen Dünger gab, gewährleisten. Auf den Böden der Ardennen, die defizitär in austauschbaren Basen (Ca und Mg) sind, ist jede noch so kleine Zusatzzufuhr favorabel für die Bodenqualität (Laurent 1967).
- Die **trockenen Böden in Hanglage befeuchten** und ihnen eine normale Produktion zu ermöglichen oder die Böden während der trockenen Nord- oder Nordostwinde im Frühjahr befeuchten.
- Die **Wiesen im Frühjahr spülen oder reinigen**, durch ein Ebnen der Maulwurfshügel (Laurent 1967).

Die Wasserzufuhr auf Wiesen mit leicht saurem pH-Wert, das Einsickern während mehrerer Wochen bis Monate und das Wiederholen dieser Operationen jedes Jahr während mehrerer Jahrzehnte, sogar Jahrhunderte haben die Ton-Humuskomplexe des Oberflächenhorizontes nach und nach angereichert. Somit hat das Flügen eine Serie von Reaktionen hervorgerufen, die eine **höhere Bodenfruchtbarkeit** bewirkt haben.

Ergebnisse und Diskussion

Die große Eigenschaft dieser Wiesen liegt in erster Linie in der **außergewöhnlichen botanischen Diversität**, die sie aufweisen. Nicht selten kann man hier 50–60 verschiedene Arten antreffen, wobei in einer intensiven Mähwiese höchstens 10 vorzufinden sind. Von diesen ganzen Arten sind viele heutzutage sehr selten geworden und stehen unter Schutz, wie z.B. die Arnika (*Arnica montana*) oder verschiedene Orchideen: männliches Knabenkraut (*Orchis mascula*), geflecktes Knabenkraut (*Dactylorhiza maculata*) oder Grünliche Waldhyazinthe (*Platanthera chlorantha*).

Die wohl außergewöhnlichste ökologische Gruppe, die in den alten Flüxwiesen vorzufinden ist, sind die **neutrophilen bis alkalophilen Arten**; die **außerhalb in den Ardennen nirgends anzutreffen sind**. Lambert (1962–1963) und Dumont (1979) haben herausgefunden, dass die **regelmäßige Zufuhr von Ca und Mg, welches durch das Wasser über Jahrhunderte hinweg angeschwemmt wurde, das Aufkommen einer ganzen Reihe einzigartiger Arten mit alkalophilen Eigenschaften**, wie Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*), Echte Schlüsselblume (*Primula veris*), männliches Knabenkraut (*Orchis mascula*), Ackerwitwenblume (*Knautia arvensis*), Steifhaariger Löwenzahn (*Leontodon hispidus*), Echtes Labkraut (*Gallium verum*), Großer Wiesenknopf (*Sanguisorba officinalis*), Mittleres Zittergras (*Briza media*), Flaumiger Wiesenhafer (*Avenula pubescens*)... Diese Arten kommen hauptsächlich auf den leicht karbonathaltigen Muttergesteinen des Siegener Gebietes (unterer Devon).

Dank des Flüxens und einer späten Mahd im Sommer wies die Flora dieser Wiesen eine außergewöhnliche Artenvielfalt auf. Je nachdem, wo sie liegen, unterscheidet man zwischen **mehreren Wiesentypen** (Abbildung 2).

Unterhalb des Fluxkanals unterscheidet man je nach Höhe:

- **Die Bergmähwiese**, hauptsächlich im Osten der Ardennen (Hochardennen, > 550 m Höhe) gelegen, mit Bärwurz (*Meum athamanticum*), Arnika (*Arnica montana*), Wald-Storchschnabel (*Geranium sylvaticum*), Schwarze Flockenblume (*Centaurea nigra*), Berg Flockenblume (*Centaurea montana*), Großer Wiesenknopf (*Sanguisorba officinalis*), Wald-Rispe (*Poa chaixii*)...
- **Die Sub-Bergmähwiese** (zwischen 300 und 550 m Höhe) mit Frauenmantel (*Alchemilla xanthochlora*), Goldhafer (*Trisetum flavescens*), Schlangen-Knöterich, Berg-Platterbse (*Lathyrus linifolius*), Geflecktes Johanniskraut (*Hypericum maculatum*), Gelbe Narzisse (*Narcissus pseudonarcissus*)...
- Auf der Talsohle, **die angeschwemmten Feuchtwiesen**, Mädesüß (*Fillipendula ulmaria*), Wald-Engelwurz (*Angelica sylvestris*), Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*), Binsen (*Juncus spp.*)... waren dominant. Sie wurden hauptsächlich durch das Hochwasser der Wasserläufe, ebenso wie durch das Fluxwasser, das Nährelemente anschwemmte, beeinflusst.

Oberhalb des Flüxgrabens, auf der oberen Hälfte der Täler und den Plateaus, befand sich hauptsächlich das Gebiet der „mageren Weiden“, bestehend aus Heidekraut (*Calluna vulgaris*) und Ginster (*Cytisus scoparius*), das von den Viehherden beweidet wurde.

Diese Gegend wurde regelmäßig „urbar“ gemacht (umgewandelt in periodisches Ackerland – Roggen, Hafer – nachdem die Rückstände und vertrockneten Gräser gerodet oder verbrannt wurden) – die hoch gelegenen Landstreifen der Täler mit starker Hanglage sind während des XX. Jahrhunderts in Niederwälder, Anpflanzungen von Nadelhölzern oder Dauerweiden umgewandelt worden. Einige dieser Landstreifen, die sehr starkes Gefälle aufweisen und nur schwer „zu verbessern“ waren, sind mittlerweile zu **Magerweiden** geworden, mit Rotschwingel (*Festuca rubra*), Rotes Straußgras (*Agrostis capillaris*), Kammgras (*Cynosorus cristatus*), Kleiner Klappertopf (*Rhinanthus minor*), Betonie (*Stachys officinalis*), Rundblättrige Glockenblume (*Campanula rotundifolia*).

