

ArbeitsGemeinschaft für Grünland und Futterbau



Der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

Grünland im Spannungsfeld Forschung, Wissenstransfer und öffentliche Wahrnehmung

Tagungsband zur 65. Jahrestagung am 25. - 27. August 2022 in Soest







Danke an die Förderer und Sponsoren:

Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen























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

65. Jahrestagung in Soest vom 25. bis 27. August 2022

Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau "Grünland im Spannungsfeld Forschung, Wissenstransfer und öffentliche Wahrnehmung"

Impressum

Herausgeber:

Fachhochschule Südwestfalen Fachbereich Agrarwirtschaft Abteilung Grünland Prof. Dr. Laser In Soest

Redaktion: Marc Wolf

in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Gefördert durch Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

Bezug: Über den Herausgeber

ISBN: 978-3-949938-00-9

Die Beiträge unterliegen der alleinigen wissenschaftlichen Verantwortung des jeweiligen Autors.

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

Inhaltsverzeichnis

Einleitende Vorträge

Analytische Betrachtung zur Entwicklung des Grünlandes in Nordrhein-Westfalen von 1950 bis 2020 (HUBERT KIVELITZ)8
Grünlandböden unter Druck – Einfluß von Bodenverdichtungen in Nutzungssystemen in einem Freilandversuch (<i>M. Wolf, H. Laser</i>)
Statuserhebung von Grünlandböden in NRW – Locker oder flächenhaft schadverdichtet? (<i>THOMAS WEYER, KAI GUENTHER</i>)17
Der Nachhaltigkeitskodex der Landwirtschaft – Im Spannungsfeld zwischen ökologischen Anforderungen, betriebswirtschaftlichem Auskommen und sozialer Tragfähigkeit (<i>C. Wiese</i>)21
Vorträge
Reallabore in der Landwirtschaft (<i>T. Becker, E. Baranek</i>)26
Mehr Farbe ins Grün: Maßnahmen zur Förderung des Artenreichtums in intensiv bewirtschaftetem Grünland (A. Schmitz, S. Lott, C. Leuschner, J. Isselstein)
Eine Methode zur Typisierung des Grünlandes (HANS HOCHBERG)
DigiMilch – Sensorgestützte Ertragsermittlung im Grünland und Feldfutterbau im praktischen Einsatz (F. Worek, S. Thurner)
Ursachen von Kleemüdigkeit bei Rotklee und Luzerne (<i>K. STEINFURTH, J. BREMER, A. KÜHNL, I. J</i> ACOB)42
Mob Grazing als Weidestrategie im Grünland und Ackerfutter bei zunehmenden Trockenheiten in Nordostdeutschland (N. H. Zahn, C. Ertel, R. Hener, S. Franke, A. Beck, J. Westphal, I. Schleip)46
Wirksamkeit von Massnahmen zur Reduktion von Stickstoffverlusten und zur Verbesserung der Stickstoffnutzungseffizienz auf Schweizer Milchviehbetrieben (F. AKERT, K. ZELLER-DORN, D. WIDMER, A. UEBERSAX, B. REIDY)50
Posterbeiträge
Spannungsfeld Wissenstransfer und Öffentlichkeit
Infrastructure facilities for grassland research in Germany (MARTIN KÖCHY, MARTIN ERBS)55
29-jährige Zusammenarbeit Forschung und Praxis im Projekt Öko-Leitbetriebe in NRW (<i>Edmund Leisen</i>)
Akzeptanzuntersuchung neuartiger, bifacialer Solarmodulsysteme auf landwirtschaftlichen Nutzflächen – Präexperimentelle Studie qualitativer Art zur Ableitung von Arbeitshypothesen (<i>N. Püttschneider, I. Schröter, M. Mergenthaler</i>)62

Standortangepasste Grünlandnutzung
Beeinflussung der Kationen-Anionen-Bilanz (DCAB) durch die Kaliumdüngung auf einem Auengrünlandstandort (B. GREINER, B. FREY)
Initiale Etablierung artenreicher Nachsaatmischungen in mittelintensiv genutzten Grünlandbeständen verschiedener Naturräume Bayerns (K. MÖHRLE, J. KOLLMANN, S. HARTMANN)
Kleinräumig differenzierte und sensorgestützte Grünlandbewirtschaftung zur Förderung von Biodiversität und Ökosystemleistungen (<i>P. Mosebach, J. Mohr, T. Gaiser, J. Rühlmann, L. Zielke, I. Schleip</i>)
Erfordernisse an die Technik für eine torfschonende Niedermoorbewirtschaftung (P. MOSEBACH, F. WENZL, F. BIRR, V. LUTHARDT, I. SCHLEIP)
Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Dynamik funktionaler Merkmale und Zuwachsraten von Deutsch-Weidelgras dominierten Dauergrünlandweiden (TAMMO PETERS, FRIEDHELM TAUBE, CHRISTOF KLUß, RALF LOGES, FRIEDERIKE FENGER)81
Implementierung einer einzelbetrieblich optimierten Grünlandnutzung auf organischen Standorten (F. Wenzl, F. Birr, S. Hügle, V. Luthardt, I. Schleip)
Nassgrünlandnutzung auf wiedervernässten Niedermoorstandorten mit Steuerung des Grundwasserstandes und der Etablierung von nässeangepassten Saatgutmischungen zur Raufutterproduktion (B. ZWACK, D. WEIß, E. SCHMIDT, M. KRAUT, M. DIEPOLDER, S. HARTMANN, L. GOSCH, C. BREHIER, M. DRÖSLER, A. FREIBAUER)
Weide und Tierfütterung
Nährwert und Mineralstoffgehalt ausgewählter Pflanzenarten von Alpweiden (E.M.T. Bossi, S. Ineichen, B. Reidy)
Virtuelles Zäunen: Chancen für eine verbesserte Tierüberwachung? (DINA HAMIDI, MARTIN KOMAINDA, NATASCHA A. GRINNELL, FRIEDERIKE RIESCH, JULIANE HORN, MASUD HAMIDI, IMKE TRAULSEN, JOHANNES ISSELSTEIN)
Milchproduktion von vielfältigen Grasnarben (MARTIN KOMAINDA, JOHANNES ISSELSTEIN)
Untersuchungen zur Dietätischen Kationen-Anionen-Bilanz (DCAB) auf dem Grünland in Nordostdeutschland (J. PICKERT, B. BOSS)
Einfluss von Boden- und Witterungsbedingungen auf den Ertrag verschiedener Sorten von Lolium perenne (YUHONG SHI, NICOLE WRAGE-MÖNNIG, DOREEN GABRIEL, KATRIN KUKA)
Weidehaltung mit Pferden: Das Potential von Grünland zur Reduzierung des Kraftfutteraufwands (CAROLINE SIEDE, MARTIN KOMAINDA, BETTINA TONN, STEFANIE M. C. WOLTER, JOHANNES ISSELSTEIN)
13C Analyse in Rinderschwanzhaaren als robuste Methode zur Unterscheidung von Produktionssystemen in verschiedenen Bodenlandschaften (FRIEDERIKE SIEVE, JOHANNES ISSELSTEIN, MANFRED KAYSER)

Leguminosen

Anbaueignung verschiedener Futterleguminosen und Futterleguminosen-Gras-Gemenge unter Berücksichtigung der prognostizierten Klimaerwärmung für Nordostdeutschland (A. BIRKMANN, HH. LUTZER, I. SCHLEIP, R. BLOCH)120
Untersuchungen zur Rolle der Wurzelsymbionten beim Auftreten von Kleemüdigkeit (JOHANNA BREMER, KAI-UWE ECKHARDT, JÜRGEN MÜLLER, CHRISTINE STRUCK, IRENE JACOB, CHRISTEL BAUM, PETER LEINWEBER)124
Krankheiten und Schädlinge auf kleemüden Flächen (<i>A. KüнnL, C. Struck, J. Müller, C. Baum, L. Vogt, I. Jacoв</i>)127
Ackerfutterbau
Integration von Futterbau und Marktfruchtbau in einer gemeinsamen Fruchtfolge: Erste Ergebnisse aus dem 'Modellvorhaben Schlei' in Schleswig-Holstein (FRIEDERIKE FENGER, RALF LOGES, CHRISTOF KLUß, FRIEDHELM TAUBE)131
Utilization of dual-purpose cereals for forage and grain production in the intensive agricultural systems (HEBA SABRY ATTIA SALAMA)
(LIEDA SADRI A LIIA SALAWA)

Einleitende Vorträge

Analytische Betrachtung zur Entwicklung des Grünlandes in Nordrhein-Westfalen von 1950 bis 2020

Hubert Kivelitz

Landwirtschaftskammer NRW, Gartenstr. 11, 50765 Köln-Auweiler, hubert.kivelitz@lwk.nrw.de

Einleitung und Problemstellung

In den letzten 70 Jahren haben in Nordrhein-Westfalen (NRW) der enorme Flächenanspruch für Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie die Erhöhung der Produktionsintensität und des Spezialisierungsgrades in der Landwirtschaft, zu nachhaltigen Veränderungen auf den Naturhaushalt und das Landschaftsbild, sowie auf die Nutzung von Agrarflächen geführt. Das Grünland war von diesen Entwicklungen der vergangenen Jahrzehnte besonders betroffen.

Material und Methoden

Im Rahmen der analytischen Betrachtung zu Veränderungen der landwirtschaftlichen Flächennutzung in NRW, bezogen auf den Zeitraum 1950 bis 2020, erfolgt ein vertiefender Blick auf die Entwicklung und Nutzung des Grünlandes. Hierbei werden regionale bzw. naturräumlich differenzierte Betrachtungen angestellt und im Kontext mit agrarstrukturellen Entwicklungsprozessen in diesem Zeitraum diskutiert. Die Datenanlalyse basiert auf verfügbare statistische Jahrbücher des Landesamtes für Statistik NRW bzw. des Landesbetriebes Information und Technik NRW (IT.NRW) der Jahre 1950 bis 2020.

Ergebnisse und Diskussion

Mit 528 Einwohnern/km² ist NRW das am dichtesten besiedelte Flächenbundesland in Deutschland (rd. 3,4 Mio ha). Siedlungs- und Verkehrsflächen nehmen in NRW derzeit rd. 23 % der Landesfläche ein (ca. 800.000 ha). Etwa 1.5 Mio ha entfallen der landwirtschaftlichen Nutzung; das entspricht 44 % der gesamten Landesfläche. Die Waldfläche in NRW beträgt 850.000 ha (24,8 %). Von der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) unterliegen heute etwa 71 % der Ackernutzung (rd. 1.047.000 ha). Rund 28 % werden als Dauergrünland bewirtschaftet (ca. 411.000 ha). Das Grünland in NRW ist regional sehr unterschiedlich verteilt. Dessen Verbreitung wird heute maßgeblich von topolographischen und klimatischen Verhältnissen beeinflusst. Ebenso haben ökonomische Aspekte im Hinblick auf die naturräumlich determinierte Anbauwürdigkeit von Ackerkulturen in den letzten Jahrzehnten eine wesentlichen Rolle auf die Nutzung der LN gehabt. In den Landkreisen in NRW, die einen hohen Mittelgebirgscharakter aufweisen und die ackerbaulichen Möglichkeiten erschwert dominiert die Grünlandwirtschaft das Landschaftsbild und die landwirtschaftliche Produktionsrichtung deutlich. Hier liegt der durchschnittliche Grünlandanteil bei 65 % der LN. Rückblickend auf die vergangenen 70 Jahre, haben in NRW neben dem Rückgang der LN, auch gravierende Nutzungsänderungen stattgefunden, die sich regional sehr unterschiedlich vollzogen haben. Landesweit ging die LN seit 1950 von rd. 2,05 Mio. Hektar bis 2020 auf 1,47 Mio. Hektar zurück. Das entspricht einem Rückgang von 28 %. In den Ballungszentren bzw. Großstädten lag der relative Rückgang der LN sogar bei über 50 %. Dabei ist der stärkste Rückgang zwischen 1970 und 1991 zu verzeichnen gewesen. Allein auf diesen Zeitraum entfallen 58 % der von 1950 bis 2020 aus der landwirtschaftlichen Produktion genommenen Flächen. Das entspricht einem täglichen Rückgang von durchschnittlich 43 ha. Auch danach blieb der Bedarf an LN insbesondere für den Ausbau von Siedlungs- und Verkehrsflächen ungebrochen bestehen, auch wenn das Thema "Flächenverbrauch" sowohl in der Landwirtschaft, als auf politischer und gesellschaftlicher Ebene, inzwischen kritischer diskutiert wird. Die Geschwindigkeit des landwirtschaftlichen Strukturwandels der letzten Jahrzehnte hat parallel zu den technologischen, raumplanerischen und gesellschaftlichen Veränderungsprozessen in NRW ebenfalls deutlich zugenommen und nachhaltige qualitative und quantitative Nutzungsänderungen landwirtschaftlicher Flächen zur Folge gehabt. Damit gingen in den verschiedenen Regionen NRWs mehr oder weniger ausgeprägte Veränderungen des Landschaftsbildes und des Naturhaushaltes einher. Welche Veränderungen diese Prozesse auf das soziologische Gefüge ländlicher Räume, das Landschaftsbild und Agrarökosysteme insgesamt gehabt haben, ist regional sehr differenziert zu beurteilen. Das Grünland und dessen landwirtschaftliche Nutzung und Bedeutung sowie dessen pflanzensoziologischen Ausprägungen, sind im Zuge der beschriebenen Veränderungsprozesse in besonderem Maße betroffen gewesen.

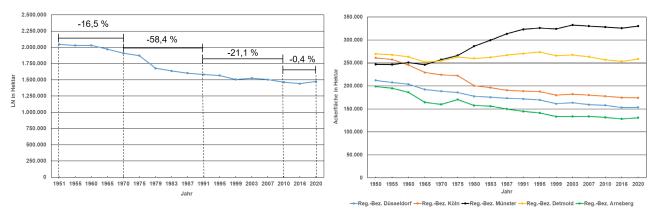


Abb. 1: Entwicklung der landwirtschaftlichen Nutzfläche (links) und der Ackerflächen in den Regierungsbezirken in NRW (rechts), 1950-2020.

In NRW gingen die als Dauergrünland genutzten Flächen zwischen 1950 und 2020 von rd. 723.000 ha auf etwa 411.000 ha zurück. Das entspricht einem Rückgang von 43 %, der sich regional sehr unterschiedlich vollzog. Ein drastischer Rückgang des Grünlandes in diesem Zeitraum, ist insbesondere in den heute ackerbaulich geprägten Regionen NRWs zu verzeichnen gewesen, sowie vor allem in der veredelungsintensiven Region des Regierungsbezirks (RB) Münster. Hier nahm die Grünlandfläche zwischen 1950 und 2020 um über 173.000 ha ab (-70 %). Allein in dieser Region gingen damit 55 % des gesamten Grünlades in NRW seit 1950 verloren. Während der RB Münster noch in den 1950er und 60er Jahren mit 46 % an der LN, grünlandreichser RB war, betrug der Anteil 2020 nur noch 15 %. Lediglich in Bereichen grundwassernaher Standorte des westlichen Münsterlandes sowie in den Hanglagen des Teutoburger Waldes, sind auf Gemeindeebene noch Grünlandanteile von >40% anzutreffen (Lammers & Becker 2014).

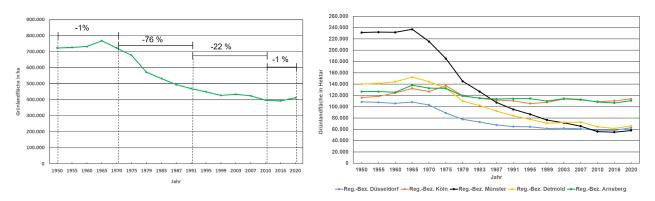


Abb. 2: Entwicklung Grünlandfläche in NRW insgesamt (links) und in den Regierungsbezirken in NRW von 1950 bis 2020.

Der extreme Rückgang des Grünlandes im RB Münster ging mit einem landwirtschaftlichen Strukturwandel einher, der wesentlich ausgeprägter und dynamischer war als in anderen Regionen des Landes. In den RB Münster und Detmold hatte, im Vergleich zu anderen Regionen NRWs, bereits in den 1950er Jahren, die Schweinehaltung eine wachsende Bedeutung. Zwischen 1950 und 2016 hatte sich der Bestand an Schweinen (Schweine insgesamt) im RB Münster von 560.000 auf rund 4,4 Mio., nahezu verachtfacht. Das Verhältnis Schweine zu Ackerfläche stieg in diesem Zeitraum von 3,2 auf 13,4 Schweine pro ha an. Seit 2016 ist jedoch ein leichter Abwärtstrend in der Schweinehaltung festzustellen. Der deutliche Anstieg der Schweinehaltung in NWR insgesamt, ist in engem Zusammenhang mit dem enormen gesellschaftlichen Wohlstandswachstum ab den 1960er Jahren zu sehen, in denen auch eine Veränderungen von Ernährungsgewohnheiten einherging, die wiederum mit einem höheren Konsum von Schweinefleisch verbunden waren. Die rasante Zunahme der Schweinehaltung in NRW korespondiert mit dem Anstieg des Anbaus von Gerste Ende der 1950er Jahre, der die wichtigste Futtergrundlage in der Schweinemast war. Zwischen 1960 und 1980 verdereifachte sich dessen Anbaufläche in NRW von 120.000 auf über 370.000 ha und war mit Abstand bedeutendste Ackerkultur. In den darauf folgenden Jahren wurde Gerste als Futtergrundlage zunehmend von CCM und importiertem Soja substituiert, so dass dessen

Anbau wieder deutlich zurückging. Dass sich die flächenunabhängige Veredelungswirtschaft (Schweine-/Bullenmast) vor allem im Münsterland konzentrierte, hängt primär mit den dort vorherrschenden mittleren und geringen Bodenwertklassen zusammen, auf denen insbesondere der Weizen-. Hackfrucht- und Gemüseanbau zunehmend unwirtschaftlich wurde. Für diese Region entwickelte sich ab den 1980er Jahren Mais zur idealen und wichtigsten Kulturpflanze. Vor dem Hintergrund relativ niedriger Erzeugerpreise von Getreide und Eiweißpflanzen vergangener Jahre und der rasanten züchterischen Entwicklung beim Mais in den letzten 40 Jahren, hatte die ökonomische Tragkraft des Wirtschaftsgrünlandes in der Rinderfütterung insgesamt an Bedeutung verloren. Gleichzeitig forderte der Preisdruck am Milchmarkt immer höhere Betriebs- und Einzeltierleistungen. Hohe Milchleistungen, die in NRW inzwischen im Durchschnitt über 9.000 kg Milch/Kuh/Jahr liegen, sind aber nur über den hohen Einsatz von Silomais und Kraftfutter zu realisieren und aus betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvoll und notwendig. Insbesondere im Münsterland ist aufgrund der Zunahme der Veredelungswirtschaft einerseits und der Substitution von Gras durch Mais in der Rinderfütterung andererseits, Grünland vor allem ab Mitte der 1970er Jahre zugunsten des Maisanbaus verdrängt worden.

Von 1950 bis 2020 sank die Anzahl der Milchkühe in NRW von 796.000 auf etwa 343.000. Noch drastischer sank die Zahl der Milchvieh haltenden Betriebe. Während es in NRW im Jahr 1950 noch rd. 169.000 Betriebe mit Milchviehhaltung gab, waren es 2020 mit 5.036 Betrieben gerade nur noch 3 % davon. Gleichzeitig stiegt in dem 70-jährigen Zeitraum zum einen die Anzahl der Milchkühe von 4,7 im Jahr 1950, auf 78,3 Milchkühe 2020 pro Betrieb an. Zum anderen konnte die durchschnittliche Milchleistung pro Kuh nahezu verdreifacht warden (1950: 3.438 kg/Kuh/a, 2020: 9.583 kg/Kuh/a). Die kontinuierliche Leistungssteigerung der Milchkühe ging mit einer ebenso deutlichen Nutzungsund Leistungssteigerung des Grünlandes über alle Regionen einher. Die zunehmenden Anforderungen an qualitativ hochwertiges Grobfutter aus dem Grünland, setzt eine hohe spezielle Intensität Bewritschaftung Die ökonomisch begründete der voraus. Bewirtschaftungsintensität des Grünlandes vor allem in der Milchviehhaltung ab den 1970er Jahren. führte aber auch zu pflanzensoziologischen Veränderungen, mit einer zunehmenden Tendenz zu einer floristischen und damit auch faunistischen Artenverarmung (vgl. Neitzke 2011, Neitzke & Förster 2008, Vigano 1997). Bis in die 1960er Jahre hinein, herrschten in NRW noch extensive Einund Zweischnittnutzungstypen des Grünlandes, sowie extensivere Weidenutzungen vor (Tab. 1). Dieser Sachverhalt korespondiert mit Ergebnissen von Briemle et al. (1999), dass artenreiche Grünlandtypen wie Glatthafer-Talwiesen, Goldhafer-Bergwiesen, Feuchtwiesen, Bergweiden und Magerweiden in den 1950er Jahren noch vorherrschend waren.

Tab. 1: Flächen (in ha) und relative Flächenanteile verschiedener Grünlandnutzungstypen im Jahre 1950 in NRW (Datenquelle: Landesamt für Datenverwaltung und Statistik, 1950)

Nutzungsart	Fläche in ha	rel. Anteil von gesamt
Dauergrünland gesamt	722.985	100,0 %
1-Schnitt-Wiesen	166.954	23,1 %
≥ 2 Schnitte	93.099	12,9 %
Baumwiesen	8.629	11,9 %
Streuwiesen	3.191	0,4 %
reiche, gute Weide	25.813	3,6 %
mittlere Weide	354.269	49,0 %
geringe Weide / Hutung	71.030	9,8 %

Im Zuge des Rückgangs der LN seit 1950 ging in NRW neben dem Grünland auch Ackerland zurück. Allerdings wurde mit rd. 312.000 ha mehr als doppelt so viel Grünland wie Ackerland aus der Nutzung genommen. Eine Netto-Zunahme an Ackerfläche von rd. 83.000 ha ist nur im Regierungsbezirk Münster festzustellen. Im Hinblick auf die Dynamik der Veränderungen landwirtschaftlicher Bodennutzung sind die ackerbaulich geprägten Regionen des Rheinlandes, Ostwestfalens und der Hellweg Börde anders zu charakterisieren. Die Rinderhaltung hatte hier bereits vor den 1950er Jahren an ökonomischer Attraktivität verloren, während die Erhöhung der Intensität Markfruchtbaus auf den Standorten mit hoher Bodenbonität betriebswirtschaftlicher Sicht bedeutender wurde. Im Zuge dieser Entwicklung, ging dort auch der Bedarf an Grünlandflächen weiter zurück, so dass eine zunehmende Umnutzung von Grünland in Ackerland stattfand. Im Vergleich dazu entwickelten sich die Kreise der klassischen Mittelgebirgsregionen des Sauer- und Siegerlandes, des Bergischen Landes und der Eifel mit einer ganz anderen Dynamik und Charakteristik. So lag der relative Anteil des Ackerlandes an der LN in diesen Regionen noch zu Beginn der 1950er Jahre bei 54 %, während der relative Grünlandanteil bei 46 % lag. Diese Entwicklung begann sich Anfang der 1960er Jahren umzukehren, so dass bereits innerhalb eines Jahrzehnts, das Grünland deutlich höhere Anteile einnahm als das Ackerland. Heute herrscht in den Kreisen der Mittelgebirgsregionen das Grünland mit 65 % an der LN vor. In den Mittelgebirgskreisen hat somit der relative Grünlandanteil an der LN seit den 1950er Jahren um rd. 40 % zugenommen. Bemerkenswert ist die Entwicklung im Siegen-Wittgensteiner-Raum. Hier nahmen noch bis in die 1960er Jahre, die Flächenanteile von Ackerland und Grünland jeweils etwa die Hälfte an der LN ein. Dies änderte sich ab 1970 innerhalb von nur einem Jahrzehnt gravierend zugunsten des Grünlandes. Heute beträgt dort der Anteil des Grünlandes an der LN 95 % und Ackerland 5 %. Als Ursachen der beschriebenen landwirtschaftlichen Veränderungsprozesse in den Mittelgebirgsregionen in NRW zugunsten dominierender Grünlandflächen ab den 1960er Jahren, sind folgende Gründe zu nennen:

- Zunehmende Entregionalisierung der Agrarmärkte
- Logistische Entwicklungen für landwirtschaftliche Produkte
- Enorme Ertragszuwächse von Marktfrüchten in Ackerbauregionen bei gleichzeitiger Abnahme der klimatisch und topographisch bedingten Wirtschaftlichkeit des Marktfruchtanbaus in Mittelgebirgslagen
- Abnahme des Ackerfutterbaus aufgrund nicht mehr benötigter Zug- und Arbeitstiere
- Zunehmender Spezialisierungsgrad in Richtung grünlandbasierter Futterbau und Rinderhaltung.

Schlussfolgerungen

Die Geschwindigkeit des Rückgangs von Grünland in NRW hat in den letzten Jahren deutlich abgenommen. Mit der Cross-Comliance-Verpflichtung ab 2003 zur Erhaltung von Dauergrünland, ist ein politisches Handlungsinstrument entwickelt worden, welches den weiteren Rückgang von Grünlandflächen limitiert hat. Unabhängig davon schreitete der Strukturwandel in der Landwirtschaft im Allgemeinen und in der grünlandbasierten Rindviehhaltung im Speziellen weiter voran und wird weiter vonstatten gehen. Das bedeutet, dass in den klassischen Veredelungs-Ackerbauregionen auch vor dem Hintergrund gestiegener Flächenkosten die grünlandbasierte Milchviehhaltung weiter an Bedeutung verlieren wird. In typischen grünlandbetonten Milchviehregionen des Mittelgebirges wird es zu weiteren Konzentrationsprozessen und bis zu einem gewissen Grad zu Betriebswachstum kommen. Die Geschwindigkeit und die Dynamik dieser Prozesse stehen in enger Beziehung zum Milchpreis, zu den Flächen- und Betriebsmittelkosten sowie zu agarpolitischen Rahmenbedingen. Die Mutterkuhhaltung in NRW, mit einer Anzahl von derzeit etwa 60.000 Mutterkühen, die bislang vor allem in den Mittelgebirgsregionen noch eine Bedeutung hat, ist essenziell für die Nutzung und Offenhaltung schwer zu bewirtschaftender Grünlandflächen (v.a. Hanglagen, Grenzertragsstandorte). Vor allem die Mutterkughaltung leistet somit einen wesentlichen Beitrag für die Erhaltung der Biodiverstität auf dem Grünland. Ihr dauerhafter Fortbestand hängt künftig neben den flankierenden agrarpolitischen Fördermaßnahmen (z.B. Mutterkuhprämien, Vertragsnaturschutzprämien u.a.), nicht zuletzt von einer wirtschaftlichen Vermarktung sowie von dem Bedrohungspotenzial durch den Wolf ab.

Literatur

- Briemle, G., Eckert, G., Nußbaum, H. (1999): Wiesen und Weiden. Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege. XIII-7.8, Ecomed-Verlag Landsberg am Lech: 2-48.
- Lammers, M. & T. Becker (2014): Landwirtschaft im Münsterland Daten Fakten Analysen. Hrsg.: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 32 S.
- Landesbetrieb für Information und Technik in Nordrhein-Westfalen (IT.NRW) (verschiedene Jahrgänge ab 2009): Agrarstatistische Daten NRW.
- Neitzke, A. (2011): Veränderungen des Artenreichtums im Grünland in NRW. Natur in NRW 2/2011. Hrsg.: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW: 15-18.
- Neitzke, A., Förster, E. (2008): Artenvielfalt des Wirtschaftsgrünlandes in Nordrhein-Westfalen. In: Schumacher, W. & J. Busenkell: Tagungsband Expertenworkshop "Biodiversität der Graslandökosysteme Mitteleuropas", 08. & 09. April 2008. Andreas Hermes Akademie Bonn-Röttgen: 35-36.
- Statistisches Landesamt Nordrhein-Westfalen (verschiedene Jahrgänge ab 1950): Beiträge zur Statistik des Landes NRW. Die Landwirtschaft in NRW.
- Vigano, W. (1997): Grünlandgesellschaften im Rothaargebirge im Beziehungsgefüge geoökologischer Prozessgrößen. Dissertation Botaniceae, Band 275. J. Cramer-Verlag, 212 S., Berlin und Stuttgart.

Grünlandböden unter Druck – Einfluß von Bodenverdichtungen in Nutzungssystemen in einem Freilandversuch

M. Wolf, H. Laser

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

Einleitung und Problemstellung

Bodenschädigungen durch Druckbelastungen sind ein mittlerweile mehr beachtetes Problem (Keller & Or 2022). Auf Bodenstrukturkarten sind aber für Grünlandböden keine Verdichtungsempfindlichkeiten wie bei Ackerstandorten angezeigt (Umweltbundesamt 2019). Es wird vielmehr angenommen, dass es im Grünland zu einer raschen Regeneration von Gefügeschäden kommt (Marahrens 2012). Dafür sprechen starke Aktivitäten von Bodenorganismen im Grünland, die sich in höheren Humusgehalten und Regenwurmdichten widerspiegeln (Boag et al. 1997). Doch auch auf Grünland sind die Belastungsintensitäten weiter angestiegen. Immer mehr Gülle wird mit einer Fahrt auf die Fläche gebracht, immer mehr Ertrag kann ein Ladewagen fassen. Nasser Boden ist nicht nur leichter verdichtbar, sondern wird auch nachhaltiger verdichtet (Leeson & Campbell 1983). So können langfristig das Ertragspotenzial des Bodens beeinträchtigt, und unmittelbar das Wurzelwachstum und die Nährstoffaufnahme ausbremst werden (Unger & Kaspar 1993). Bodenverdichtung reduziert generell die nutzbare Feldkapazität (Scheffer & Schachtschabel 2010). und die Infiltrationsraten (Chyba et al. 2014). Probleme durch den Klimawandel werden so verstärkt. Die Quantifizierung der Trockenmasseverluste in Abhängigkeit von Bodenverdichtung erfolgt auf in einem praxisnahen Modellversuch, der die Gegenüberstellung der Ertragsleistungen von Vierschnittnutzung und simulierter Beweidung ermöglicht.

Material und Methoden

Der Versuch ist auf der Grünlandversuchsstation in Meschede-Remblinghausen (399 m ü. NN) als vollrandomisierte Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Parzellen (1,25 x 8 m) wurden im Jahr 2018 in einem langjährig zur Siloschnittnutzung genutztem Weidelgras-Weißkleebestand angelegt. Neben einer Altnarbekontrolle und einer ausschließlich mineralisch mit Stickstoff (Kalkammonsalpeter) versorgten Kontrolle, kamen nachfolgend möglichst einfache und kostengünstige Übersaatvarianten zum Einsatz, die das Potenzial haben, den Futter- und Proteinertrag der Praxisfläche zu steigern. Hierzu wurden Rotklee (Milvus), Weißklee (Merlin) und die Gräserstandardmischung GV eingesetzt. Zusätzlich erfolgte Übersaat mit Poa annua L., um Parzellenlückigkeiten demonstrieren zu können. Aufgrund der extremen Witterungen der Jahre 2018 und 2019 zeigten die meisten Übersaaten erst nach der herbstlichen Übersaat in 2019 einen gewissen Etablierungserfolg in 2020, der erst nach herbstlichen Übersaaten in 2020 und 2021 als ausreichend befunden wurde, nachdem die Frühjahrsübersaat 2020 an einem kurzfristigen Kälteeinbruch abermals scheiterte. Bei dem Vergleich der Nutzungssysteme wurden die Faktoren der Nährstoffverteilung, Trittbelastung und Beerntung berücksichtigt. Die Simulation intensiver Beweidung erfolgte in möglichst kurzen Abständen, wenn mindestens die Hälfte der Parzellen Aufwuchshöhen von sieben Zentimetern oder mehr erreicht haben. Um dem gleichmäßigen und tiefen Verbiss in einer intensiven Weide möglichst nahe zu kommen, erfolgte die Beerntung der Weidesimulation mit einem Aufsitzrasenmäher (4 cm), während die Ernten der vierfachen Nutzung mit einem Haldrup-Vollernter durchgeführt wurden (6 cm). Trittbelastung durch Weidetiere wurde über eine Rasenwalze simuliert, auf die Klauenprofile geschweißt sind, und die das Gewicht einer Großvieheinheit (550 kg) aufweist. In der Summe wurden 230 kg N ha⁻¹ a⁻¹ gedüngt. Alle Varianten erhielten eine Frühjahrsgabe Kalkammonsalpeter in der Höhe von 60 kg N ha-1. Der Rest des Stickstoffs wurde über separierte Rindergülle des Betriebes appliziert. Die Schnittnutzungsparzellen erhielten diese flächig im Frühjahr, nach dem ersten und nach dem zweiten Schnitt (70/50/50). Auf den Parzellen der Kurzrasenvarianten wurden nach jeder Weidesimulation punktuell jeweils 1,5 l Gülle aufgebracht. Die Höhen der Einzelgaben und die Zahl der Überfahrten mit der Walze, richteten sich nach den Besatzempfehlungen für Kurzrasenweiden im Mittelgebirge (Berendonk 2014). Der Faktor Bodenverdichtung wurde in den Nutzungsvarianten mit einem Stampfer simuliert (Wacker Neuson BS60-2+). Dieser brachte mit 700 Schlägen/min. einen Druck von 18 kN auf. Randparzellen trennten die Varianten, um Vibrationen abzupuffern. Verdichtungsbehandlungen erfolgten je nach

Bodenfeuchte (2020: 20.04., 19.06., 03.07., 10.11.; 2021: 01.03., 29.03., 09.06., 19.07., 31.08., 09.11.; 2022: 10.03., 28.03., 25.05.).

Von den Aufwüchsen wurden Proben bei 60°C getrocknet und mittels NIRS TM5000 (Foss, Hillerød, Dänemark) analysiert. Die Erträge wurden über die absoluten Trockenmassegehalte (TMG 60 °C + NIRS-TMG) der einzelnen Frischmasseerträge der Parzellen bestimmt. Über Verbrennung im Muffelofen wurden die Rohaschegehalte von Teilproben ermittelt. Die Energiegehalte in Nettoenergie für Laktation (NEL) werden nach Spiekers et al. (2013) berechnet.

Tab. 1: Schnitttermine der Nutzungsvarianten 4-Schnitt-Nutzung (VSN) und Weidesimulation

Schnit	ttermine	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
2020	WS	24.04.	08.05.	27.05.	23.06.	18.07.	04.11.					
	VSN	14.05.	25.06.	30.07.	-							
2021	WS	10.05.	21.05.	08.06.	28.06.	12.07.	26.07.	09.08.	25.08.	08.09.	22.09.	29.10.
	VSN	02.06.	07.07.	11.08.	20.09.							
2022	WS	21.04.	04.05.	18.05.	02.06.	23.06.						
	VSN	17.05.	14.06.									

Ergebnisse und Diskussion

2020 war die Nutzungsvariante Weidesimulation in der Lage fast um 25 % höhere TM-Erträge zu generieren als die Vierschnittnutzung (Abb. 1), welche aufgrund der extremen Witterung stets rasch in Blüte gehende Gräser aufwies. Dabei waren allerdings auch nur sechs Weidesimulationen möglich. Aufgrund der tiefgehenden Bodenaustrocknung im Laufe des Sommers 2020 war es nicht möglich, einen ertraglich erfassbaren vierten Aufwuchs in der 4-Schnitt-Nutzung zu erzielen. Der Faktor Bodenverdichtung brachte für die 4-Schnitt-Nutzung deutlichere Ertragsreduktionen mit sich, die am höchsten in der Variante mit Weißkleeübersaat lagen, da sich dort im Laufe des Winters kaum Einzelfplanzen auf verdichteten Böden etablieren konnten.

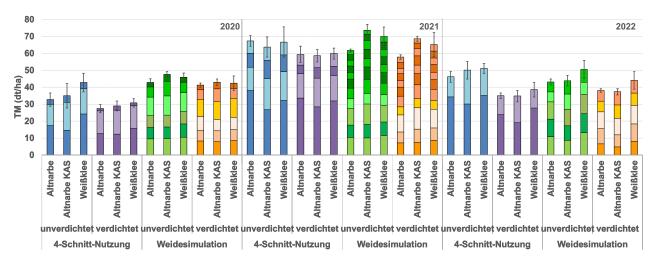


Abb. 1: Mittlere Summen der Trockenmasseerträge (TM) und deren Standardabweichungen für die Einzelschnitte der Nutzungsvarianten, jeweils ohne und mit Verdichtung, in ausgewählten Bestandesvarianten. Für 2022 sind nur die Erträge der Nutzungen bis Juni zusammengefasst.