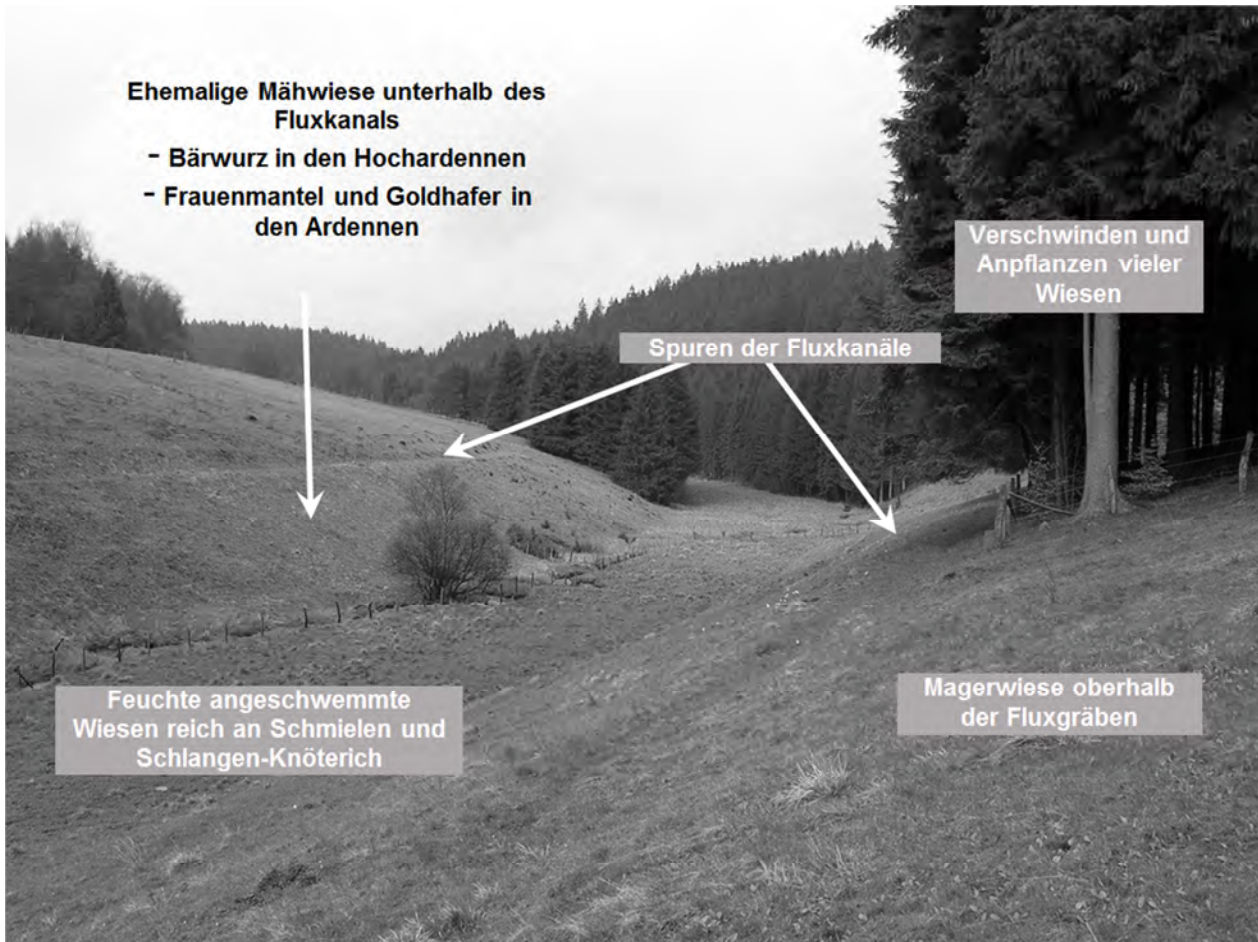


Abbildung 2: Die verschiedenen Wiesentypen eines „Flüxtales“

Schlussfolgerung

Heutzutage sind die letzten verbleibenden Flüxwiesen noch **wahre Sammelbecken von Biodiversität, die unbedingt zu schützen sind, um jeden Preis**. Glücklicherweise ist dieser Schutz seit mehreren Jahren gewährleistet, durch die Statuten der privaten oder staatlichen natürlichen Reservate und des Programmes der Agrarumweltmaßnahmen und Natura 2000.

Literatur

- Aubron, C. (2007): "La gestion fourragère dans les élevages laitiers des Andes sèches : rationalité et performances", Fourrages, n°189, 125–138.
- Dumont, J.-M. (1979): "Les anciennes prairies à *Colchicum autumnale* au Plateau des Tailles (Belgique)". Bulletin du Jardin Botanique de Belgique, 49, 121–138.
- Fontaine, S. (1981): "L'abissage des prés dans les vallons de haute Ardenne nord-orientale", Hautes Fagnes, 47, 117–140.
- Lambert, J. (1962–1963): "Recherches phytosociologiques sur les prairies de la Moyenne-Ardenne", Agricultura, 10: 259–344, 577–618, 827–857.
- Laurent, A. (1967): "Les biez ardennais. Un système d'irrigation en voie de disparition", Revue Belge de géographie, 91^e année, 67–78.
- Malbrouck, J. (1970): "Note sur un aspect de l'utilisation, dans le passé, de l'eau sur le Plateau des Tailles: l'irrigation des prairies", Les Naturalistes belges, 51, 458–478.
- Philippe, A., Rouxhet, S., Lambert, J. und Luxen, P. (2008): Prairies traditionnelles d'Ardenne, Collection Agrinature n°2, Ministère de la Région wallonne, Direction générale de l'Agriculture, 122 p; http://agriculture.wallonie.be/apps/spip_wolwin/IMG/pdf/Agrinature2.pdf
- Poncelet, L. und Martin, H. (1947): Esquisse climatologique de la Belgique, Mémoire Institut Royal Météorologique de Belgique, 27, 265 p.
- Querret, M.H. (1845): De l'amélioration des prairies naturelles en Basse-Bretagne et de la fabrication et de la conservation des fourrages, Typographie de Ch. Le Blois, Brest, 36 p.

Zuwachsdynamik von intensiven Rotationsweiden unter Berücksichtigung unterschiedlicher Standortbedingungen in Schleswig-Holstein

Peters, T., Kluß, C., Reinsch, T., Loges, R. und Taube, F.
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
tpeters@gfo.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Ausgeprägte saisonale Veränderungen der täglichen Zuwachsrates des Aufwuchses auf der Weide innerhalb und zwischen den Jahren werden durch die Wechselwirkung meteorologischer Faktoren, der Bodenbeschaffenheit und der Düngung verursacht. Mit den unterschiedlichen Klima- und Bodeneigenschaften der Jungmoränenlandschaft „östliches Hügelland“, des sandigen Mittellückens der Geest und Vorgeest, und der durch die holozänen Gezeitenablagerungen entstandenen Marsch, zeigt Schleswig-Holstein unterschiedliche Bedingungen für das Graswachstum auf der Weide. Aktuell fehlt in Norddeutschland eine wissenschaftlich fundierte Datengrundlage für eine abgesicherte Bewertung von Ertragsleistungen der Weide. Diese sind jedoch sowohl für die Einschätzung des Nutzungspotenzials intensiver Weidesysteme in Norddeutschland allgemein, als auch für eine hohe Futternutzungseffizienz und der Optimierung des Weidemanagements auf betrieblicher Ebene essentiell (Peyraud *et al.* 2013, Dalley *et al.* 1999).

Vor diesem Hintergrund werden seit dem Frühjahr 2016 an acht Standorten in den Naturräumen Schleswig-Holsteins intensive Messprogramme durchgeführt, um das Leistungspotenzial der Weide im Hinblick auf Ertrag und Futterqualität zu erfassen. Die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres 2016 werden hier präsentiert.

Material und Methoden

Bei den beprobten Flächen handelt es sich um Dauergrünlandweideflächen mit hohem Anteil an Deutschem Weidelgras (Abbildung 1). Je nach Beprobungsintensität wird eine wöchentlich, bzw. 4-wöchentlich gestaffelte Handbeprobung jeweils vier Wochen alter Bestände durchgeführt. Im Folgenden werden die TM-Zuwächse und TM-Jahreserträge der wöchentlich beprobten Standorte gezeigt. Die Beprobungen basieren auf der standardisierten Methode nach Corral und Fenlon (1978), die als eine Simulation einer intensiven Rotationsweide angesehen werden kann.

Für die Ermittlung der durchschnittlichen täglichen Wachstumsrate gilt dabei

$$\text{Wachstumsrate}_t = \left(\frac{\frac{1}{4}Y_t + \frac{1}{4}Y_{t+1} + \frac{1}{4}Y_{t+2} + \frac{1}{4}Y_{t+3}}{28} \right)$$

Y_t , Y_{t+1} , Y_{t+2} und Y_{t+3} sind die beprobten Erträge am Ende der Wochen t , $t+1$, $t+2$ und $t+3$

Auf allen Versuchsflächen wurde im Frühjahr eine Grunddüngung (300 kg K_2O /ha, 53 kg P_2O_5 /ha, 30 kg S/ha) und mit Ausnahme der ökologisch bewirtschafteten Flächen, eine mineralische Stickstoffdüngung (30 kg N/ha) durchgeführt. Der Düngungsfaktor der konventionell bewirtschafteten Flächen beträgt, je nach Standort und Beprobungsintensität, 0 kg N $ha^{-1} a^{-1}$, 140 kg N $ha^{-1} a^{-1}$ und 280 kg N $ha^{-1} a^{-1}$, aufgeteilt auf 8 Beprobungsschnitte/simulierte Weide-Rotationen (Übersicht der Messprogramme in Tabelle 1). Bei den ökologisch bewirtschafteten Flächen wird die N-Versorgung während der Weideperiode ausschließlich aus der legumen N_2 -Fixierung über Weißklee gedeckt. Nach einer Bestandshöhenmessung mit einem Rising-Platometer (Filips Manual Folding Platometer, Jenquip Agriworks Ltd, NZ) erfolgt die Ertragsbeprobung per Hand auf einer Höhe von 4 cm und einer Fläche von 0,25 m^2 pro Parzelle. Anschließend wird das Pflanzenmaterial zeitnah getrocknet und mit Hilfe des NIRS-Verfahrens (Nah-Infrarot-Reflex-Spektroskopie) auf verschiedene Futterqualitätsparameter untersucht.