2021 lagen die Erträge bei rund 70 dt ha⁻¹ (Abb. 1). Obwohl 2021 im Frühjahr zweimal der Faktor Bodenverdichtung vor der Düngung appliziert wurde, war zu es dann bereits zeitweilig zu trocken, um erhebliche Ertragsreduktionen zu bewirken. Diese traten erst zum dritten Schnitt auf, nachdem es ein Starkregenereignis gab. Aufgrund anderer bodenhydrologischer Ausgangsbedingungen waren die Stampfereinsätze in 2022 zum ersten Schnitt hocheffektiv. Auch in der Weidesimulation kam es dann zu erheblichen Reduktionen in den Aufwuchsmengen, um rund ein Drittel.

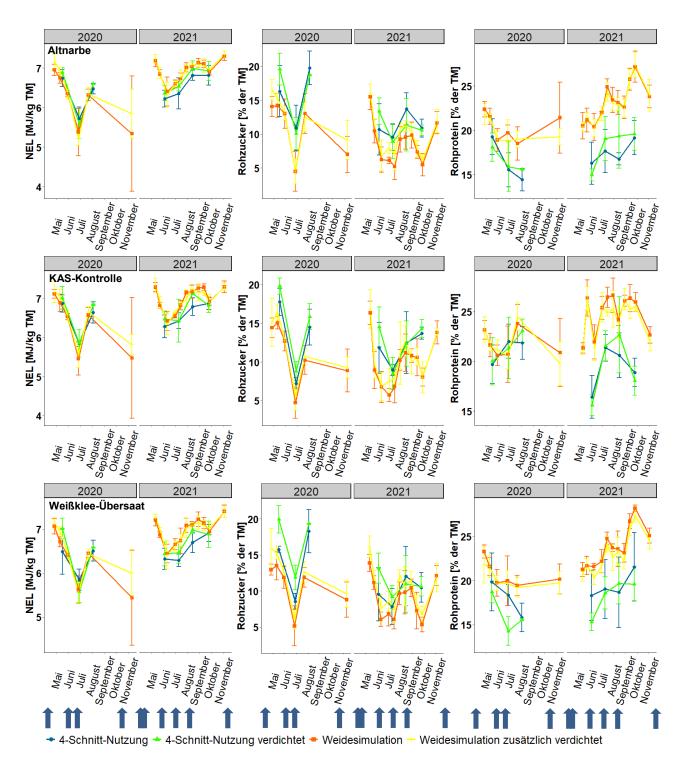


Abb. 2: Entwicklung der mittleren Gehalte an Netto-Energie-Laktation in Megajoule je Kilogramm Trockenmasse (MJ NEL kg-1 TM, XA = 8 %), an Rohzucker und an Rohprotein (in % der TM) der Aufwüchse aus den Nutzungsvarianten über die Vegetationsperioden der Jahre 2020 und 2021, für die Kontrolle mit Altnarbe, mineralisch gedüngte KAS-Kontrolle und Parzellen mit Übersaat von Weißklee (n=4). Die Balken zeigen die Konfidenzintervalle an, in deren Bereich die Werte mit 95-%iger Wahrscheinlichkeit zu erwarten waren. Die Pfeile zeigen die Verdichtungstermine.

Somit konnten in diesem Versuch durchaus teils deutliche Ertragsreduktionen durch Verdichtungen festgestellt warden. Dabei sind tatsächliche Befahrungen in der Praxis erheblich häufiger. Doch auch bei relativ geringen Effekten der Stampfereinsätze auf die Aufwuchsmengen, lagen sie im Bereich dessen, was nach starker Befahrung mit Maschinen festgestellt wurde, die den Ertrag des ersten Schnitts um etwa 13 % reduzierten (Hargreaves et al. 2019). Bei schweren und nassen Böden wird in Irland und Schottland auch vor Ertragsreduktion von 40 % gewarnt (Douglas & Crawford 1996, Moroney 2014). Für hiesige Regionen und Grünlandböden liegen noch keine Faustzahlen vor, wie

stark Silageerträge durch Bodenverdichtung reduziert werden. Vor allem unsere Versuchsergebnisse des Frühjahrs 2022 deuten aber darauf hin, dass dies auch im Kontext von Lehmböden in Mittelgebirgen der BRD nicht ausgeschlossen ist.

Pflanzeninhaltsstoffe waren im Laufe der Vegetationsperiode von Bodenverdichtungsapplikationen beeinflusst. Tendenziell höhere Rohzuckergehalte, vor allem zum ersten Schnitt, zeigten, dass das Stampfen in der Tat einen Stressfaktor für die Pflanzen darstellte (Abb. 2). Denn zu Beginn von Stressfaktoren, wie etwa auch Trockenheit, steigen die absoluten Zuckergehalte von Grünlandpflanzen stark an (Karsten & MacAdam 2001). Dies war in der Variante mit Weißkleeübersaat in 2020 besonders deutlich festzustellen. Zum ersten Schnitt lagen die Rohproteingehalte aber tendenziell niedriger. Nur im Hochsommer konnte es dazu kommen, dass NEL- und XP-Gehalte höher lagen, da Gräser auf den verdichteten Parzellen geringere Blühneigung und Samenbildung aufwiesen, als unverdichtet. Dieser Effekt trat nicht in weißkleereichen Parzellen auf, wo die XP-Reduktion durch Verdichtung zum ersten Schnitt 2021 sogar signifikant ausfiel. Die Weidesimulation wies meist weniger Tendenzen für Effekte von Verdichtungen auf, jedoch deutlich die bekannten Effekte der Nutzungsvariante (Wolf & Laser 2016). Dazu gehören vor allem höhere Rohproteingehalte und -flächenerträge, die sich in den letzten Jahren vor allem aus gestiegenen Weißkleeanteilen ergaben, die mit der Weidesimulation einhergingen.

Schlussfolgerungen

Die mittels Stampfer stellvertretend für Befahrungen erzeugten Bodenverdichtungen waren geeignet, um Ertragseffekte in Grünlandbeständen abzubilden. Der weitere, langjährig angelegte Versuchsverlauf wird zeigen, welche langjährigen Effekte je nach Nutzungssystem auftreten könnten, nachdem feuchtere Bedingungen im Verlauf von 2021 und 2022 mittlerweile ermöglichten, auch bis in den Unterboden hinein zu verdichten.

Literatur

Berendonk, C. (2014): Planvoll weiden mit dem "Riswicker Weideplaner". LWK NRW.

Boag, B., Palmer, L. F., Neilson, R., Legg, R. & Chambers, S. J. (1997): Distribution, prevalence and intensity of earthworm populations in arable land and grassland in Scotland. *Annals of applied Biology* 130: 153-165.

Chyba, J., Kroulik, M., Kristof, K., Misiewicz, P. A. & Chaney, K. (2014): Influence of soil compaction by farm machinery and livestock on water infiltration rate on grassland. *Agronomy Research* 12(1): 59–64.

Douglas, J. T. & C. E. Crawford (1993): The response of a ryegrass sward to wheel traffic and applied nitrogen. *Grass and Forage Science* 48: 91-100.

Hargreaves, P. R., Baker, K. L., Graceson, A., Bonnett S., Ball, B. C. & Cloy, J. M. (2019): Soil compaction effects on grassland silage yields and soil structure under different levels of compaction over three years. *European Journal of Agronomy* 109. https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125916

Karsten, H.D. & J.W. MacAdam 2001: Effect of Drought on Growth, Carbohydrates and Soil Water Use by Perennial Ryegrass, Tall Fescue, and White Clover. *Crop Science* 41: 156-166.

Keller, T. & D. Or (2022): Farm vehicles approaching weights of sauropods exceed safe mechanical limits for soil functioning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*: https://doi.org/10.1073/pnas.2117699119

Leeson, J. J. & D. J. Campbell (1983): The variation of soil critical state parameters with water content and its relevance to the compaction of two agricultural soils. *Journal of Soil Science* 34: 33-44.

Moroney, M. (2014): Soil compaction reduces grass yield by 40 %. https://www.farmersjournal.ie

Scheffer & Schachtschabel (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum, Heidelberg. 15. Auflage.

Spiekers, H., Pohl, C. & Staudacher, W. (2013): Leitfaden zur Berechnung des Energiegehaltes bei Einzelund Mischfuttermitteln für die Schweine- und Rinderfütterung. Stellungnahme des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung; 2011, aktualisiert 09/2013.

Umweltbundesamt (2019): Verdichtung. https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/verdichtung#bodenverdichtung-ein-problem

Unger, P.W. & T.C. Kaspar (1993): Soil Compaction and Root Growth. Agronomy Journal 86 (5): 759-766.

Wolf, M. & H. Laser 2016: Kurzrasenweide im direkten Systemvergleich. *Tagungsband der Jahrestagung der AGGF in Luxemburg*, 25.-27.08.2016, Vortrag: 37-42.

Statuserhebung von Grünlandböden in NRW – Locker oder flächenhaft schadverdichtet?

Thomas Weyer und Kai Günther

Fachhochschule Südwestfalen, Lübecker Ring 2, 59494 Soest, weyer.thomas@fh-swf.de

Einleitung und Problemstellung

Das Bundesland Nordrhein-Westfalen verfügt über vielfältige Grünlandstandorte, die ein hohes Potential für die Erzeugung von Grünfutter bieten. Dabei übernehmen Wiesen und Weiden wichtige Lebensraumfunktionen und leisten nicht zuletzt einen wertvollen Grundwasserneubildung. Aktuell sind rund 28 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in NRW Grünlandstandorte, die besonders im Sauer- und Siegerland, sowie der Eifel ganze Kulturlandschaften prägen und in der Ausrichtung der landwirtschaftlichen Betriebe eine essentielle Rolle einnehmen (LANUV 2015). Bei niedrigen Produktpreisen erhöhen die Betriebe ihre Effizienz und Wirtschaftlichkeit, wodurch Grünlandstandorte vermehrt intensiv genutzt werden, woraus eine hohe Nutzungsfrequenz und Befahrungsintensität resultiert. In diesem Zusammenhang tritt in den letzten Jahren ein wachsendes Problem in den Vordergrund, welches bislang, sowohl in der landwirtschaftlichen Praxis als auch in der Literatur, noch wenig Beachtung gefunden hat: Bodenschadverdichtung von Grünlandböden. Zunehmende Drucklasten durch Zugmaschinen und Geräte, deren Gewichte sich in den letzten 50 Jahren vervielfacht haben, sowie häufigere Überfahrten verkürzen die Intervalle für eine natürliche Regeneration über die Bodenlebewelt. Inwiefern sich Befahrung, Pflege- und Erntemaßnahmen in Form von Bodenverdichtungen bemerkbar machen, wird in Praxisbetrieben untersucht. Ziel ist die Erfassung des Ausmaßes, der Wirkungen und der Ursachen des Auftretens von Bodenverdichtungen in verschiedenen Regionen Nordrhein-Westfalens. Zu einem späteren Zeitpunkt werden Lösungs- und Optimierungsvorschläge erarbeitet.

Material und Methoden

Zum flächenhaften und punktuellen Screening auf ausgewählten Grünlandstandorten kommen grundsätzlich zwei Feldmethoden zum Einsatz. Zum einen wird der Bestimmungsschlüssel zur Erkennung und Bewertung von Bodenschadverdichtungen im Feld nach Weyer und Boeddinghaus (2016), als visuell-sensitive Messmethode angewendet. Dieser wird in dreifacher Wiederholung pro ha (n=3) vollzogen. Des Weiteren wird eine flächige Bestimmung des mittleren Eindringwiderstandes mit einem computergestützten Penetrologger durchgeführt, bei der 20 Eindringwiderstände pro ha (n=20) gemessen werden.

Als unterstützende Labormethode zur Ermittlung von bodenphysikalischen Kennwerten, werden ungestörte Bodenproben mit Stechzylindern (100 cm³) in drei Tiefen (10 - 15 cm, 30 - 35 cm und 50 - 55 cm) erhoben. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden anhand der aus der Literatur entnommen Schadensschwellen charakterisiert und in einem Ampelsystem eingegliedert (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Gewählte Kriterien zur Ermittlung einer Bodenschadverdichtung mittels Labor- und Feldmethoden

Art der Methode	Kriterium	Schadensschwelle
Visuell-sensitive Feldmethode	Ergebnis Bestimmungsschlüssel ¹	> 75 Punkte
Feldmethode (Eindringwiderstand)	Ergebnis Penetrologger ²	> 2,5 MPa/cm²
Labormethode (Stechzylinder)	Luftkapazität (LK)³	< 5 Vol%
Labormethode (Stechzylinder)	Gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf) ³	< 10 cm / Tag
Labormethode (Stechzylinder)	Effektive Lagerungsdichte (Ld) ³	> 1,7 g/cm³

Quellen: ¹ Bestimmungsschlüssel zur Erkennung und Bewertung von Bodenschadverdichtung im Feld nach Weyer und Boeddinghaus (2016); ²Weyer und Boeddinghaus (2016), S. 22f.; ³ nach Lebert et al. (2004), S. 25

Ergebnisse und Diskussion

Im Zuge dieser Status-quo-Erhebung des Bodenzustandes, die zwischen 2018 und 2022 in NRW durchgeführt wurde. konnten bisher 124 Untersuchungsflächen auf Bodenschadverdichtungen untersucht werden. Damit wurden in Summe über 1.000 ha Grünland bei der Beprobung berücksichtigt. Die Messung mittels Penetrologger, ergab im arithmetischen Mittel, dass etwa 39 % der beprobten Grünlandstandorte als schadhaft verdichtet angesehen werden müssen. Weitere 26 % weisen eine beginnende Verdichtung auf, sodass nur etwa ein Drittel der untersuchten Flächen als unbelastet eingestuft werden können (n = 124). In Abbildung 1 ist das Messergebnis eines Weidestandortes dargestellt, bei dem der Oberboden durch eine hohe Nutzungsfrequenz und einem unangepassten Betriebssystem bis in etwa 30 cm Tiefe stärker verdichtet ist. Ähnliche Ergebnisse können aus den erhobenen Daten des Bestimmungsschlüssels nach Weyer und Boeddinghaus (2016) entnommen werden, bei dem die gleichen Grünlandstandorte mit drei Wiederholungen je Hektar berücksichtigt wurden. Demnach gelten etwa 37 % als schadhaft verdichtet und etwa 34 % als bisher unbelastet.

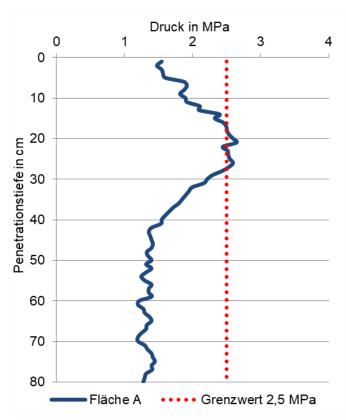


Abb. 1: Mittlerer Eindringwiderstand einer ca. 4 ha großen Fläche mit intensiver Beweidung im Hochsauerlandkreis (Bodenart Ut4, Bodentyp Auengley), (n = 75).

Unabhängig vom flächenhaften Bodenscreening werden an den ungestörten Stechzylinder-Bodenproben im Bodenlabor die bodenphysikalischen Kennwerte Porengrößenverteilung, Lagerungsdichte, Luftkapazität, sowie die gesättigte Wasserleitfähigkeit ermittelt. Die ermittelten Daten, von bisher 17 Grünlandstandorten, zeigen über alle eingesetzten Feld- und Labormethoden vergleichbare Ergebnisse (Abb. 2). Dies bedeutet auch, dass die differenzierten Untersuchungsmethoden zu nahezu übereinstimmenden Ergebnissen führen und damit eine Grundlage valider Datensätze bilden. Die Messergebnisse verdeutlichen ferner, dass die Problematik der Bodenschadverdichtung in Grünlandböden ein ebenso massives Problem darstellt, wie im Ackerbau. In einer früheren Erhebung aus NRW sind rund 37 % der landwirtschaftlich genutzten Ackerbaustandorte als schadhaft verdichtet angesehen worden (Cramer 2006, Weyer & Buchner 2001, MUNLV NRW 2009, Weyer 2010).

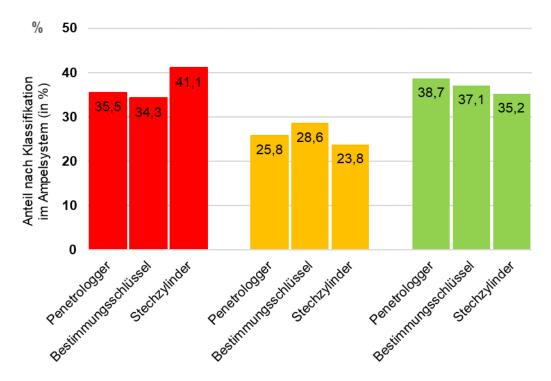


Abb. 2: Einordnung der Ergebnisse der drei angewandten Messmethoden in die Klassifikation der Verdichtungsgrade in einem Ampelsystem, Schadschwellen vgl. Tab. 1 (Penetrologger und Bestimmungsschlüssel nach Weyer und Boeddinghaus (2016) auf 124 Grünlandflächen; Stechzylinderuntersuchung auf 17 Standorten in NRW).

Lediglich ein Drittel der untersuchten Flächen hat eine unbedenkliche Bodendichtlagerung vorzuweisen. Diese Flächen sind überwiegend von einer geringen bis mittleren Nutzungsintensität betroffen. Flächen mit häufiger oder intensiver Befahrung sind vielfach, vor allem bis in mittlere Bodentiefen von bis zu 60 cm, deutlich verdichtet. Der Einfluss von Nutzungsintensität und hoher Frequenz der Befahrung werden hier ebenso deutlich wie die Maschinengewichte der eingesetzten großen Landtechnik. Besonders anfällig sind feuchtere Standorte. Flächen mit extensiverer Nutzung sind weniger von bewirtschaftungsbedingten Bodenverdichtungen betroffen und liegen im Allgemeinen unterhalb bedenklicher Dichtlagerungen. Eine intensive oder ganzjährige Beweidung mit hohem Viehbesatz wirkt sich ebenfalls negativ auf die Bodendichtelagerung aus, was sich vor allem auf die Oberböden, bis etwa 30 cm Tiefe auswirkt, wie aus den drei eingesetzten Methoden hervorgeht. Flächen, die einer intensiven Schnittnutzung, mit fünf Nutzungen pro Jahr unterliegen, weisen etwa 35 Überfahrten p.a. auf. Diese resultieren aus Pflegemaßnahmen, wie der Nachsaat, aus Düngetätigkeiten in mineralischer und organischer Form, aber auch aus der reinen Grünfutterwerbung und Bergung. Besonders bei den Ernten wirken große Lasteinträge durch die eingesetzte Erntetechnik auf die Grünlandböden ein. Ein wichtiges Nebenergebnis der aktuellen Untersuchung ist die jeweilige Bodenacidität auf den mit Stechzylindern untersuchten Standorten (n = 17). Die durchgeführte Untersuchung und der dazu vorliegende Betriebs-Fragebogen belegen beispielhaft, dass häufig Kalkungskonzepte fehlen. Nur drei der untersuchten Flächen weisen einen, an die vorherrschende Bodenart sowie dem Humusgehalt, angepassten pH-Wert auf, was alarmierend ist, da gerade die Aggregatstabilität von Böden von der Kalkversorgung abhängt.

Schlussfolgerungen

Schadhafte Bodenverdichtungen in nordrhein-westfälischen Grünlandböden sind alarmierende Übernutzungssymptome und mit den bekannten Ergebnissen aus dem Ackerbau vergleichbar. Flächen mit extensiverer Nutzung sind weniger von bewirtschaftungsbedingten Bodenverdichtungen betroffen und gelten häufiger als unbelastet. Neben der intensiven Befahrung von Flächen, wirkt sich die intensive Beweidung ebenfalls negativ auf die Bodendichtlagerung aus. Besonders feuchte Standorte müssen entsprechend der aktuellen Bodenfeuchte, meist aber deutlich extensiver bewirtschaftet werden. Die Untersuchung zeigt auch, dass eine bedarfsgerechte Düngung, der

Humusaufbau sowie die Regulierung des pH-Wertes nicht nur pflanzenbauliche Vorteile bieten, sondern für stabile Gefüge und günstige Aggregierung sorgen, was die mittlere Tragfähigkeit der Böden erhöht. Alle getroffenen Maßnahmen zur Vermeidung einer schädlichen Bodenverdichtung und insbesondere das Betriebssystem müssen den jeweiligen Standorten angepasst werden. Eine vorausschauende Planung, die beispielsweise durch Modellierungen mit dem Terranimo[©]-Programm der Berner Universität ermöglicht werden, können Arbeitsabläufe verbessern und unterstützen. Besonders der intensive Einsatz großdimensionierter Erntetechnik muss kritisch überprüft werden. Filigrane Landtechnik und digitale Hilfsmittel, wie das Controlled Traffic Farming (CTF) senken die teils enormen Lasteinträge und häufigen Überrollungen langfristig. Bisher fehlende, besonders bodenschonende Konzepte sowie Kalkungsstrategien können der fortschreitenden Verdichtung entgegenwirken.

In Folge dieser Erhebung und auf der Grundlage der ermittelten Ergebnisse müssen Lösungsansätze und prophylaktische Maßnahmen erarbeitet werden, um die Ausdehnung der schadhaft verdichteten Grünlandflächen so gering wie möglich zu halten sowie weitere Flächenverdichtungen zu vermeiden. Kurative Maßnahmen sind im Grünland nur schwer oder sehr aufwendig umsetzbar. Da Bodenverdichtungen auch immer mit der verringerten Regenwasserinfiltration gekoppelt sind, beeinträchtigen stark verdichtete Grünlandböden einerseits die Wasserspeicherung und begünstigen andererseits so indirekt auch Erosionsvorgänge in der Agrarlandschaft.

Literatur

- Cramer, B., Botschek, J., Weyer, T. (2006): Untersuchung zur Bodenverdichtung nordrhein-westfälischer Böden. *Bodenschutz* (3): 64 71.
- Günther, K. & Weyer, T. (2020): Alles locker im Grünland? Top Agrar 11/2020: 78 82.
- LANUV (2015): NRW verliert täglich Wiesen und Weiden; Neue Zahlen des LANUV https://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/pressemitteilungen/liste/1631-nrw-verliert-taeglich-wiesen-und-weiden (23.03.2021)
- Lebert, M., Brunotte, J., Sommer, C. (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden / Regelungen zur Gefahrenabwehr. Umweltbundesamt 46/04.
- Weyer, T. & R. Boeddinghaus (2009) In: MUNLV NRW: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Bodenverdichtungen vermeiden Bodenfruchtbarkeit erhalten und wiederherstellen. Düsseldorf; www.bodenfruchtbarkeit.org/fileadmin/bfbk/documents/GLB/BodenverdichtungBroschuere NRW.pdf (12.08.2020)
- Weyer, T. & W. Buchner (2001): Bodenschadverdichtungen Ausmaß, Ursachen, Wirkungen und Lösungsansätze, Bodenschutztagung Soest, Mai 2001.
- Weyer, T. (2009): Schadverdichtet oder nur dicht? Zum Ausmaß von Bodenschadverdichtungen in Nordrhein-Westfalen. In: Tagungsband der 21. u. 22. Wissenschaftlichen Fachtagung in NRW. Hrsg.: Lehr- und Forschungsschwerpunkt "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft", Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- Weyer, T., Boeddinghaus, R. (2016): Bodenverdichtungen vermeiden Bodenfruchtbarkeit erhalten und wiederherstellen. Ministerium für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), 2. Auflage, Düsseldorf, S. 40.
- Weyer, T., Boeddinghaus, R. (2010): Neue Feldmethode zur Erkennung und Bewertung von Bodenschadverdichtungen. *Bodenschutz* (1): 1 19.

Der Nachhaltigkeitskodex der Landwirtschaft – Im Spannungsfeld zwischen ökologischen Anforderungen, betriebswirtschaftlichem Auskommen und sozialer Tragfähigkeit

C. Wiese

Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Argrarwirtschaft, Lübecker Ring 2, 59494 Soest, wiese.claudia@fh-swf.de

Einleitung und Problemstellung

Ziel des DBU-Forschungsprojektes "Der Nachhaltigkeitskodex der Landwirtschaft. Entwicklung und Optimierung praxisgerechter Methoden des Nachhaltigkeitsmanagements und der Nachhaltigkeitsberichterstattung landwirtschaftlicher Betriebe" war die Entwicklung eines praxisgerechten Systems zur Bewertung der Nachhaltigkeit (NH) landwirtschaftlicher Betriebe. Hierbei sollten die drei Säulen Ökonomie, Ökologie und Soziales gleichrangig Berücksichtigung finden. Dieser Aufgabenstellung widmete sich ein Projektkonsortium aus Wissenschaft, Verwaltung, Praxis und Beratung. Im Folgenden wird eine Auswahl der generierten Ergebnisse, mit besonderem Augenmerk auf die Futterbaubetriebe, vorgestellt.

Material und Methoden

Der "Nachhaltigkeitskodex der Landwirtschaft" wurde in einem dreiphasigen Prozess entwickelt. In der ersten Arbeitsphase wurden die Indikatoren des DLG-Nachhaltigkeitsstandards und des Umwelt- und Betriebsmanagementsystems REPRO als Grundlage für die weitere Arbeit definiert. Im Dialog wurden diese Indikatoren mit Vertretern aus Wissenschaft und Praxis erörtert, ergänzt und modifiziert. In der zweiten Projektphase wurde die Praktikabilität und Aussagefähigkeit der Indikatoren auf landwirtschaftlichen Betrieben erprobt. Um der Vielfalt an Höfen in Nordrhein-Westfalen (NRW) Rechnung zu tragen, wurden Kriterien zur Auswahl der Projektbetriebe bestimmt. Diese orientierten sich an dem Auswahlplan des BMEL für das Testbetriebsnetz NRW. Entsprechend dieser Kriterien wählten die Landwirtschaftskammer NRW und die Verbände (WLV, RLV, LVÖ) 50 Projektbetriebe aus (Rauen et al. 2021: 8-10, Südekum et al. 2020: 8-10). Im Rahmen von Betriebsbesuchen wurden die Indikatoren durch Interviews, betriebliche Aufzeichnungen (Ackerschlagkartei, Dokumentationen, Jahresabschlüsse, etc.) Betriebsbegehungen erfasst. Für 49 der 50 Betriebe konnten auswertbare Daten gewonnen werden. In der dritten und letzten Projektphase wurden die gewonnen Daten erneut den Experten der Konsensfindungsrunden vorgestellt, mit der Absicht geeignete Ziel- und Grenzwerte für die erhobenen Indikatoren zu formulieren. Die Festlegung der Ziel- und Grenzwerte wurde basierend auf wissenschaftlicher Fachliteratur, bereits vorhandenen Tools zur Nachhaltigkeitsbewertung (z.B. NaLa, RISE, KSNL, etc.) sowie der Expertise der eingeladenen Wissenschaftler, landwirtschaftlicher Fachberater und Praktikern im Zuge von Konsensfindungsrunden vorgenommen. Die so konzipierte Bewertungsskala, zur Einordnung der Nachhaltigkeitsleistung, reicht für jeden Indikator von 0 (unterer Grenzwert) bis 1 (Optimum). Ein Indikator gilt mit Erreichung des Schwellenwertes von 0,75 als nachhaltig (Südekum et al. 2020: 8-11).

Ergebnisse und Diskussion

Getrennt nach den Säulen der Nachhaltigkeit, gibt Tabelle 1 einen Überblick der betrieblichen Ergebnisse. Im Bereich der Ökologie erreichen 22 der 49 Betriebe eine nachhaltige Beurteilung. Bei der Auswertung der ökonomischen Nachhaltigkeit fiel die Bereitschaft zur Herausgabe der notwendigen Berechnungsgrundlagen verhaltener aus, als in anderen Untersuchungsbereichen. Ursächlich war hier zum einen die hohe Sensibilität der Daten, zum anderen aber auch technische Anforderungen. So setzt das durchgeführte Auswertungsverfahren einen BMEL-Jahresabschluss voraus. Methodisch wurden drei Wirtschaftsjahre berücksichtigt, um den Einfluss saisonaler Schwankungen auf die betrieblichen Ergebnisse möglichst gering zu halten. Für die ökonomische Auswertung konnten 37 Datensätze gewonnen und bewertet werden. Hier erzielen 8 der 37 Projektbetriebe eine nachhaltige Bewertung. In Bezug auf alle drei Nachhaltigkeitsdimensionen erreichen die Projektbetriebe im ökonomischen Bereich das schwächste Ergebnis. Für die soziale Dimension konnten 25 von 46 Betrieben ein nachhaltiges Ergebnis erzielen. Damit ein Betrieb insgesamt als nachhaltig gelten kann, muss innerhalb jeder der drei Säulen mindestens ein Ergebnis

von ≥ 0,75 erreicht werden, dies gelingt 2 von 35 Betrieben. Weitere 22 Unternehmen befinden sich im Wertebreich zwischen 0,65 bis 0,74 und damit in der Nähe der angestrebten Nachhaltigkeitsschwelle (Südekum et al. 2020: pp. 130-131, 201, 206-209).

Tab. 1: Ergebnisübersicht

Säulen der Nachhaltigkeit	Anzahl ausgewerteter Betriebe (n)	Davon nachhaltig (≥0,75)
Ökologie	49	22
Ökonomie	37	8
Soziales	46	25

Quelle: nach Südekum et al. 2020 S. 201, 206-209

Speziell die Ergebnisse der Futterbaubetriebe zeigen Auffälligkeiten, die im Folgenden näher betrachtet werden. Wie bereits angemerkt, können 25 der 46 ausgewerteten Betriebe eine nachhaltige Beurteilung in Bezug auf die soziale Dimension der Nachhaltigkeit erzielen. In Abb. 1 werden die Ergebnisse der Projektbetriebe nach Betriebsform aufgeschlüsselt. Die Betriebsergebnisse werden in zwei Farben dargestellt (grün oder blau), wobei grün für eine nachhaltige Beurteilung steht. Die NH-Schwelle ist orange gekennzeichnet. Die ausgewiesenen Mittelwerte (rot) wurden als arithmetisches Mittel über jede Betriebsform gebildet. Es zeigt sich, dass nur ein Viertel der bewerteten Futterbaubetriebe (4 von 16) ein Ergebnis auf Höhe der Nachhaltigkeitsschwelle oder darüber hinaus erreichen. Wird das arithmetische Mittel über alle Betriebe dieser Gruppe gebildet, zeigt sich ein noch deutlicheres Ergebnis. Demnach befindet sich der Mittelwert für diese Betriebsform mit 0,69 unterhalb der NH-Schwelle. Bei jeder anderen Betriebsform befinden sich die Mittelwerte oberhalb von 0,75 (Südekum et al. 2020: 201).

Ergebnis soziale Nachhaltigkeit

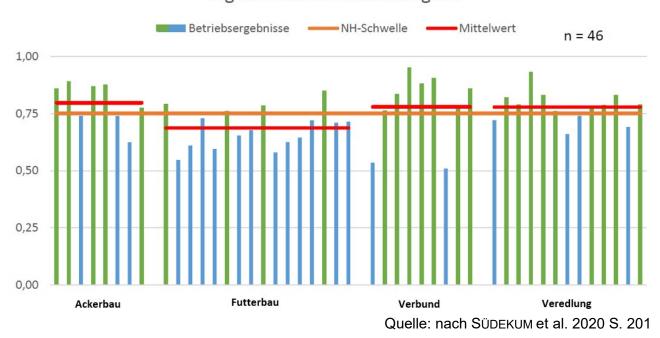


Abb. 1: Ergebnis der sozialen Nachhaltigkeit nach Betriebsform

Auf Grundlage der erhobenen sozialen Indikatoren können Aussagen zu den Ursachen getätigt werden. So zeigen sich im "Endergebnis soziale Nachhaltigkeit" sowohl die hohen körperlichen Anforderungen, als auch die psychische Belastung, die den Arbeitsalltag für diese Betriebsform prägen. Speziell der Indikator "Arbeitszeit" verdeutlicht das hohe Arbeitspensum, das Betriebsleiter von Futterbaubetrieben leisten. Abbildung 2 visualisiert die Arbeitsstunden der Betriebsleiter pro Jahr, aufgeteilt nach Betriebsform. Die Nachhaltigkeitsschwelle befindet sich bei 2.600 Stunden. Die Betriebsleiter der Ackerbaubetriebe leisten im Jahr durchschnittlich 1.433 Arbeitstunden. Für alle Veredlungsbetriebe konnte ein Arbeitspensum von 2.022 Stunden erfasst werden. Werden nur Betriebe im Haupterwerb (ohne NE) berücksichtigt, erhöhen sich die geleisteten Arbeitsstunden auf

2.113 h. In Verbundbetrieben arbeiten die Betriebsleiter im Durchschnitt 2.433 Stunden pro Jahr. Werden nur Verbundbetriebe betrachtet, die im Haupterwerb geführt werden, steigt der Wert auf 2.765 Stunden an und befindet sich damit jenseits der NH-Schwelle. Das höchste Arbeitspensum müssen die Betriebsleiter in den Futterbaubetrieben leisten. Hier liegt das Stundenaufkommen im Schnitt aller Betriebe bei 2.900 Stunden. Werden nur die Haupterwerbsbetriebe betrachtet, ergibt sich eine Arbeitszeitbelastung von 3.036 Stunden pro Jahr (Kerkhof & Wiese 2020).

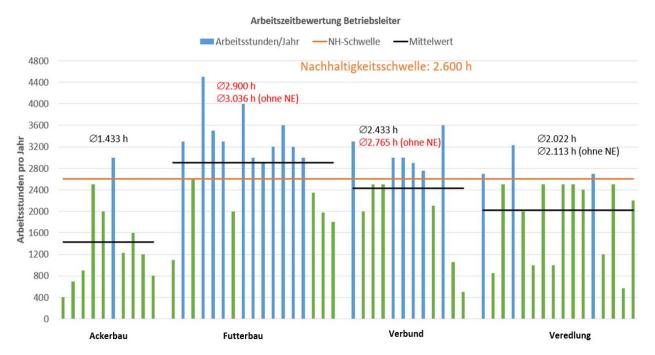


Abb. 2: Indikator Arbeitszeit der Betriebsleiter in Stunden pro Jahr nach Betriebsform

Ein ähnliches Bild zeichnet sich auch für den Indikator Urlaub ab. So gelingt es nur einem Drittel der Betriebsleiter von Futterbaubetrieben in einem ausreichendem Maße Regenerationsphasen zu realisieren (Südekum et al. 2020: 183). Neben den objektiv erfassbaren Indikatoren (wie Arbeitszeit und realisierte Urlaubstage) wurde mit der persönlichen Zufriedenheit auch ein subjektiver Indikator erfasst. Dieser Komplexindikator besteht aus fünf Unterindikatoren, die die persönlichen Empfindungen in Bezug auf wesentliche Merkmale des Arbeitsalltages (Arbeitszeit, Urlaub, körperliche Belastung, psychische Belastung und Arbeitsklima) erfragt. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse für den Komplexindikator "Zufriedenheit". Auch im Bereich der "subjektiven Wahrnehmung" zeigt sich, dass die Betriebsleiter ihre Arbeitszeitbelastung und die Urlaubssituation als weniger zufriedenstellend bewerten als ihre Berufskollegen, die in anderen Betriebsformen tätig sind. So vergeben für den Indikator "Arbeitszeit" nur 35% der Betriebsleiter von Futterbaubetrieben eine ausreichende Punktzahl, um eine nachhaltige Beurteilung zu erzielen. Bei der Urlaubssituation sind es 41 % der Betriebsleiter dieser Unternehmensform. Besonders auffällig ist die Auswertung für den Teilindikator "psychische Belastung". So erreicht die Zufriedenheit der befragten Landwirte bei allen Betriebsformen Werte zwischen 50% und 58%. Bei den Futterbaubetrieben sind es 18 % der Betriebsleiter, die eine nachhaltige Beurteilung erzielen können (Kerkhof & Wiese 2020).

Zufriedenheit der Betriebsleiter mit ...

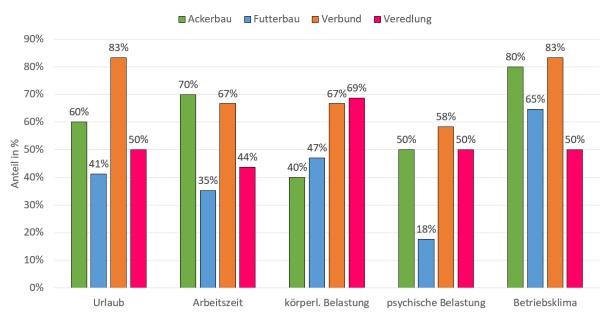


Abb. 3: Auswertung des Komplexindikators "Zufriedenheit" für die Betriebsleiter nach Betriebsform

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des vorgestellten Projektes zeigen die deutlichen Interdependenzen der drei Säulen der Nachhaltigkeit. Nur eine ökologisch verträgliche, wirtschaftlich auskömmliche und sozial tragfähige Landwirtschaft kann auf lange Sicht zukunftsfähig sein. Die geleisteten Arbeitsstunden der Betriebsleiter in Futterbaubetrieben sowie die schwierige Urlaubssituation wirken sich negativ auf die soziale Nachhaltigkeit aus. Eine Reduktion des Arbeitspensums, durch die Beschäftigung von weiteren Arbeitskräften, lässt die in vielen Fällen, bedingt durch die betriebswirtschaftliche Lage der Unternehmen, nicht realiseren.

Literatur

Christen, O., Hövelmann, L., Hülsbergen, K. J., Packeiser, M., Rimpau, J., Wagner, B., Schaffner, A., Engelmann, K., Reinicke, F., Heißenhuber, A., Kantelhardt, J. Krämer, C., Meyer-Aurich, A., Harzer, N., Siebrecht, N. & P. Hoch (2009): Nachhaltige Landwirtschaftliche Produktion in der Wertschöpfungskette Lebensmittel In: Christen, Hövelmann, Hülsbergen, Packeiser, Rimpau, Wagner (ed.): Initiativen zum Umweltschutz Band 78, Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Südekum, K.-H., Rauen, A., Packeiser, M., Künzel, J., Kerkhof, F., Eisenack, M., Wiese, C., Schäfer, B. C., Laser, H. & D. Schulte-Steinberg (2020): Der Nachhaltigkeitskodex der Landwirtschaft. Entwicklung und Optimierung praxisgerechter Methoden des Nachhaltigkeitsmanagements und der Nachhaltigkeitsberichterstattung landwirtschaftlicher Betriebe. Abschlussbericht, DBU AZ 33534, Bonn.

Rauen, A., Wiese, C., Kerkhof, F., Laser, H. & D. S.K. Schulte-Steinberg (2021): Branchenkodex für eine nachhaltige Landwirtschaft. B&B Agrar 4/2021: 8-10.

Kerkhof, F. & C. Wiese (2020): Multiplikatorenschulung für das Projekt Nachhaltigkeitskodex in der Landwirtschaft. Ergebnisse aus dem Bereich Ökonomie & Soziales, Landwirtschaftskammer NRW, Online, 03.12.2020

Vorträge

Reallabore in der Landwirtschaft

T. Becker¹, E. Baranek²

¹ Deutsche Agrarforschungsallianz, Bundesallee 50, 36118 Braunschweig ² Thünen-Institut, Bundesallee 50, 36118 Braunschweig, <u>talea.becker@thuenen.de</u>

Einleitung und Problemstellung

In den letzten Jahren haben in realen Umgebungen verankerte Forschungsprojekte, die eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis kultivieren, erheblich an Bedeutung gewonnen. Ein besonderes Setting weisen dabei Reallabore auf. Ursprünglich sind Reallabore als Forschungsdesign im Rahmen der Stadtentwicklung eingesetzt worden, um Zusammenhänge, Rahmenbedingungen und Gestaltungsmöglichkeiten von Prozessen Nachhaltigkeitstransformation in städtischen Räumen besser zu verstehen (Parodi & Steglich 2021). Im Vordergrund stehen der Aspekt einer kollektiven Erprobung neuer Ansätze sowie die Beteiligung unterschiedlicher städtischer Akteure aus Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft (siehe Kern & Haupt 2021). Im Rahmen von land- und forstwirtschaftlichen Forschungs- und Wissenstransferprojekten werden Reallabore mit dem Ziel aufgebaut, gemeinsam mit Akteuren aus der Praxis die Bedingungen und Produktionsmethoden in der Land- und Forstwirtschaft nachhaltiger zu gestalten und eine ökologischere Wirtschaftsweise zu etablieren (MACS-G-20 2019). Insbesondere für artenreiches Grünland, dass viele Jahre für seine Entwicklung benötig, müssen für die mit dem Klimawandel einhergehenden Herausforderungen lokal angepasste Strategien entwickelt werden.

Obwohl Reallabore auch in der Land- und Forstwirtschaft als geeignete Methode betrachtet werden, um Forschungs-Praxis-Projekte mit dem Fokus auf eine nachhaltige Entwicklung durchzuführen, ist unklar, ob sie mit den gleichen strukturellen Ansprüchen wie im städtischen Raum umgesetzt werden können. Es gibt bisher keine einheitlichen Kriterien für Reallabore. In der deutschsprachige Debatte gibt es aber einen weitestgehenden Konsens darüber, dass Reallabore den Anspruch haben sollten, folgende neun Kerncharakteristika auszugestalten (Schäpke et al. 2017, Rose et al. 2018, Parodi & Steglich 2021):

- Forschungsorientierung: Reallabore sind auf die Erzeugung von (Transformations-)Wissen ausgerichtet.
- Laborcharakter und Experimentierraum: Reallabore haben Laborcharakter und stellen so spezifische gesellschaftliche Räume bereit, in denen Experimente durchgeführt werden können.
- Langfristigkeit: Angestrebt werden sollte, Reallabore möglichst langfristig über mehrere Jahrzehnte anzulegen, um Transformationsprozesse sowohl wissenschaftlich als auch gesellschaftlich begleiten und ex post auswerten zu können.
- Transdisziplinarität und Partizipation: Transdisziplinarität ist der vorherrschende Wissenschaftsmodus in Reallaboren. Das bedeutet, Partizipation und Co-Design sind die zentralen Elemente in der Reallaborarbeit.
- Transformation und Gestaltung: Sie tragen unmittelbar zur Nachhaltigkeitstransformation der Gesellschaft bei, indem sie konkrete, praktische Beiträge für eine nachhaltige Entwicklung liefern.
- Normativität und Nachhaltigkeit: Reallabore folgen dem Leitbild nachhaltiger Entwicklung und machen ihre normativen Ausgangspunkte transparent.
- Zivilgesellschaftliche Orientierung: Reallabore streben eine breite Beteiligung an, die neben außerwissenschaftlichen Akteur*innen wie Unternehmen oder auch Schulen und zivilgesellschaftliche Gruppen und Bürger*innen einbindet.
- Bildung: Reallabore sind stark verdichtete Lernräume und sollen nach Möglichkeit Bildungsaspekte aufgreifen und in die Reallaborarbeit integrieren.
- Modellcharakter: Obwohl Reallabore immer kontextgebunden sind, streben sie eine Übertragbarkeit ihrer Ergebnisse und Lösungsansätze auf andere Kontexte, Räume und Skalen an.

Idealerweise sollte von Reallaboren nur gesprochen werden, wenn alle genannten Punkte berücksichtigt werden. Betont wird, dass Reallabore mit ihrem direkten Gestaltungsauftrag den

Bereich klassischer Wissenschaften verlassen. Sie werden vielmehr zu einer gesellschaftsgestaltenden und -verändernden Kraft, die "trans-wissenschaftlich" agiert, um Veränderungen hervorzubringen (Parodi & Steglich 2021). Um zu erheben, wie der Reallabor-Ansatz in land- und forstwirtschaftlichen Forschungs- und Wissenstransferprojekten umgesetzt wird, welche besonderen Rahmenbedingungen und Herausforderungen im ländlichen Raum gegeben sind und wie diesen begegnet wird, wurden 16 Reallabore näher betrachtet.

Material und Methoden

Im Mai und Juni 2022 wurden die Leiterinnen und Leiter von 14 aktuell laufenden, bzw. kürzlich abgeschlossenen landwirtschaftlichen und zwei forstwirtschaftlichen Reallaboren mit Hilfe eines strukturieren Fragebogens via WebEx interviewt. Es wurden dabei Projekte kontaktiert, die als Living Lab, Reallabor oder Landschaftslabor bezeichnet wurden und entweder einen land- oder forstwissenschaftlichen Hintergrund haben. Die Gespräche wurden aufgezeichnet und anschließend ausgewertet. Die Beurteiliung, inwiefern die jeweiligen Reallabore die Zielstellung der Nachhaltigkeit verfolgen, erfolgte über eine Zuordnung der Projektleiter*innen zu den Agroecology-Kriterien der FAO (2018).

Ergebnisse und Diskussion

Forschungsorientierung, Laborcharakter, Experimentierraum und Langfristigkeit:

Bei allen Reallaboren liegt der Fokus auf Forschungsaspekten und für die Leitung ist eine wissenschaftliche Einrichtung verantwortlich. Neun Reallabore fokussieren auf die Erprobung neuer Methoden unter sehr kontrollierten Bedingungen. Hier kann von einem Laborcharakter mit sogenannten "Realexperimenten" gesprochen werden. Bei den anderen Projekten liegt der Schwerpunkt auf der Etablierung von kooperativen Beziehungen zwischen verschiedenen Akteuren.

Die Projekte haben eine Laufzeit zwischen drei und fünf Jahren, zum Teil mit Aussicht auf eine Verlängerung. Nur zwei Projekte sind für ein langfristiges Bestehen ausgelegt. Neun Projekte werden mit Bundesmitteln gefördert, vier mit EU-Mitteln, eines mit Landesmitteln. Zwei Projekte werden mit anderen Mitteln finanziert. Die Laufzeiten werden von den Beteiligten als sehr kurz empfunden, weil es oft einige Monate dauert, bis die richtigen Akteure identifiziert sind und ein Vertrauensverhältnis aufgebaut ist. Wenn das Projekt nach drei Jahren endet, geht das gerade aufgebaute Netzwerk oft verloren. In Projekten mit einem ökologischen Schwerpunkt sind häufig noch keine nachweisbaren Effekte einer veränderten Produktionsweise nachweisbar. Dieses erschwert die Chancen auf eine Verlängerung des Projektes. Diese Unsicherheiten, insbesondere vor einer möglichen Verlängerung, werden von allen Beteiligten aus Wissenschaft und Praxis als belastend empfunden.

Transdisziplinarität und Partizipation:

In allen Projekten wird transdisziplinär gearbeitet, das bedeutet in jedem Projekt sind Akteure aus der Forschung und aus der land- oder forstwirtschaftlichen Praxis vertreten. Darüber hinaus werden partiell Akteure aus der Wirtschaft, Bildung, aus Verbänden, der Politik, der Verwaltung und der Zivilbevölkerung einbezogen.

Tab. 1: Anzahl der Projekte, die Akteure aus Land-/Forstwirtschaft, Wirtschaft und Zivilbevölkerung an verschiedenen Projektabschnitten beteiligen

	Land-/Forstwirtschaft	Wirtschaft	Zivilbevölkerung
Forschungsfrage	14	6	0
Planung der Experimente	12	6	0
Praktische Umsetzung im Unternehmen	10	5	0
Informatiosveranstaltung mit Feedback	16	12	10
Keine Beteiligung	0	4	6

Die Beteiligung von Akteuren aus der Land- und Forstwirtschaft erfolgt mit unterschiedlichen Methoden und Zielen. In fünf Reallaboren gibt es eine sehr intensive Zusammenarbeit mit nur einem praktischen Betrieb oder einem Versuchsbetrieb. Die Betriebsleiter*innen dieser Betriebe stellen

einen Teil ihrer Flächen zur Verfügung und sind gleichberechtigt an der Planung der Aktivitäten und Ausführung der Forschungsarbeiten beteiligt.

In Reallaboren mit mehr als zehn involvierten praktischen Betrieben werden die Betriebe über die verschiedenen Methoden oder Techniken, die im Rahmen des Reallabors umgesetzt werden sollen informiert und können sich je nach Bedarf und Ressourcen einbringen. In Projekten mit wenigen Betrieben liegt der Fokus der Arbeiten darauf, im Rahmen der Realexperimente komplett neue Methoden und Techniken zunächst in einem geschütztem Rahmen zu testen.

Um den Anspruch an ein Reallabor gerecht zu werden, sollte in zukünftigen Projekten angestrebt werden, eine größere Anzahl von Betrieben intensiver zu integrieren. Die intensiv beteiligten Betriebe werden von den Projektleiter*innen immer als sehr innovativ, engagiert und interessiert bezeichnet. Häufig sind diese Betriebe schon aus vorhergehenden Projekten bekannt, was ihre Repräsentativität deutlich einschränkt.

Ein wichtiges Motivationsmittel zur Integration von Betrieben ist die Honorierung der Teilnahme oder die Zahlung von Entschädigungen. In acht Projekten werden Zahlungen in unterschiedlicher Form getätigt. Dabei wurden ausnahmslos sehr gute Erfahrungen gemacht. In zwei Projekten wurden Zahlungen für Ertragsausfälle bezahlt. In drei Projekten erhielten beteiligte Betriebe Zahlungen für für Feldarbeiten landwirtschaftliche Dienstleistungen wie und die Teilnahme Projektveranstaltungen. Die letztgenannte Methode wurde von den Projektleiter*innen als sehr praktikabel empfunden, da sie mit einem geringeren Dokumentationsaufwand einhergeht als die Berechnung von Ertragsausfällen. Projekte, die keine Honorierung anbieten können, sehen das als großes Defizit. Neben dem Ausgleich der finanziellen Risiken hat eine Honorierung nach Ansicht der interviewten Personen auch eine wichtige Funktion bei der Anerkennung des Engagements der beteiligten Akteure.

Transformation, Gestaltung und Normativität, Nachhaltigkeit:

Alle untersuchten Reallabore arbeiten sehr eng mit praktischen Betrieben zusammen und haben den Anspruch, konkrete, praktische Beiträge für eine nachhaltige Entwicklung zu liefern. Dabei ist im Einzelnen zu diskutieren, was eine nachhaltige betriebliche Entwicklung konkret bedeutet. Den Autorinnen ist bewußt, dass hier eine Reihe von Indikatoren und Bewertungssystemen zur Verfügung stehen, deren Prüfung des Anwendungsbezugs in den untersuchten Reallaboren den Rahmen der vorliegenden Studie gesprengt hätte. Aus diesem Grund wurde auf Basis der FAO-Agroecology-Kriterien (FAO 2018) eher eine Sensibilität der Projektleitungen Nachhaltigkeitsaspekte erfragt. Entlang der zehn von der FAO empfohlenden Kriterien wurde erfragt, ob sich die Aktivitäten des jeweiligen Reallabors zuordnen lassen. Die Kriterien der FAO sind wie folgt: (1) Förderung vielfältiger Anbausysteme; (2) Wissensteilhabe für alle; (3) Schaffung und Nutzung von Synergien; (4) Effizienz durch das Schließen von Kreisläufen; (5) Recycling stärken, Abfall vermeiden; (6) Resilienz und Anpassung an Klimawandel fördern; (7) Menschenrechte und soziale Werte stärken; (8) Kultur und Ernährungstraditionen; Verantwortungsvolle Regierungsführung; (10) Solidarisches Wirtschaften.

Jedes der betrachteten Reallabore lässt sich, nach Auffassung der Projektleiter*innen, mindestens fünf dieser Kriterien zuordnen. Bei vielen Projekten traffen auch mehrere Kriterien zu. Der Fokus liegt auf produktionstechnischen Aspekten, wie der Förderung vielfältiger Anbausysteme und der Stärkung von Resilienz. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Nennungen. Um im Detail zu beurteilen, inwiefern die Umsetzung dieser Kriterien gelingt, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Tab. 2: Zuordnung der Projekte zu den zehn Agroecology-Kriterien der FAO

Nachhaltigkeitskriterium	Anzahl der Projekte, die sich dem Kriterium zuordnen
Förderung vielfältiger Anbausysteme	9
Wissensteilhabe für alle	11
Schaffung und Nutzung von Synergien	10
Effizienz durch das Schließen von Kreisläufen	9
Recycling stärken, Abfall vermeiden	4
Resilienz und Anpassung an Klimawandel fördern	9
Menschenrechte und soziale Werte stärken	1
Kultur und Ernährungstraditionen	4
Verantwortungsvolle Regierungsführung	7
Solidarisches Wirtschaften	4

Zivilgesellschaftliche Orientierung, Bildung und Modellcharakter:

Die Zivilbevölkerung ist zwar in zehn von 16 Reallaboren eingebunden, dabei aber vor allem im Rahmen von Informationsveranstaltungen mit der Möglichkeit, Feedback zu geben. Als Zivilbevölkerung werden Anwohner*innen in der Nähe des Projektes angesprochen, in einem Projekt werden in Vereinen organisierte Personen kontaktiert. In Reallaboren ganz ohne Austausch mit der Zivilbevölkerung sind keine Mittel dafür vorgesehen, zum Teil wird es als nicht notwendig erachtet. Außerdem besteht teilweise die Sorge vor zu starker Kritik. Das gilt insbesondere in Reallaboren, die mit umstrittenen oder neuartigen Technologien und Methoden arbeiten.

Personen aus dem Bildungsbereich werden in elf Reallaboren eingebunden, zum Beispiel durch die Zusammenarbeit mit Berufsschulen. Außerdem wird in den Projekten Informationsmaterial insbesondere für Landwirt*innen angefertigt, da das Ziel verfolgt wird, die in den Reallaboren entwickelten Methoden und Techniken auch für andere Regionen und Betriebe nutzbar zu machen.

Schlussfolgerungen

Die neun Kriterien von Reallaboren im Rahmen der Stadtentwicklung (siehe Einleitung und Problemstellung) eignen sich auch für die Ausgestaltung landwirtschaftlicher Reallabore. Allerdings kann nicht eingeschätzt werden, in welchem Maße die Kriterien tatsächlich erfüllt werden. Die Untersuchung verdeutlicht, dass die Kernmerkmale der klaren Nachhaltigkeitsfokussierung und der Orientierung auf unterschiedlichste Nutzer*innengruppen einschließlich der Zivilgesellschaft, erhebliche Herausforderungen mit sich bringen. Zu prüfen ist, inwieweit etablierte Systeme zur Nachhaltigkeitsbewertung geeignet sind, eine zielgerichtete Entwicklung in Reallaboren abzubilden. Bei der Konzeption künftiger Reallabore sollte auch darauf geachtet werden, Partizipation breiter zu fassen und bspw. die Zivilbevölkerung gezielter einzubeziehen. Transzdisziplinarität und Partizipitation sind zwar durch die Zusammenarbeit mit Betriebsleiter*innen gegeben, die Anzahl von intensiv beteiligten Betrieben ist aber sehr gering. Generell wird die Laufzeiten der meisten Reallabore als zu kurz eingeschätzt um einerseits dem Kriterium der Langfristigkeit zu genügen und vor allem um wirksame Impulse im Sinne einer Nachhaltigkeitstransformation anstoßen zu können.

Literatur

FAO (2018): The ten elements of Agroecology. https://www.fao.org/documents/card/en/c/I9037EN/

Kern, K., & W. Haupt (2021): Von Reallaboren zu urbanen Experimenten: Deutsche und internationale Debatten zu Skalierung und urbanen Nachhaltigkeitstransformationen. *Raumforschung und Raumordnung/Spatial Research and Planning*, 79(4): 325.

MACS-G20 - Meeting of Agricultural Chief Scientists of G20 State (2019): Agroecosystem Living Laboratories. https://www.macs-g20.org/fileadmin/macs/Annual Meetings/2019 Japan/ALL Executive Report.pdf

Schäpke, N., Stelzer, F., Bergmann, M., Singer-Brodowski, M., Wanner, M., Caniglia, G. & D. J. Lang (2017): Reallabore im Kontext transformativer Forschung: Ansatzpunkte zur Konzeption und Einbettung in den internationalen Forschungsstand. *IETSR discussion papers in transdisciplinary sustainability research*.

Parodi, O., & A. Steglich (2021): Reallabor. In: Handbuch Transdisziplinäre Didaktik. transcript Verlag.

Rose, M., Wanner, M., & A. Hilger (2018): Das Reallabor als Forschungsprozess und-infrastruktur für nachhaltige Entwicklung.

Mehr Farbe ins Grün: Maßnahmen zur Förderung des Artenreichtums in intensiv bewirtschaftetem Grünland

A. Schmitz¹, S. Lott², C. Leuschner², J. Isselstein¹

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Graslandwissenschaft, von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, anja.schmitz@agr.uni-goettingen.de

² Georg-August-Universität Göttingen, Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen

Einleitung und Problemstellung

Artenvielfalt des Grünlands in Deutschland ist seit Jahrzehnten rückläufig. Agrarumweltmaßnahmen erreichen weite Teile des intensiv genutzten Grünlandes vor allem im Tiefland nicht (Hötker & Leuschner 2014). Der sich zuspitzende landwirtschaftliche Strukturwandel und Änderungen im Rahmen ihres Wirtschaftens senkt die Akzeptanz der Landwirte hinsichtlich weiterer Restriktionen der Landnutzung. Doch gerade im Rahmen intensiver Grünlandbewirtschaftung gibt es ausgeprägten Handlungsbedarf. Gleichwohl scheint es auf Hof-Ebene noch einen gewissen Spielraum zur Förderung der Artenvielfalt zu geben, der bislang nicht hinreichend genutzt wird. Wirksame und effiziente Maßnahmen sind erforderlich, um mehr Landwirte dazu zu bewegen, Biodiversitätsziele in ihre landwirtschaftlichen Praktiken zu integrieren. Während sich die großflächige Extensivierung hochproduktiver Grünlandflächen als wenig geeignet und akzeptiert erwiesen hat, um die Artenvielfalt nach Jahrzehnten intensiver Bewirtschaftung schnell wiederherzustellen, wird die aktive Aufwertung von Kleinflächen und Schlagrändern zunehmend ins Interesse rücken (Schmitz et al. 2019). Hohe Nährstoffversorgung der Böden, bei weitgehend ausgeräumten Diasporenbanken erschweren den Erfolg einer natürlichen Regenerierung der botanischen Vielfalt durch bloße Extensivierung (Bakker & Berendse 1999, Schmitz et al. 2020). Vielmehr bedarf es zur Förderung und Etablierung erwünschter Zielarten der aktiven Aufwertung des Arteninventars mittels Zugabe von Saatmaterial. Während die Ausbringung artenreicherer Saatgutmischungen im Grünland häufiger praktiziert wird, so sind Maßnahmen wie die Mahdgutübertragung oder auch der Abtrag des Oberbodens in der Landwirtschaft noch recht unbekannt und mit Skepsis betrachtet (Schmitz et al. 2019). Bei der Mahdgutübertragung wird das frische Schnittgut artenreicher Spenderflächen auf eine vorbereitete Empfängerfläche aufgetragen. Der Oberbodenabtrag dient der Reduzierung der Nährstoffversorgung im Oberboden und konkurrenzstarker Arten aus der Diasporenbank.

Die vorliegende Studie zielt daher darauf ab, die ökologische Wirksamkeit der im Naturschutz und auch in anderen Landeschaftskontexten (Heinz et al. 2018, Kiehl et al. 2014) bewährten Maßnahmen nun für die Anwendung im Rahmen intensiver Grünlandwirtschaft in Norddeutschland zu prüfen.

Material und Methoden

Gemeinsam mit vier konventionell intensiv wirtschaftenden Milchviehbetrieben in Norddeutschland (Schleswig-Holstein und Niedersachsen) wurden in 2019 Maßnahmen zur Förderung der Artenvielfalt im Grünland unter Praxisbedingungen experimentell umgesetzt und erprobt. Zwei Betriebe wirtschaften an Moorstandorten und zwei Betriebe in der Marsch. Auf vier Flächen pro Betrieb wurden die Versuche entlang von Grabenrändern nach dem gleichen Design angelegt. Die Experimentalstreifen wurden mit Beginn der Experimente weder gedüngt noch mit Pflanzenschutz behandelt. Auf jeder Fläche wurden zwei Maßnahmen der Saatgutzugabe getestet: (A) artenreiche Regiosaatgutmischung (Saatstärke 4 g je m²); (M) Transfer von artenreichem Mähgut in Kombination mit artenreicher Regiosaatgutmischung (Saatstärke 2,5 g je m²). Diese aufgewerteten Parzellen werden direkt verglichen mit einer ungedüngten Grasnarbe ohne Saatgutzugabe (K) und einem Bereich in der wie gehabt bewirtschafteten Hauptfläche (Z). Als Saatgut wurde die Mischung Regiosaatgut Feuchtgrünland UG1 von Zeller Saaten verwendet, abzielend auf das Inventar der artenreichen Flachlandmähwiese. Das Mahdgut zur Mahdgutübertragung stammte aus betriebseigenen, extensiv bewirtschafteten Flächen (2 bis 3 Schnitte) mit höherer Artenvielfalt. Um das Inventar der Zielarten artenreicher Flachlandmähwiesen einzubringen, wurde das frisch geschnittene und fein (5-7 cm Schichtdicke) verteilte Mahdgut mit dem Kräuteranteil der Regiosaatgutmischung übersät. In den Parzellen mit Saatgutzugabe wurde mittels Fräsen des Oberbodens ein feinkrümeliges Saatbett vorbereitet um die Altnarbe zu stören und eine Etablierung

zu fördern. Die Ansaat und Mahdgutübertragung wurde von den Landwirten mit betriebseigener Technik durchgeführt. Der Abtrag des Oberbodens vor der Saatgutzugabe wurde auf ihren Einfluss auf die Etablierung artenreicher Grasnarben geprüft. In jeder Parzelle mit Saatgutzugabe Diversitätsfenster (2 x 2 m) wurden dafür angelegt, in denen der Oberboden (10 cm) entfernt wurde. Diese Maßnahmen wurden je Fläche in drei Blöcken unterschiedlicher Mahdhäufigkeit angelegt um den Effekt der Maßnahmen bei drei Bewirtschaftungsintensitäten zu vergleichen: V1: 2 Schnitte, V2: 1 Schnitt, V3: Betriebsvariante (gleiche Häufigkeit wie auf der Haupfläche (4-5 Schnitte). Um die Entwicklung der Bestände beobachten und mit der herkömmlich bewirtschafteten Hauptfläche können, wurden vor der experimentellen Umsetzung je Fläche vergleichen zu Dauerbeobachtungsquadrate (1 m²) in den Parzellen und der Hauptfläche angelegt. Es wurde der Ausgangszustand in 2019, die Etablierung 2020 und das erste Folgejahr 2021 jeweils im Mai und September bonitiert. Dabei wurden alle Arten auf dem Dauerquadrat identifiziert und die jeweiligen Ertragsanteile visuell geschätzt. Für die vorliegende Studie wurden die Daten der Mai und Septemberaufnahme aus 2020 und 2021 jeweils zusammengefasst und mittels-mixed-effects models (nlme inR, Pinheiro 2021) analysiert. Die Artenanzahl je m², die Anzahl von High-Nature-Value Indikatorarten und die Anzahl der aus dem Saatqut stammenden Arten wurden dafür modeliert von Aufwertungsvariante (Saatgut, Mahdgut, Altnarbe, Bewirtschaftungsvariante und Jahr (2019, 2020, 2021). Der Betrieb wurde als randomterm eingebunden.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden bei der Nullaufnahme der 288 Dauerquadrate im Juli 2019 40 Pflanzenarten identifiziert, bei der Vegetationsaufnahme derselben Dauerquadrate im September 2020 waren es 109 Pflanzenarten, im September 2021 waren es 121 Pflanzenarten.

Im Vergleich zum Ausgangszustand hatte sich die Artenanzahl der Aufwertungsvarianten bereits in 2020 auf allen Betrieben hochsignifikant erhöht (p < 0.001) und diese Entwicklung stabilisiert sich in 2021 (Abb. 1). Die Wirksamkeit der botanischen Aufwertung zeigt sich im direkten Vergleich der Aufwertungsvarianten zu den extensivierten, aber nicht mit Saatgut aufgewerteten Altnarben, sowie der herkömmlich intensiv bewirtschafteten Hauptfläche. Während die extensivierten Parzellen zwar tendenziell an Arten gewinnen, weisen sowohl Ansaat als auch Mahdgutübertragung hochsignifikant mehr Arten auf als die extensivierte Altnarbe und die Hauptfläche (p < 0.001). Diese Arten rekrutieren sich jedoch nicht vorrangig aus ruderalen Samen der Diasporenbank. Es sind vorrangig Arten aus dem Regiosaatgut und Indikatorarten ayrtenreichen Grünlands (HNV-Arten), die die Artenzahl der ausmachen Auch aufgewerteten Bereiche (Abb. 1). hier unterscheiden Aufwertungsvarianten (A und M) hochsignifikant (beide p < 0.001) von der extensivierten Altnarbe (K) und der zentralen Hauptfläche (Z). Damit zeigt sich deutlich: Aufwertungsvarianten führen im Vergleich zur reinen Extensivierung bedeutend schneller zu einem artenreicheren Grünlandbestand. Die Aufwertungsvarianten, Mahdgutübertragung und Ansaat, unterscheiden sich untereinander nicht signifikant in Hinblick auf die beobachtete Artenanzahl, HNV Artenzahl und Anzahl der Arten aus dem Saatgut hingegen. Gleichwohl sind leichte Unterschiede zwischen den einzelnen Betrieben zu beobachten. Diese mögen dem Standort und der betriebsindividuellen Umsetzung geschuldet sein und spiegeln letztlich auch die Variabilität in der Praxis und den gegebenen Vorraussetzungen. Insbesondere in der Verfügbarkeit und Qualität artenreichen Mahdgutes liegt der Erfolg der Mahdgutübertragung begründet. Eine Mahdgutübertragung zielt nicht allein auf die botanische Aufwertung. Vielmehr werden auch Insekten und deren Larven oder auch Flechten und Moose übertragen, die die Diversität eines extensiv bewirtschafteten Habitates charakterisieren. Die in der Studie durchgeführte Übersaat des aufgetragenen Mahdgutes konnte das Mahdgut botanisch aufwerten. Damit ist auch in Regionen mit knapper Verfügbarkeit botanisch geeigneten Mahdgutes eine Methode zur biologischen Aufwertung mit anderen Taxa gegeben. Entscheidend für die Aufwertung ist die Zusammensetzung des Grasbestandes der Spenderfläche. So haben hohe Anteile von Holcus lanatus im Mahdqut von Betrieb 6 zu hohen Anteilen im Bestand der Experimente geführt und spätestens in 2021 den Anteil erwünschter Arten reduziert. Die Methode der Mahdgutübertragung hat sich insbesondere während langer Trockenperioden im Anlagejahr bewährt, da das Mahdgut Restfeuchte zurückhielt und somit Keimung des Saatgutes ermöglicht.

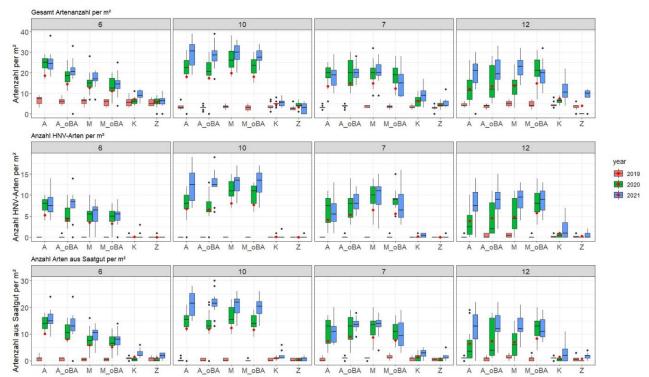


Abb. 1: Artenanzahl, Anzahl der HNV-Arten und Anzahl der vorkommenden Arten aus dem Saatgut. Dargestellt sind Median, oberstes und unterstes Quantil der Rohdaten der Aufnahmen aus 2019 (rot), 2020 (grün) und 2021 (blau), kategorisiert nach den geprüften Aufwertungsmaßnahmen (A = Ansaat, A_oB = Ansaat auf Oberbodenabtrag, M = Mahdgutübertragung, M_oB = Mahdgutübertragung auf Oberbodenabtrag, K = Keine Aufwertung, Z = Zentrale Hauptfläche) auf allen vier Flächen der Experimentalbetriebe (6, 10, 7, 12). Die Betriebe 6 und 10 repräsentieren den Marschstandort, die Betriebe 7 und 12 den Moorstandort.

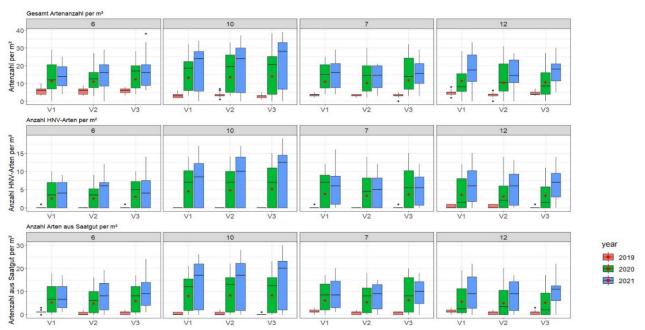


Abb. 2: Artenanzahl, Anzahl der HNV-Arten und Anzahl der vorkommenden Arten aus dem Saatgut. Dargestellt sind Median, oberstes und unterstes Quantil der Rohdaten der Aufnahmen aus 2019 (rot), 2020 (grün) und 2021 (blau), kategorisiert nach den geprüften Bewirtschaftungsvarianten (V1 = Zweiter und Vierter Schnitt, V2= Zweiter Schnitt, V3= Betriebsvariante auf allen vier Flächen der Experimentalbetriebe (6, 10, 7, 12). Die Betriebe 6 und 10 repräsentieren den Marschstandort, die Betriebe 7 und 12 den Moorstandort.

Die Entfernung des Oberbodens hatte keinen Einfluss auf den lokalen Artenreichtum der entwickelten Bestände der Dauerquadrate. Dies gilt ebenso für die Anzahl der HNV-Arten sowie der Anzahl der aus dem Saatgut aufgelaufenen Arten. Allerdings verändert der Oberbodenabtrag die Standortbedingungen kleinräumig und ermöglicht somit anderen Arten die Etablierung, erhöht die beta-Diversität und infolge auch die gamma-Diversität der gesamten Fläche signifikant (p = 0.01). Für die Akzeptanz der Maßnahmen im landwirtschaftlichen Kontext ist die Bewirtschaftung artenreicher Bestände entscheidend. In Hinblick auf die Artenvielfalt, die HNV-Artenvielfalt und die Anzahl der aus dem Saatgut aufgelaufenen Arten ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten der Bewirtschaftungsintensität zu verzeichnen (Abb. 2). Das durch die Aufwertung eingebrachte Arteninventar, orientiert sich an den artenreichen Flachlandmähwiesen, die traditionell zweimal im Jahr gemäht werden. Doch auch in den Parzellen der Betriebsvariante V3, die ohne Düngung aber mit gleicher Schnittfrequenz wie die Hauptflächen bewirtschaftet wurden, haben sich die Arten in den aufgewerteten Beständen gut etabliert. Gleichwohl erlauben die Daten nur einen Blick auf die ersten beiden Jahre nach Aufwertung und keine Aussage über deren Ausdauer. Inwiefern die großflächige Umsetzung solch aufwändiger Maßnahmen wie Mahdgutübertragung und Oberbodenabtrag mit der landwirtschaftlichen Praxis vereinbar ist, ist sicherlich eine

Oberbodenabtrag mit der landwirtschaftlichen Praxis vereinbar ist, ist sicherlich eine betriebsindividuelle Entscheidung und abhängig von finanzieller Förderung. Angesichts des hohen Flächenkonkurrenzdrucks in der intensiven Grünlandwirtschaft präferieren Landwirte kleinräumige Maßnahmen auf weniger intensiv nutzbaren Flächen wie beispielsweise Grabenrändern, Ecken, Senken (Schmitz et al. 2019). Artenreiche Ansaaten und Übertragung von Mahdgut können auch im intensiv genutzen Grünland Norddeuschlands erfolgreich zur Förderung der Vielfalt auf Betriebsebene und zur Landschaftsstruktur beitragen.

Schlussfolgerungen

Die Steigerung der botanischen Artenvielfalt im Grünland ist durch Maßnahmen wie Ansaaten oder Mahdgutübertrag erfolgreich möglich. Die Maßnahmen lassen sich in den Kontext intensiver Grünlandwirtschaft einbinden und von Landwirt*innen umsetzen. Es empfiehlt sich eine extensivere Bewirtschaftung der Bestände artenreicher Flachlandmähwiesen in Form einer zweimaligen Schnittnutzung, jedoch kann auch eine Nutzung von bis zu vier Schnitten von den Beständen toleriert werden. Der Abtrag des Oberbodens ist keine zwingende Voraussetzung zur Etablierung der artenreichen Flachlandmähwiesen. In anschließenden Studien wird die Betrachtung der agronomischen Aspekte des Ertrages und der Futterqualität von wesentlichem Interesse sein.