Um ein besseres Verständnis des Zuwachses auf der Weide zu erhalten wurden am Standort Großbarkau über den Vegetationsverlauf ertragsphysiologische Aspekte, wie die Triebdichte, Phänologie, Blattflächenindex und spezifische Blattfläche bei unterschiedlichen N-Düngungsniveaus untersucht.

Tabelle 1: Übersicht der wöchentlich beprobten Standorte in Schleswig-Holstein in 2016

| Naturraum | Nutzung | Standort | Bodenart | Textur
% T
% U
% S | Ø Nieder-
schlag
mm | Ø
Temperatur
°C | Erhebungen |
|-----------------|---------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|--|
| Geest | | Bargstedt | Gley-
Trepasol
(Ss) | 5
9,3
85,1 | 847 | 8,9 | Effekt der N-Düngung (0, 280 kg N ha ⁻¹ a ⁻¹) auf Ertrag/Futterqualität |
| Marsch | konventionell | Wewelsfleth | Kleimarsch
(Lu) | 29,9
50,5
19,7 | 875 | 9,1 | Effekt der N-Düngung (0, 280 kg N ha ⁻¹ a ⁻¹) auf Ertrag/Futterqualität |
| Östl. Hügelland | | Großbarkau | Para-
braunerde
(SI4) | 14,8
24,2
61 | 742 | 8,9 | Effekt der N-Düngung (0, 140, 280 kg N ha ⁻¹ a ⁻¹) auf Ertrag/Futterqualität
Physiologie/Morphologie des Weidegrases |
| | ökologisch | Lindhof | Para-
braunerde
(SI3) | 12,4
24,2
63,5 | 778 | 8,9 | Ertrag und- Qualität |
| | | Westerau | Para-
braunerde
(SI4) | 15,7
33,1
51,2 | 712 | 8,8 | Ertrag und -Qualität |

Während der zweijährigen Beprobungszeit werden für jeden Standort die für das Graswachstum relevanten Umweltparameter (Temperatur, Globalstrahlung, Niederschlag) durch in der Nähe liegende Wetterstationen des DWD erfasst. Diese werden in Verknüpfung mit den Ertrags- und Futterqualitätsdaten dazu genutzt, ein dynamisch mechanistisches Pflanzenwachstumsmodell basierend auf Algorithmen der ‚Reifepfung Grünland‘ (Kornher *et al.* 1991) zu kalibrieren und zu validieren.

Ergebnisse und Diskussion

Die Zuwachsraten aller Standorte zeigen den charakteristischen Verlauf mit starkem Anstieg zum generativen Stadium im Frühjahr mit darauffolgender Sommerdepression und mit der Umsteuerung auf vegetatives Wachstum einen erneuten Anstieg und anschließend tendenziell abnehmenden Zuwachsraten zum Vegetationsende (Anslow 1967, Klapp 1971, Abbildung 2). Der Jahresertrag und die Zuwachsraten werden signifikant durch die absolute Höhe der N-Düngung beeinflusst. So werden bei einer Düngung von 280 kg N ha⁻¹ a⁻¹ Erträge zwischen 13,7 t und 16 t TM ha⁻¹ a⁻¹ erreicht (Abbildung 2B). Auch bei unterlassener Stickstoffdüngung wird ein hohes Ertragsniveau zwischen 7 und 10,3 t TM ha⁻¹ a⁻¹ erreicht. Hier zeigen sich die beiden auf Weißklee basierten ökologisch bewirtschafteten Flächen als besonders konkurrenzfähig (Abbildung 1).

Der Einfluss des Deutschen Weidelgrases auf den Jahresertrag wird in Abbildung 3 deutlich. Im Durchschnitt aller beprobten Standorte wird deutlich, wie wertvoll der Anteil des hochproduktiven Grases im Bestand ist. So führt bei einer N-Düngung von 280 kg N ha⁻¹ a⁻¹ eine Zunahme des Anteils des Deutschen Weidelgrases um 10 % zu einer Zunahme des TM-Jahresertrags von 0,53 t. Bei nicht-vorhandener N-Düngung ist dieser Effekt weniger stark ausgeprägt. Überdies wird durch die schnelle Verschiebung der Artenzusammensetzung die Fähigkeit von Dauergrünlandbeständen deutlich, dynamisch auf Veränderungen abiotischer Faktoren (hier N-Düngung) zu reagieren (Abbildung 1, Abbildung 3).

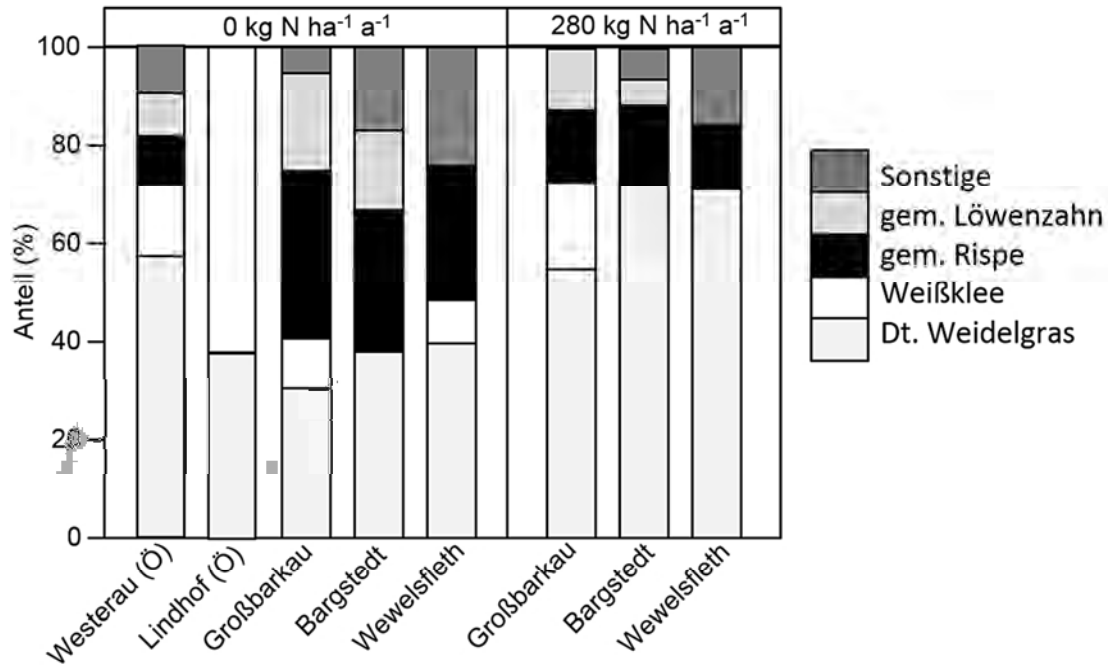


Abbildung 1: Bestandeszusammensetzung (Schätzung der Ertragsanteile nach KLAPP im September 2016) der wöchentlich beprobten Standorte bei 0 kg N ha⁻¹ a⁻¹ und 280 kg N ha⁻¹ a⁻¹. (Ö)= ökologisch bewirtschaftete Flächen