Literatur

- Bakker, J., Berendse, F. (1999): Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends in Ecology & Evolution*, 14 (2), 63–68.
- Heinz, S., Rupp, F. (2018): Transfer Artenanreicherung im Wirtschaftsgrünland Ein Leitfaden für die Praxis. LfL-Information: 34 S.
- Hötker, H., Leuschner, C. (2014): Naturschutz in der Agrarlandschaft am Scheideweg: Misserfolge, Erfolge, neue Wege. Michael Otto Stiftung für Umweltschutz, Hamburg
- Kiehl, K., Kirmer, A., Shaw, N., (2014): Guidelines for Native Seed Production and Grassland Restoration. Cambridge Scholars Publishing
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., R Core Team (2021): nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models [Internet]. Available from: https://CRAN.R-project.org/package=nlme
- Schmitz, A., Morgenstern, L., Wiegmann, H. C., Isselstein, J. (2019): Einstellungen von Landwirt*innen zu biodiversitätsfördernden Maßnahmen im Kontext intensiver Grünlandwirtschaft. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 20: 145-148.
- Schmitz, A., Lott., S., Leuschner, C. & J. Isselstein (2020): Prospect of field margins to reintroduce plant species richness in intensive grassland production. *Grassland Science in Europe* Vol. 25: 556-558.

Danksagung

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt herzlich für die Förderung des ADAM Projektes (AZ 33875).

Eine Methode zur Typisierung des Grünlandes

PD Dr. habil. Hans Hochberg¹, Dipl. Biol. Kerstin Reißmann², Dipl.-agr. Ing. Elisabet Hochberg¹

Einleitung und Problemstellung

standortabhängige und bewirtschaftungsbedingte Dauergrünland-Vielfalt der Pflanzengemeinschaften macht es erforderlich, eine zweckmäßige pflanzensoziologische Differenzierung des Grünlandes vorzunehmen. Die tradierte Herangehensweise pflanzensozilogischen Differenzierung von Pflanzengemeinschaften in Pflanzengesellschaften/ Assoziationen ist sehr anspruchsvoll, aufwendig, nur von Fachleuten leistbar und mit ihrer ausgeprägten Bestandsdifferenzierung in der landwirtschaftlichen Praxis nicht umsetzbar. Zudem kann die heutige bewirtschaftungsbedingte Situation nur unzureichend abgebildet werden. Die unterschiedlichen Bewirtschaftsintensitäten der letzten Jahrzehnte, vom produktiven Grünland über das Extensiv- bis zum Biotopgrünland, haben zu Pflanzengemeinschaften geführt, die oft nicht pflanzensoziologisch einer Assoziation zugeordnet werden können. Neben Pflanzengesellschaften existieren Übergangsbestände mit Entwicklungspotential zu einer Assoziation bzw. mit flächenhafter Überprägung durch konkurrenzfähige Gräser. Deshalb wird die Bezeichnug Grünlandtyp als Sammelbegriff vorgeschlagen.

Für eine schnelle Vor-Ort-Bestimmung des Grünlandtyps fehlt eine Methode, die keine tiefgründigen pflanzensoziologischen Kenntnisse voraussetzt, d.h., ein leicht handhabbarer Schlüssel, um mit hinreichender Genauigkeit zum Grünlandtyp zu kommen. Der Grünlandtyp kann für zielführende Bewirtschaftungsempfehlungen als auch für die angewandte Grünlandforschung, für die Landschaftspfleger und für den Grünlandwirt herangezogen werden. Dadurch ist eine geeignete Bewertung möglich und kann eine Bewirtschaftung im Sinne der Erhaltung der Multifunktionalität und Biodiversität des Grünlandes erfolgen.

Material und Methoden

Für die Bestimmung des Grünlandtyps erfolgt zunächst eine Vegetationsaufnahme als Artmächtigkeitsschätzung (Tab. 1) nach Braun-Blanquet (1964) anhand einer vorgegebenen Artenliste.

Tab. 1: Artmächtigkeitsschätzung nach Braun-Blanquet (1964); modifiziert von Hochberg und Reißmann (2016)

Note	Bestandsanteil	Menge und Deckung
1	Einzelexemplare	sehr spärlich, sehr wenige und nur vereinzelte Exemplare/ Individuen
2	< 10%	regelmäßig über die Fläche verteilte Exemplare, auch nesterweise
3a	10 - 25%	häufig, regelmäßig auf der Fläche verteilt
3b	25 - 40%	sehr häufig, regelmäßig auf der Fläche verteilt, bestandsprägend
4	40 - 70%	zahlreich, bestandsprägend bis dominierend
5	mind. 70%	Dominanzbestand, nur noch wenige Begleitarten

Die Bezugsfläche für die Begehung ist das Feldstück. Bei Auftreten kleinflächige Abweichungen mit einer anderen Pflanzengemeinschaft erfolgt eine separate Erfassung des Artenvorkommens. Für die Bestimmung des Grünlandtyps ist eine auf charakteristische Artenvorkommen und - kombinationen beruhende Matrix, d.h., ein Schnellanspracheschlüssel, entwickelt worden. Sie enthält kennzeichnende Arten (mit Artmächtigkeitsspanne), die regelmäßig in den Pflanzengemeinschaften auftreten und mit weiteren, nicht aufgeführten Arten vergesellschaftet sein können. Dabei sind neben klassischen pflanzensoziologischen Einheiten auch Übergangsbestände mit Entwicklungspotential bzw. mit Überprägung durch *Holcus* spec. einbezogen worden. In Hochberg, Reißmann (2019) werden alle Grünlandtypen charakterisiert und es sind

In Hochberg, Hochberg, Reißmann (2019) werden alle Grünlandtypen charakterisiert und es sind deren obligatorische Arten sowie mit denen vergesellschftete Begleitarten aufgeführt. Mit diesen

¹ Deutscher Grünlandverband e.V., AG Thüringen, Langestr. 4, OT Wechmar, 99869 Drei Gleichen, hans.hochberg@t-online.de

² SALIX-Büro für Ökologie und Landschaftsplanung, Döblitzer Weg 1a, OT Mücheln, 06193 Wettin-Löbejün, salix.reissmann@googlemail.com

Arten kann unter Berücksichtigung der vorgegebenen Artmächtigkeitsspanne der jeweilige Grünlandtvp ermittelt werden.

Die Datengrundlage für die jeweilige Matrix (Bestimmungsschlüssel für Fläche/Teilfläche) bildet eine repräsentative Flächenstichprobe von 1.124 ganzflächigen (nicht auf gezielt ausgewählten Teilstücken von 5 x 5 m) sowie den auf Teilflächen innerhalb des Feldstückes vorgenommenen Vegetationsaufnahmen im Thüringer Wald (BLE-Projekt Optigreen, 2814BM062; Petersen-Schlapkohl et al., 2019) sowie langjährige Erfahrungen der Autoren in Vegetationsaufnahmen und -dynamik.

Für die praktische Anwendung kann der Grünlandtyp bestimmt werden, der auf dem gesamten Feldstück vorherrscht wie auch diejenigen Typen, die von diesem auf klein- bis kleinstflächigen Teilen des Feldstückes deutlich abweichen. Die Grünlandtypen werden in Anlehnung an die pflanzensoziologischen Einheiten nach Schubert (2001) und Heinrich et al. (2010) bezeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Grünlandtypen, die auf dem Feldstück vorherrschen:

Im Ergebnis der Auswertung aller Vegetationsaufnahmen sind insgesamt 53 Grünlandtypen ermittelt worden, die auf einem Feldstück vorherrschen. Davon sind 22 pflanzensoziologisch einer Assoziation zuordenbar. Weitere 18 Grünlandtypen repräsentieren jeweils einen Übergangsbestand mit Überprägung durch Holcus lanatus und oder Holcus mollis, weil diese Gräser in der Pflanzengemeinschaft bestandsprägend (> 3a) sind. Aus einer "Goldhaferwiese" wird so der Grünlandtyp "Goldhaferwiese überprägt mit Wolligem/Weichem Honiggras". In einem Grünlandgebiet mit langjähriger, überaus starker Extensivierung und sehr niedrigem Tierbesatz, wie dem Naturraum Thüringer Wald, sind die meisten Grünlandgesellschaften davon betroffen. Ausgenommen davon sind lediglich die "Mädesüß-Hochstaudenflur", "Naßwiese mit Pestwurz", der "Borstgrasrasen", "Basiphile Halbtrockenrasen" und die "Weidelgras-Weißkleeweide". Dem gegenüber hat sich aus dem über drei Jahrzehnte extensiv bewirtschaftetem, ehemaligem Ansaatgrünland der Typ "Artenreiches Grünland" entwickelt. Der Artenreichtum dieses Typs resultiert aus einer starken Verzahnung mit anderen Grünlandtypen. Er entspricht eher einem Gesellschaftskomplex. Auf dem Extensivgrünland verfügt das Artenreiche Grünland über 8 verschiedene Entwicklungspotentiale zu einer Assoziation, z.B. "Artenreiches Grünland mit Entwicklungspotential zum Dauco carotae-Arrhenateretum elatioris". Alle 53 Grünlandtypen werden beschrieben sowie deren obligatorische Arten und Begleitarten (in Kombination mit obligatorischen Arten; einzelne können auch fehlen) sind in der Matrix gekennzeichnet (Hochberg, Hochberg, Reißmann 2019). Die einer Assoziation zuordenbaren Grünlandtypen nehmen nur noch einen Flächenanteil von weniger als zwei Drittel ein, während extensivierungsbedingt mehr als ein Viertel der Grünlandtypen mit Honiggräsern überprägt ist. Bemerkenswert ist, dass sich auf 12 % "Artenreiches Grünland mit Entwicklungspotential" befindet (Abb. 1).

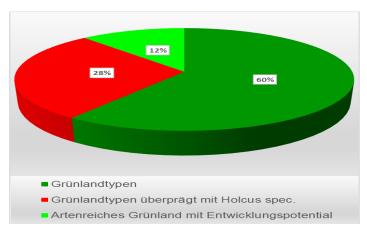


Abb. 1: Flächenanteil verschiedener Grünlandtypen-Gruppen im Naturraum Thüringer Wald

Grünlandtypen auf Teilflächen eines Feldstücks:

Auf Grund der oft kleinräumig wechselnden Standortverhältnisse in den Vor- und Mittelgebirgslagen, von flachgründig über ausgeprägtem Mikrorelief bis zum Quellaustritt und anderen

Versumpfungsarealen befinden sich auf klein- bis kleinstflächigen Teilen des Feldstücks vom vorherrschenden Grünlandtyp deutlich abweichende Pflanzengemeinschaften (Abb. 2).



Abb. 2: Kleinstflächig abweichende Pflanzengemeinschaften inmitten einer Bergwiese

Die klein- bis kleinsträumige Heterogenität der Mineralböden in den Vor- und Mittelgebirgslagen hat eine entsprechende Bestandsdifferenzierung auf dem Grünland zur Folge. Unter den Bedingungen einer langjährigen, extremen, undifferenzierten Extensivierung tritt dieser Standorteinfluss wieder wesentlich stärker hervor. Deshalb bedarf es einer über die klassische pflanzensoziologische Zuordnung hinausgehende vegetationskundliche Differenzierung.

Aus den Vegetationsaufnahmen im Naturraum Thüringer Wald sind 17 Grünlandtypen für Teilflächen auf dem jeweiligen Feldstück abgeleitet worden (Tab. 2).

Tab. 2: Grünlandtypen auf Teilflächen innerhalb der Feldstücke

Grünlandtyp

1. Nassstellen und Ufervegetation

Großseggenried (Magnocaricion)

Großseggenried (Magnocaricion) mit Pestwurz überprägt

Mädesüß-Hochstaudenflur (Filipendulion ulmariae)

Röhricht

Pestwurzflur

Binsensumpf/ Kleinseggenried

Waldsimsensumpf

Feucht- und Nasswiese (Calthion)

unspezifische Nasswiese

2. Terrassenkanten

Terrassenkanten-Vegetation mit Arten der Halbtrockenrasen

Terrassenkanten-Vegetation mit Gebüschen, Bäumen/ Jungwuchs (Verbuschung)

3. Artenreiche Ränder und Trockeninseln

mit Arten der Heiden

mit Arten der Halbtrockenrasen

mit Arten der Glatthaferwiesen

mit Arten der Rotschwingel-Straußgrasgesellschaft

mit Arten der Bärwurz-Rotschwingelwiese/ Borstgrasrasen

4. Dominanzbestand

mit Wolligem Honiggras (Holcus lanatus)/ Weichem Honiggras (Holcus mollis)

Diese kleinflächigen Bestandstypen tragen mit zur Vielfalt des Dauergrünlandes sowie zu dessen floristischer wie faunistischer Attraktivität bei. Die Bestimmung der Grünlandtypen aus Vegetationsaufnahmen von Teilflächen innerhalb der Feldstücke kann anhand einer Matrix kennzeichnender Arten, die regelmäßig in den Pflanzengemeinschaften auftreten und mit weiteren, nicht aufgeführten Arten vergesellschaftet sein können, erfolgen (Hochberg, Hochberg, Reißmann 2019). Die für den jeweiligen Typ aufgeführten Arten können sowohl alle als auch nur teilweise auftreten. Für die Erarbeitung des Schnellanspracheschlüssels für Grünlandtypen der Vor- und Mittelgebirgslagen sind, ergänzend zur eigenen Datenbank, folgende Literaturquellen für die Verifizierung einbezogen worden: Anonym (1999), Briemle, Eickhoff & Wolf (1991), Dierschke & Briemle (2002), Heinrich et al. (2010), Hundt (1964), Jäger (2017), Sturm et al. (2018), Waesch (2003).

Schlussfolgerungen

Das Dauergrünland ist nicht mehr nur den klassischen pflanzensoziologischen Einheiten zuzuordnen. Das ungewöhnlich starke, extensivierungsbedingte Auftreten von landwirtschaftlich weniger wertvollen Gräsern, die keine Zeigerpflanzen von pflanzensoziologischen Einheiten sind, wurde als Überprägung charakterisiert. Diese Situation musste Berücksichtigung bei der Identifizierung der Grünlandtypen finden. Die erarbeitete vegetationskundliche Differenzierung des Dauergrünlandes setzt sich deshalb aus pflanzensoziologischen Kategorien und charakteristischen, in der Literatur noch nicht beschriebenen Übergangsbeständen zusammen. Deshalb mussten häufig Übergangsbestände mit einem Entwicklungspotential bzw. mit Überprägung durch Extensivierungszeiger (Holcus spec.) definiert werden.

Mit dem Schnellbestimmungsschlüssel wird eine einfache Vegetationsdifferenzierung des Pflanzenbestandes auf Wiesen und Weiden zunächst für das Mineralbodengrünland der Vor- und Mittelgebirgsstandorte vorgestellt. Diese Differenzierung ist notwendig, da Bewirtschaftungsempfehlungen, die nicht auf praxisrelevante Grünlandtypen ausgerichtet sind, nur ein oberflächiges Herangehen darstellen. Sie soll Beratern, Landwirten und Landschaftspflegern als effiziente Methode für eine Bestandsansprache dienen. Des Weiteren würden zu viele Fachinformationen für Landwirte nicht vermittelt werden. Die ermittelten Grünlandtypen bieten eine Grundlage für bestandsangepasste Bewirtschaftungsempfehlungen für die Grünlandwirtschaft wie auch für die Landschaftspflege auf Vor- und Mittelgebirgsstandorten.

Die vorgenommene Differenzierung des Grünlandes in Grünlandtypen auf Flächen und Teilflächen leistet einen Beitrag zur realen Abbildung der biologischen Vielfalt auf dem Mineralbodengrünland der Vor- und Mittelgebirgslagen.

Literatur

Anonym (1999): Evaluierung des KULAP Thüringen. Druck- und Verlagshaus Frisch, Eisenach.

Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie. 3., neubearb. u. wesentl. verm. Aufl. Springer, Wien.

Briemle G., Eickhoff D., Wolf R. (1991): Mindestpflege und Mindestnutzung unterschiedlicher Grünlandtypen aus landschaftsökologischer und landeskultureller Sicht. *Beih. Veröff. Naturschutz und Landschaftspflege Bad.-Württ.*, Karlsruhe.

Dierschke, H., Briemle G. (2002): Kulturgrasland. Ulmer-Verlag Stuttgart.

Heinrich W., Baumbach H., Bushart M., Klotz S., Korsch H., Marstaller R., Pfützenreuther S., Scholz P., Westhus W. (2010): Standardliste der Pflanzengesellschaften in Thüringen - aktualisierte Fassung 2010. im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie.

Hochberg, H., Hochberg, E., Reißmann, K. (2019): Schnellanspracheschlüssel für Grünlandtypen in Vor- und Mittelgebirgslagen. *Schriftenreihe Deutscher Grünlandverband*, Heft 1/ 2019.

Hochberg, H., Reißmann, K. In: Klimek et al. (2016): 1. Zwischenbericht BLE-Projekt Optigreen. (unveröffentlicht)

Hundt R. (1964): Die Bergwiesen des Harzes, Thüringer Waldes und Erzgebirges. *Pflanzensoziologie*, 14.

Jäger E. J. (2017): Exkursionsflora von Deutschland - Gefäßpflanzen. *Springer*, 21. Auflage. Berlin-Heidelberg.

Petersen-Schlapkohl, U., Hochberg, H., Bornkessel, S., Degner, J., Hochberg, E., Müller, J., Tietz, E., Meusel, F., Kliemek, S. (2019): Erhaltung des Grünlandes im Naturpark Thüringer Wald durch optimierte, gesamtbetriebliche Nutzungskonzepte. *Abschlussbericht BLE-Projekt Optigreen 2814BM062*.

Sturm P., Zehm A., Baumbach H., v. Brakel W. Verbücheln G., Stock M., Zimmermann F. (2018): Grünlandtypen. *Quelle und Meyer Verlag GmbH und Co. Wiebelsheim.*

Schubert, R. (2001): Prodomus der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts. *Mitt. zur floristischen Kartierung Sachsen-Anhalt*, Sonderheft 2.

Waesch, G. (2003): Montane Graslandvegetation des Thüringer Waldes: Aktueller Zustand, historische Analyse und Entwicklungsmöglichkeiten. *Dissertation*, Universität Göttingen.

DigiMilch – Sensorgestützte Ertragsermittlung im Grünland und Feldfutterbau im praktischen Einsatz

F. Worek, S. Thurner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT), Prof. Dürrwaechter Platz 2, 85586 Poing, Franz.Worek@LfL.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Die betriebsindividuellen Erträge im Grünland und Feldfutterbau sind zumeist unbekannt. In einigen Fällen werden lediglich die Frischmassen über Wiegesysteme erfasst. Die Zielgröße entspricht jedoch dem Jahrestrockenmasseertrag in Tonnen Trockenmasse (TM) je Hektar (ha). Gerade die mehrmalige Ernte im Grünland erschwert die Umsetzung einer ganzjährigen Erfassung der Erträge. Mit der Ertrags- und Feuchteermittlung am selbstfahrenden Feldhäcksler (SFH) können die Erträge bis auf Teilflächenebene ohne großen Aufwand und unabhängig von der Betriebsgröße genau erfasst werden. Mit dem Wissen um die betriebsindividuellen Erträge können das Grünland- und Erntemanagement ökonomisch und ökologisch effizienter durchgeführt und das schlag- bzw. teilschlagspezifische Ertragspotential im Grünland sichtbar gemacht werden.

Ziel der Untersuchung war es, die Genauigkeit der Ertrags- und Feuchteermittlung sowie der Inhaltsstoffbestimmung am SFH durch den Vergleich mit Referenzwiegungen und Beprobungen des Erntematerials unter Praxisbedingungen zu bestimmen und den Datentransfer von der Maschine in ein Farm Management Informationssystem (FMIS) zu testen.

Material und Methoden

Im Vordergrund stand nicht der Vergleich verschiedener Hersteller, sondern die auf dem Markt verfügbaren Systeme zu testen. Daher wurden die drei Hersteller Claas, CNH und JohnDeere nach dem Zufallsprinzip den Buchstaben A-C zugeordnet. Die Hersteller Krone und Fendt sind ebenfalls Teil des Projekts, aber aufgrund des bisher von uns realisierten, geringen Probenumfangs nicht Teil der hier dargestellten Ergebnisse. Alle Hersteller verwenden zur Ertragserfassung eine Volumenstrommessung an den Vorpresswalzen des SFH. Die TM-Gehalte und Inhaltsstoffe werden über einen Nahinfrarotspektrometer (NIRS) am Auswürfkrümmer geschätzt. Die Genauigkeit der Ertrags- und Feuchteermittlung am SFH der teilnehmenden Hersteller wurde auf 6 familiengeführten Milchviehbetrieben in Bayern und 2 Betrieben der Bayerischen Staatsgüter (BaysSG) durch Referenzmessungen während der gesamten Erntesaison sowie der Silomaisernte geprüft.

Hierzu wurden zu ausgewählten Schnittzeitpunkten jeweils 20 Fuhren über mobile dynamische Achslastwaagen (Intercomp LS630, Genauigkeit 2-3 % bei 6 km h⁻¹, Intercomp Company, Medina, USA) oder Fuhrwerkswaagen (BaySG, Genauigkeit ± 10 kg) verwogen. Zu Beginn jeder Untersuchung wurde die Volumenstrommessung am SFH über eine Gegenwiegung mit dem Nettogewicht kalibriert. Dieser Prozess wurde in Abhängigkeit der Kulturart, des Reifegrads und des Schlages in regelmäßigen Abständen und bei Bedarf wiederholt. Am SFH wurden die Frischmasse (FM) und Durchschnittswerte des TM-Gehalts und der Inhaltsstoffe jeder Fuhre dokumentiert.

Tab. 1: Probenverteilung in Abhängigkeit des Herstellers, der Kultur sowie des Erntejahres

	Hersteller A	Hersteller B	Hersteller C
Gras, angewelkt	265	156	109
2020	128	11	66
2021	117	86	23
2022	20	59	20
Silomais	116	110	56
2020	60	49	26
2021	56	61	30

Nach dem Abladen am Silo wurden repräsentative Proben zur Bestimmung des TM-Gehalts bzw. der Inhaltsstoffe gezogen. Der Probenumfang waren 50 Einzelproben für jede Wagenladung, resultierend in einem Konfidenzlevel von 95 % und einem Konfidenzintervall von ± 5 % gemäß Thurner et al. (2011). Die Einzelproben wurden anschließend zu einer Sammelprobe homogenisiert und zwei Teilproben in Crispac-Beutel verpackt und unmittelbar verwogen. Nach Trocknung der

Proben bis zur Gewichtskonstanz bei 105 °C in Trockenschränken konnte der TM-Gehalt jeder Fuhre bestimmt werden. Bei ausgewählten Ladungen wurde zur Bestimmung der Inhaltsstoffe als Referenz zum SFH eine Teilprobe in Gefrierbeutel verpackt und im Labor nasschemisch nach Weender untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Überprüfung der Genauigkeit der Erfassung von Frischmasse am SFH zeigte für alle drei Hersteller gute Ergebnisse (Abb. 1). Bei Betrachtung der Regressionsgeraden ist der streng lineare Verlauf entlang der Winkelhalbierenden erkennbar. Im Vergleich zu Silomais wurden in angewelktem Gras geringfügig höhere Abweichung zwischen dem SFH und den Referenzwerten aus den Wiegungen beobachtet. Die Bestimmtheitsmaße zwischen den Herstellern unterschieden sich mit 0,82 (Hersteller C) bis 0,95 (Hersteller B) deutlich. Die Standortfaktoren sowie die teils sehr trockenen Bedingungen mit geringen Erträgen im Jahr 2020 spielen dabei eine große Rolle (Worek & Thurner 2021). Die Systeme kamen aufgrund der geringen Schwadgrößen und folglich reduzierten Auslenkung der Vorpresswalzen an ihre Grenzen (Hersteller C). Bei Silomais traten nur geringe Abweichungen zwischen den verwogenen und über die Volumenstrommessung am SFH erfassten FM-Erträgen sowie den einzelnen Herstellern auf. Dies lässt sich auf den konstanten und homogenen Gutstrom zurückführen (Thurner et al. 2011, Long et al. 2016).

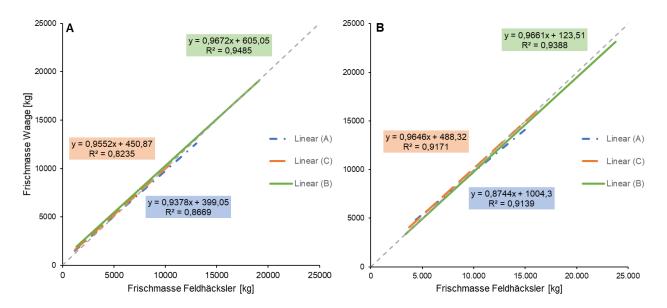


Abb. 1: Vergleich zwischen am SFH erfassten und über die Waage ermittelten Frischmasseerträgen für angewelktes Gras (**A**) und Silomais (**B**) in Abhängigkeit des Herstellers auf der Basis von Wagenladungen (n siehe Tab.1).

Der Vergleich zwischen den über NIRS am SFH geschätzten und über die Trockenschrankmethode ermittelten TM-Gehalten zeigte deutliche Unterschiede zwischen den untersuchten Kulturen und den teilnehmenden Herstellern (Abb. 2). Der Median der absoluten Abweichungen lag bei Gras zwischen -0,05 % (Hersteller A) und 0,32 % (Hersteller B). Im Mittel wurden Abweichungen von unter 3 % absolut über alle Hersteller erreicht. Die höchsten Abweichungen von Hersteller C in Gras lassen sich auf die bereits genannten extremen Erntebedingungen im Jahr 2020 zurückführen. Neben der Problematik des geringen Durchflusses führte die vorherrschende Trockenheit zusätzlich zu teilweise sehr hohen TM-Gehalten von über 60 %. Hier wurden die Grenzen des Systems in Bezug auf die hinterlegten Kalibrierkurven beobachtet, was zu größeren Abweichungen im Vergleich zu den Referenzwerten führte. In Silomais zeigten Hersteller A und B sehr gute Ergebnisse von im Mittel 1,3 % absoluter Abweichung. Das NIRS von Hersteller C unterschätzte einen Großteil der untersuchten Proben und lag im Mittel bei einer Abweichung von 2,24 %.

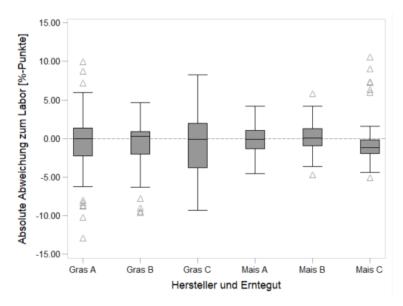


Abb. 2: Boxplot über die absolute Abweichung zwischen dem TM-Gehalt erfasst über das NIRS am SFH und über die Trockenschrankmethode von angewelktem Gras und Silomais in Abhängigkeit des Herstellers auf der Basis von Wagenladungen (n siehe Tab. 1).

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Untersuchung der Inhaltsstoffbestimmung am SFH exemplarisch für einen Hersteller (Hersteller B) dargestellt (Abb. 3). Die Betrachtung der absoluten Abweichung zeigt zum Teil hohe Abweichungen mit einer starken Abhängigkeit vom untersuchten Parameter. Die Faserfraktionen ADF und NDF sowie die Rohfaser konnten in Gras am genauesten geschätzt werden. In Mais lag die Schwierigkeit vor allem bei der richtigen Bestimmung der Stärke (XS). Generell lagen die Abweichungen, bei Einbeziehung der jeweiligen Schwankungsbreite der Parameter, deutlich über denen der TM-Gehalte. Dies ist zum einen auf die geringere Probenanzahl in den herstellerspezifischen Kalibrierungen zurückzuführen. Zum anderen ist die Schätzung der Inhaltsstoffe mit NIRS in Kombination mit Berechnungsmodellen komplexer als bei dem TM-Gehalt.

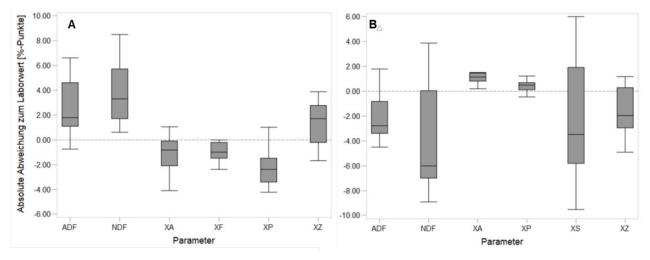


Abb. 3: Boxplot über die absolute Abweichung zwischen am SFH über NIRS geschätzten und über die nasschemische Laboruntersuchung ermittelten Inhaltsstoffen der Frischmasse von angewelktem Gras (**A**) und Silomais (**B**) bei Hersteller B auf der Basis von Wagenladungen (n = 37).

Die Erträge im Grünland und Feldfutterbau können mit dem SFH in Kombination mit einem Global Positioning System bis auf Teilflächenebene erfasst werden. Anschließend ist jedoch der Transfer der Daten zum Landwirt notwendig. Hierbei gibt es verschiedene Möglichkeiten. Am häufigsten werden aktuell die Informationen der einzelnen Schläge über das portable Dokumentenformat (PDF) übermittelt. Eine Weiterverarbeitung bzw. Nutzung für die Teilflächenbewirtschaftung ist hiermit nicht möglich. In Abhängigkeit des Herstellers können die vom SFH aufgezeichneten Daten jedoch auch digital über sogenannte Austauschplattformen oder herstellereigene Softwarelösungen übertragen

werden. Über das sogenannte ISO-XML-Format werden die Auftragsdaten in das Farm Management Informationssystem (FMIS) des Kunden geladen und können dort weiterverarbeitet werden. Trotz der ISO-Norm sind die vom SFH erfassten Inhaltsstoffe innerhalb der ISO-XML herstellerspezifisch hinterlegt, was den Import in die FMIS limitiert. Herstellereigene Anwendungen bieten den Vorteil der einfachen Konnektivität innerhalb eines Herstellers, die Interoperabilität mit vor- oder nachgelagerten Systemen unterschiedlicher Hersteller wird somit jedoch deutlich erschwert. Generell ist die Vor- und Nachbereitung sowie das zeitnahe Einholen der Daten von großer Bedeutung, um eine lückenlose Dokumentation zu ermöglichen und die Zielgröße Jahrestrockenmasseertrag zu ermitteln.

Schlussfolgerungen

Im Rahmen der Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Ertrags- und Feuchteermittlung am SFH im Grünland und Feldfutterbau sehr gut geeignet ist, um die betriebsindividuellen Erträge mit einer hohen Genauigkeit zu erfassen. Die Abweichungen in Bezug auf den TM-Gehalt lagen deutlich unter den beobachteten Werten der DLG (DLG 2010, 2013, 2019a 2019b). Extreme Bedingungen, wie im Jahr 2020, können die Systeme aber auch an Ihre Grenzen bringen. Geringe Schwadgrößen und sehr trockene Bedingungen sind möglichst zu vermeiden. Zusätzlich ist eine fortlaufende Erweiterung der herstellerspezifischen Kalibrierkurven notwendig, um Jahres-, Kulturund Standorteffekte zu minimieren. Vor allem die Ergebnisse aus den Untersuchungen im Grünland zeigen, dass das bisher unbekannte und somit ungenutzte Potential im Grünland mit dieser Technik und betriebsindividuelle Anpassungen ermöglicht werden aufgezeigt Inhaltsstoffbestimmung in der Frischmasse hingegen zeigte deutlich höhere Abweichungen in Abhängigkeit vom untersuchten Parameter. Diese Daten können einen ersten Aufschluss über die Erntequalität und das Erntemanagement geben, für Planungen hinsichtlich der Fütterungsstrategie sind die Abweichungen jedoch aktuell zu hoch. Zudem ist der Silierprozess bei diesen Daten nicht berücksichtigt. Der Transfer der Ertragsdaten von der Maschine zum Betrieb stellt aktuell die größte Herausforderung dar. Zum einen aufgrund der unterschiedlichen Übertragungswege, vor allem jedoch aufgrund der Tatsache, dass die Situation der mehrmaligen Ernte in einem Jahr und die Notwendigkeit der Aufsummierung der Erträge der einzelnen Schnitte zum Jahresertrag in FMIS nicht berücksichtigt ist. Eine weitere Herausforderung stellt der Einsatz von unterschiedlichen Ernteverfahren während einer Vegetationsperiode dar. So müssen über Ballenpressen oder Ladewagen geerntete Erträge aufwendig erfasst und anschließend im FMIS zusammengeführt werden. Solange die korrekte Verarbeitung nicht verfügbar ist, ist ein verbreiteterer Einsatz und die zielgerichtete Nutzung der Ertragsdaten nur bedingt möglich.

Literatur

DLG. (2010). HarvestLab – Feuchtemessung in Mais im mobilen Einsatz auf John Deere Feldhäcksler 7550i. DLG-Prüfbericht 5913 F.

DLG. (2013). CLAAS JAGUAR 960 – Feuchtemessung in Mais mit einem NIR-Sensor am Auswürfkrümmer des Feldhäckslers. DLG-Prüfbericht 6168 F

DLG. (2019a). New Holland NIR Sensor – Feuchtemessung in Mais. DLG-Prüfbericht 7032

DLG. (2019b). CLAAS NIR Sensor – Feuchtemessung in Gras. DLG Prüfbericht 7020.

Long, E. A., Ketterings, Q. M., Russell, D., Vermeylen, F. & S. DeGloria (2016): Assessment of yield monitoring equipment for dry matter and yield of corn silage and alfalfa/grass. *Precision Agriculture* 17, 546-563

Thurner, S., Fröhner, A., Köhler, B. & M. Demmel (2011): Online measurement of yield and dry matter content of wilted grass with two forage harvesters - comparison with and verification of reference measurements. In: Stafford, J. V. (ed.) Proceedings of the 8th European Conference on Precision Agriculture, Precision Agriculture 2011, Czech Centre for Science and Society: 628-637. ISBN: 978-80-904830-5-7.

Worek, F., Thurner, S. (2021): Yield measurement of wilted forage and silage maize with forage harvesters. 13th European Conference on Precision Agriculture, 13, Precision Agriculture '21, Ed.: Wageningen Academic Publishers: 103-110.

Ursachen von Kleemüdigkeit bei Rotklee und Luzerne

K. Steinfurth¹, J. Bremer², A. Kühnl³, I. Jacob⁴

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

kristin.steinfurth@uni-rostock.de

- ² Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Bodenkunde, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock
- ³ Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Phytomedizin, Satower Straße 48, 18059 Rostock
- ⁴ Öko-BeratungsGesellschaft mbH, Beratung für Naturland, Eichethof 1, 85411 Hohenkammer

Einleitung und Problemstellung

Der Begriff "Kleemüdigkeit" beschreibt das Phänomen, dass Klee- und Luzernebestände bei wiederholtem Anbau an Vitalität und Leistungsfähigkeit verlieren. Somit können sie ihrer Funktion als ökologische Stickstoffsammler, Verbesserer der Bodenfruchtbarkeit und Proteinlieferanten für Nutztiere nicht im erwarteten Maß nachkommen (Kolbe et al. 2006). Als Auslöser wird in der Regel ein zu hoher Anteil von Leguminosen in der Fruchtfolge angenommen. Den vielfältigen Symptomen sind oft keine eindeutig spezifischen Ursachen zuzuordnen. Sie können in Verbindung mit verschiedenen, oft Klee- oder Luzerne-spezifischen, Krankheiten oder Schädlingen, aber auch Nährstoffdefiziten stehen (Pommer 2004, Kolbe et al. 2006). Vermeidungsstrategien umfassen für gewöhnlich eine Anpassung der Fruchtfolge, eine Verlängerung der Anbaupausen sowie die Verwendung resistenter bzw. toleranter Sorten und Arten (Kolbe et al. 2006). Selbst bei ähnlichen Fruchtfolge- und Bewirtschaftungskonstellationen können jedoch einige Flächen betroffen sein, während andere keine Symptome zeigen. Dies legt die Vermutung nahe, dass neben hohen Kleeanteilen in der Fruchtfolge weitere Faktoren das Auftreten der Kleemüdigkeit beeinflussen. Das Projekt TriSick (https://www.researchgate.net/project/TriSick) verfolgt einen holistischen Ansatz zur Abklärung der in Frage kommenden biotischen und abiotischen Ursachen von Kleemüdigkeit bei Rotklee und Luzerne sowie derer Interaktionen. Es wird die Ableitung spezifischer Vorbeuge- und Kontrollmaßnahmen angestrebt.

Material und Methoden

Auf wuchsschwachen kleemüden und nahegelegenen wüchsigen Flächen werden umfangreiche Probenahmen und Messungen durchgeführt. Die Kontrast-Kategorisierung in "kleemüde" und "wüchsig" erfolgt weitestgehend auf Grundlage der augenscheinlichen Biomasseproduktion. Untersuchte Einflussfaktoren umfassen Krankheiten, Schädlinge, Rhizosphärenmikrobiom, Mykorrhizierung, Knöllchenbildung, Wurzelzusammensetzung als Indikator für Wurzelausscheidungen, Nährstoffversorgung und Bodenzustand (Abb. 1).