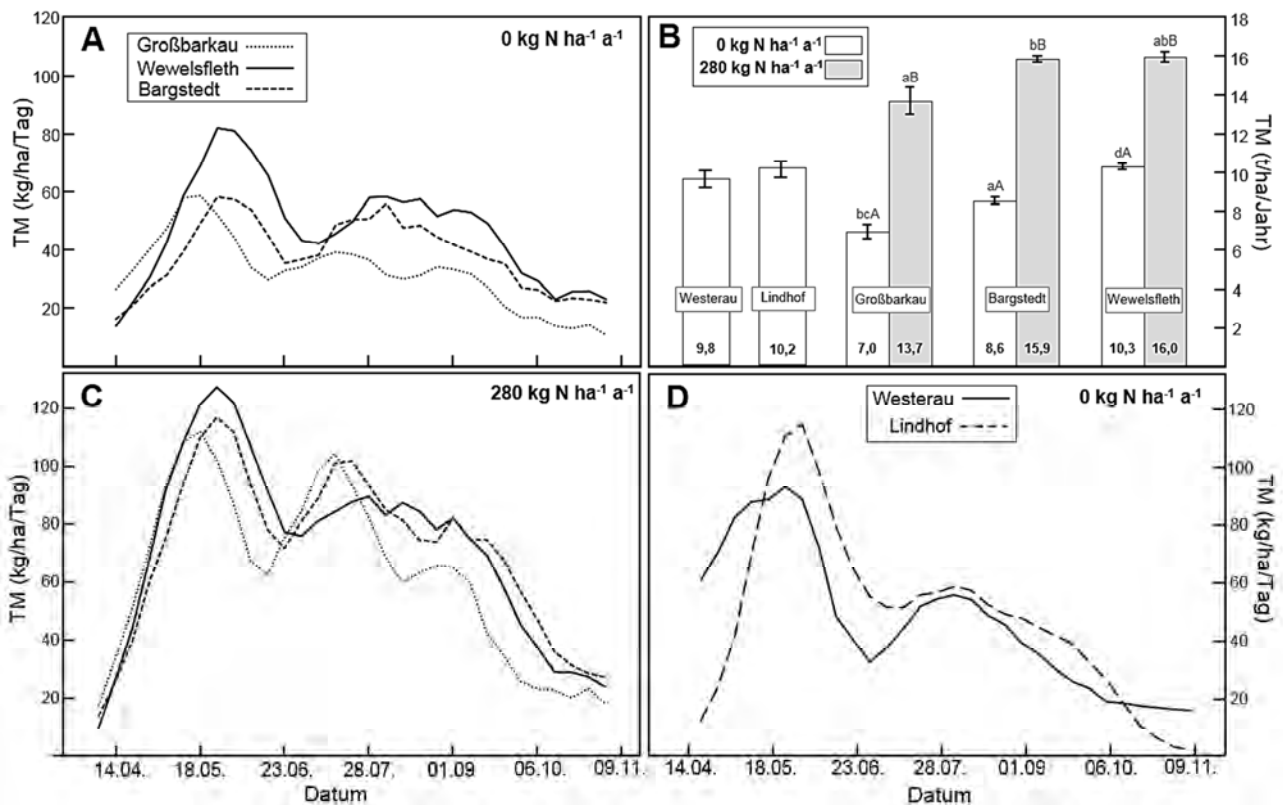


Abbildung 2: Tägliche Wachstumsraten und Jahreserträge der wöchentlich beprobten Standorte. A) Tägliche Wachstumsraten der konventionellen Standorte bei unterlassener Düngung. B) TM-Jahreserträge aller wöchentlich beprobten Standorte bei 0 kg N ha⁻¹ a⁻¹ und 280 kg N ha⁻¹ a⁻¹. C) Tägliche Wachstumsraten der konventionellen Standorte bei 280 kg N ha⁻¹ a⁻¹. D) Tägliche Wachstumsraten der ökologisch bewirtschafteten Standorte

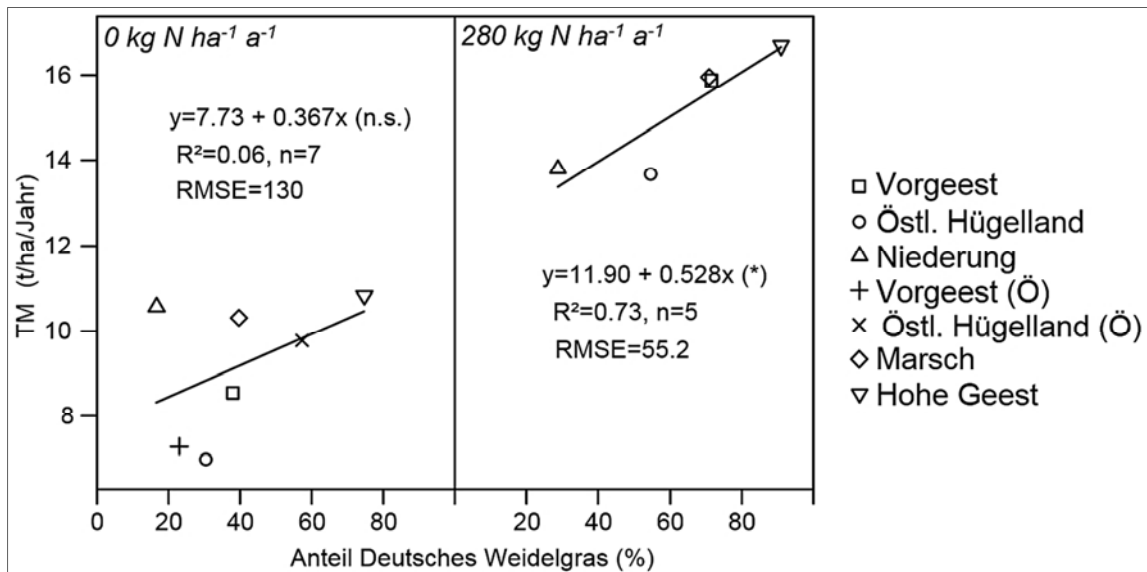


Abbildung 3: Abhängigkeit des Jahresertrags vom Deutschen Weidelgras-Anteil im Bestand aller beprobten Standorte bei $0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und $280 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. (Ö)= ökologisch bewirtschaftete Flächen

Schlussfolgerungen

Die präsentierten Ergebnisse des ersten Versuchsjahres 2016 zeigen in Abhängigkeit der N-Düngung und des Anteils an Deutschem Weidelgras im Bestand ein sehr hohes Ertragspotenzial. Eine grundsätzliche Implementierung intensiver Weidesysteme in Norddeutschland ist demnach unter gegebenen Standort- und Betriebsbedingungen möglich. Allerdings können die über die Vegetationsperiode teilweise stark schwankenden Zuwachsraten zu Planungs- und Ertragsunsicherheiten führen und somit das Weidemanagement erschweren. Daher ist es notwendig, Pflanzenwachstumsmodelle zu entwickeln, die das Graswachstum in Norddeutschland auf Basis von Witterungsdaten und Standortparametern voraussagen und eine Grundlage für die Entwicklung von Weidemanagement- und Planungstools bieten.

Die Untersuchungen dieser Arbeit werden im Rahmen des Projektes "Optimiertes Weidemanagement – smart grazing" der Europäischen Innovationspartnerschaften (EIP agri) durchgeführt.

Literatur

- Anslow, R.C. (1967): Frequency of cutting and sward production. *J. agric. Sci., Camb.* .68., 377–384.
- Corrall und Fenlon (1978): A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *J. agric. Sci.* 91, pp. 61–67.
- Dalley, D.E., Roche, J.R., Grainger, C. *et al.* (1999): Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pastures at different herbage allowances in spring. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39 (8), 923–931.
- Klapp, E. (1971): *Wiesen und Weiden*. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 4. Auflage.
- Kornher, A., Nyman, P. und Taube, F. (1991): Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. *Das Wirtschaftseigene Futter* 37, 232–248.
- Peyraud, J.L. und Delagarde, R. (2013): Managing variations in dairy cow nutrient supply under grazing. *Animal*, 7:s1, pp. 57–67.

„Die neue Kuh?!“ – zu Bedeutung und Charakteristika der Grünlandbewirtschaftung durch Pferdehalter

Schmitz, A., Hüppe, C., Recktenwald, C., Dingfeld, J., Brinsa, C., Florek, J., Maulhardt, J. und
Isselstein, J.