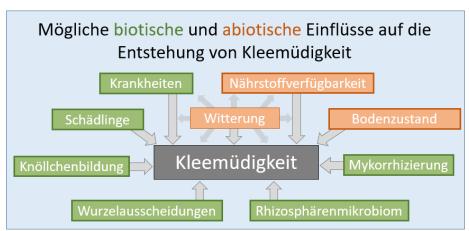


Abb. 1: Untersuchte mögliche biotische und abiotische Einflussfaktoren auf die Entstehung von Kleemüdigkeit. Hintergrundeinflüsse, die auf zusammengehörigen kleemüden und wüchsigen Flächen gleichermaßen vorhanden sind, wurden bis auf die Witterung nicht berücksichtigt.

Diese Faktoren und etwaige Wechselwirkungen zwischen ihnen werden unter Berücksichtigung des pedogenen, klimatischen und agronomischen Kontextes untersucht. Insbesondere die Witterung kann sich modifizierend auf viele der Faktoren auswirken. Der Ansatz der Kontrastierung von kleemüden und wüchsigen Flächen in engem räumlichen (ähnliche Böden, gleiche Witterungsbedingungen) und agronomischen (gleiche Sorten, Bodenbearbeitung, etc.) Kontext dient hierbei der Kontrolle solcher Hintergrundeinflüsse.

Krankheiten und Fraßschäden werden in Form des prozentualen Anteils befallener Pflanzen sowie der Befallsstärke bonitiert. Es werden Pilzkulturen angelegt und anschließend die pilzliche DNA extrahiert. Die ITS-Sequenzen werden amplifiziert, sequenziert und mit Hilfe von BLAST (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cqi) zugeordnet. Zur Beurteilung des Auftretens Schadinsekten werden Barberfallen aufgestellt und nach 48 h geleert. Gefangene Insekten werden gezählt und bestimmt. Zur Untersuchung auf Nematodenbefall werden Bodenproben aus dem Wurzelraum entnommen und Art und Anzahl der vorgefundenen Nematoden bestimmt. Die DNA des Bodenmikrobioms wird anhand von abgebürstetem Bodenanhang der Wurzeln mit dem Qiagen Power Soil DNA Kit extrahiert und zum Vergleich der Mikroorganismenzusammensetzung kleemüder und wüchsiger Flächen verwendet. Für die Bestimmung des Mykorrhizierungsgrades werden Wurzeln mit Chlorazol Black E eingefärbt (Brundett et al. 1984) und anschließend ausgezählt (McGonigle et al. 1990). Zur Bestimmung der Wurzelzusammensetzung erfolgt eine Trocknung bei 40 °C mit anschließender Pyrolyse-Feldionisation-Massenspektrometrie und Gas Chromatographie-Massenspektrometrie. Die Bestimmung der Knöllchenzahl erfolgt durch händische Auszählung. Nährstoffanalysen erfolgen an bei 55 °C getrockneten Biomasseproben (Rotklee oder Luzerne) und luftgetrockneten Bodenproben aus 0-10 cm Tiefe. Teilproben werden zur Untersuchung einer Vielzahl von Nährelementen sowie weiterer Bodeneigenschaften (Biomasseproben: N, P, K, S, Mg, Ca, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn; Bodenproben: P (DL), K (DL), Mg (DL), B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Bodenart, pH) an zertifizierte Labore (Verwendung gängiger VDLUFA-Methoden) versandt. Des Weiteren erfolgt eine CNS-Analyse sowie für die Biomasseproben eine Futterwert-Untersuchung mittels Nahinfrarotspektroskopie (Kalibration für Frischgras, Heu fg2019.ega der VDLUFA). Es werden Biomasseschätzungen mit Hilfe von Herbometern, sowie Messungen der Bodenfeuchte und des Eindringwiderstandes (Eijkelkamp Penetrologger) zur Detektion von Bodenverdichtungen vorgenommen. Zusätzlich werden Ertragsanteile, das Entwicklungsstadium, Mängel im Stand und die Massenbildung erfasst bzw. bonitiert. Eine Erhebung verschiedener Schlagdaten wie z.B. Angaben zur Fruchtfolge und Bodenbearbeitung dient der Beschreibung des agronomischen Anbaukontexts.

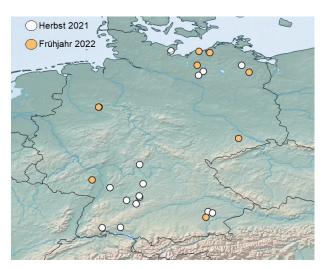


Abb. 2: Probenahmestandorte Herbst 2021 und Frühjahr 2022

Im Herbst 2021 wurden 15 Standorte (jeweils eine kleemüde und eine wüchsige Fläche umfassend) beprobt, im Frühjahr 2022 kamen neun weitere hinzu, für die jedoch noch keine vollständigen Analyseergebnisse vorliegen (Abb. 2). Für den Herbst 2022 ist die Beprobung weiterer Standorte geplant. Faktorübergreifende Auswertungen sollen in Form gemischter Modelle nach Abschluss der Probenahmen vorgenommen werden.

Bisherige Auswertungen der Daten der Herbstprobenahme 2021 belaufen sich vorwiegend auf Kontraste zwischen kleemüden und wüchsigen Flächen auf Einzelstandort-Ebene, jedoch bereits mit Fokus auf der Detektion standortübergreifender Muster.

Ergebnisse und Diskussion

An allen 15 Standorten der Herbstprobenahme 2021 konnten pathogene Pilzkrankheiten nachgewiesen werden. Teils traten diese nur oder in stärkerer Ausprägung auf der kleemüden Fläche auf. Es gab auch Fälle, in denen sie nur auf der wüchsigen Fläche nachgewiesen wurden. Dies deutet darauf hin, dass die verminderte Wüchsigkeit der kleemüden Flächen nicht allein auf diese Krankheiten zurückzuführen ist. Pflanzenschädigende Nematoden kamen an allen Standorten vor und beschränkten sich nicht nur auf die kleemüden Flächen. Details zu Krankheiten, Nematoden und anderen Schädlingen finden sich in diesem Tagungsband unter "Krankheiten und Schädlinge Flächen" kleemüden (Kühnl et al.). Die Ergebnisse der Untersuchung Rhizosphärenmikrobioms liegen zu diesem Zeitpunkt noch nicht vor. Der Mykorrhizierungsgrad der Rotkleefeinwurzeln lag für die wüchsigen Flächen im Mittel bei 18 %, für die kleemüden Flächen bei 20 %. Für die Luzernefeinwurzeln waren es 12,5 % (wüchsig) und 21 % (kleemüde). In den meisten Fällen lag auf den kleemüden Flächen ein höherer Mykorrhizierungsgrad vor als auf den wüchsigen Flächen. Dasselbe gilt für die Knöllchenzahlen je Pflanze trotz im Mittel höherer Knöllchenzahl der Luzerne der wüchsigen Flächen (Mittelwerte - Rotklee wüchsig: 104; Rotklee kleemüde: 154, Luzerne wüchsig: 12, Luzerne kleemüde: 10). Diese Befunde waren nicht zu erwarten und verlangen neue Hypothesen. Ursachen, Wirkungen und Wechselwirkungen mit anderen Einflussfaktoren, z.B. der Nährstoffversorgung, gilt es indes noch zu untersuchen. Zur Wurzelzusammensetzung kann noch nicht für alle Standorte eine Aussage getroffen werden. Einige Einzelergebnisse finden sich in diesem Tagungsband unter "Untersuchungen zur Rolle der Wurzelsymbionten beim Auftreten von Kleemüdigkeit" (Bremer et al.).

Wie anhand des Unterscheidungskriteriums der Wüchsigkeit zu erwarten war, zeigten die kleemüden Flächen signifikant geringere Biomassewerte. Zusätzlich waren Rohproteingehalte der Biomasse der kleemüden Flächen häufig geringer als die der wüchsigen Flächen. In zwei Fällen lagen die Schwefelgehalte der kleemüden Biomasse, trotz vergleichsweise hoher Bodengehalte, deutlich unter denen der wüchsigen Pflanzen und außerdem unter den üblichen Gehaltswerten (Wendland et al. 2018). Diesen Zusammenhang gilt es weiter zu untersuchen. Phosphor-, Kaliumund Magnesium-Mangelerscheinungen traten kaum auf, im Falle von Magnesium lag stattdessen häufig eine übermäßige Verfügbarkeit im Boden vor. Insbesondere bei der Versorgung mit Mikronährstoffen bestand oft ein enger Bezug zum Boden-pH. Die pH-Werte der kleemüden und wüchsigen Flächen desselben Standortes unterschieden sich oft erheblich, mit einer Tendenz der kleemüden Flächen zu extremeren Werten (sowohl im basischen als auch sauren Bereich). Dies wirkte sich insbesondere auf die Biomassegehalte an Eisen und Mangan aus, da hier die Pflanzenverfügbarkeit pH-abhängig ist und zusätzlich ein Antagonismus zwischen diesen beiden Nährstoffen besteht (Rietra et al. 2017). Des Weiteren gab es häufiger Hinweise auf Bor-, sowie vereinzelt auf Zinkmangel. Neben Mangel auf kleemüden Flächen zeigten sich teils auch geringere Gehalte oder stärkere Symptome auf den wüchsigen Flächen. Dies könnte durch die verstärkte Biomassebildung bedingt sein. Obwohl fast alle Boden-Molybdän-Werte unter der Nachweisgrenze lagen, ließen die Biomasse-Gehalte nur selten auf eine Mangelsituation schließen.

Abb. 3 zeigt beispielhaft die Wertebereiche der Bor-, Eisen- und Mangangehalte in Boden und Biomasse (A) sowie der pH-Werte (B) der 15 Standorte der Herbstprobenahme 2021. Sterne zeigen die spezifischen Werte eines Beispielstandortes, um Zusammenhänge zu verdeutlichen. In diesem Fall scheint die durch die niedrigen pH-Werte erhöhte Manganverfügbarkeit zu geringen Eisengehalten in der Biomasse zu führen. Der Mangangehalt in der Biomasse ist besonders auf der kleemüden Fläche (geringerer pH) stark erhöht. Zudem sind Borgehalte sowohl im Boden als auch in der Biomasse gering. An diesem Standort vorgefundene Chlorosen (Abb. 3C) könnten sowohl auf einen Eisen- als auch Bormangel hindeuten. An sieben der 15 Standorte zeigte die kleemüde Fläche Hinweise auf Bodenverdichtung (höherer Eindringwiderstand trotz gleicher oder höherer Bodenfeuchte bei gleicher Bodenart). Hierin könnte ein häufiger Grund für eine höhere Anfälligkeit liegen.

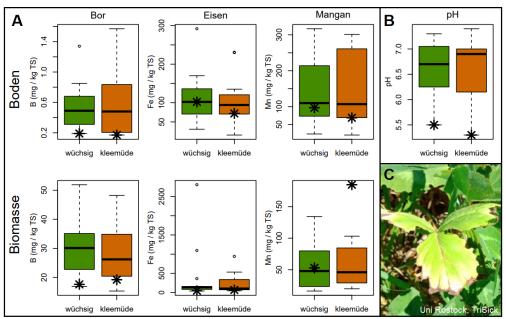


Abb. 3: Bor-, Eisen- und Mangangehalte in Boden und Biomasse (A) sowie Boden-pH-Werte (B) der 15 Standorte der Herbstprobenahme 2021. Sterne zeigen beispielhaft die Werte eines spezifischen Standortes um Zusammenhänge zu verdeutlichen. Abb. 3C zeigt ein Symptom desselben Standortes.

Schlussfolgerungen

Erste Analyseergebnisse von bislang 15 Standorten zeigen bereits Unterschiede zwischen verschiedenen Standorten sowie wüchsigen und kleemüden Flächen. Tendenzen zu stärkerer Anfälligkeit für Kleemüdigkeit finden sich besonders bei sehr hohen oder sehr niedrigen pH-Werten mit assoziierter Beeinträchtigung der Nährstoffversorgung. Andere Faktoren zeigen weniger klare oder unerwartete Tendenzen, deren Ursachen noch abzuklären sind. Die schwache Wüchsigkeit auf den kleemüden Flächen lässt sich jeweils nicht eindeutig einer einzelnen Ursache zuordnen. Entsprechend sind Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Faktoren zu erwarten, die bei Vorlage weiterer Analyseergebnisse untersucht werden sollen.

Danksagung

Die Förderung des Vorhabens TriSick (FKZ 2818EPS014, 2818EPS038 - 2818EPS040) erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie.

Literatur

Brundett, M.C., Piche, Y. & Peterson, R.L. (1984): A new method for observing the morphology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. Canadian Journal of Botany 62: 2128-2134.

Kolbe, H., Schuster, M., Hänsel, M., Schließer, I., Pöhlitz, B., Steffen, E. & R. Pommer (2006): Feldfutterbau und Gründüngung im Ökologischen Landbau - Informationen für Praxis und Beratung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden.

McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, G.L. & A.J. Swan (1990): A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular—arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phythologist* 115: 495-501.

Pommer, G. (2004): Fruchtfolgebedingte Krankheiten von Leguminosen im ökologischen Landbau: Beratungsunterlagen für den ökologischen Landbau. Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising.

Rietra, R.P., Heinen, M., Dimkpa, C.O. & P.S. Bindraban (2017): Effects of nutrient antagonism and synergism on yield and fertilizer use efficiency. *Communications in soil science and plant analysis* 48: 1895-1920.

Wendland, M., Diepolder, M., Offenberger, K. & S. Raschbacher (2018): Leitfaden für die Düngung von Ackerund Grünland. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising.

Mob Grazing als Weidestrategie im Grünland und Ackerfutter bei zunehmenden Trockenheiten in Nordostdeutschland

Zahn, N. H.¹, Ertel, C.¹, Hener, R.³, Franke, S.², Beck, A.³, Westphal, J.¹, Schleip, I.¹

¹Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde, <u>inga.schleip@hnee.de</u> ²Klimapraxis gemeinützige UG, ³ Stegelitz Agrar GmbH

Einleitung und Problemstellung

Laut aktueller Klimaprognosen werden steigende Temperaturen und veränderte Niederschlagsmuster Trocken- und Hitzestress für Futterpflanzen weiter verstärken, insbesondere im relativ niederschlagsarmen Nordosten Deutschlands. Bis 2050 werden nicht nur höhere Jahresmitteltemperaturen prognostiziert, sondern auch eine Zunahme von heißen Tagen, häufigere Hitzewellen sowie eine Abnahme der Sommerniederschläge (DWD 2019). Diese Entwicklungen werden sich vermutlich negativ auf die klimatischen Wasserbilanzen auswirken und damit großflächig die Futterertragsstabilität im Nordosten Deutschlands gefährden.

Eine mögliche Anpassungsstrategie könnte das Beweidungsverfahren "Mob Grazing" (Deutsch: "Herdenbeweidung") sein, das in semiariden Regionen entwickelt wurde und sich durch die Kombination von hohen Tierbesatzdichten mit hohen Aufwüchsen bei Bestoßen und einem bewusst hohen Anteil an Weideresten auszeichnet (Gurda et al. 2018). Der gezielte Aufbau einer Mulchschicht durch Niedertrampeln der Weidereste soll die Bodenhydrologie und -biologie verbessern. Evidenz für positive Effekte von Pflanzenrückständen (Mulchschicht) auf den Bodenwasserhaushalt gibt es im Ackerbau (Zhao et al. 2014). Es ist davon auszugehen, dass Mob Grazing durch längeren Ruhephasen und hohe Aufwüchse insbesondere Obergräser fördert. Da diese meist ein tieferes und ausgeprägteres Wurzelsystem als Untergräser vorweisen können (Herndl et al. 2011), zeigen sie tendenziell eine bessere Trockenheitsanpassung. Bei ausreichend langen Ruhezeiten weist auch die trockenheitsresistente Luzerne (Volaire 2008) eine hohe Weidekompatibilität auf und wird daher in Argentinen seit Jahrzenten erfolgreich beweidet (Basigalup et al. 2018). In einem Mob Grazing System könnte Luzerne daher einen wertvollen Beitrag zu einer verbesserten Ertragsstabilität in Dürrephasen leisten.

Um die Eignung von Mob Grazing zu evaluieren, wird das Weideverfahren im Rahmen von zwei "onfarm"-Weideversuchen, einem Ackerfutterbau- und einem Dauergrünlandversuch, umgesetzt und evaluiert, je im Vergleich zu einem praxisüblichen Weidesystem. In beiden Versuchen soll dabei beantwortet werden, (1) wie das Weidemanagement gestaltet sein muss, um die angestrebten Effekte (s. o.) zu erreichen, (2) wie sich Mob Grazing auf Erträge, Futterqualitäten und Vegetationszusammensetzung auswirkt und (3) ob damit eine verbesserte Bodenfruchtbarkeit, Wasserhaltung und Ertragsstabilität erreicht werden kann. Die Autor*innen vermuten dabei, dass die relative Vorteilhaftigkeit von Mob Grazing ab einem gewissen Trockenheits-Niveau wirksam werden könnte. Im Ackerfutterbauversuch werden zudem die betriebswirtschaftlichen, im Dauergrünlandversuch insbesondere die naturschutzfachlichen Auswirkungen untersucht.

Im Folgenden stellen wir erste Ergebnisse zur Einführung von Mob Grazing im Rahmen der Weideversuche vor.

Material und Methoden

Das Beweidungsverfahren Mob Grazing wird innerhalb von zwei Weideversuchen an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung in Eberswalde etabliert und analysiert. Beide Versuche wurden gemeinsam mit den Praxisbetrieben, in denen die Versuche angesiedelt sind, konzipiert und geplant. Auch die Umsetzung erfolgt jeweils gemeinsam. Die Standorte der Weideversuche befinden sich in Brandenburg im Barnim (Liepe) und in der Uckermark (Stegelitz) ca. 40 und 60 km nordöstlich von Berlin. Standörtliche, klimatische und betriebliche Bedingungen sind in Tab. 1 zusammengefasst. Der Mob Grazing Versuch auf Ackerfutter (Ackerfutterbauversuch) am Standort Stegelitz findet im Rahmen der Förderung durch die Europäische Innovationspartnerschaft (EIP) in Brandenburg statt. Der Versuch ist in die betriebsübliche Fruchtfolge integriert. Auf der insg. 34 ha großen Versuchsfläche wurde 2021 ein Luzerne-Kleegras als Roggen-Untersaat etabliert. In einem Split Plot Design werden von 2022 bis einschließlich 2024 zwei Beweidungsverfahren, Mob Grazing und ein praxisübliches Koppelweidesystem, umgesetzt. Beide Beweidungsverfahren werden mit

einer Rinderherde mit 49 Mutterkühe mit Kälbern und 161 Färsen und Ochsen der Rasse Uckermärker durchgeführt.

Tab. 1: Standort, Klima und Betriebsbedingungen der "on-farm"-Weideversuche

			0 0		
Standort	Jahresmittel- temperatur ¹ [° C]	Nieder- schlag ¹ [mm/a]	Bodenart der Versuchs- fläche	Betriebsgröße [ha]	Rauhfutterverwerter [Stück]
Stegelitz	9,8	548	lehmiger Sand	470 ha, davon ca. 210 ha Luzerne- Kleegras	200 Mutterkühe mit Kälbern, 161 Färsen u. Ochsen
Liepe	10,1	593	lehmiger Sand / Sand	770 ha, davon 650 ha Dauergrünland	550 Mutterkühe mit Kälbern, 200 Färsen u. Bullen

¹ Durchschnitt der Jahre 2011-2021

Für das Mob Grazing Weideverfahren werden als Zielwerte eine Besatzdichte von über 100.000 kg LM / ha bei einer Aufwuchshöhe von mind. 20 cm komprimierte Aufwuchshöhe ("compressed Sward Height", CSH) und mind. zwei Kurzumtrieben pro Tag angestrebt. Die Koppelgröße wird dabei so gewählt, dass ca. 50 % Weidereste als getrampelte Mulchschicht auf dem Boden verbleiben. In der Koppelbeweidung wird eine Aufwuchshöhe von ca. 15 cm CSH angestrebt, es erfolgt max. ein Kurzumtrieb an jedem zweiten Tag. Die Koppelgröße wird so gewählt, dass möglichst geringe Weidereste verbleiben.

In jeweils vier Versuchsbereichen von 100 m x 100 m pro Beweidungsverfahren werden Futterbestands- und Bodendaten erhoben. Hierbei werden Futter- und Streuschichtproben zur Bestimmung des Trockenmasseertrages und der Mulchschicht geerntet und Nährstoff- und Energiegehalte mittels NIRS-Analysen bestimmt. Komprimierte Aufwuchshöhen werden zweimal wöchentlich, sowie vor und nach Umtrieben mit dem Rising Plate Meter Grasshopper[®] (True North Technologies Ltd, Shannon, Ireland) gemessen (150 - 200 Wiederholungen pro Versuchsbereich). Bodenfeuchte und -temperatur werden anhand von in 15 cm Tiefe eingegrabenen sowie mobilen Dauerloggern registriert.

Der Mob Grazing Versuch auf Dauergrünland (Dauergrünlandversuch) findet im Rahmen einer Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) statt. Der Versuch wird am Standort Liepe am Rand des Niederoderbruchs auf sehr leichten und hängigen Grünlandflächen von 2021 bis einschließlich 2023 durchgeführt. Das kupierte Gelände ist überwiegend von trockenen Glatthaferwiesen mit Übergängen zu Halbtrockenrasen bestanden und auch durch die Einsprengsel von Busch- und Baumgruppen naturschutzfachlich wertvoll.

Innerhalb dieses Gebietes wird auf einer 21 ha großen Fläche eine Angus-Mutterkuhherde mit 20 Mutterkühen und ihren Kälbern als Versuchsherde im Mob Grazing-Verfahren gehalten. Auf einem benachbarten Grünlandschlag von 11,3 ha wird als Referenzbeweidung eine betriebsübliche extensive Koppel-Standweide durchgeführt. Dieses Beweidungsverfahren wird mit einer Mutterkuhherde umgesetzt, die in die Rotationen des Betriebes eingebunden ist.

Die Aufnahmen von Futterbestands- und Bodendaten werden pro Beweidungsverfahren an jeweils 7 Transekten mit je 5 Transektpunkten durchgeführt. Die Probennahme zur Bestimmung von Futtererträgen und -qualitäten und der Mulchschicht erfolgt wie im Ackerfutterbauprojekt. Die Messung der verdichteten Aufwuchshöhe erfolgt mit der Deckelmethode. Jedes Frühjahr wird die Vegetation entlang der Transekte durch Gesamtartenlisten und Deckungsgradschätzungen kartiert.

Ergebnisse und Diskussion

Managementzahlen zu den Mob Grazing und Referenz-Weidesystemen sind in Tabelle 2 gegenübergestellt.

In den Mob Grazing Systemen wurden Aufwuchshöhen von bis zu 30 bis über 100 cm (CSH) erreicht (Abb. 1, Tab. 2). Diese lagen damit deutlich über den für Mob Grazing angestrebten Mindest-Aufwuchshöhen (25 cm Zollstockmethode; Billmann et al. 2020). Die Bestände waren sowohl im Ackerfutterbau als auch im Dauergrünland zum Beweidungszeitpunkt kurz vor oder in der Blüte. Im Ackerfutterbauversuch waren die Post-Grazing Aufwuchshöhen (Abb. 1) der Mob Grazing Flächen trotz des hohen Weiderestes von ca. 50 % (Abb. 2) in etwa so niedrig wie bei den Koppelweide-

Flächen, da die Weidereste durch den gewünschten Trampeleffekt erfolgreich an den Boden angedrückt wurden.

Tab. 2: Weidemanagement-Kennzahlen in Mob Grazing und Referenzweidesystemen

	Ackerfutterb	au Temmen	Dauergrünla	nd Liepe		
	Mob Graze	Referenz	Mob Graze		Referenz	
	2022 ¹	2022 ¹	2021 ¹	2022 ¹	2021 ¹	2022 ¹
CSH Aufwuchshöhen bei Bestoßen [cm]	25-30	14-16	22-110	22-70	12-35	10-30
Parzellengröße/ Weidegröße [ha]	0,5	3,5	0,125	0,082	11,3	11,3
Kurzumtriebe ² [n / Tag]	3-4	0,5	2	3	-	-
Besatzzeit [h oder Tage]	6-8 h	2 Tage	12 h	8 h	25/17/10 Tage	
Herdengewicht [kg]	160.000	160.000	19.000	15.000	65.000 u. 25.000	
Besatzdichte [kg LM / ha]	320.000	45.700	80.000	183.000	2200- 5700	
Umtriebe [n / Jahr bzw. Frühjahr]	1	2	2		3	
Rastzeit [Tage]		30	107-133		20/26	
Gesamtertrag³ [dt TM / ha]	34	25	30		52	
Weideertrag³ [dt TM / ha]	17	23	15		49	

¹ in 2021 Jahreswerte, in 2022 Werte bis einschließlich 22.06.2022 enthalten, sofern vorhanden

Im praktischen Management werden in beiden Versuchen alle täglichen Umtriebe außer einem mit automatischen Zaunöffnern umgesetzt, so dass trotz mehrerer Umtriebe Zaunarbeiten und Herdenkontrolle nur einmal pro Tag stattfinden. Erste Beobachtungen aus beiden Versuchen zeigen, dass insbesondere eine hohe Aufwuchshöhe beim Bestoßen entscheidend zur Etablierung einer Mulchschicht beiträgt. Mit den andauernden Messungen zur weiteren Quantifizierung der Mulchschicht wird es hierzu bald detailliertere Erkenntnisse geben.

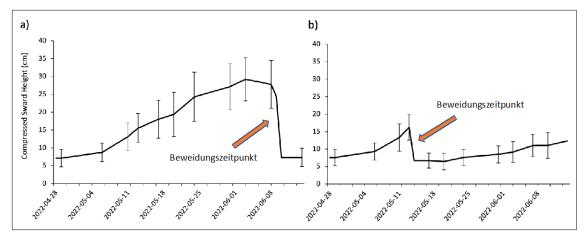


Abb. 1: Komprimierte Aufwuchshöhen im Mob Grazing (a) und Koppelweidesystem (b) im Ackerfutterbauversuch im Frühjahr 2022. Fehlerbalken stellen die Standardabweichung dar.

² in Mob Grazing und Koppelweidesystem

³ indirekt über Anzahl Tier-Weidetage erfasst



Abb. 2: Mulchschicht nach Mob Grazing im Ackerfutterbauversuch

Die Besatzdichten im Dauergrünlandversuch betrugen in 2021 im Mob Grazing unter 100.000 kg LM / ha (Tab. 2), da mit zwei Umtrieben pro Tag geplant wurde. Dadurch musste die Parzellenfläche aufgrund der geringen Ertragsfähigkeit des Standortes so angepasst werden, dass eine Besatzdichte von ca. 80.000 kg LM / ha erreicht wurde. Um den Trampeleffekt weiter zu verstärken, wird in 2022 mit drei Umtrieben pro Tag gearbeitet, so dass die Besatzdichte entsprechend ansteigt. Im Ackerfutterbauversuch konnte mit einer Besatzdichte von 320.000 kg LM / ha bisher ein sehr zufriedenstellender Herdeneffekt mit sehr geringer Futterselektion und einer mächtigen getrampelten Mulchschicht erreicht werden (Abb. 2).

Bei den praktischen Arbeiten werden in beiden Versuchen die täglichen Umtriebe außer einem mit automatischen Zaunöffnern umgesetzt, so dass trotz mehrerer Umtriebe pro Tag Zaunarbeiten und Herdenkontrolle nur einmal pro Tag stattfinden. Erste Beobachtungen aus beiden Versuchen zeigen, dass insbesondere eine hohe Aufwuchshöhe beim Bestoßen entscheidend zur Etablierung einer Mulchschicht beiträgt. Die Rastzeiten unterschieden sich in beiden Versuchen deutlich zwischen

den Weidesystemen (Abb. 1, Tab. 2). Der Effekt auf die Weideerträge ist dergestalt, dass im Mob Grazing Verfahren bislang geringere Futtermengen durch die Rinder verwertet wurden.

Schlussfolgerungen

Das Mob Grazing Weideverfahren konnte in den beiden beschriebenen "on-farm"-Versuchen erfolgreich etabliert werden, sowohl im Ackerfutterbau als auch im Dauergrünland. Die entscheidenden Merkmale hohe Aufwuchshöhen, kurze Umtriebe mit hohen Besatzdichten und das Anlegen einer getrampelten Mulchschicht wurden erreicht. Entscheidend für die Umsetzung dieses Weidesystems, für das es in Mitteleuropa noch wenig Erfahrung gibt, ist dabei die enge Zusammenarbeit mit den Betriebsleitern und Beschäftigten in den landwirtschaftlichen Betrieben. Beide Weideversuche zeichnen sich dabei durch einen hohen Transfergrad mit dem Ziel eines wechselseitigen Austauschs auf Augenhöhe aus.

Im praktischen Management zeigt sich, dass für den reibungslosen Ablauf im Mob Grazing Weideverfahren unter anderem ein effizientes Zaunmanagement und eine flächenhafte Wasserversorgung entscheidend sind. Um die Zaun- und Umtriebsarbeiten pro Tier zu reduzieren, gibt es zudem im Mob Grazing System eine deutliche Tendenz zur Reduzierung der Herdenanzahl bei gleichzeitig vergrößerten Herden. Im weiteren Verlauf der Weideversuche ist die Entwicklung von Bodenparametern wie Bodentemperatur und -feuchtigkeit, von großem Interesse. Durch die deutlichen Unterschiede zwischen den Mob Grazing und den Referenzweidesystemen in den Versuchen sind hier zukünftig interessante Ergebnisse zu erwarten.

Literatur

Basigalup, D. H., Giletta, M. A., Odorizzi, A., Arolfo, V., Sanchez, F. R. & G. Urrets Zavalia (2018): An overview of alfalfa (*Medicago sativa* L.) situation in Argentina. In: Proceedings Second World Alfalfa Congress, Cordoba, Argentina. 11-14 November, 2018. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Billman, E. D., Williamson, J.A., Soder, K.J., Andreen, D.M., & R.H. Skinner (2020): Mob and rotational grazing influence pasture biomass, nutritive value, and species composition. *Agronomy Journal* 112(4): 2866-2878.

DWD (2019): Klimareport Brandenburg. 1. Auflage. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.

Gurda, A.M., Renz, M.J., & Brink, G.E. (2018): Defining mob grazing in the Upper Midwestern United States. *The Journal of Extension* 56(4), 11.

Häusler, J., Velik, M., Steinwidder, A., Gasteiner, J., Resch, R., Eingang, D., & Raumberg-Gumpenstein, L. F. Z. (2006): Systemvergleich Kurzrasenweide-Koppelweide. Endbericht, Lehr-und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Österreich.

Herndl, M., Kandolf, M., Bohner, A., Krautzer, B., Graiss, W. & M. Schink (2011): Wurzelparameter von Gräsern, Kräutern und Leguminosen als Grundlage zur Bewertung von Trockenheitstoleranz im Grünland. Tagungsband der Österreichischen Gesellschaft für Wurzelforschung 2011, 45-54. I: 978-3-902559-63-0

Volaire, F. (2008): Plant traits and functional types to characterize drought survival of plur-specific perennial herbaceous swards in Mediterranean areas. *Eur J Agron*. 29:116-124.

Wirksamkeit von Massnahmen zur Reduktion von Stickstoffverlusten und zur Verbesserung der Stickstoffnutzungseffizienz auf Schweizer Milchviehbetrieben

F. Akert¹, K. Zeller-Dorn¹, D. Widmer², A. Uebersax³ und B. Reidy¹

¹ BFH Bern, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL
 ² ALN Zürich, Amt für Landschaft und Natur, Kompetenzzentrum für Bildung und Dienstleistungen in Land- und Ernährungswirtschaft Strickhof, Lindau, Schweiz.

³ Agrofutura, Brugg, Schweiz. franziska.akert@bfh.ch

Einleitung und Problemstellung

In der Schweiz bestehen immer noch große Differenzen zu den gesetzten Umweltzielen in Bezug auf die Verringerungen der Ammoniakemissionen und des jährlichen Überschusses an Stickstoff (N) aus der Schweizer Landwirtschaft. Der berechnete nationale N-Überschuss liegt seit dem Ende der 1990er Jahre bei ungefähr 100'000 t N pro Jahr, gemäß Spiess und Liebisch (2020) lag er 2018 bei 97'000 t N. Auch hinsichtlich der Ammoniakemissionen hat sich seit 2000 wenig verändert. Das Ziel von maximal 25'000 t N in Form von Ammoniakemissionen wurde gemäß des Statusberichts von 2016 nicht erreicht und lag unverändert seit dem Jahr 2000 im Jahr 2014 bei 48'000 t N (BAFU und BLW 2016). Dies macht deutlich, dass nach wie vor großer Handlungsbedarf in der Landwirtschaft besteht.

Um potenzielle N-Verluste in die Umwelt zu quantifizieren und die Effizienz der Nährstoffnutzung zu beurteilen, hat sich die Hoftorbilanzierung als nützliches Instrument erwiesen (Quemada et al. 2020, Oenema et al. 2003). Mittels Hoftorbilanzierung konnten für Milchproduktionsbetriebe bereits wichtige N-Importe auf Ebene Hoftor identifiziert werden. Dies sind abgesehen von biologischer N₂-Fixierung und atmosphärischer N-Deposition, Kraftfutter und Mineraldünger (Akert et al. 2020). Mit dem Ziel die N-Verluste zu reduzieren, haben Hutchings et al. (2020) verschiedene Maßnahmen auf Ebene Feld, Kultur und Tierhaltung vorgeschlagen, welche die Ammoniakemissionen reduzieren sollen, die Denitrifikation und die Nitratauswaschung vermindern oder den N-Überschuss in der Futterration reduzieren sollen. Die hier präsentierte Studie läuft über mehrere Jahre (2018-2023) und hat zum Ziel, die Effektivität von Maßnahmen zur Reduktion von N-Verlusten auf Praxisbetrieben zu analysieren und zur Verbesserung der N-Effizienz auf Schweizer Milchviehbetrieben beizutragen.

Material und Methoden

Für 11 Milchviehbetriebe wurden basierend auf den vorhandenen Daten des offiziellen Nährstoffbilanzierungsprogramm "Suisse-Bilanz" und den Betriebsaufzeichnungen jährliche Hoftorbilanzen für N berechnet. Sieben Milchviehbetriebe waren spezialisierte Grünlandbetriebe (SF) mit einem Grünlandanteil von mehr als 65 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche und vier Betriebe waren gemischte Ackerbau-Milchviehbetriebe (MF) mit einem Ackerbauanteil von > 45 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Tab. 1). Für die Bilanzierung wurden N-Importe via Tiere, Mineral- und Hofdünger, Futtermitteln, Saatgut und Pflanzenmaterial sowie über biologische N2-Fixierung und atmosphärische N-Deposition berücksichtigt. Die biologische N2-Fixierung durch Leguminosen wurde nach Boller et al. (2013) berechnet. Hierfür wurde der Leguminosen Anteil von extensiv bewirtschafteten Wiesen, Weiden und intensiv bewirtschaftetes Grünland auf 0.10, 0.15 und 0.20 des jährlichen Trockenmasseertrags geschätzt und mit einem durchschnittlichen N-Input von 30 g N kg⁻¹ des Trockenmasseertrags der Leguminosen nach Boller et al. (2003) berechnet. Die atmosphärische N-Deposition wurde auf der Grundlage der vom Bundesamt für Umwelt veröffentlichten Menge an deponiertem N für die entsprechende Region für die einzelnen Betriebe berechnet. Als N-Exporte der landwirtschaftlichen Betriebe wurden Tiere, Milch, Eier, Hofdünger. Ernteprodukte aus dem Ackerbau und Raufutter betrachtet. Der jährliche N-Überschuss pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche wurde für jeden Betrieb berechnet in Form von N-Import total minus N-Export total. Die N-Effizienz (NUE) wurde als das Verhältnis von N-Exporte zu N-Importe pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche und Jahr bezeichnet. Mit den Betriebsleitenden wurden individuelle Maßnahmen zur Verringerung des N-Überschusses und zur Erhöhung der NUE in den Jahren 2019, 2020 und 2021 im Vergleich zur Ausgangssituation von 2015, 2016 und 2017

festgelegt. Um der Varianz über die verschiedenen Jahre Rechnung zu tragen, wurden drei Jahre als Basisjahre und drei Jahre mit umgesetzten Massnahmen berücksichtigt. Folgende Massnahmen wurden auf allen 11 Betrieben umgesetzt: Reduzieren oder Verzicht auf die N-Zufuhr von außerbetrieblichen Futtermitteln und die chemische Analyse der Zusammensetzung der Hofdünger vor der Ausbringung mit Düngeberatung durch eine Fachperson. Weitere Maßnahmen, die auf einzelnen Betrieben umgesetzt wurden, waren: Planung des Mineraldunger-Managements im Ackerbau, Optimierung der Fruchtfolge, Verwendung von Nitrifikations- oder Urease-Inhibitoren für Gülle, emissionsarme Ausbringungstechniken für Gülle oder Optimierung der Tierhaltung oder des Managements. Die statistische Analyse über die Mittelwerte pro Betrieb des Ausgangszustands und des Zeitraums mit durchgeführten Maßnahmen durchgeführt. Dazu wurde ein gemischtes Modell mit dem Zeitraum als fixem Faktor und dem Betrieb als zufälliger Faktor verwendet. Der Betriebstyp (SF oder MF) wurde aus dem Modell ausgeschlossen, da der Faktor statistisch nicht signifikant war. Waren die Modellannahmen für die Durchführung einer Varianzanalyse nicht erfüllt (keine Normalverteilung der Residuen), wurde die Varianzanalyse mit den guadratwurzeltransformierten Parametern durchgeführt. Vergleiche zwischen den Mittelwerten für die beiden Zeiträume wurden mit der Tukey-Methode auf einem Signifikanzniveau von p < 0.05 durchgeführt. Zwischenresultate der Studie wurden bereits im Rahmen anderer Tagungen publiziert, beispielsweise der EGF 2022 in Caen (Frankreich).

Tab. 1: Wichtige Kennzahlen aller Betriebe und gruppiert nach Betriebstyp für die spezialisierten Grünlandbetriebe (SF) und die gemischten Ackerbaubetriebe (MF), dargestellt als Mittelwert der Basisjahre (2015 bis 2017) und der Jahre 2019 und 2020 während der Umsetzung von Maßnahmen zur Reduktion der N-Verluste.

			LN	Ackerland	Total	Rinder	Besatzdichte	Menge	Milchleistung
			(ha)	(ha)	GVE	(Anzahl)	(Anzahl	Kraftfutter	(kg Kuh ⁻¹ a ⁻¹)
							Tiere ha ⁻¹)	(kg Kuh ⁻¹ a ⁻¹)	
	total	n=11	42.9	11.3	66.2	58.6	1.60	1244	7937
Basisjahre 2015/16/17	SF	n=7	44.4	5.1	71.2	61.9	1.64	1153	7623
2013/10/17	MF	n=4	41.0	19.2	59.8	54.5	1.55	1359	8497
Maßnahmen-	total	n=11	43.4	11.3	69.8	62.9	1.72	1037	8022ª
jahre 2019/20/21	SF	n=7	43.3	5.6	72.0	61.1	1.76	880	7892ª
2019/20/21	MF	n=4	43.4	21.2	65.8	65.9	1.63	1313	8238ª

LN: Landwirtschaftliche Nutzfläche, GVE: Großvieh Einheiten, a Datengrundlage 2019/20

Ergebnisse und Diskussion

Im Mittel haben die Betriebe ihre N-Effizienz während den Jahren mit Massnahmenumsetzung von 43.5 % auf 55.0 % gesteigert (p < 0.01) und den N-Überschuss im Mittel 46.3 kg N ha⁻¹ a⁻¹ reduziert (p < 0.01) (Tab.2). Die Betriebe haben die N-Importe signifikant reduziert (p < 0.05), ohne massgebliche Veränderung des mittleren N-Exports. Die Reduktion der N-Importe konnte unter anderem auch über den verminderten Einsatz von Mineraldünger erzielt werden. Während der Basisjahre wurde im Mittel jährlich 47.1 kg N ha⁻¹ zugekauft. Diese Zufuhr wurde während der Umsetzung der Massnahmen auf 31.7 kg N ha⁻¹ a⁻¹ reduziert (p < 0.01). In Abb. 1 ist die Veränderung der N-Importe und Exporte dargestellt. Generell zeigt die hohe Streuung in Tab. 2 zwischen den verschiedenen Milchproduktionsbetrieben ein erhebliches Optimierungspotential. Gemischte Ackerbau-Milchproduktionsbetriebe weisen in der Regel höhere N-Effizienzen auf als reine Milchvieh-Grasland Betriebe (Quemada et al. 2020). In dieser Studie konnte kein Unterschied zwischen den beiden Betriebstypen festgestellt werden. Dies könnte damit zusammenhängen, dass die Anzahl Betriebe limitiert ist und dass der N-Output über die Milch (55.5 und 64.7 kg N ha-1 a-1 für SF und MF während der Umsetzung der Massnahmen von 2019 bis 2021, Daten nicht gezeigt) sehr ähnlich war und der Unterschied im Anteil der offenen Ackerfläche mit 49 % der MF gegenüber der SF mit 13 % relativ gering war.

Im Gegensatz zu anderen Studien zur Hoftorbilanzierung wie beispielsweise von Quemada et al. (2020) oder Akert et al. (2020) wurde in dieser Studie nicht zwischen den verschiedenen trophischen

Stufen der N-Importe und -Exporte unterschieden. Dies hat teilweise zu überdurchschnittlichen hohen N-Effizienzen geführt.

Tab. 2: Jährlicher Import and Export an Stickstoff (N) pro ha (Mittelwert, Minimum and Maximum in kg N ha⁻¹ a⁻¹, Anteil %), jährlicher N-Überschuss and N-Effizienz von 11 Milchviehbetrieben berechnet für die Basisjahre (2015-2017) und für die Jahre (2019-2021), in welchen Massnahmen zur Reduktion des N Überschusses und zur Steigerung der N-Effizienz ergriffen wurden.

	Basisjahre (n=11)		Maßnahmenjahre (n=11)		Maßnahmen- vs. Basisjahre	p-Wert		
	2015/16/17			2019/20/21				
	MW	min	max	MW	min	max	Differenz	
Total N-Import	258.0	133.9	450.0	222.8	99.2	346.3	-35.1	*
Total N-Exporte	111.7	45.8	172.9	122.8	49.3	220.1	11.1	NS
N-Saldo ^a	146.3	84.5	302.5	100.0	46.8	190.2	-46.3	**
N-Effizienz	43.5	31.0	63.4	55.0	36.7	87.0	11.5	**

^{***} p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05; NS nicht signifikant; ^a Parameter wurden quadratwurzeltransformiert für die statistische Analyse, MW: Mittelwert

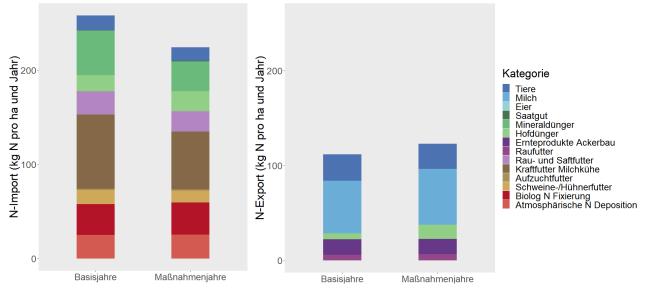


Abb. 1: Mittelwert der jährlichen Importe und Exporte an Stickstoff (N) von 11 Schweizer Milchviehbetrieben für die Basisjahre (2015-2017) und die Massnahmenjahre (2019-2021), dargestellt nach den einzelnen N-Input und N-Output Kategorien.

Schlussfolgerungen

Auf den verschiedenen Milchviehbetrieben konnte der N-Überschuss in den Jahren mit Massnahmenumsetzung reduziert werden. Auch die N-Effizienz konnte im Vergleich zur Ausgangssituation auf den einzelnen Betrieben erhöht werden. Wie bereits in vorgängigen Studien festgestellt, zeigte sich eine Verringerung des N-Eintrags über Mineraldünger als wirksame Massnahme zur Reduktion des N-Überschusses und zur Steigerung der N-Effizienz. Kurzfristige Auswirkungen, wie z. B. ein verringerter N-Export durch deutlich reduzierte Ernteerträge, konnten nicht beobachtet werden. Die vorliegenden Resultate sind als Zwischenresultate zu sehen. Um sowohl die kurzfristigen wie auch langfristigen Effekte wie beispielsweise Veränderungen des Nährstoffvorrats im Boden zu berücksichtigen, werden zu einem späteren Zeitpunkt noch weitere Jahre unter Umsetzung von Massnahmen in die Auswertungen miteinbezogen.

Literatur

- Akert, F.S., Dorn, K., Frey, H., Hofstetter, P., Berard, J., Kreuzer, M. & B. Reidy (2020): Farm-gate nutrient balances of grassland-based milk production systems with full- or part-time grazing and fresh herbage indoor feeding at variable concentrate levels. *Nutr Cycl Agroecosyst* 117(3): 383-400.
- BAFU und BLW (2016): Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. *Umwelt-Wissen* Nr. 1633: 1-114.
- Boller, B., Lüscher, A. & S. Zanetti (2003): Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung in Klee-Gras-Beständen. *Schriftenreihe der FAL* 45: 47-54.
- Hutchings, N.J., Sørensen, P., Cordovil, C.M., Leip, A. & B. Amon (2020): Measures to increase the nitrogen use efficiency of European agricultural production. *Global Food Security* 26: 100381.
- Oenema, O., Kros, H. & W. de Vries (2003): Approaches and uncertainties in nutrient budgets: Implications for nutrient management and environmental policies. *European Journal of Agronomy* 20(1-2): 3-16.
- Quemada, M., Lassaletta, L., Jensen, L.S., Godinot, O., Brentrup, F., Buckley, C., Foray, S., Hvid, S.K., Oenema, J., Richards, K.G. & O. Oenema (2020): Exploring nitrogen indicators of farm performance among farm types across several European case studies. *Agricultural Systems* 177: 102689.
- Spiess, E. & F. Liebisch (2020): Nährstoffbilanz der schweizerischen Landwirtschaft für die Jahre 1975 bis 2018. *Agroscope Science* 100: 1-30.

Posterbeiträge

Infrastructure facilities for grassland research in Germany

Martin Köchy, Martin Erbs

Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, martin.koechy@dafa.de

Introduction

Regionally dispersed research sites are important for comparisons of the effects of climate, soil and management history. Experiments could provide more general answers if more diverse sites were included in experiments or comparisons. But too often, it takes too much time to find these additional sites. Where are grasslands plots with a longer history of continuous management? Where are reference sites for yield experiments? How does grassland biodiversity at this site compare to that at other sites? We set up a database of grassland research sites at German agricultural research institutions to facilitate experimental designs across larger areas and gradients.

Materials and Methods

From April to June 2020, we surveyed the websites of all agricultural research institutions in Germany funded by federal or state governments for listed sites potentially usable for grassland research. This includes sites currently not used for research, e.g. research farm pastures. The search was restricted to public institutions, because we assumed it was in the public's interest to use these research sites as efficiently as possible. For each site we recorded, if available, its name, address, geographic location, affiliation, the name of the person in charge, URL, type of site (farm, experimental plots, greenhouse), type of management (conventional, organic, grazing), area of grassland or plots, special features and research facilities. When the descriptions on the websites lumped sites, we retained the agglomeration. The area of some sites was not indicated. We excluded sites dedicated to variety trials and seed multiplication. The database will be accessible to participants of the meeting to update the entries.

Results and Discussion

We recorded 56 entries in the database representing a grassland area of >800 ha on 28 experimental farms and 26 plot sites affiliated to 36 institutions (Fig. 1, Tab. 1). Sixteen sites had conventional, eleven sites had organic management. Twenty-four sites were grazed, twenty-seven sites comprised sward plots (non-experimental grassland composition), thirteen sites were dedicated to the analysis of feed quality, and three sites were dedicated to examine milk quality.

Conclusions

Grassland research is better geared to inform farmers and policy when results are based on a broad range of sites representing the full diversity of climate and soils of Germany. Publicly funded institutions maintain a host of sites potentially useful for monitoring, experimentation, and comparison. The database is a start for sharing the resources but requires a convenient mechanism (e.g. a single booking portal) for making the sites actually available to researchers.

Fig. 1. Location of grassland research sites (♦) and – connected by lines – their institutional affiliations (★), based on an internet survey of publicly funded agricultural research institutions in 2020.

Tab. 1: Initial survey of grassland research sites, 2020.

Abbreviations — BW: Baden-Württemberg, FH: Fachhochschule, HS: Hochschule, KPF: Kulturpflanzenforschung, LA: Landesanstalt, LAmt: Landesamt, LFA: Landesforschungsanstalt, LWK: Landwirtschaftskammer, Lz: Leibniz, MV: Mecklenburg-Vorpommern, ST: Sachsen-Anhalt, TLLLR: Thüringer LA für Landwirtschaft u. Ländlichen Raum.

Characteristics — F: farm, P: plots, O: organic, C: conventional, G: grazing, S: sward, Q: feed quality assessments, M: milk quality assessments

Institutional affiliation	Name of grassland site(s)	Characteristics						
Bayerische Staatsgüter	Ökologisches Lehr-, Versuchs- u.	F		0		G		Q
	Fachzentrum Kringell						_	
Bayerische Staatsgüter	Lehr-, Versuchs- u. Fachzentrum	F	Р				S	
	Spitalhof							
FH Kiel	<u>Lindenhof</u>							
FH Südwestfalen	Versuchsgut Merklingsen				С			
Forschungsintitut für	<u>Institutsweiden</u>					G		
Nutztierbiologie								
Friedrich-Loeffler-Institut	Versuchsstation Braunschweig	F						Q M
HS Anhalt	Campus Strenzfeld		Р					
HS Anhalt	Versuchsbetrieb Strenzfeld		Р					
HS Eberswalde	none listed							
HS Neubrandenburg	Lehr- u. Demonstrationsgarten		Ρ				S	
HS Nürtingen-Geislingen	Lehr- u. Versuchsbetrieb	F				G	S	
9	Tachenhausen							
HS Nürtingen-Geislingen	Lehr- u. Versuchsbetrieb Jungborn	F				G	S	
HS Osnabrück	Versuchsbetrieb Waldhof	F		0	С		S	Q
HS Weihenstephan-Triesdorf	Betriebsfläche Triesdorf	F			С	G	S	
HS Weihenstephan-Triesdorf	Landwirtschaftlicher Betrieb	F	Р		С	G		
	Grünschwaige	-			•			
Julius Kühn-Institut	Versuchsfeld Braunschweig		Р				S	
LA für Landwirtschaft u.	Versuchsfeld Iden		Р				S	
Gartenbau ST								
LAmt für Umwelt, Landwirtschaft	Lehr- u. Versuchsgut Köllitsch	F				G	S	
u. Geologie								
LAmt für Umwelt, Landwirtschaft	Versuchsstationen Roda, Nossen,		Ρ					
u. Geologie	Pommritz u. Christgrün; Prüffelder							
	Forchheim u. Baruth							
Landwirtschaftliche Lehranstalten	Betriebsfläche Eggenhof	F			С	G	S	
Triesdorf						_	_	_
Landwirtschaftliches Zentrum BW	•					G	S	Q
Lz-Institut für Agrartechnik u.	Fieldlab for Digital Agriculture		Ρ					
Bioökonomie			_					
Lz-Institut für Pflanzengenetik u.	Phytokammer, Gewächshaus,		Р					
KPF	Pflanzenkulturhalle		_			_	_	
Lz-Zentrum für	<u>Versuchswesen in Paulinenaue</u>		Р			G	S	
Agrarlandschaftsforschung	Versueboursen in Münchehens		Р					
Lz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung	Versuchswesen in Müncheberg		٢					
LFA für Landwirtschaft u.	Versuchsstation Gülzow		Р				s	
Fischerei MV	VEISUCIISSIAIIOII GUIZOW						J	
LWK Niedersachsen	Feldversuchsstation für		Р			G	S	O
ZTTT THOUGHOUTH	Grünlandwirtschaft u. Rinderhaltung		•			J	J	•
LWK Nordrhein-Westfalen	Haus Riswick	F	Р	0	С	G	s	Q
LWK Nordrhein-Westfalen	Versuchsstation Dollendorf	•	•	•	•	_	_	_
LWK Nordrhein-Westfalen	Versuchsstation Remblinghausen	F			С			
		Г	D		U		c	
LWK Nordrhein-Westfalen	Versuchsstation Schuby		Р				S	

Institutional affiliation	Name of grassland site(s)	Cł	nar	act	eri	sti	cs		
Thünen-Institut	<u>Trenthorst</u>	F		0		G	S	Q	
Tierärztliche Hochschule Hannover	Lehr- u. Forschungsgut Ruthe	F			С	G			
TLLLR	Versuchsstation Friemar		Ρ						
TLLLR	<u>Heßberg</u>		Р					Q	
TLLLR	Versuchsstation Burkersdorf		Р				S	Q	
TU München	Versuchsgut Veitshof	F	Р				S	Q	
Universität Bonn	Campus Klein Altendorf		Р						
Universität Bonn	Versuchsgut Frankenforst	F				G			
Universität Bonn	Versuchsbetrieb Wiesengut	F		0		G	S		
Universität Geisenheim University	none listed								
Universität Giessen	Lehr- u. Forschungseinheit	F			С	G			
	Rauischholzhausen								
Universität Giessen	Lehr- u. Forschungseinrichtung	F			С	G			
Linivaraität Ciaaaan	Oberer Hardthof	F		\sim		_			
Universität Giessen	<u>Lehr- u. Forschungseinheit</u> Gladbacherhof	Г		0		G			
Universität Giessen	Umweltbeobachtungs- u		Р		С		S	Q	
Cimverence Ciecesiii	Klimafolgenforschungsstation Linden						Ī	_	
Universität Giessen	Versuchsstation "Am Rittergut"	Ρ					S		
Universität Göttingen	Klostergut Reinshof	F		0	С		S		
Universität Göttingen	Versuchsgut Relliehausen	F				G	S	Q	
Universität Göttingen	Klostergut Marienstein	F							
Universität Göttingen	Klostergut Deppoldshausen	F		0	С		S		
Universität Hohenheim	<u>Ihinger Hof</u>	F					S		
Universität Hohenheim	<u>Heidfeldhof</u>								
Universität Hohenheim	<u>Eckartsweiher</u>								
Universität Hohenheim	<u>Meiereihof</u>	F			С	G			
Universität Hohenheim	<u>Kleinhohenheim</u>			0					
Universität Kassel	Versuchsflächen Neu-Eichenberg		Р	0	С				
Universität Kassel	Versuchsflächen Reiffenhausen		Р			G	S		
Universität Kiel	Versuchsbetrieb Karkendamm	F			С	G			М
Universität Kiel	Versuchsgut Lindhof	F	Ρ	0		G	S	Q	М
Universität Rostock	none listed								

29-jährige Zusammenarbeit Forschung und Praxis im Projekt Öko-Leitbetriebe in NRW

Edmund Leisen

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

Ziel des Projektes

Breit gefächerter Wissens- und Erfahrungsaustausch aus Praxis, Beratung und Wissenschaft für einzelbetriebliche Weiterentwicklung bei Futtergewinnung, Management von Wiederkäuern und Anpassung an den Klimawandel.

Einleitung und Problemstellung

Im Rahmen des Projektes "Öko-Leitbetriebe in NRW" hat sich in den letzten 29 Jahren ein praxisnahes Versuchswesen mit intensivem Erfahrungsaustausch zwischen Forschung, Beratung und Praxis entwickelt. Ursprünglich waren auf den Leitbetrieben nur reine Demonstrationen auf Basis von Versuchen geplant. Doch schon im ersten Jahr wurde deutlich, dass es Versuche speziell auf Öko-Betrieben kaum gab. Dort, wo es sie gab, waren sie nicht immer systemkonform. Beispiel: Mischungsvergleich bei Kleegras auf ehemaligem Grünland, eine Konstellation, die eher einer Sondersituation im Öko-Landbau entspricht. Dadurch können Artenzusammensetzung, Ertrag und Qualität maßgeblich beeinflusst werden und waren als Basis für die Beratung kaum geeignet. Für übliche Versuche (voll randomisiert, 4 Wiederholungen) fehlten aber auch bei langjähriger Projektdauer die Kapazitäten, wenn die Vielfalt der Fragestellungen und einzelbetrieblichen Bedingungen nur im Ansatz berücksichtigt werden soll. Ein neuer Ansatz für Versuche und Untersuchungen war erforderlich.

Material und Methoden

In Zusammenarbeit mit der AG Öko Futtersaaten (Arbeitsgemeinschaft von Praxisbetrieben aus DE, NL, BE, LU, CH, AT, IT) hat sich ein länderübergreifendes Netzwerk entwickelt mit derzeit 1.518 Teilnehmern (86 % Landwirte, 9 % Berater, 5 % Wissenschaftler), Das Netzwerk bildet eine breite Basis für kurz- und langjährige Versuche und Untersuchungen, aber auch für den Erfahrungsaustausch. Beispielsweise für langjährige Vergleiche auf Gesamtbetriebsebene (seit 2004, derzeit 230 Betriebe) und der Weidefläche (seit 2011, derzeit 60 Betriebe). Festgehalten werden beim Gesamtbetrieb Jahresdaten und bei Weide Wochendaten: Viehbesatz, genutzte Futterfläche, ermolkene Milch, Milchinhaltsstoffe, Zufütterung, Gesundheitsparameter, Niederschläge. Zur Berechnung der Flächenproduktivität wird die realisierte Milchleistung anteilig der Energiezufuhr auf die einzelnen Futterkomponenten aufgeteilt (Leisen 2013, Leisen et al. 2013). Bei der Flächenproduktivität werden Veränderungen der Futterreserven nicht berücksichtigt, was aber den langjährigen Trend nicht beeinflussen dürfte. Außerdem werden nur Betriebe dargestellt, die langjährig nur geringe Veränderungen im Flächenumpfang haben. Die Datenbasis wird für themenspezifische Auswertungen genutzt, wie z.B. Fruchtfolgewirkung (siehe unten). Des Weiteren erfolgen Ringtests zu Mischungs- und Sortenvergleichen (Leisen 2018, Leisen et al 2020; Luzernesorten siehe unten; Anlage in Langstreifen mit 3 Wiederholungen).

Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Flächenproduktivität im Mittel aller Standorte und Einfluss von Trockenjahren

Zwischen 2004 und 2017 blieb die Flächenproduktivität der Futterflächen in etwa konstant, zumindest im Mittel aller Betriebe. Mittlere Flächenleistung aller Öko-Milchviehbetriebe im Netzwerk in dieser Zeit: 34.642 MJ NEL/ha. In den Trockenjahren 2018 – 2020 sank sie deutlich auf 87 % im Mittel aller Betriebe im Vergleich des Niveaus der vorhergehenden 14 Jahre ab, im Extrem im Einzeljahr um bis zu 62 %. Moor- und Marsch-, aber auch einige Lehmstandorte, waren von der Trockenheit weniger betroffen oder zeigten sogar höhere Flächenproduktivität (Abb. 1).

Veränderung-der-Flächenproduktivität-¶ in-ersten-14-Jahren¶ Farben zeigen-Relativertrag-2011 –-2017-zu-2004 –-2010,¶ Farben zeigen-Relativertrag-2011 –-2017-zu-2004 –-2010,¶ Farben zeigen-Relativertrag-zu-2004 –-2017,¶ Farben zeigen-Relativertrag

Abb. 1: Entwicklung der Flächenproduktivität von Futterflächen in Norddeutschland/Benelux, links innerhalb der ersten 14 Jahre, rechts in Trockenjahren 2018 – 2020

Grünland-Ackerbaubetriebe: Über 14 Jahre zurückgehende Flächenproduktivität bei höherem Kleegrasumfang

Auf Grünland-Ackerbaubetrieben mit höherem Kleegrasumfang (Anteil an der Hauptfutterfläche (HFF) und beim Fruchtfolgeanteil) ist in den ersten 14 Jahren von 2004 – 2017 ein Rückgang erkennbar, bei Lehmböden (Abb. 2 links) und noch deutlicher auf Sandböden (Abb. 2 rechts). Die Trockenjahre 2018 – 2020 führten zu einem weiteren Rückgang der Erträge auf 87 % bei Lehmböden und auf sogar 73 % bei Sandböden.

Die Kleegrasanteile (inklusive Luzernegras) liegen auf fast allen Betrieben weit über dem in der Literatur empfohlenen Fruchtfolgeanteil von 25 %. Auf weniger kleewüchsigen Standorten sollte sogar noch seltener Klee stehen. Dass höhere Kleeanteile heute überhaupt möglich sind, und dass auf einigen Betrieben seit mehr als 32 Jahren ohne erkennbaren Ertragsrückgang, könnte an den heute resistenteren Sorten liegen. Es gibt aber auch heute noch Grenzen, wie die Ertragsveränderungen der letzten Jahre zeigen. Bei geringerem Kleegrasumfang ist eher ein Anstieg und bei höherem Kleegrasumfang ein Rückgang der Flächenproduktivität festzustellen, wobei bei Trockenheit die Standorte mit hohem Kleegrasumfang empfindlicher reagieren. Dies könnte an Kleemüdigkeit liegen, nicht unwahrscheinlich bei einem Fruchtfolgeanteil bei Kleegras von mehr als 50 %.

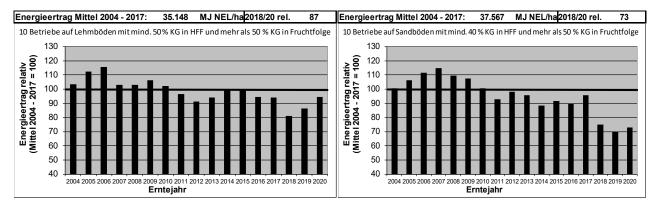


Abb. 2: Entwicklung der Flächenproduktivität von Futterflächen in Norddeutschland/Benelux auf Betrieben mit höherem Kleegrasanteil an der HFF und in der Fruchtfolge, links Lehmböden, rechts Sandböden

Luzerne im Sortenvergleich 2019 bis 2021 (läuft bis 2025)

Der Vergleich von Luzernesorten, die in der Beschreibenden Sortenliste vom Bundessortenamt gelistet sind (im weiteren als "Deutsche Sorten" bezeichnet) sowie sonstiger Sorten auf dem Markt (hauptsächlich aus Italien stammend) auf bisher 2 Standorten zeigt:

Beim Rohprotein- und Trockenmasseertrag waren die Unterschiede nicht sehr groß, zumindest, wenn man das Mittel aller Sorten vergleicht. Deutsche Sorten waren aber im Frühjahr ertragsstärker, die Italienischen in den späteren Aufwüchsen. Einzelne Sorten zeigten deutliche standortspezifische Effekte mit höheren Relativerträgen an einem Standort und geringeren am Anderen. Italienische Sorten waren lageranfälliger (Abb. 3 links) und zeigten eine geringere Frosthärte (Veröffentlichung in Vorbereitung). Der Rohproteingehalt war bei den meisten Deutschen Sorten höher und entsprach der Einstufung durch das Bundessortenamt.

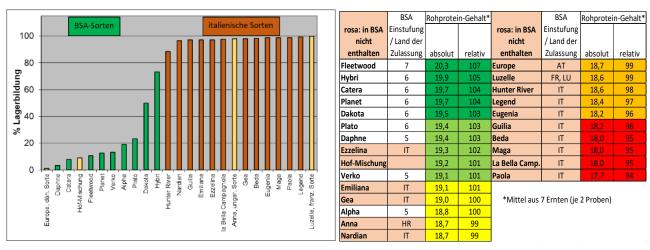


Abb. 3: Luzerne: links Lagerbildung 2. Aufwuchs Juli 2020 am Dottenfelderhof; rechts Rohproteingehalt und BZA-Einstufung/ Land der Zulassung

Erfahrungsaustausch

Die Veränderungen der Flächenproduktivität in Abhängigkeit der Witterung und dem Kleegrasanteil, sowie die Sortenwahl bei Luzerne werden bei ausgewählten Veranstaltungen im Netzwerk diskutiert. Dazu gehören wöchentliche Rundschreiben, ein wöchentlicher Online-Höfe-Stammtisch (bisher 72 Abende mit insgesamt 4.038 Teilnehmern), sowie diverse Feldbegehungen im Sommer und Regionaltreffen im Winter. Auf den Veranstaltungen werden die über- und einzelbetrieblichen Ergebnisse dargestellt und mit der Praxis diskutiert. Der Erfahrungsaustausch dient dazu, z.B. in Bezug auf die Luzernesorten, das Potential mit guter Sortenwahl zur betrieblichen Weiterentwicklung aufzuzeigen und die Ertragsveränderungen bei weiteren Veranstaltungen zu diskutieren. Praktiker auf Standorten mit rückgänger Flächenproduktivität können sich im Netzwerk mit anderen Landwirten auf vergleichbaren Standorten über Maßnahmen austauschen und

Empfehlungen aus den Versuchen diskutieren, um sich breiter aufzustellen und dem Rückgang der Flächenproduktivität entgegenzuwirken.

Ausblick

Bestimmte Fragestellungen lassen sich erst in langjährigen Untersuchungen beantworten, wie die Auswirkungen enger Fruchtfolgen auf die Ertragsfähigkeit des Standortes erst nach mehreren Fruchtfolgezyklen. Unerlässlich sind langjährige Untersuchungen und Begleitung bei der einzelbetrieblichen Anpassung an den Klimawandel.

Schlussfolgerungen

Im Netzwerk wird praxisnah der Einzelbetrieb weiterentwickelt. Ein wesentliches Instrument dabei: Erfahrungsaustausch auf breiter Datenbasis aus Praxis und Untersuchungen/Versuchen sowie einzelbetriebliche Tests. Das verbessert die Übertragbarkeit, letztendlich die Akzeptanz des Versuchswesens in Praxis und Gesellschaft.

Weitere Infos

Versuchsberichte ab 1997 unter <u>www.oekolandbau.nrw.de/forschung/projekte-versuche</u> sowie wöchentliche Rundschreiben über den Autor beziehbar.

Finanzielle Förderung

Land und Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, EU, AG Öko-Futtersaaten, Landwirte

Literatur

- Leisen, E. (2013): Flächenleistung von Futterflächen und Kuhweiden in unterschiedlichen Regionen unter Bedingungen des ökologischen Landbaus. *Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, Tagungsband 2013, 176 180.
- Leisen E., Spiekers H., Diepolder M. (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.
- Leisen, E. (2018): Vergleich von Kleegras-, Luzerne- und Kräutermischungen auf Öko-Milchviehbetrieben 1997 -2017. *Broschüre*, 121 S.
- Leisen, E., Glowacki, S. (2020): Test von Rotkleesorten unter Weidenutzung 2015 2019. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften.

Akzeptanzuntersuchung neuartiger, bifacialer Solarmodulsysteme auf landwirtschaftlichen Nutzflächen – Präexperimentelle Studie qualitativer Art zur Ableitung von Arbeitshypothesen

Püttschneider, Niels, Schröter, Iris, Mergenthaler, Marcus

Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Fachgebiet Agrarökonomie/ Agrarmärkte &- marketing, Lübecker Ring 2, 59494 Soest.

puettschneider.niels@fh-swf.de

Einleitung und Problemstellung

Im Bestreben, klimafreundliche und unabhängige Energiebezugsquellen zu schaffen, ist in Deutschland Solarenergie zunehmend im politischen Lösungsfokus vorzufinden (Stratmann 2022). Solarsysteme mit vertikalen, bifacialen Solarpanelen, die auf Vorder- und Rückseite photoelektrisch aktiv sind, bieten eine neue Möglichkeit Land- und Energiewirtschaft zu kombinieren. Um Flächenversiegelungen zu vermeiden und Habitatstrukturen zu erhalten, bieten vertikale Solarpanele Vorteile gegenüber konventionellen Freiflächensolaranlagen. Das System nutzt bei Nord-Süd-Ausrichtung die Sonneneinstrahlung optimal am Vor- und Nachmittag aus und generiert einen Mehrertrag der Jahresenergiemenge (Outarky 2022, Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 2022: S. 14).

Die zu untersuchende Problematik konkretisiert sich, ähnlich wie es auch häufig bei Planungen für Windkraftanlagen der Fall ist, im stark veränderten Landschaftsbild und damit der gesellschaftlichen Akzeptanz von Agriphotovoltaik mit vertikalen, bifacialen Solarpanelen (Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende 2020: S.17; Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung 2017: S. 11). Ziel begleitender Untersuchungen sollte es deshalb sein, Erkenntnisse zu erlangen, wie sich Mehrfachnutzungen in Form unterschiedlicher Arten der Grünlandnutzung inkl. Weidetierhaltung auf die gesellschaftliche Akzeptanz solcher Solarparks auswirken. Dazu wurde zunächst die im Folgenden dargestellte präexperimentelle Studie durchgeführt. Deren Ziel war es, erste Eindrücke zur visuellen Wahrnehmung und zur Beurteilung der dargestellten Nutzungsvarianten mit Hilfe von Eye-Tracking zu erlangen und daraus Arbeitshypothesen für vertiefende experimentelle Untersuchungen abzuleiten.

Material und Methoden

Für die präexperimentelle Studie wurden mit Hilfe eines Bildbearbeitungsprogrammes (Adobe Photoshop Version 23.0.0 202111013) verschiedene Mehrfachnutzungen eines Solarparks bildgestützt simuliert. In einem Mixed-Method-Ansatz, kombiniert aus Table-Mounted basiertem Eye-Tracking (30 Hz Eye-Tracker "myG@ze N" des Herstellers SensoMotoric Instruments) und einem qualitativen Interview wurden die Untersuchungsdaten zu vier unterschiedlichen Bildvarianten erhoben. Grundlage war ein Bild eines Solarparks (NEXT2SUN o.J.) mit doppelstöckigen, bifacialen Solarpanels und Grünland (vgl. Abb. 1, keine Bildmanipulation). Folgende Bildmanipulationen wurden vorgenommen und zusätzlich zum Originalbild untersucht: Einfügen von Rindern zur Simulation einer Beweidung mit Mutterkühen (Abb. 2); Einfügen von Hühnern zur Simulation von Freilandhaltung bei Geflügel (Abb. 3); Einfügen von Silageballen zur Simulation der Flächennutzung zur Futtergewinnung (Abb. 4). Vier Versuchspersonen (VP), (jeweils zwei weibliche und zwei männliche im Alter zwischen 23 und 57 Jahren) wurden für die präexperimentelle Studie rekrutiert. Als Erhebungsplattform für die Eye-Tracking-Untersuchung diente das webbasierte Eye-Tracking-Programm "Eyevido" (EYEVIDO GmbH 2022). Jede der vier illustrierten Bildvarianten wurde jeweils für 25 Sekunden gezeigt und das Blickverhalten der VP während dieser Betrachtungszeit aufgezeichnet. Im Anschluss an das Eye-Tracking erfolgte jeweils das Interview, in welchem die VP gebeten wurden, sich zu den folgenden Aspekten zu äußern: Wahrnehmung der Bildbearbeitung, Einstellung zu gezeigten PV-Systemen sowie allgemeine Bedenken und Kritiken. Die erhobenen Eye-Tracking-Daten sind mittels Attentionmaps visualisiert. Diese sind mit der Coverfarbe weiß versehen. Die Deckkraft beträgt 80%, die Skalierung liegt bei 10%. Die Intensität der Farbabdeckung nimmt mit zunehmender Fixationsintensität ab, d.h. gut sichtbare Bereiche der Attentionsmaps weisen auf intensive Betrachtung dieser Bildbereiche hin (Brychtova et al. 2012). Die Attentionmaps basieren auf den Untersuchungsdaten aller vier VP.

Ergebnisse und Diskussion

Die Attentionsmaps (Abb. 1-4) veranschaulichen das Blickverhalten der vier VP bei Betrachtung der illustrierten Stimulus-Varianten. Alle vier abgebildeten Stimulus-Varianten basieren auf dem Originalfoto von NEXT2SUN (o. J).