DNPW Abteilung Graslandwissenschaft Universität Göttingen
von-Siebold-Straße 8 37075 Göttingen,
Anja.Schmitz@agr.uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Die Haltung von Pferden wird zunehmend als wirtschaftliche Option extensiver Graslandnutzung wahrgenommen. Das Potenzial der Grünlandnutzung mit Pferden für Artenvielfalt und Ökosystemdienstleistungen wurde in vorangegangenen Studien aufgezeigt (Schmitz und Isselstein 2015). Bislang unbeantwortet ist jedoch die Frage nach der Relevanz der Pferdehalter in der Fläche sowie ihrer Wirtschaftsweise. In Deutschland liegen bislang keine umfassenden Daten zur Grünlandbewirtschaftung in der Pferdehaltung vor. Laut Agrarstrukturerhebung werden in Deutschland 460.000 Einhufer in landwirtschaftlichen Betrieben gehalten. Ein Großteil der Freizeitpferde wird jedoch nicht auf landwirtschaftlichen Betrieben untergebracht (destatis 2010). Eine Besonderheit in der Pferdebranche ist die reine Hobbyhaltung von Pferden jenseits landwirtschaftlicher Betriebe. Diese bleibt von Agrarstrukturerhebungen weitestgehend unberücksichtigt, da Betriebe unter 5 ha Flächenausstattung nicht erfasst werden. Bei den deutschen Tierseuchenkassen (TSK) waren 2011 840.000 Equiden gemeldet (Näther *et al.* 2011). Aktuelle Hochrechnungen der deutschen Reiterlichen Vereinigung (FN 2017) gehen sogar von etwa 1,3 Millionen in Deutschland gehaltenen Pferden und Ponies aus, was etwa einem Zehntel des deutschen Rinderbestands entspricht. Ob im landwirtschaftlichen Betrieb oder in der Hobbyhaltung: Pferdehalter nutzen Grünland, als Weide und für die Bereitstellung von Raufutter. Bislang herrscht jedoch wenig Transparenz zur Flächenausstattung und Wirtschaftsweise, zum Kenntnisstand der Pferdehalter und zur räumlichen Verteilung der Grünlandnutzung.

In der vorliegenden Studie werden daher erstmals eine auf Praxisdaten basierende (1) Analyse von Betriebsstrukturparametern und Grünlandmanagement pferdehaltender Betriebe, sowie (2) eine Schätzung des Umfangs der Grünlandnutzung zur Ernährung und Haltung von Pferden und ihrer räumlichen Verteilung in Deutschland vorgenommen.

Material und Methoden

In einer deutschlandweiten Onlineumfrage wurden von Januar bis Ende März 2017 insgesamt 573 Pferdehalter zur Betriebsstruktur, zum Grünlandmanagement, zur Pferdenutzung sowie ihrem Ausbildungsstand in der Grünlandbewirtschaftung befragt. Es wurde nach landwirtschaftlicher Ausbildung, Ausbildung mit Pferdebezug (auch Trainer etc.) oder keine Ausbildung mit Bezug zur Grünlandwirtschaft oder Pferdehaltung unterschieden. Als Betriebsstrukturdaten wurden die Erwerbsform (Haupterwerb, Nebenerwerb, Hobbyhaltung), die Flächenausstattung für die Pferdehaltung, die Anzahl der Ponies (0,7 GV), Kleinpferde (0,85 GV) und Großpferde (1,1 GV) sowie die Ausbildung des Betriebsleiters erfasst. Hinsichtlich der Grünlandbewirtschaftung wurden die Nutzung der Grünlandflächen (Weide, Mahd oder Mähweide), der Raufutterzukauf als prozentualer Anteil am insgesamt benötigten Raufutter, Düngung und regelmäßig durchgeführte Pflegemaßnahmen erfasst. Die Schätzung des für Pferde genutzten Grünlands erfolgte unter Verwendung von Pferdebestandsdaten der TSK Stand 2016 auf Bundeslandebene, bzw. bei Bereitstellung von Bestandsdaten auch auf Kreisebene. Die Daten wurden bei den einzelnen TSK je Bundesland angefragt. Der jeweilige Bestand wurde in Bezug zur mittleren Flächenausstattung je GV der Umfrageteilnehmer gesetzt.

Zur Analyse der Grünlandnutzung durch Pferdehalter im Verhältnis zu weiterer Landnutzung wurden Flächennutzungsdaten des statistischen Bundesamtes herangezogen (Statistisches Bundesamt 2015) und Zensusdaten der statistischen Landesämter (Statistisches Bundesamt 2011) verwendet.

Als Ballungsraum werden Kreise und kreisfreie Städte mit einer Bevölkerungsdichte über 1000 Einwohner pro km² bezeichnet (vgl. 2008/50/EG, EU-Richtlinie über Luftqualität). Datenaufbereitung, deskriptive Darstellung und Varianzanalyse zum Vergleich der Betriebstypen erfolgten in R (Version 3.3.2, 2016).

Ergebnisse und Diskussion

Betriebsstruktur und Flächenbewirtschaftung

Der überwiegende Teil der Umfrageteilnehmer (70 %) hält Pferde als Hobby, also ohne Erwerbszweck (Tabelle 1). Im Mittel werden 8 GV je Betrieb gehalten, bei Hobbyhaltern sind es weniger als 4 GV. In Zeiten stetig zunehmender Betriebsgrößen in der Grünlandbewirtschaftung Je GV stehen durchschnittlich 0,69 ha Grünland zur Verfügung. Nicht berücksichtigt ist hierin die für die Produktion zugekauften Raufutters anzusetzende Fläche. Trotz Variabilität in der Flächenausstattung der Betriebe insgesamt unterschieden sich die Erwerbsformen nicht signifikant in der Flächenausstattung je GV. 79 % der Hobbyhalter verfügen über weniger als fünf Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche. Sie werden somit nicht als grünlandnutzende Betriebe in der Agrarstrukturerhebung erfasst. Dies bestätigt die Beobachtung von Bomans *et al.* (2011), die Grünlandnutzung durch Pferde werde systematisch unterschätzt.

Nicht ganz die Hälfte aller befragten Betriebe gab an, eine landwirtschaftliche und/oder pferdebezogene Ausbildung zu haben. Dies ist durch den hohen Anteil Hobbyhalter ohne entsprechende Ausbildung zu erklären, während Betriebe hohen Professionalisierungsgrades (Haupterwerb) sich überwiegend auf eine landwirtschaftliche und/oder pferdebezogene Ausbildung stützen. Es gab des Weiteren die Möglichkeit, „sonstigen“ Hintergrund zu erläutern. Insbesondere von Hobbyhaltern ohne reguläre Ausbildung wurden hier ein sonstiger Bezug zur Landwirtschaft und langjährige Erfahrungswerte vermerkt.

Tabelle 1: Flächenausstattung und Ausbildung des Betriebsleiters der Umfrageteilnehmer

| | Anzahl Teilnehmer | Flächenausstattung und Pferdebestand Ø | | | Ausbildung Betriebsleiter* (%) | | |
|-------------|-------------------|--|-----------|-----|--------------------------------|---------------|----------|
| | | LN (ha) | GL (ha)** | GV | landwirtschaftlich | pferdebezogen | keine*** |
| Insgesamt | 573 | 50,1 | 8,3 | 8 | 18,3 | 25,8 | 54,8 |
| Haupterwerb | 50 | 62,2 | 26,9 | 29 | 48,0 | 48,0 | 14,0 |
| Nebenerwerb | 120 | 21,6 | 12,65 | 11 | 29,1 | 36,7 | 34,2 |
| Hobby | 403 | 7,4 | 4,7 | < 4 | 11,4 | 19,8 | 66,0 |

* Mehrfachnennungen möglich; ** ausschließlich für Pferde genutztes GL;

*** keine auf Pferde oder Grünlandwirtschaft bezogene Ausbildung

Das Grünland der befragten Betriebe wird überwiegend beweidet. Ein Drittel der Pferdehalter nutzt das betriebszugehörige Grünland sogar ausschließlich als Weide und kauft den Gesamtbedarf an Raufutter zu. Eine ausschließliche Schnittnutzung erfolgt auf knapp 30 % der Flächen von Nebenerwerbsbetrieben und Hobbylandwirten, bei Haupterwerbsbetrieben wird hingegen im Mittel fast die Hälfte der Fläche zur Futterproduktion gemäht. Die Anzahl der Schnitte beträgt bei allen Erwerbstypen überwiegend ein bis zwei Schnitte pro Vegetationsperiode.

Die überwiegende Weidenutzung in der Pferdehaltung stellt ein wirtschaftliches Potenzial für Raufutter produzierende landwirtschaftliche Betriebe dar, insbesondere zur Verwertung von Aufwüchsen extensiver Flächen. Bei einer an die Leistungsfähigkeit des Standortes angepassten Besatzstärke ist dies aus ökologischer Perspektive durchaus zu begrüßen. Pferdeweiden können zum Erhalt eines gewissen Artenreichtums im Wirtschaftsgrünland beitragen (Schmitz und Isselstein 2015). Jedoch stellen sie das Grünlandmanagement aufgrund des speziellen Weideeffektes des Pferdes auch vor Herausforderungen. So geben 99 % der befragten Betriebsleiter an, regelmäßig Grünlandpflegemaßnahmen durchzuführen. Die Kontrolle auf und Entfernung von Giftpflanzen ist bei fast 80 % der Pferdehalter üblich, 75 % schleppen ihre Flächen und jeweils knapp über 60 % mulchen und/oder säen ihre Flächen regelmäßig nach.

Herbizide kommen bei 12 % der Pferdehalter zu Einsatz, sie spielen in Haupterwerbsbetrieben eine größere Rolle als bei Hobbyhaltern. Eine Besonderheit der Weidepflege bei Pferden ist die arbeitsintensive Entfernung der Exkremate durch regelmäßiges „Abäppeln“; dies ist eine Maßnahme gegen die Ausbreitung von Endoparasiteninfektionen und die Etablierung von Geilstellen. 70 % der Hobbyhalter geben an, ihre Flächen entsprechend zu säubern, bei den Haupt- und Nebenerwerbsbetrieben sind es nur gut 40 %.

Etwa 30 % der Betriebsleiter geben an, ihre Flächen nicht zu düngen. Unter den düngenden Betrieben wurden keine Präferenzen für eine organische oder mineralische Düngung erkannt. Die Festlegung der Düngemenge erfolgt in jeweils gut 40 % der Pferdehaltungen „nach Bodenprobe“, nur 11 % düngen „nach Entzug“ und 40 % geben an „pi mal Daumen“ zu düngen.

Quantitative Schätzung der Grünlandnutzung für die Pferdehaltung

Der Schätzung des Pferdebestandes, auch anhand der Abfragen der TSK, ist eine gewisse Fehlerbehaftung zu unterstellen. Die eingeschränkte Datenerfassung in der Pferdehaltung ist ein generelles Problem. Werden ein Pferdebestand von 840.000 Tieren (Näther *et al.* 2011) und eine mittlere Flächenausstattung von 0.69 ha/GV unterstellt, so werden mindestens 600.000 ha, also 12,4 % des deutschen Grünlands, mit oder für Pferde bewirtschaftet. Auf Basis aktueller Bestandsdaten kann sogar von mindestens 14 % des genutzten Grünlands ausgegangen werden. Hinzu kommt noch Fläche, die indirekt zur Raufutterproduktion bewirtschaftet wird.

Der relative Anteil der Pferdehaltung gegenüber der Rinderhaltung ist in Ballungsraumgebieten höher als in ländlichen Regionen. Wird die mittlere je Pferd genutzte Fläche auf den gemeldeten Pferdebestand bezogen und in Verhältnis zum verfügbaren Grünland gesetzt, so kann in ländlichen Regionen von etwa 12,9 % und in Ballungsraumregionen sogar von über 50 % für Pferde genutzten Grünlands ausgegangen werden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Betriebsdaten, Verhältnis Pferdebestand zu Rinderbestand und geschätzter Anteil des für Pferde genutzten Grünlands in den Landkreisen. Landkreise wurden kategorisiert nach Bevölkerungsdichte

| Variable | Akk. Landkreise nach Einwohner je km ² | | | | |
|---|---|--------|---------|----------|--------|
| | Gesamt | 0–250 | 250–500 | 500–1000 | >1000 |
| Erfasste Betriebe | 565 | 359 | 95 | 56 | 55 |
| Ø Pferde/Betrieb | 8 | 8 | 9 | 8 | 10 |
| Ø GL ha für Pferde/Betrieb | 5.7 | 6.1 | 5.8 | 4.7 | 4.6 |
| Ø GL ha/Pferd | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 |
| Verhältnis Pferdebestand/Rinderbestand | 7,5 % | 5,8 % | 12 % | 30,6 % | 58,5 % |
| <i>Schätzung</i>
Anteil Pferde-GL an GL* | 14 % | 12,9 % | 22 % | 38 % | 53,7 % |

* Ø GL ha/Pferd bezogen auf den Pferdebestand und das zur Verfügung stehende Grünland

Schlussfolgerungen

Pferde nehmen eine nicht mehr zu unterschätzende Rolle in der Bewirtschaftung des Wirtschaftsgrünlands ein. Eine Aussage zur insgesamt genutzten Fläche bleibt jedoch aufgrund der wagen Datenlage des Pferdebestands nach wie vor eine Schätzung. Die hohe Dunkelziffer im Pferdebestand und der Ausschluss aus Agrarstrukturerhebungen bedingt eine systematische Unterschätzung des für Pferde genutzten Grünlandes. Die hier dargestellten, vorläufigen und weiter zu fundierenden Ergebnisse bieten jedoch erstmals einen deutschlandweiten Einblick in Umfang und Charakteristika der Grünlandnutzung durch die Pferdehaltung.

Über 90 % der befragten Teilnehmer gaben an, mehr über nachhaltige Grünlandbewirtschaftung mit Pferden lernen zu wollen. Über 70 % sehen Bedarf in der Verbesserung der Ausbildung der Pferdehalter. Dies ist ein klar formulierter Forschungs- und Beratungsauftrag aus der Praxis. Diesem gilt es zukünftig im Rahmen von auf das Weidetier Pferd bezogenen Studien und entsprechender Beratung gesteigerte Beachtung zu schenken.

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Unterstützung unseres Beitrags im Rahmen von FoLL (Forschungsorientiertes Lehren und Lernen) und S. Wimmelmann für die FoLL-Koordination. Wir bedanken uns bei den deutschen Tierseuchenkassen für die Bereitstellung der Pferdebestandsdaten sowie allen Multiplikatoren (VfD, FN, Cavallo und weitere) und Teilnehmern der Umfrage.

Literatur

Bomans, K., Dewaeleheyns, V., und Gulinck, H. (2011): Pasture for horses: an underestimated land use class in urbanized and multifunctional area. *International Journal of Sustainable Development and Planning* 6, 2.

Jouven, M., Vial, C. und Fleurance, G. (2015): Horses and rangelands: perspectives in Europe based on a French case study. *Grass and Forage Science* 71.

Näther, M. und Theuvsen, L. (2012): Risikomanagement im Pferdebetrieb – Leitfaden im Pferdebetrieb: So behalten Sie die Risiken im Griff. Cuvillier Verlag.

Schmitz, A. und Isselstein, J. (2015): Besser als ihr Ruf? Artenvielfalt und Vegetationskomposition von Pferdeweiden im direkten Vergleich zu Rinderweiden der Praxis. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*, 59.

Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj> (abgerufen am 12.05.2017).