Abb. 1: Stimulus a: Attentionmap mit vertikalen Solarmodulen



Abb. 2: Stimulus b: Attentionmap Grünlandfläche mit vertikalen Solarmodulen + Kühe



Abb. 3: Stimulus c: Attentionmap Grünlandfläche mit vertikalen Solarmoudlen + Hühner



Abb. 4: Stimulus d: Attentionmap Grünlandfläche mit vertikalen Solarmodulen + Silageballen

Die Attentionmaps zeigen, dass die Blicke der VP in Abb. 1 breit gestreut sind. Im Vordergrund werden die beiden Solarzäune intensiv fixiert. Dies könnte einerseits auf ein erhöhtes Interesse an diesem Bildbereich hindeuten; andererseits könnte das ein Hinweis für eine gewisse Komplexität der bildlich bereitgestellten Informationen und der mit der Informationsverarbeitung verbundenen kognitiven Beanspruchung sein (Geise 2011). Das bifaciale Agriphotovoltaiksystem war den VP vor

der Untersuchung nicht bekannt. Sie haben möglicherweise versucht, die entsprechenden Bildinhalte mit ihrem bisherigen Wissen zur Solarstromgewinnung abzugleichen. Die hohe Fixationsintensität im Hintergrundbereich zwischen den beiden Plattenzäunen lässt vermuten, dass die reihenförmige Anordnung der Solarpanele den Blick der VP in den Hintergrund gelenkt haben könnte. Dieses Blickverhalten ist in ähnlicher Form auch in Abb. 4 identifizierbar. Hier ziehen jedoch ebenfalls die Silageballen visuelle Aufmerksamkeit auf sich, während die Solarplatten etwas weniger intensiv fixiert werden. In Abb. 2 und Abb. 3 wird die visuelle Aufmerksamkeit der VP stark durch die abgebildeten Tiere gebunden, während die Solarpanele deutlich weniger als in Abb.1 und Abb. 4 fixiert werden. Die Lenkung der visuellen Aufmerksamkeit durch emotionale, Lebewesen abbildende, Bildbestandteile wurde auch in anderen Untersuchungen beobachtet und könnte auf evolutionäre Anpassungsprozesse zurückzuführen sein (Carniglia et al. 2012).

Die Ergebnisse der qualitativen Interviews können aufgrund der Aussagen in drei Hauptaspekte untergliedert werden: Auswirkungen auf das Landschaftsbild, Interaktion Solarpanele und Tiere, sowie Ökonomische Aspekte.

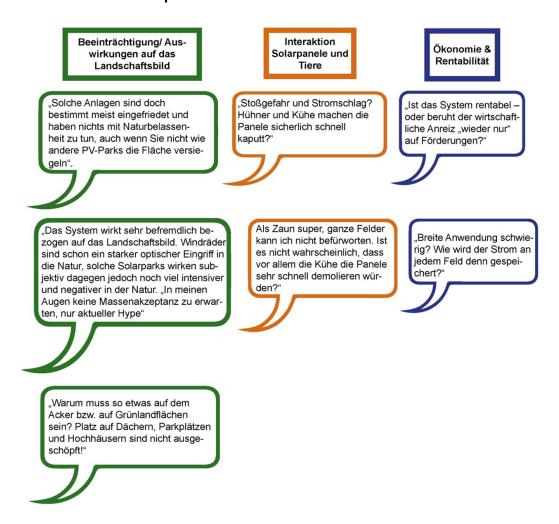


Abb. 5: Hauptaspekte der qualitativen Interviews

Die Antworten der VP deuten darauf hin, dass sie der Stromerzeugung mittels Agriphotovoltaik eher kritisch gegenüberstehen. Trotz angesprochener Vorzüge wurden die Anlagen als negativer optischer Eingriff in Natur und Landschaftsbild wahrgenommen.

Dies deckt sich mit Michel et al. (2015), dass Solaranlagen in offenen Landschaften am wenigsten akzeptiert werden. Zudem wurden Bedenken zu Interaktionen zwischen den Tieren mit den Solarpanelen geäußert. Diese werden in möglichen Beschädigungen an den Panelen und in einer Gefahr für die Tiere durch mögliche Stromschläge gesehen. Auch wurde die Ökonomie und Rentabilität der Anlagen hinterfragt. Insgesamt lassen die Ergebnisse vermuten, dass die visuelle Wahrnehmung von Agriphotovoltaik-Anlagen im Landschaftsbild einen wesentlichen Einfluss auf die Akzeptanz solcher Anlagen haben. Eine Beweidung mit Nutztieren könnte sich durch eine

Lenkungswirkung des Blickverhaltens weg von technischen Details hin zu den Tieren akzeptanzfördernd auswirken.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der präexperimentellen Studie liefern erste Rückschlüsse auf das Blickverhalten bzw. auf die visuelle Wahrnehmung der VP und deren Beurteilungen zu den gezeigten Stimuli. Im zukünftigen Verlauf dieses Forschungsvorhabens lassen sich gestützt durch diese Erkenntnisse die Arbeitshypothesen zur Darstellung von vertikalen, bifacialen Solarmodulsystemen ableiten:

- Zusätzliche Bildelemente reduzieren visuelle Aufmerksamkeit auf Panelen und Hintergrund
- Tiere ziehen mehr visuelle Aufmerksamkeit auf sich als unbelebte Bildelemente
- Große Tiere ziehen visuelle Aufmerksamkeit stärker auf Einzeltiere
- Doppel- bzw Mehrfachnutzungen wirken akzeptanzfördernd

Literatur

Brychtova, A., Popelka, S., Dobesova, Z. (2012): Eye-Tracking methods for investigation of cartographic principles, Proceedings of SGEM 2012, 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Volume 2, STEF92 Technology Ltd., Sofia, Bulgaria, 1041-1048.

Carniglia, E., Caputi, M., Zambarbieri, D., Manfredi, V., Pessa, E. (2012): The influence of emotional picture thematic content on exploratory eye movements. Journal of Eye Movement Research 5(4):4, 1-9.

Eyevido GmbH (2022): Eyevido Homepage (https://eyevido.de/de/impressum/ abgerufen am 05.06.2022).

Geise (2011): Eye-Tracking in der Kommunikations- und Medienwissenschaft: Theorie, Methode und kritische Reflexion. SCM Studies in Communication and Media, Extended Paper. Universität Erfurt, Kommunikationswissenschaften.

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2017): Faktenpapier Windenergie in Hessen: Landschaftsbild und Tourismus. Bürgerforum Energieland Hessen. HA Hessen Agentur GmbH, S.11.

Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (2020): Auswirkungen von Solarparks auf das Landschaftsbild, Methoden zur Ermittlung und Bewertung. Kompetenzzentrum für Naturschutz und Energiewende, Berlin. S.17.

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2022): Agri-PV-Kombination von Landwirtschaft und Photovoltaik. Schriftreihe, Heft 01/2002. (LfULG) S.14.

Michel, A.H., Buchecker, M., Backhaus, N. (2015): Renewable Energy, Authenticity, and Tourism: Social Acceptance of Photovoltaic Installations in a Swiss Alpine Region. Mountain Research and Development, 35(2): 161-170. International Mountain Society.

Next2Sun (o.J): Agri-PV-Konzept. https://www.next2sun.de/unser-konzept/ (abgerufen am 10.06.2022).

Outarky (2022): Photovoltaik für die Landwirtschaft. Agri-Photovoltaik. (https://outarky.de/loesungen/photovoltaik/agri-photovoltaik/ abgerufen am: 07.06.2022).

Stratmann, K. (2022): Eckpunktepapier: Freie fahrt für Photovoltaik auf dem Acker. Handelsblatt. Handelsblatt GmbH - ein Unternehmen der Handelsblatt Media Group GmbH & Co. KG. (https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/erneuerbare-energien-eckpunktepapier-freie-fahrtfuer-photovoltaik-auf-dem-acker/28055362.html abgerufen am: 07.06.2022).

Beeinflussung der Kationen-Anionen-Bilanz (DCAB) durch die Kaliumdüngung auf einem Auengrünlandstandort

B. Greiner, B. Frey

Landesanstalt für landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Lindenstraße 18, 39606 Iden, baerbel.greiner@llg.mule.sachsen-anhalt.de

K+S Regionalberatung, Schulweg 24, 39418 Neundorf, bernd.frey@k-plus-s.com

Einleitung und Problemstellung

Die Kationen-Anionenbilanz (DCAB) in Grassilagen besitzt große Bedeutung für die Fütterung von Milchkühen vor der Kalbung und in der Laktation. Während die Berücksichtigung der DCAB in der Vorbereitungsfütterung bereits zur guten fachlichen Praxis gehört, wird aktuell der nachteilige Einfluss niedriger bzw. negativer DCAB für die Fütterung von laktierenden Milchkühen diskutiert. Niedrige DCAB aufgrund hoher Cl- und S-Gehalte wirken azidotisch. Für Gesamtrationen in der Laktationsfütterung werden DCAB von 150 bis 350 meg/kg TM empfohlen (Staufenbiel et al, 2007). Die DCAB in Grassilagen ist abhängig von der Zusammensetzung des Aufwuchses und sie wird durch den Standort und die Kaliumdüngung beeinflusst. In den Folgeaufwüchsen und in Grassilagen von Niedermoorgrünland wurden häufig niedrige bzw. negative DCAB festgestellt, die über die Rationsgetaltung ausgeglichen werden müssen (Engelhard et al. 2017, Greiner et al. 2018). Eine Unterlassung der Kaliumdüngung kann in Grassilagen zu niedrigen DCAB führen aber auch eine Düngung mit chloridhaltigen Kalidüngern, da mit mit einer Düngergabe von 100 kg K/ha zwischen 95 (60er Kali) und 460 kg Cl/ha (Kainit) ausgebracht werden (FREY 2018) Zur Beantwortung der Frage des Einflusses der mineralischen Kaliumdüngung auf die DCAB wurden ab 2016 in K-Düngungsversuchen auf einem Auengrünlandstandort in Sachsen-Anhalt die DCAB-relevanten Kationen Na und K und die Anionen Sulfat und Chlorid in Grünlandaufwüchsen untersucht und seit 2018 K-Düngungsvarianten mit chlorid- und sulfathaltigen K-Düngern verglichen.

Material und Methoden

1997 und 2018 wurden auf einem alluvialen Deckauenton-Gley-Standort (Al1) in der Elbaue 2 Kalium-Düngungsversuche mit je vier Düngungsvarianten und vier Wiederholungen als lateinisches Quadrat angelegt. Der Versuchsort liegt 18 m über NN. Die Jahresniederschlagssumme beträgt im langjährigen Mittel 525 mm und die Jahresmitteltemperatur 9,1 °C. Die Bodenart ist ein humoser lehmiger Sand bis sandiger Lehm. Im 1997 angelegten K-Düngungsversuch wurde die Höhe der Kaliumgaben mit dem chloridhaltigen Dünger 60er Kali variiert (Tab. 1). Im 2018 angelegten Kalium-Düngungsversuch war die Höhe der Kaliumgaben in den gedüngten Varianten konstant und es wurden chloridhaltige Kalidünger mit einem sulfathaltigen Kalidünger hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Höhe der DCAB-relevanten Mineralstoffgehalte untersucht (Tab. 2). Die Nutzung erfolgte in beiden Versuchen mit Ausnahme des Jahres 2018 mit 3 bis 4 Schnitten.

Tab. 1: Düngung der Versuchsvarianten im Kali-Düngungsversuch mit K60 im Jahresmittel

Variante	kg K/ha	kg P/ha	kg N/ha
ohne K	0	24	194
0,7* Entzug	113	24	194
1,0* Entzug	163	24	194
1,3* Entzug	213	24	194

Neben dem Prüfglied ohne K- Düngung und der Düngung nach einem Standardentzug von 20 g K/kg TM betrugen die variierten Grunddüngergaben im 1997 angelegten K-Düngungsversuch 70 % und 130 % des Entzuges. Die Grunddüngung erfolgte zum 1. Aufwuchs. Die verwendeten Dünger waren 60er Kali, Triplesuperphosphat und KAS.

Die Düngergaben und die verwendenten Dünger der Versuchsvarianten des 2018 angelegten Kaliformen-Düngungsversuches sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Zum 1. Aufwuchs wurden 100 kg K/ha und zum 2. Aufwuchs 45 kg K/ha gedüngt. Die für die Phosphor- und Stckstoffdüngung verwendeten Düngerarten waren ebenfalls KAS und Triplesuperphosphat.

Untersucht wurden in beiden Düngungsversuchen die Ertragsleistungen, die Mineralstoffgehalte im Boden und in der Pflanze und im 1997 angelegten Versuch seit 2016 die zur Kalkulation der DCAB erforderlichen Mineralstoffgehalte (K, Na, S, Cl) in der Pflanze.

Tab. 2: Jährliche Düngung der Versuchsvarianten im Kaliformen-Düngungsversuch

Variante	kg K/ha	kg P/ha	kg N/ha
ohne K, Kieserit	0	30	190
Kali-SOP	100 + 46	30	190
60er Kali	100 + 46	30	190
Korn-Kali+ Kainit	100 + 46	30	190

Die DCAB mit den DCAB- relevanten Mengenelementen in g/kg TM wurde nach folgender Formel kalkuliert: DCAB meg/kg TM = (43.5 * Na + 25.6 * K) - (28.5 * Cl + 62.3 * S).

Die Bestimmung der Bodengehaltswerte für P und K erfolgte im Kalium-Steigerungsversuch nach der DL-Methode und im Kali-Formenversuch nach der CAL- Methode.

Ergebnisse und Diskussion

Die K-Bodengehalte sanken im K-Steigerungsversuch ohne K-Düngung im Versuchszeitraum von 13 auf 4 mg/100g Boden und mit einer reduzierten K-Düngung auf 8 mg/100g Boden. Eine am Standardentzug orientierte K-Düngung sicherte in den meisten Versuchsjahren den Verbleib in der Gehaltsklasse C. Düngezuschläge führten zu einer Aufdüngung auf 20 mg K/100g Boden.

Tab. 3: K-Bodengehalte und K-Düngebilanzsummen in den Versuchspentaden

Variante		1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
ohne K	mg K/100g Boden	13 - 7	6 - 5	5 - 4	4 - 4	4 - 4
	K-Bilanz kg/ha	-961	-651	-669	-425	-313
0,7*	mg K/100g Boden	13 - 9	6 - 7	5 - 7	5 - 7	6 - 8
Entzug	K-Bilanz kg/ha	-538	-430	-553	-176	-77
1,0*	mg K/100g Boden	13 -11	10 - 10	7 - 6	7 - 10	9 - 10
Entzug	K-Bilanz kg/ha	-294	-298	-447	-51	-17
1,3*	mg K/100g Boden	13 -15	13 - 12	9 - 11	17 - 19	20 - 20
Entzug	K-Bilanz kg/ha	-107	-193	-349	156	86

Tab. 4: Trockenmasseerträge in dt/ha und relativ zur nach Standardentzug mit K gedüngten Variante und K-Gehalte in der Pflanze im gewogenen Mittel aller Aufwüchse in Versuchspentaden

Variante		1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
ohne K	TM-Ertrag dt/ha	70,1	66,8	79,5	56,8	43,7
	TM-Ertrag %	93	89	86	93	79
	K-Gehalt g/kg TM	27,4	19,5	16,8	15,0	14,3
0,7*	TM-Ertrag dt/ha	75,6	73,2	91,4	57,0	50,0
Entzug	TM-Ertrag %	100	97	98	93	90
	K-Gehalt g/kg TM	32,6	26,0	24,7	25,8	24,5
1,0*	TM-Ertrag dt/ha	75,6	75,2	92,8	61,2	55,4
Entzug	TM-Ertrag %	100	100	100	100	100
	K-Gehalt g/kg TM	31,2	28,2	27,2	27,7	28,2
1,3*	TM-Ertrag dt/ha	79,2	80,4	98,3	60,5	58,7
Entzug	TM-Ertrag %	105	107	106	99	106
	K-Gehalt g/kg TM	33,9	29,5	28,7	29,2	30,9

Ohne K-Düngung wurden ab 2005 in 12 von 17 Versuchsjahren signifikante Mindererträge festgestellt. K-Gehalte < 15 g/kg TM zeigen auf dem Auenstandort ertragswirksamen K-Mangel an. Düngezuschläge führten nicht zu signifikanten Mehrerträgen aber zu Luxuskonsum mit K mit hohen K-Gehalten in der Pflanze. Die seit 2016 im K-Steigerungsversuch untersuchten DCAB-relevanten Mineralstoffgehalte zeigen, dass entgegen den Erwartungen die DCAB im Mittel der Jahre 2016 bis 2021 durch steigende K-Gehalte nicht erhöht wurde sondern abnahm, da mit den K-Gehalten die Cl-Gehalte in der Pflanze ebenfalls anstiegen. Im 1. Aufwuchs lag die DCAB generell höher als in den Folgeaufwüchsen, siehe Abb. 1.

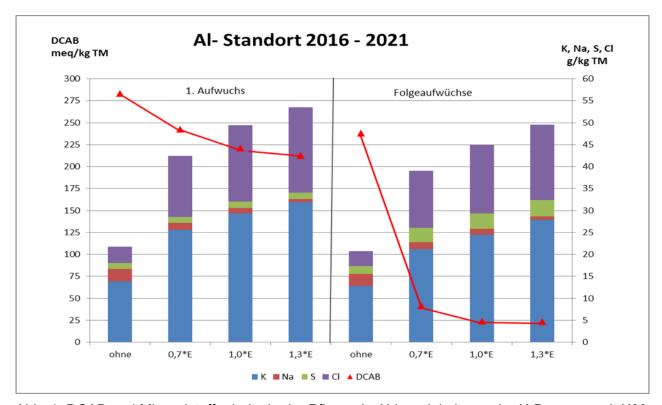


Abb. 1: DCAB und Mineralstoffgehalte in der Pflanze in Abhängigkeit von der K-Düngung mit K60

Im Kaliformen-Düngungsversuch nahm in den Varianten ohne chloridhaltigen K-Dünger und ohne K-Düngung die DCAB im Mittel der Jahre 2018 bis 2021 wie erwartet mit abnehmenden Kaliumgehalt in der Pflanze ab (Abb. 2). In den mit K gedüngten Varianten verringerte sich die DCAB mit steigenden Chloridgehalten im 1. Aufwuchs und in den Folgeaufwüchsen. Im Kaliformen-Düngungsversuch lag die DCAB in den Folgeaufwüchsen ebenfalls unterhalb der DCAB im 1. Aufwuchs und in der mit Kainit und 40er Konkali gedüngten Variante sogar im negativen Bereich.

Tab. 5: Trockenmasseerträge, Kaliumgehalte in der Pflanze im Mittel der Jahre 2018 bis 2021, Kaliumgehalte im Boden 2018 und 2021 und K-Düngebilanzsumme 2018 bis 2021

Variante	TM-Ertrag	K-Gehalt	K-Gehalt 2018	K-Gehalt 2021	K-Düngebilanz
	dt/ha	g/kg TM	mg/100g Boden	mg/100g Boden	kg/ha
ohne K, Kieserit	63,1	13,6	14	4	-344
Kali-SOP	67,7	20,2	14	6	36
60er Kali	67,8	21,8	14	8	-7
Korn-Kali+Kainit	69,7	20,7	14	5	7

Die Trockenmasseerträge im K-Formenversuch sind im Mittel der Jahre 2018 bis 2021 wegen der trockenen Jahre 2018 und 2019 im Versuchszeitraum sehr niedrig ausgefallen. Signifikante Mindererträge ohne K-Düngung wurden bisher im niederschlagsarmen Jahr 2018 festgestellt. Die K-Gehalte in der Pflanze lagen ohne K-Düngung bei 13,6 g/kg TM und weisen auf K-Mangel hin. Die K-Bodengehalte sanken ohne K-Düngung auf 4 mg/100 g Boden und konnten auch in den gedüngten Varianten nicht in der Gehaltsklasse C gehalten werden.

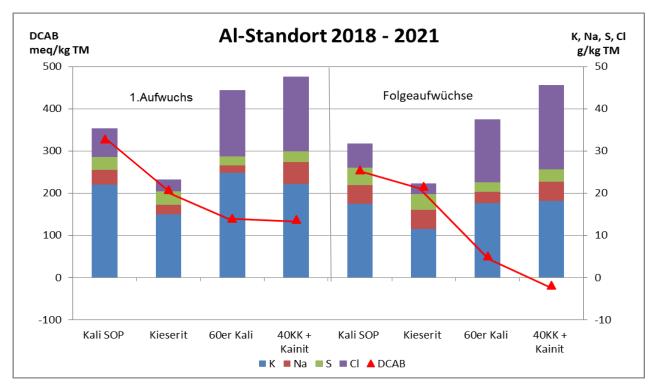


Abb. 2: DCAB und Mineralstoffgehalte in der Pflanze in Abhängigkeit von der K-Düngungsform

Schlussfolgerungen

Die DCAB von Rationen besitzt große Bedeutung in der Milchkuhfütterung. Sie variiert stark in Grobfuttermitteln insbesondere in Grassilagen. Die Kenntnis zu den Ursachen der DCAB-Variation ist für die Abschätzung der zu erwartendenden Werte von großer Bedeutung. Die DCAB wird vom Standort, dem Aufwuchs und der mineralischen Kaliumdüngung beeinflusst. Die Grunddüngung ist auf die Schaffung leistungsstarker Grünlandbestände ausgerichtet. Mit einer Kaliumdüngung nach einem Entzug von 20 g K/kg TM wurde das standorttypische Ertragspotenzial ausgeschöpft. Eine um 30 % abweichende Düngung führte nur in Einzeljahren zu signifikanten Ertragsänderungen aber bei Düngezuschlägen zu Luxuskonsum der Pflanze.

Die Auswirkungen von Düngungsmaßnahmen auf die DCAB-relevanten Mineralstoffgehalte sollten dennoch bekannt sein. Die DCAB wird durch die Kaliumdüngung mit chloridhaltigen Kalidüngern reduziert. Abhängig von der Höhe der K-Düngung und von der Chloridzufuhr durch die verwendeten Kalidünger kann die DCAB in niedrige Bereiche fallen, besonders in den Folgeaufwüchsen. Durch den Einsatz von sulfathaltigem Kalidünger steigt die DCAB dagegen in Abhängigkeit vom K-Gehalt in der Pflanze. Da hohe Kaliumgaben geteilt werden sollten, kann zur Anhebung der DCAB in den Folgeaufwüchsen eine Umsellung auf sulfathaltige Kalidünger zur 2. Gabe auf problematischen Standorten erwogen werden.

Literatur

Engelhard, T., Staufenbiel, R. & A. Meyer (2017): Effekte variierender Kationen-Anionen Bilanzen (DCAB) von Gesamtrationen mit hohen Anteilen an Rapsextraktionsschrot für laktierende Milchkühe auf deren Futteraufnahmen sowie auf Leistungs- und Stoffwechselparameter. Vortrag Sitzung UFOP-Fachkommission Tierernährung am 18.05.2017 in Berlin

Frey, B. (2018): So beeinflusst die Kalidüngung den DCAB-Wert, Milchpraxis: 1-4.

Greiner, B. & T. Engelhard (2018): Monitoring zur Kationen-Anionen-Bilanz (DCAB) im Erntegut von Grünlandaufwüchsen an unterschiedlichen Standorten, 62. AGGF-Tagungsband Kiel, 155-158

Staufenbiel, R., Gelfert., C., Hof, K., Westphal, A. & C. Daetz (2007): Einfluss verschiedener Varianten der Trockensteher- und Transitfütterung auf die Tiergesundheit und Leistung. Tagungsbericht 10. Symposium Fütterung von Kühen mit hohen Leistungen, Neuruppin.

Initiale Etablierung artenreicher Nachsaatmischungen in mittelintensiv genutzten Grünlandbeständen verschiedener Naturräume Bayerns

Möhrle K., Kollmann J., Hartmann S.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising kathrin.moehrle@lfl.bayern.de stephan.hartmann@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Grünland bietet durch seine Vielfalt bei gleichzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung gute Ansatzpunkte für die Verwirklichung nationaler und internationaler Biodiversitätszielen. Dennoch bescheinigt der nationalle FFH-Bericht (BfN 2013) allen Grünlandtypen einen schlechten bis unzureichenden Erhaltungszustand mit Trends, die weitere Verschlechterungen anzeigen. Besonders vor dem Hintergrunde der weiter präsenten Umwandlung von Grünland zu profitableren Ackerflächen und damit einhergehender Treibhausgasemissionen (Ahlering, Fargione & Parton 2016) ist eine Steigerung der Wertstellung von Grünland relevant. Durch zunehmende Verfügbarkeit gebietsheimischen Saatguts steigt aber inzwischen die Chance der großflächigen Anwendung artenreicher Nachsaamischungen mit regionaler Spezialisierung. Die Entwicklung artenreichen Grünlandes mit veränderten Kräuter- und Gräseranteilen stellt eine naturnahe Ernährung für Wiederkäuer dar, erhöht die Nutzungselastizität der Flächen (Oppermann & Gujer 2003) und bietet die Chance einer qualitativen Aufwertung unzureichender Bestände (Pirhofer-Walzl et al. 2011). Neben landwirtschaftlichen Aspekten bieten artenreiche Grünlandmischung weitere Vorteile für die lokale Fauna, die in zahlreichen Wechselbeziehungen mit der Flora steht, so wird zum Beispiel die Blühdauer und Pollenlieferung für Honigbienen und Wildinsekten (Orford et al. 2016) gesteigert und das Bodenleben und -fruchtbarkeit gefördert (Pirhofer-Walzl et al. 2013). Auch das Landschaftsbild wird durch blühendes Grünland für Erholungssuchende aufgewertet.

Es fehlt jedoch konkretes Wissen zum Saatguteinsatz in intensiveren Beständen des Grünlands bezogen auf nutzbare regionale Arten, deren Mischungspartnern und -anteilen. Diese Lücke adressiert ein Projekt zur Entwicklung und Erprobung solcher Mischungen in den Gebieten Voralpenraum, Bayerischer Wald und Franken und deckt daher verschiedene, landwirtschaftlich benachteiligte Naturräume Bayerns ab. Es werden praktische Versuchsansätze Ansaatvorbereitung und -durchführung sowie grundsätzliche Zusammensetzung Saatgutmischungen) als nachhaltigen Aufwertungsstrategie unbefriedigend zusammengesetzter Aufwüchse von dreischnittigem Wirtschaftsgrünland getestet. Unser Hauptinteresse gilt der artenreichen Mischungen auf die wichtigsten Umweltgradienten Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen den ausgewählten Arten, der Persistenz der Arten im landwirtschaftlich genutzten Grünland, der Auswirkungen der Ansaat auf unerwünschte Arten und der potenziellen Einflüsse der funktionellen Eigenschaften der Pflanzenarten.

Material und Methoden

Als Grundlage des Versuchsaufbaus dienten die als Übersaat geplanten Kräutermischungsvarianten/"Toppings" A–D. Basis der Artenauswahl innerhalb der Mischungen waren ausreichende Verfügbarkeit aus passender Herkunft, agronomische Nutzbarkeit, potentielles Vorkommen im Grünland und positive Ökosystemfunktionen. Insgesamt enthält jede Mischungsvariante zehn Arten, davon sieben gleichbleibend als Basismischung. Die letzten drei eingesetzten Arten wurden entlang eines Leguminosengradient von Mischung A zu D variiert (siehe Abb. 1a).

Das verwendete Kräutersaatgut wurde für alle verwendeten Arten bewusst aus verschiedenen Chargen der Ursprungserzeuger (Rieger-Hofmann GmbH Blaufelden, Saaten Zeller GmbH & Co. KG Eichenbühl-Guggenberg und Krimmer naturnahes Grün Freising) bezogen, um Chargeneffekte zu minimieren. Alle Arten stammten aus dem Ursprungsgebieten UG 16 oder UG 11.

Das Saatgut wurde auf Keimfähigkeit in Klimakammern in unterschiedlichen Temperaturbereichen (permanent warm oder mit vorheriger Kaltstratifizierung) und aus unterschiedlichen Chargen sowie Erntejahren getestet. Parallel dazu wurde ein Mesokosmosversuch in 64 I Kübeln Direktsaat der Toppingmischungen A–D sowie zweier Gräsermischungen (BQSM D1 und BQSM D2) und ein Feldversuch auf einer vegetationsfreien Fläche angelegt. In den eigentlichen Streulagenversuchen wurden in den Untersuchungsgebieten mit jeweils einer Wiederholung pro Standort in Form einer Spatanlage angelegt, wobei am Standort die Faktoren "Saatdichte" (in den Stufen 1 g/m² und 0.5

g/m²; Kleinteilstück) "Topping" (in den Stufen A bis D; Mittelteilstück) und "Praxisbasismischung" (in den Stufen BQSM D1 und BQSM D2; Großteilstück) variiert wurden. Die Versuchsfläche pro Großteilstück beträgt 36 m². Bei der späteren Verrechnung werden die Versuchsanlagen jeweils zu Gruppen (z.B. je Anbaugebiet) zusammengefasst. Eine Anlage entspricht damit einer Wiederholung.

Die Anlage der Flächen fand von August 2020 bis September 2021 rein maschinell mit der vor Ort zur Verfügung stehenden Technik statt. Insgesamt wurden so bayernweit 28 Versuchsflächen angelegt (Abb. 1b), resultierend in einem ersten vollen Erhebungsjahr 2022 mit Vegetationsanalyse, Ertrags- und Futterwertbewertung. Daneben werden spezifische Parameter zu Bodenfruchtbarkeit, Bodenlücken, klimatischen Bedingungen und Düngung erhoben. Nach erfolgreicher Etablierung der Kräutermischungen sind weitere Fragestellungen in Bezug auf Artenreichtum und der biotischen Resistenz gegenüber unerwünschten Arten, Wurzelmorphologien und Bodenfruchtbarkeit sowie Ökosystemdienstleitungen bezogen auf Insekten geplant.

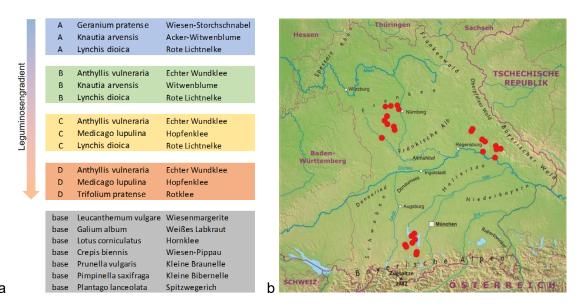


Abb. 1: Arten und Mischungsanteil der Green Topping Mischungen für naturnahe Grünlandnachsaat (a), basierend auf der "Basis" Grundmischung (80 %) und den Toppingvarianten A–D (20 %) sowie die Versuchsflächenverteilung (b) dargestellt durch rote Punkte in Bayern

Ergebnisse und Diskussion

Die Prüfung der Keimfähigkeit ergab etwas bessere Keimfähigkeit bei wärmeren Tages- und Nachttemperaturen, es traten keine Totalausfälle ein. Es zeigten sich signifikante Unterschiede in der Keimfähigkeit der Arten bezogen auf Umgebungstemperaturen, die Hälfte der getesteten Arten hatte höhere Keimungsraten bei Kaltstratifizierung.

Im Mesokosmosversuch traten alle Arten seit der Anlage 2020 mindestens einmal auf. Insgesamt konnten sich die Kräuter gegenüber den Wirtschaftsgrasarten der BQSM Mischungen gut etablieren, sie waren dominanter Vegetationsanteil im Mesokosmosversuch 2021.

Im Feldversuch zeigten sich im Herbst 2021 nach 3–14 Monaten Entwicklungszeit mehr als drei Zielarten auf 13 von 22 Flächen (Abb. 2). Die Abundanz der Kräuter war aber insgesamt gering, und vorwiegend von *Trifolium pratense* und *Plantago lanceolata* dominiert. Neben *Trifolium pratense* und *Plantago lanceolata* traten sieben weitere Zielarten mit wesentlich geringerer Abundanz auf. Eine Folgeerhebung der ersten Flächen aus 2020 zeigte eine Zunahme der Zielartenanteile auf drei erfolgreich angelegten Versuchsflächen, daher ist auch für die restlichen 2021 angelegten Flächen nach bisherigen Beobachtungen ein mit Anlagealter zunehmender Kräuteranteil möglich.

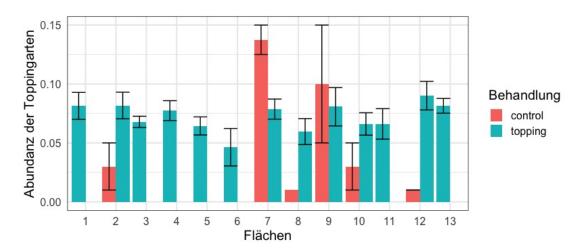


Abb. 2: Initiale Etablierung der Kräuterarten, dargestellt als akkumulierte Abundanz aller Zielarten, in den 13 ältesten Versuchsflächen ("topping") im Vergleich zur unangesäten Originalfläche ("control") nach 3–15 Monaten Entwicklungszeit

Eine erste Analyse des Ausgangsbestandes, Lückenanteilen, Ansaatdatum, klimatischer Bedingungen, Ansaatstärke, Grasmischung und Toppingvariante ergab keine signifikanten Faktoren bezogen auf den initialen Etablierungserfolg. Weitere Erhebungen sind im Frühjahr, Sommer und Herbst 2022 geplant.

Schlussfolgerungen

Alle in den Mischungen enthaltenen Kräuterarten waren keimfähig und sind im Mesokosmosversuch mindestens einmal erschienen. Ihre initiale Etablierung in den Feldversuchen ist bisher gering, dennoch zeigten die erfolgreichen ältesten Feldversuche steigende Kräuteranteile. Weitere Faktoren, die die initiale Entwicklung der Arten beeinflusst haben, konnten bisher nicht identifiziert werden.

Literatur

Ahlering, M., Fargione, J. & W. Parton (2016): Potential carbon dioxide emission reductions from avoided Grassland conversion in the northern Great Plains. *Ecosphere* 7(12).

BfN, Bundesamt für Natursschutz (2013): DIE LAGE DER NATUR IN DEUTSCHLAND. Ergebnisse von EU-Vogelschutz- und FFH-Bericht.

Oppermann, R. & H. U. Gujer (2003) Artenreiches Grünland. Bewerten und fördern - MEKA und ÖQV in der Praxis. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

Orford, K. A. et al. (2016) Modest enhancements to conventional grassland diversity improve the provision of pollination services. *Journal of Applied Ecology* 53(3): 906–915.

Pirhofer-Walzl, K. et al. (2011): Forage herbs improve mineral composition of grassland herbage. *Grass and Forage Science* 66(3): 415–423.

Pirhofer-Walzl, K. et al. (2013): Effect of four plant species on soil 15N-access and herbage yield in temporary agricultural grasslands. *Plant and Soil* 371(1–2): 313–325.

Kleinräumig differenzierte und sensorgestützte Grünlandbewirtschaftung zur Förderung von Biodiversität und Ökosystemleistungen

P. Mosebach¹, J. Mohr², T. Gaiser², J. Rühlmann³, L. Zielke¹, I. Schleip¹

¹ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde, Deutschland, inga.schleip@hnee.de

Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES), Pflanzenbau, Katzenburgweg 5, 53115 Bonn, Deutschland,
 Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979 Großbeeren, Deutschland

Einleitung und Problemstellung

Grünland kommt bei der Bereitstellung von verschiedensten Ökosystemleistungen eine bedeutende Rolle zu (Schils et al. 2022). Unter anderem hat Grünland aufgrund der Vielzahl Grünlandspezifischer Arten insbesondere eine herausragende Bedeutung für den Biodiversitätsschutz. Der Erhalt der Grünland-spezifischen Biodiversität ist dennoch weiterhin gefährdet (Schoof et al. 2019). Änderungen in der Nutzungsintensität, insbesondere eine Nutzungsintensivierung, sind dabei eine der wesentlichen Ursachen für Biodiversitätsverluste (Allen et al. 2014). Dadurch ergeben sich in der Einzelfläche Zielkonflikte zwischen einer produktiven, auf Ertrag und Qualität der Biomasse, und einer an Biodiversitätszielen ausgerichteten Nutzung. Ein Ansatz zur Harmonisierung dieser Zielkonflikte ist die räumliche und zeitliche Diversifizierung der Grünlandnutzung (Simons und Weisser 2017, Allen et al. 2014). In der Praxis gibt es unter dem Begriff "abgestufte Grünlandnutzung" ähnliche Ansätze (Abfalter et al. 2021).

Ziel für eine Grünlandbewirtschaftung, die sowohl Produktions- als auch Biodiversitätsleistungen integriert, kann somit ein kleinräumiges, standortangepasstes Bewirtschaftungsmanagement sein. Dies ist Teil der Vision, die im vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) geförderten Verbundprojekt DAKIS (Digital Agricultural Knowledge and Information System) entwickelt wurde. Unter Berücksichtigung der Flächenheterogenität bedeutet dies, dass bisher einheitlich genutzte Schläge in mehrere Bewirtschaftungseinheiten unerteilt werden. Voraussetzung für eine den Standortgegebenheiten angepasste Unterteilung ist eine effiziente und hochaufgelöste räumliche Kartierung der Flächen, für die sensor- und modellgestütze Ansätze in Frage kommen. Neben Methoden der Fernerkundung, die zur Erfassung von Biomasserträgen und -qualitäten im Grünland in Entwicklung sind, und Modellierungsansätzen von Grünlandbeständen, ist eine sensorgestützte Erfassung von geophysikalischen Bodenmerkmalen vielversprechend, um die räumliche Hereogenität des Ertragspotenzials von Grünlandflächen abzubilden (Rühlmann 2016). Durch eine sensorgestützte Quantifizierung können kausale Streuungsursachen wie Bodentextur und dadurch beeinflusste Bodenparameter wie Feldkapazität und Porenverteilung abgeleitet werden.