Statistisches Bundesamt (2011): Zensus 2011. Bevölkerung.

www.destatis.de/DE/Methoden/Zensus/_Zensus.html (abgerufen am 12.05.2017).

Statistisches Bundesamt (2015): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Bodennutzung der Betriebe. www.destatis.de. (abgerufen am 12.05.2017).

Zasada, I., Berges, R., Hilgendorf, J. und Piorr, A. (2013): Horsekeeping and the peri-urban development in the Berlin Metropolitan Region. *Journal of Land Use Science* 8, 2.

„50 shades of green“ – Qualität und floristische Diversität von Heu der pferdehaltenden Praxis

Schmitz, A., Brinsa, C., Hüppe, C., Recktenwald, C., Dingfeld, J., Florek, J., Maulhardt, J. und Isselstein, J.

DNPW Abteilung Graslandwissenschaft Universität Göttingen
von-Siebold-Straße 8 37075 Göttingen
Anja.Schmitz@agr.uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Der Pferdesektor spielt eine zunehmend wichtige Rolle für die Bewirtschaftung von Grünland und die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen (Schmitz und Isselstein 2015). Als Monogastrier hat das Pferd andere ernährungsphysiologische Ansprüche an das Raufutter als Wiederkäuer. Für die leistungsorientierte Milchviehernährung optimierte Grünlandaufwüchse mit hoher Energiedichte sind der Pferdegesundheit nicht zuträglich (GFE 2014). Daher wird ein besonderes Potenzial der Pferdehaltung in der Verwertung von Aufwüchsen aus extensiver Grünlandbewirtschaftung gesehen. Die jährlichen Qualitätsberichte der LUFA lassen auf erhebliche Variabilität der Raufutterqualität schließen (LUFA Nord-West 2017). Über die tatsächlich in der Praxis gefütterten Qualitäten und deren floristische Diversität ist jedoch wenig bekannt. Ziel der vorliegenden Studie ist daher, erstmals Qualität und floristische Diversität von Raufutterproben aus der pferdehaltenden Praxis in Deutschland vor dem Hintergrund des Professionalisierungsgrades der Pferdehalter (Erwerbsform, Hobbyhalter) sowie der Flächenbewirtschaftung aufzuzeigen.

Material und Methoden

In einer vollstandardisierten, deutschlandweiten Onlinebefragung wurden von Januar bis Ende März 2017 insgesamt 573 Pferdebetriebe zur Betriebsstruktur, zum Weide- und Flächenmanagement und zur Pferdenutzung befragt. Im Rahmen der Umfrage bestand für Pferdebetriebe mit eigener Raufutterproduktion die Option, eine Raufutterprobe zur Analyse einzusenden. Insgesamt wurden 166 Heuproben einschließlich Informationen zu Betriebsstruktur und zur Bewirtschaftung der Heugewinnungsflächen aus der pferdehaltenden Praxis zur Verfügung gestellt. Um möglichst repräsentative Proben zu generieren, sollten die Proben möglichst standardisiert gewonnen werden. Die Vorgabe war, fünf handvoll Heu von allen unterschiedlichen Seiten und dem Inneren eines angefangenen Ballens zu einer Probe zusammenzufassen.

So dies im getrockneten Zustand möglich war, wurden die Pflanzenarten jeder Probe identifiziert und die Proben in 5 Diversitätsklassen kategorisiert: Monokultur (1–2 Arten) bis sehr stark divers (>15 Arten). Da im trockenen Heu nicht alle Pflanzen bestimmt werden konnten, muss von einer systematischen Unterschätzung der tatsächlichen Artenvielfalt ausgegangen werden. Im Anschluss wurden die Proben nach dem Standardverfahren des VDLUFA aufbereitet (VDLUFA 1976). Mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) wurden Parameter der Futterqualität analysiert. Metabolisierbare Energie (ME) wurde nach den neuen Empfehlungen zur Energie und Nährstoffversorgung von Pferden (GFE 2014) berechnet. Hierfür wurde ein Rohaschegehalt von 8 % der Trockenmasse (TM) angenommen (vgl. LUFA Nord-West 2017). Datenaufbereitung und deskriptive Darstellung erfolgt unter der Verwendung der Software R (Version 3.3.2, 2016).

Ergebnisse und Diskussion

Heuwerbung

Die 573 befragten Pferdehalter kaufen durchschnittlich 54 % des Raufutters zu. Hobbyhalter kaufen durchschnittlich zwei Drittel des benötigten Raufutters zu. Bei 45 % aller befragten Hobbyhalter ist es sogar das insgesamt benötigte Raufutter. Betriebe mit Haupterwerbszweck hingegen produzieren im Mittel 72 % ihres benötigten Futters selbst. Als Gründe für den Raufutterzukauf wurden von 47 % eine knappe Flächenausstattung angeführt, gefolgt von einer unzureichenden Maschinenausstattung (38 %) oder zu hohem Arbeitsaufwand (32 %).

Heuqualität

Insgesamt lässt sich eine gewisse Variabilität der Futterqualität der 166 eingesendeten Heuproben feststellen, insbesondere die Mittelwerte für XP und Fruktan zeigen recht hohe Standardabweichungen (Tabelle 1). Mit Ausnahme der tendenziell höheren Rohproteingehalte der Proben von Erwerbsbetrieben im Vergleich zu denen von Hobbyhaltern, sind die Qualitäten zwischen den Betriebsformen und unterschiedlichen Bewirtschaftungen vergleichbar.

Für die Pferdefütterung wird ein Rohfasergehalt von 27–32 % der TM angestrebt (LUFA Nord-West 2017). Die mittleren Rohfasergehalte der eingesendeten Heuproben liegen im Vergleich zum Zielwert höher. Der XP-Gehalt liegt bei allen Proben mit unter 12 % der TM im Zielbereich (GFE 2014). Für die Pferdefütterung von besonderer Relevanz ist der Fruktangehalt. Hohe Konzentrationen der nicht strukturbildenden Kohlenhydrate werden mit Stoffwechselstörungen und insbesondere der gefürchteten Laminitis („Hufrehe“) in Verbindung gebracht (Dahlhoff 2003). Das Risiko für gesundheitliche Schäden bei Pferden soll durch einen geringen Fruktangehalt von maximal 5 % der TM minimiert werden (LUFA Nord-West 2017). Sowohl bei Erwerbsbetrieben als auch bei Hobbyhaltern lag der Mittelwert unter dem maximalen Richtwert.

Tabelle 1: Mittelwerte (\pm sd) der Gehalte an Metabolisierbarer Energie ME, Rohfaser XF, Rohprotein XP und Fruktan der Heuproben von Erwerbs- und Hobbybetrieben nach Bewirtschaftungsparametern kategorisiert

| | | n | %n | ME | \pm sd | XF | \pm sd | XP | \pm sd | Fruktan | \pm sd | | |
|------------|------------|---------|------|------|----------|-----|----------|------|----------|---------|----------|-----|-----|
| Erwerb | Düngung | Ja | 34 | 0.60 | 6.5 | 0.3 | 36.0 | 2.1 | 9.0 | 1.9 | 3.5 | 2.0 | |
| | | Nein | 23 | 0.40 | 6.6 | 0.4 | 35.7 | 2.1 | 8.8 | 2.4 | 4.5 | 2.5 | |
| | Schnitte/a | 1x | 22 | 0.39 | 6.5 | 0.4 | 36.2 | 2.2 | 8.7 | 2.3 | 3.9 | 2.4 | |
| | | 2x | 26 | 0.46 | 6.5 | 0.3 | 36.1 | 1.8 | 8.8 | 1.9 | 3.8 | 2.3 | |
| | | 3x | 9 | 0.16 | 6.7 | 0.3 | 34.4 | 2.0 | 9.8 | 2.2 | 4.2 | 1.7 | |
| | Beweidung | Ja | 28 | 0.49 | 6.5 | 0.4 | 35.6 | 2.2 | 9.0 | 2.2 | 4.1 | 2.3 | |
| | | Nein | 29 | 0.51 | 6.5 | 0.3 | 36.2 | 2.0 | 8.9 | 2.0 | 3.7 | 2.3 | |
| | Schnitt | 1 | 52 | 0.91 | 6.5 | 0.4 | 36.1 | 2.0 | 8.7 | 2.0 | 3.9 | 2.3 | |
| | | 2 | 4 | 0.07 | 6.6 | 0.2 | 34.4 | 1.5 | 10.6 | 2.3 | 2.9 | 1.3 | |
| | | 3 | 1 | 0.02 | 7.1 | – | 30.7 | – | 12.6 | – | 6.4 | – | |
| | Hobby | Düngung | Ja | 55 | 0.51 | 6.5 | 0.4 | 36.0 | 2.0 | 8.3 | 1.9 | 3.9 | 2.8 |
| | | | Nein | 53 | 0.49 | 6.6 | 0.3 | 35.7 | 1.9 | 8.5 | 1.5 | 4.4 | 1.8 |
| Schnitte/a | | 1x | 60 | 0.56 | 6.5 | 0.4 | 35.9 | 1.6 | 7.9 | 1.6 | 4.6 | 2.3 | |
| | | 2x | 46 | 0.43 | 6.5 | 0.4 | 35.6 | 2.3 | 8.9 | 1.8 | 4.0 | 2.4 | |
| | | 3x | 2 | 0.02 | 6.3 | 0.1 | 37.6 | 0.8 | 7.8 | 1.0 | 3.2 | 1.6 | |
| Beweidung | | Ja | 73 | 0.68 | 6.5 | 0.4 | 35.8 | 1.9 | 8.4 | 1.8 | 4.4 | 2.5 | |
| | | Nein | 35 | 0.32 | 6.6 | 0.4 | 35.8 | 2.1 | 8.3 | 1.7 | 4.2 | 2.1 | |
| Schnitt | | 1 | 98 | 0.91 | 6.5 | 0.4 | 35.8 | 1.8 | 8.2 | 1.7 | 4.4 | 2.3 | |
| | | 2 | 10 | 0.09 | 6.6 | 0.6 | 35.3 | 2.9 | 9.8 | 1.7 | 4.0 | 2.6 | |
| | | 3 | 0 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | |

Artenvielfalt

Mehr als die Hälfte der eingesendeten Proben zeigte eine mittlere Diversität von mindestens 6 eindeutig zu identifizierenden Arten. Haupterwerbsbetriebe stellten insgesamt weniger floristisch diverse Proben zur Verfügung als Hobby- oder Nebenerwerbsbetriebe. Inwiefern dies mit Managementparametern zusammen hängt gilt es zukünftig zu prüfen.

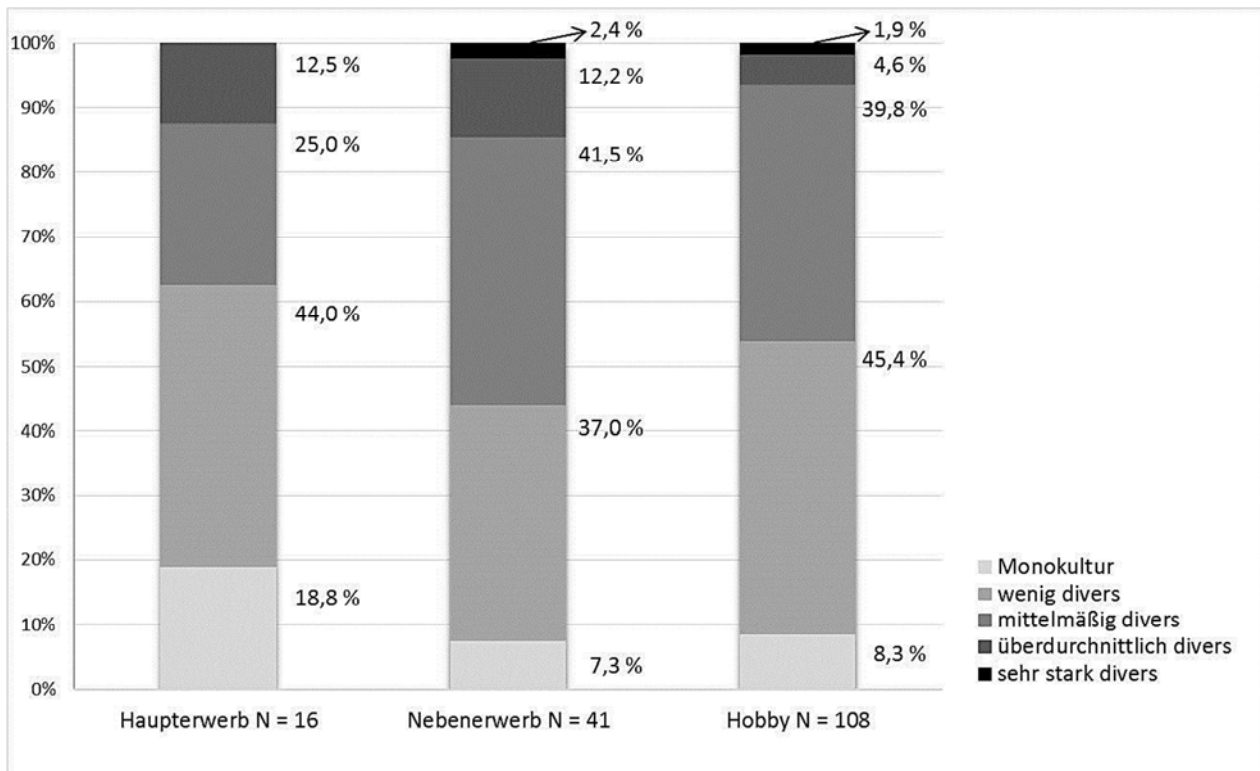


Abbildung 1: Prozentualer Anteil der Diversitätskategorien an den eingesendeten Heuproben, kategorisiert nach Erwerbsform

Schlussfolgerungen

Die erwerbsorientierte Betriebsform mit Ausbildung zur *guten landwirtschaftlichen Praxis* stellt im Vergleich zu Hobbybetrieben ohne landwirtschaftliche oder pferdebezogene Ausbildung nicht zwangsläufig eine höhere Futterqualität bereit.

Bis auf wenige Ausnahmen stellen die eingesendeten Proben kein optimales Produkt für eine leistungsorientierte Milchviehernahrung dar. In der Pfeedernahrung hingegen sind sie gut einsetzbar. Auch ist die Diversität der Proben im Vergleich zu der intensiven Wirtschaftsgrünlands nicht zu unterschätzen. Unserer Studie bestätigt damit ein gewisses Potenzial zur Verwertung floristisch diverser Aufwüchses extensiv genutzten Grünlands.

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Unterstützung unseres Beitrags im Rahmen von FoLL (Forschungsorientiertes Lehren und Lernen) und S. Wimmelmann für die FoLL-Koordination. B. Hohmann sei für die technische Unterstützung im Labor gedankt. Wir bedanken uns bei allen Multiplikatoren (VfD, FN, Cavallo und weitere) und Umfrageteilnehmern.

Literatur

Dahlhoff, S. (2003): Fruchtangehalt im Gras von Pferdeweiden während der Weidesaison 2002. Dissertation, Hannover.

GFE (2014): Empfehlung zur Energie- und Nährstoffversorgung von Pferden. Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Frankfurt a.M., DLG Verlag.

LUFÄ Nord-West (2017): Untersuchung von Futtermittel für Pferde bei der LUFÄ Nord-West. <http://m.lufa-nord-west.de/?m=news&article=1955>, erzeugt am 01.05.2017.

Schmitz, A. und Isselstein, J. (2015): Besser als ihr Ruf? Artenvielfalt und Vegetationskomposition von Pferdeweiden im direkten Vergleich zu Rinderweiden der Praxis. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 59.

VDLUFÄ (1976): Band III Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V., Speyer, VDLUFÄ-Verlag