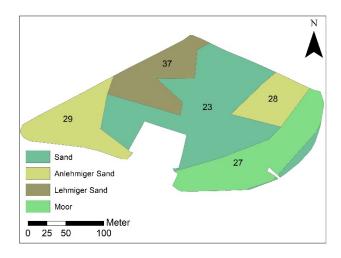
Es stellt sich daher die Frage, mit welchen Methoden eine sinnvolle und effiziente Einteilung in kleinräuming standortangepasste Bewirtschaftungseinheiten auf Grundlage von sensor- und modellgestützten Standortdaten erfolgen kann. Hierbei ist unter anderem zu klären, ob eine sensorgestütze Erfassung von geophysikalischen Bodenmerkmalen geeignet ist, um das Potenzial von Flächeneinheiten zur Erbringung von Produktions- und Biodiversitätsleistungen abzuschätzen. Hierzu wird im Rahmen des Projektes DAKIS ein Konzept zur kleinräumigen Einteilung von Grünlandflächen entwickelt. Als Fallbeispiel wird die Standortheterogenität Dauergrünlandschlages in Brandenburg mithilfe verschiedener sensor- und modellgestützer Methoden untersucht und das entwickelte Konzept angewendet. In diesem Beitrag stellen wir erste Ergebnisse mit einem Fokus auf der Sensor-basierten Erfassung von geophysikalischen Bodenmerkmalen vor.

Material und Methoden

Die Untersuchungsfläche ist nördlich von Berlin, im brandenburgischen Landkreis Oberhavel, gelegen. Im langjährigen Mittel von 1991 bis 2020 betrug die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme 599 mm und die Jahresdurchnittstemperatur 9,9 °C (Klimastation

Berlin-Buch des Deutschen Wetterdienstes). Der etwa 4,5 ha große Grünlandschlag wurde bisher zweimal pro Jahr geschnitten und unregelmäßig gedüngt.

Ausgewählt wurde die Fläche aufgrund der relativ heterogenen Standorteigenschaften. So wird für den südöstlichen Bereich in der Moorbodenkarte die Moorbodenform "sehr mächtige Erd- und Mulmniedermoore" ausgewiesen. Der überwiegende Teil des Schlags setzt sich dagegen aus mineralischen Böden der Bodenarten "Sand", "Anlehmiger Sand" und "Lehmiger Sand" zusammen. Die Acker- bzw. Grünlandzahlen variieren in einer Spanne von 27 bis 37. Demnach scheint insbesondere der nordwestliche Bereich wuchskräftiger zu sein, während im Zentrum niedrigere Biomassequantitäten zu erwarten sind (Abb. 1).



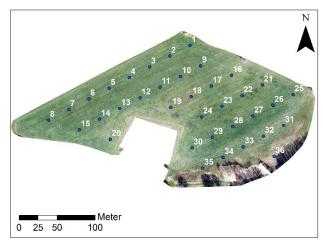


Abb. 1: Untersuchungsfläche mit Angabe der Bodenarten und Acker- bzw. Grünlandzahlen nach Bodenschätzung (li.). Lage der Plots innerhalb der Untersuchungsfläche (re.). Quelle Hintergrundkarten: © GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0

Nachdem eine erste Beurteilung anhand der frei verfügbaren Geoinformationen erfolgte, werden in den Jahren 2021 bis 2023 umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, wobei dieser Beitrag zunächst die erhobenen Daten von 2021 einbezieht und ausgewählte Ergebnisse vorstellt.

Um hochaufgelöste Daten der Bodenbedingungen zu erhalten, erfolgte im April 2021 der Einsatz des Geophilus-Messsystems (Rühlmann 2016) mit einem engen Fahrspurabstand von ca. 10 m. Mittels Sensoren zur Messung des scheinbaren elektrischen Widerstands sowie eines Gammasensors wurden bis in eine Tiefe von 150 cm Bodeninformationen gewonnen. Aus diesen konnten Aussagen zur relativen horizontalen und vertikalen Verteilung der Tongehalte und Bodenfeuchten abgeleitet werden.

Vegetationsanalysen erfolgten kurz vor beiden Schnittterminen Anfang Juli und Mitte September. Dafür wurden Vegetationsaufnahmen nach Braun-Blanquet in 36 vorab definierten Untersuchungsplots mit einer Größe von 1,5 m x 1,5 m (2,25 m²) durchgeführt. Die Plots sind in einem Raster mit einem Abstand von jeweils 30 m angeordnet (Abb. 1). In jedem Plot wurden die rezenten Arten, ihre Artmächtigkeiten sowie die maximale und durchschnittliche Bestandeshöhe mittels Zollstockmessung erfasst. Ebenfalls wurden in jedem Plot LAI-Messungen mit einem SunScan-System durchgeführt. Am Folgetag wurde die Biomasse innerhalb der 36 Plots geerntet und die Trockenmasse ermittelt. Die Bestimmung der Qualitätsparameter erfolgte mittels nasschemischer Laboranalysen.

Ergebnisse und Diskussion

Die mit dem Geophilus-Messsystem gewonnen Daten zeigen eine Variabilität der Gamma-Aktivität der oberen 25 cm Boden, die maßgeblich durch den Tongehalt beeinflusst wird (Abb. 2). Demnach zeichnet sich insbesondere der östliche Teilbereich als tonärmer aus, womit geringere Ertragsleistungen, als beispielsweise in den zentralen und westlichen Teilbereichen zu erwarten sind. Die äußerst niedrigen Werte im südöstlichen Teilbereich beschreiben die Ausdehnung des Moorbodens.

Der SWI (Soil water index) ist der errechnete Quotient aus gemessener Gamma-Aktivität und dem scheinbaren elektrischen Widerstand. Er dient als Maß für die relative Feuchteverteilung der oberen

25 cm Boden innerhalb des Feldes. Wie der Abb. 2 zu entnehmen ist, zeichnet sich demnach insbesondere der zentral-östliche Teilbereich durch vergleichsweise geringe Bodenfeuchte aus. Im Bereich des Moorbodens zeigen sich, wie zu erwarten war, die höchsten Werte.

Die Vegetation im mineralischen Bereich ist als Glatthaferwiese mit durchschnittlichen Artenzahlen von 10,3 (2,25 m²) ausgebildet. Die Artenzahlen der Feuchtwiese im Moorbereich belaufen sich im Mittel auf 16,0 (2,25 m²) und erreichen mit 23 Arten den Maximalwert der gesamten Untersuchungsfläche. Bei Zuordnung der Feuchtezahlen (nach Ellenberg 1991) zeigt die Vegetation ein ähnliches Muster wie der SWI (r = 0,75, p < 0,01). Die ungewichteten Mittelwerte bewegen sich im mineralischen Bereich um den Wert 5 (Frische zeigend), wobei die geringsten Werte im zentralöstlichen Teilbereich erreicht werden. Hier treten beispielsweise Achillea millefolium, Berteroa Trockenheits- bis Frischezeiger beziehungsweise incarna und Geranium mollis als Trockenheitszeiger hinzu. Insbesondere im Übergangsbereich von Mineral- zu Moorboden kommt Alopecurus pratensis als Frische- bis Nässezeiger mit höheren Stetigkeiten vor. Dactylis glomerata, als Frischezeiger auf der gesamten Fläche mit hoher Stetigkeit vertreteten, fällt lediglich in den feuchtesten Plots aus. Im tieferliegenden Moorbereich nehmen typische Kennarten der Feuchtwiesen zu und die Feuchtezahlen steigen auf über 7 (Feuchte zeigend). Interessant sind weiterhin die negativen Zusammenhänge von SWI und mittleren Futterwerten (r = -0,47, p < 0,05) sowie Mahdverträglichkeiten (r = -0.63, p < 0.01).

Die Rohprotein-Gehalte bewegen sich in einer relativ engen Spanne und mit durchschnittlich 7,9 % in der Trockensubstanz auf niedrigem Niveau, was mit dem späten Beprobungszeitpunkt (Anfang Juli) begründet werden kann. Analysen der Einflüsse durch Artenvorkommen und Standortverhältnisse erfolgen daher erst nach weiteren Beprobungen.

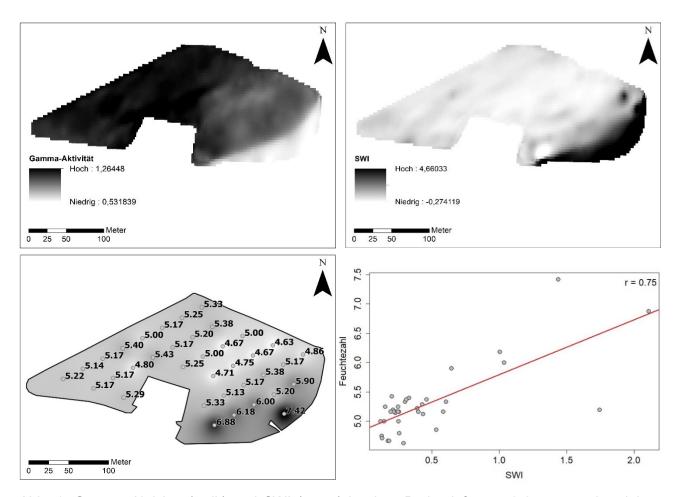


Abb. 1: Gamma-Aktivität (o. li.) und SWI (o. re.) in einer Bodentiefe von 0-25 cm sowie mittlere Feuchtezahlen der Pflanzenarten (u. li.) und Beziehung von mittlerer Feuchtezahl zu SWI (u. re)

Schlussfolgerungen

Die ersten vorgestellten Ergebnisse lassen bereits erkennen, dass geophysikalische Bodenmerkmale wie der scheinbare elektrische Widerstand in Kombination mit der Gamma-Aktivität vielversprechend als Grundlage für die Einteilung einer Grünlandfläche in kleinräumige standortangepasste Einheiten sein könnten. Zur Weiterentwicklung ist eine vollständige Texturanalyse nach Kalibration der Sensordaten mit klassischer Texturanalyse durch Bodenproben geplant (Bönecke et al. 2020). Ab 2022 wird das Monitoring der Untersuchungsfläche intensiviert und durch den Einsatz weiterer Methoden der Fernerkundung, Bodensensoren sowie Modellierungstools ergänzt.

In weiteren Arbeitsschritten werden ein Konzept und ein Arbeitsablauf entwickelt, anhand derer eine Algorithmus-basierte Einteilung in kleinräumige Teilflächen erfolgen kann. Im Projekt DAKIS wurde ein solches Vorgehen bereits für Ackerflächen entwickelt (Donat et al. 2022), an das angeknüpft werden kann. Hierbei werden weitere Fragestellungen beachtet werden, so u.a. die sinnvolle Anzahl sowie Mindest- und Maximalgröße der Teilflächen. Im Dauergrünland werden zudem die Ansprüche aus Sicht der faunistischen Biodiversität mit eingehen. Da u.a. Heuschrecken (*Orthoptera*) ein geeigneter Indikator zur Beurteilung der Qualiät von Lebensräumen sind (Fischer et al. 1997), werden im Fallbeispiel stellvertretend zunächst die Ansprüche von Heuschrecken bei einer Unterteilung in Teilflächen beachtet werden. Zur Erfassung des rezenten Artenbestandes erfolgten bereits semiguantitative Kartierungen.

Literatur

- Abfalter, A., Breuer, M., Frühwirth, P., Rudlstorfer, S., Uhl, H., Drapela, T. (2021): Nachhaltige Grünlandbewirtschaftung durch abgestuften Wiesenbau Leitfaden für eine abgestufte Grünlandbewirtschaftung am eigenen Betrieb. ARGE Abgestufter Wiesenbau, S. 2-36.
- Allan, E., Bossdorf, O., Dormann, C., F., Prati, D., Gossner, M. M., Tscharntke T., Blüthgen, N., Bellach, M., Birkhofer, K., Boch, S., Böhm, S., Börschig, C., Chatzinotas, A., Christ, S., Daniel, R., Diekötter, T., Fischer, C., Friedl, T., Glaser, K., Hallmann, C. ..., Fischer, M. (2014): Interannual variation in land-use intensity enhances grassland multidiversity. In: *Proceedings oft the National Academy of Sciences oft he United States of America* 111 (1): 308-313.
- Bönecke, E., Meyer, S., Vogel, S., Schröter, I., Gebbers, R., Kling, C., Kramer, E., Lück, K., Nagel, A., Philipp, G., Gerlach, F., Palme, S., Scheibe, D., Zieger, K., Rühlmann, J. (2020): Guidelines for precise lime management based on high-resolution soil pH, texture and SOM maps generated from proximal soil sensing data. *Precision Agriculture*: 1-31.
- Donat, M., Geistert, J., Grahmann, K., Bloch, R., Bellingrath-Kimura, S.D. (2022): Patch cropping- a new methodological approach to determine new field arrangements that increase the multifunctionality of agricultural landscapes. *Computers and Electronics in Agriculture* 197.
- Ellenberg, H. (1991): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen. In: Ellenberg, H.; Weber, H. E.; Düll, R.; Wirth, V.; Werner, W.; Paulissen, D.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta geobotanica* 18: 9-166.
- Fischer, F.P., Schulz, U., Schubert, H., Knapp, P. & M. Schmöger (1997): Qualitative assessment of grassland quality: accoustic determination of population sizes of orthopteran indicator species. *Ecological Applications* 7(3): 909-920.
- Rühlmann, J. (2016): Generierung hochaufgelöster Bodenartenkarten auf Basis von Geophilus- und Bodenschätzungskarten. In: Ruckelshausen, A., Meyer-Aurich, A., Rath, T., Recke, G. & Theuvsen, B. (ed.): Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft 2016. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.: 173-176.
- Schils, R.L.M., Bufe, C., Rhymer, C.M., Francksen, R.M., Klaus, V.H., Abdalla, M., Milazzo, F., Lellei-Kovács, E., Ten Berge, H., Bertora, C., Chodkiewicz A., Demetîrce C., Feigenwinter I., Fernández-Rebollo P., Ghiasi S., Hejduk S., Hiron M., Janicka M., Pellaton R., Smith K.E., ..., Newell Price, J.P. (2022): Delivery of ecosystem services from permanent grasslands in Europe: a systematic review. *Grassland Science in Europe* 27: 274-276.
- Schoof, N., Luick, R., Ackermann, A., Baum, S., Böhner, H., Röder, N., Rudloph, S., Hötker, H. & Jeromin, H. (2019): Auswirkungen der neuen Rahmenbedingungen der Gemeinsamen Agrarpolitik auf die Grünlandbezogene Biodiversität. BfN-Skript 540: 1-234.
- Simons, N.K., Weisser, W.W. (2017): Agricultural intensification without biodiversity loss is possible in grassland landscapes. *Nature Ecology & Evolution*.

Erfordernisse an die Technik für eine torfschonende Niedermoorbewirtschaftung

Mosebach, P., Wenzl, F., Birr, F., Luthardt, V. und Schleip, I.

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde
paul.mosebach@hnee.de

Einleitung und Problemstellung

Bei der großflächig praktizierten entwässerungsbasierten Moorgrünland-Bewirtschaftung gehen grundlegende ökologische Funktionen des Bodens verloren und die Eignung als landwirtschaftlicher Produktionsstandort nimmt langfristig ab. In Brandenburg werden etwa 165.000 Hektar entwässerte Moor- und Moorfolgeböden als Grünland genutzt (Fell et al. 2015), wobei die jährlichen Treibhausgasemissionen mehr als 30 t CO₂-Äquivalente pro Hektar betragen können (Närmann et al. 2021). Ein Stoppen der weiteren Bodendegradierung, das Initiieren gualitativer Verbesserungen der Bodeneigenschaften und damit die langfristige Sicherung als Produktionsstandort ist parallel mit der Senkung der Emissionen nur durch eine Anhebung der Wasserstände zu erreichen. Der Grundsatz, dass die Belastung der Fahrbahn nicht deren Tragfähigkeit überschreiten darf, stellt die Bewirtschafter sehr feuchter bis nasser Standorte jedoch vor besondere technische Herausforderungen. Dies ist durch den Umstand bedingt, dass organische Böden eine durchwurzelte Schicht an der Oberfläche mit hoher Festigkeit besitzen, während darunterliegende mehr oder minder stark zersetzte Torfe und Mudden deutlich geringere Festigkeiten aufweisen. Beeinflussende Parameter sind die Vegetation, die Bewuchsdichte und die Bodenfeuchte (Kraschinski 2001). Der Einsatz ungeeigneter Technik führt zu Schädigungen der Grasnarbe, wodurch die Befahrbarkeit nachhaltig verringert wird.

Um eine Initiale für den Einsatz moorschonender Technik durch Praxisbetriebe zu setzen, wurde 2019 im Land Brandenburg die EFRE-Moorschutzrichtlinie "ProMoor" veröffentlicht. Neben Maßnahmen zum Erhalt und zur Wiederherstellung von naturnahen Mooren, umfasst sie zusätzlich den Einsatz und die Erprobung geeigneter Technik zur torfschonenden Bewirtschaftung von Moorstandorten. Landwirtschaftsbetriebe haben die Möglichkeit einer Anteilsfinanzierung bei Anschaffung entsprechender Technik. Der Einsatz dieser Technik wird im Zeitraum 2020 bis 2023 von der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde wissenschaftlich begleitet, um Erkenntnisse ihrer Potentiale und Grenzen sowie Auswirkungen auf den Moorboden zu gewinnen und für weitere Anwendungen zugänglich zu machen. Nachfolgend werden erste Ergebnisse vorgestellt.

Material und Methoden

In der Vegetationsperiode 2021 erfolgten Untersuchungen auf neun repräsentativen Niedermoorstandorten von fünf Zuwendungsempfängern. Die Flächen werden teilweise als Mähweide, überwiegend jedoch als Mähwiese zur Gewinnung von Heu, Silage, Einstreu und Biomasse zur energetischen Verwertung genutzt. Je nach förderrechtlichen Nutzungsbeschränkungen oder aktueller Befahrbarkeit erfolgt die erste Nutzung frühestens Mitte Juni. Die Wasserstufe entsprechend Koska (2001) beträgt auf den untersuchten Flächen meist 4+ (Jahresmedian: 0-20 cm unter Flur). Flächen mit Moorgrünland-typischen Vegetationsausprägungen wie Flutrasen, nährstoffreiche Feuchtwiesen, Schilfröhrichte, Rohrglanzgras- und Großseggenwiesen wurden einbezogen. Um die Wirkung der neu erworbenen Technik auf den Moorboden bewerten zu können, wurden Befahrungsversuche durchgeführt. Die Versuche erfolgten zumeist mit den Kombinationen aus Schlepper und Mähwerk.

Die Scherfestigkeit ist ein guter Indikator für die Tragfähigkeit (Prochnow et al. 1999). Sie wurde in den Tiefen von 0-15 sowie 15-30 cm mit einem Scherflügel mit den Maßen 14,0 cm x 7,6 cm ermittelt.

Die Berechnungen des Kontaktflächendrucks der eingesetzten Technik wurden mit dem online-Simulationsmodell "Terranimo®" mit Auswahl des Standardbodens "Moorboden" sowie einem Reifeninnendruck von 0,8 bar durchgeführt. Die Einstufung der Standorte in Tragfähigkeitsklassen sowie die Einstufung der Technik in Belastungsklassen (Tab. 1) erfolgte nach Kraschinski (2001).

Tab. 1: Belastungs- und Tragfähigkeitsklassen (verändert nach Kraschinski 2001)

(erforderliche) Scherfestigkeit	Bewertung Belas-	der	Belastungsklasse/ Tragfähigkeitsklasse
	tung/Tragfähigl	(eit	
≤20 kPa	sehr gering		1
>20-26 kPa	gering		2
>26-31 kPa	mittel		3
>31-36 kPa	hoch		4
>36 kPa	sehr hoch		5

Ergebnisse und Diskussion

Fast alle Standorte wiesen zum Zeitpunkt der Mahd, unabhängig ihrer jeweiligen Vegetation, durchschnittlich sehr hohe Tragfähigkeiten auf. Ein Flutrasenbestand erreichte im Mittel nur hohe Tragfähigkeiten. Die für diese Standorte eher guten Bewertungen sind auf eine, vermutlich auch durch die vorherigen niederschlagsarmen Sommer begünstigte, intensive Durchwurzelung und die meist höheren Grundwasserflurabstände von etwa 30-50 cm während der Messungen zurückzuführen. Eine Auswahl der Scherfestigkeiten von vier Vegetationsausprägungen auf vier verschiedenen Standorten ist in Abb. 1 dargestellt. Die Scherfestigkeit, und damit die Tragfähigkeit, nimmt vom Flutrasen, über die nährstoffreiche Feuchtwiese und Schilfröhricht, bis zur Großseggenwiese zu. Dies bestätigt frühere Studien, wonach die Scherfestigkeit maßgeblich von der Vegetation bestimmt wird (Prochnow et al. 1999, Kraschinski 2001, Wiedow et al. 2016), Jedoch ist die Streuung der Messwerte zu beachten. So ist für das Schilfröhricht eine vergleichsweise hohe Standardabweichung von 11,6 kPa zu verzeichnen. Für die Bestimmung eines günstigen Bewirtschaftungszeitpunktes und die Auswahl geeigneter Technik ist jedoch nicht nur der Durchschnittswert, sondern ebenso das Vorkommen von Bereichen niedrigerer Scherfestigkeiten zu berücksichtigen. Wie Abb. 1 zu entnehmen ist, wurden insbesondere für den Flutrasenbestand mittlere und geringe Scherfestigkeiten verzeichnet. Geringe Scherfestigkeiten fanden sich

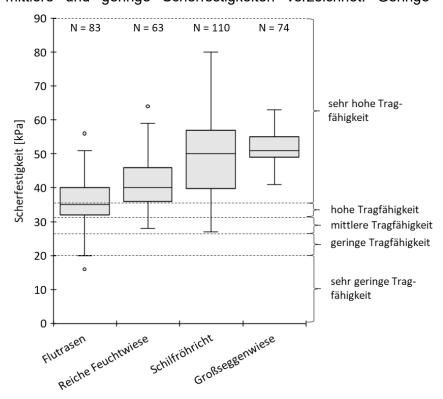


Abb. 1: Scherfestigkeiten in 0-15 cm Tiefe verschiedener Vegetationsausprägungen mit Angabe der Tragfähigkeitsklassen nach Kraschinski (2001). N = Anzahl der Messwerte

insgesamt häufig in Bereichen mit älteren Narbenschäden durch Befahrung, temporären Abflussrinnen, aufgelandeten Gräben, Senken oder Quellaustritten. Messungen unterhalb der durchwurzelten Schicht, also in etwa 15-30 cm Tiefe, unterstreichen die Ergebnisse von Wiedow et al. (2016), wonach die Scherfestigkeit in größerer Tiefe vom Bodenzustand beeinflusst wird. Während ein Horizont aus stark setztem Torf mit Aggregierungsgefüge noch relativ hohe Werte erreichte, waren sie bei Mudde, noch deutlicher aber bei mäßig zersetztem Torf, wesentlich niedriger. Demzufolge eine tragfähige, intakte Grasnarbe standorttypischer Vegetation insbesondere auf weniger stark degradierten Mooren entscheidend für die Befahrbarkeit. Die Effekt-stärke des Einflusses von Bodenfeuchte und Bewuchsdichte wird in einer späteren Veröffentlichung diskutiert.

Die Zuwendungsempfänger der ProMoor-Förderrichtlinie haben ein breites Spektrum an Technikvarianten erworben, wobei die Auswahl bereits erkennen lässt, dass überwiegend sehr feuchtes statt nasses Moorgrünland damit bewirtschaftet werden kann (Tab. 2). Zumeist haben die Betriebe auf eine Anpassung konventioneller Technik zurückgegriffen, indem Schlepper der Leistungsklassen 73-118 kW und Leermassen von 3,8-5,9 t sowie Rundballenpressen mit Breitreifen oder Doppelbereifung ausgestattet wurden. Der Schlepper Deutz Fahr Agrotron erreicht mit Doppelbereifung den geringsten Kontaktflächendruck. Befinden sich die Flächen nicht in unmittelbarer Nähe zum Betrieb, ist diese Option jedoch mit Mehraufwand verbunden, da der zweite Reifensatz am Feldrand montiert/demontiert werden muss. In Abhängigkeit von Radlast und Reifendimension, variiert der Kontaktflächendruck verschiedener Modelle unter Verwendung von Breitreifen oberhalb von 350 g/cm². Der kritische Bereich von rund 600 g/cm², der die Grenze der Förderwürdigkeit im Rahmen der Richtlinie definiert, wird deutlich unterschritten. Doppel- und Breitbereifung sind somit vergleichsweise kostengünstige Möglichkeiten, um leichte bis mittelschwere Schlepper anzupassen. Bei abgesenktem Reifeninnendruck vergrößert sich die Aufstandsfläche, was einen niedrigeren Kontaktflächendruck zur Folge hat und Narbenschäden vorbeugt. Empfehlenswert sind daher Radialreifen mit flexiblen Flanken. Reifendruckregelsysteme sind eine aute Möglichkeit, um den Reifeninnendruck ohne großen Aufwand durch Regulierung von der Fahrerkabine aus an Grünland- bzw. Straßenfahrt anzupassen. Die schwerste Maschine, ein John Deere 6250R, wurde mit Delta-Laufwerken der Firma Zuidberg ausgestattet und erreicht bei einer Leistung von 180 kW eine Leermasse von 14,8 t. Mit angebauten Mähwerken ergibt sich auf Grundlage der Aufstandsfläche rechnerisch ein Kontaktflächendruck von 460 g/cm². Bei einer Arbeitsbreite von 9 m wird eine hohe Schlagkraft erzielt und der Anteil an überfahrener Fläche reduziert. Straßenfahrten sind zulässig. Eine deutliche Senkung des Kontaktflächendrucks auf etwa 110 g/cm² ist durch den Einsatz einer Moorraupe, hier eine umgebaute Pistenraupe PB200, möglich. Ähnlich der Zwillingsbereifung, ist diese Maschine besonders bei betriebsnahen oder sehr großen Flächen zu empfehlen, da Straßenfahrten nicht zulässig sind und Tiefladertransport notwendig ist.

Tab. 2: Auswahl an Technikvarianten, die im Rahmen der ProMoor-Förderung erworben wurden.

,			
Technik	Gesamt- masse [t]	Kontaktflächen - druck [g/cm²]	Belastungs- klasse
Moorraupe (197 kW), mit Front- und Heckanbaugeräten	max. 8,0	110	nicht berechnet
Deutz Fahr Agrotron K 110 (82 kW), Doppelbereifung, mit Heck- und Frontscheibenmähwerk	6,7	326	2
Kubota M5111 (105 kW), Breitbereifung, Doppelmessermähwerk im Front- und Heckanbau	4,3	357	2
Massey Ferguson 5613 (94 kW), Breitbereifung, mit Doppelmessermähwerk im Front- und Heckanbau	6,3	418	2
Claas Arion 650 (118 kW), Breitbereifung, ohne Anbaugeräte	5,9	459	2
John Deere 6250R (180 kW), Delta Tracks, mit Heck- und Frontscheibenmähwerk	17,6	460	nicht berechnet

Die Belastung der Fahrbahn durch die geförderte Technik, die den Belastungsklassen 1-3 (sehr gering bis mittel) zugeordnet werden kann, übersteigt die zum Zeitpunkt der Befahrung gemessenen durchschnittlichen Tragfähigkeiten nicht (Tab. 2). Nach einmaliger Überfahrt mit den Schleppern Kubota M5111 und Massey Ferguson 5613, ausgestattet mit breiten Grünlandreifen, waren keine messbaren Spurrillen vorhanden. Der Einsatz von speziellen Grünlandreifen trägt zur Schonung des Bodens und der Grasnarbe bei, da sie abgerundete Schultern und eine große Stollenaufstandsfläche besitzen. Durch die gute Verzahnung mit der Grasnarbe und der, insbesondere bei niedrigem Reifeninnendruck, großen Kontaktfläche, können hohe Zugkräfte aufgebracht werden, ohne schlupfbedingte Schädigungen der Grasnarbe zu verursachen (DLG 2001). Im Gegensatz dazu schneiden Reifen mit groben Stollen und harten Kanten eher in die Grasnarbe. Auch im Rahmen

der Demonstrationsversuche konnte beobachtet werden, dass sich die Stollen häufig 3-5 cm in den Boden drückten. Insbesondere für weniger tragfähige Bereiche kann somit eine gesteigerte Gefahr von Narbenschäden angenommen werden. Der John Deere 6250R, ausgestattet mit Delta-Laufwerken, scheint trotz hoher Gesamtmasse die Tragfähigkeit des sehr feuchten Standortes nicht zu übersteigen. Narbenschäden waren jedoch kleinflächig bei sehr niedriger Fahrgeschwindigkeit von 5 km/h und im Bereich von wenig tragfähigen Dominanzbeständen von *Juncus articulatus* zu finden. Bekannte Störstellen sollten grundsätzlich umfahren oder mit dem Seitenmähwerk behutsam ausgemäht werden, um das Festsetzen der Maschine zu vermeiden. Weniger problematisch gestaltet sich hierbei der Einsatz einer Moorraupe, die aufgrund der langen Aufstandsfläche kleinflächige Störstellen überfahren und insgesamt auf Flächen mit sehr geringer Tragfähigkeit ihre Potentiale entfalten kann. Nachteilig sind die hohen Scherkräfte, die bei engen Kurvenradien zum Abscheren der Grasnarbe führen können. Auf ein Breiten-Längen-Verhältnis der Ketten von 1:4 bis 1:5 (Schröder et al. 2015) sowie die Nutzung narbenschonender Stege muss geachtet werden. Enge Kurvenradien sollten durch angepasste Fahrspurplanung weitgehend vermieden werden.

Die Messungen unterstreichen weiterhin, dass Mehrfachüberrollungen zu einer Abnahme der Widerstandsfähigkeit der Grasnarbe führen können. Dies zeigte sich in einer verringerten Scherfestigkeit der befahrenen Bereiche im Vergleich zu den unbefahrenen. Narbendurchbrüche, insbesondere in Flutrasen-Beständen, waren die Folge. Dies kommt unter anderem dann zum Tragen, wenn nur eine oder wenige Flächenzufahrten existieren. Häufig siedeln sich an solch sensiblen Bereichen nach Zerstörung der Grasnarbe Arten der Flutrasen, wie z.B. *Glyceria fluitans*, *Alopecurus geniculatus* oder *Agrostis stolonifera* mit geringer Tragfähigkeit an.

Schlussfolgerungen

Für die Bewirtschaftung sehr feuchter Niedermoorstandorte stehen der Landwirtschaft geeignete Möglichkeiten zur Anpassung herkömmlicher Technik sowie Spezialtechnik zur Verfügung. Das Ziel ist stets, die Radlasten beziehungsweise den Kontaktflächendruck zu senken. Die Tragfähigkeit der untersuchten Standorte, deren Vegetation zumeist sehr feuchte Bedingungen mit Jahresmedianen der Wasserstände von 0-20 cm unter Flur indiziert, wurde im Rahmen der Messkampagne von der ausgewählten Technik nicht überschritten. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die gemessenen Wasserstände zum Zeitpunkt der Befahrung meist deutlich tiefer lagen. Im Zuge der Umsetzung der Moorschutzprogramme der Länder zur Minderung von Treibhausgasemissionen ist es erforderlich, die Wasserstände großflächig flurnah einzustellen. Aufgrund vorliegender Studien und des geringen Kontaktflächendrucks kann angenommen werden, dass innerhalb der angeschafften Technik einzig die Moorraupe für solche Bedingungen geeignet ist. Die Bewirtschaftung solch nasser Standorte geht mit besonderen Herausforderungen an die Technik und das Bewirtschaftungsmanagement einher, die im Rahmen dieser Untersuchung bisher nicht umfassend betrachtet werden konnten. Für 2022 sind daher weitere Messkampagnen geplant, die auch Standorte mit hohen Wasserständen einbeziehen sollen.

Literatur

- DLG (2001): Angepasstes Befahren von Niedermoorgrünland. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V., Merkblatt 323.
- Fell, H., Rosskopf, N., Bauriegel, A., Hasch, E, Schimmelmann, M. & J. Zeitz (2015): Erstellung einer aktualisierten Moorkarte für das Land Brandenburg. TELMA 45: 75-104.
- Koska, I. (2001): Ökohydrologische Kennzeichnung. In: Succow, M. & H. Joosten (ed.): Landschaftsökologische Moorkunde: 92-111.
- Kraschinski, S. (2001): Ein verfahrenstechnischer Beitrag zum angepassten Befahren von Niedermoorgrünland. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin.
- Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Nerger, M., Luthardt, V., Zeitz, J. & F. Tanneberger (2021): Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. BfN-Skript 616.
- Prochnow, A., Kraschinski, S., Tölle, R. & J. Hahn (1999): Belastungsklassen für Technik zur Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland. *Agrartechnische Forschung* 5: 26-36.
- Schröder, C., Dahms, T., Paulitz, J., Wichtmann, W. & S. Wichmann (2015): Towards large-scale paludiculture: addressing the challenges of biomass harvesting in wet and rewetted peatlands. *Mires and Peat* 16 (13).
- Wiedow, D., Burgstaler, J. & Schröder, C. (2016): Befahrbarkeit nasser und wiedervernässter Niedermoore. In: Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. (ed.): Paludikultur Bewirtschaftung nasser Moore: 59-63.

Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Dynamik funktionaler Merkmale und Zuwachsraten von Deutsch-Weidelgras dominierten Dauergrünlandweiden

Tammo Peters¹, Friedhelm Taube^{1,2}, Christof Kluß¹, Ralf Loges¹, Friederike Fenger¹

¹ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

² Grass Based Dairy Systems, Animal Production Systems Group, Wageningen University

Einleitung und Problemstellung

Ertragsbildende Wachstumsprozesse der Graspflanze werden durch funktionale Pflanzenmerkmale gesteuert, deren Ausprägungen von Umwelt- und Managementfaktoren beeinflusst sind (Gastal & Lemaire, 2015). Unter der intensiven Beweidung entsprechenden Nutzungsintensitäten ist der Zusammenhang zwischen der Düngungsintensität mit Stickstoff (N) und der Ausprägung funktionaler Merkmale sowie deren Einfluss auf Zuwachsraten und N-Aufnahme wenig erforscht. Informationen zum Einfluss spezifischer funktionaler Merkmale auf Zuwachsraten und N-Aufnahme Managementpraktiken dazu beitragen. zur Stickstoffnutzungseffizienz zu definieren. Weiterhin dient das Prozessverständnis Graswachstums als Grundlage für die Entwicklung und Anpassung mechanistischer Ertrags-Modellierungsansätze im Dauergrünland unter Weidenutzung. Vor diesem Hintergrund war die Wachstumsanalyse und Untersuchung funktionaler Merkmale von Deutsch-Weidelgras (Lolium perenne) - dominierten Grünlandbeständen über die Vegetationsperiode in Abhängigkeit der N-Düngung das Ziel der vorliegenden Studie (vollständige Studie siehe Peters et al. 2021).

Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden über zwei aufeinanderfolgende Vegetationsperioden mit guten Witterungsbedingungen für das Graswachstum (2016/2017) in abgetrennten Arealen auf praxisüblichen Weideflächen statt (Lolio-Cynosuretum typicum auf Luvisol/Parabraunerde). In einem simulierten Rotationsweideverfahren wurde nach Verfahren von Corrall & Fenlon (1978) mittels Plate-Meter (Trott et al. 2004) eine wöchentliche Ertragsermittlung an jeweils vier Wochen alten Beständen durchgeführt. An einer repräsentativen Unterprobe (4 cm Schnitthöhe) wurden zusätzlich Futterqualitätsparameter ermittelt (Nahinfrarotspektroskopie; Baker & Barnes 1990). Die mittlere tägliche Zuwachsrate und der mittlere N-Gehalt der gesamten Biomasse wurden als gleitender Mittelwert aus vier aufeinander folgenden Wochen berechnet. Die mittlere tägliche N-Aufnahme wurde als Produkt aus Zuwachsrate und N-Gehalt bestimmt. Am Hauptbestandsbildner Deutsches Weidelgras (durchschnittlich 67 % Ertragsanteil) wurden unmittelbar vor der Ertragsbestimmung in vierwöchentlichem Rhythmus triebund blattspezifische Merkmale wie Einzeltriebgewicht, Blattgewichtsverhältnis, spezifische Blattfläche (SBF) und N-Gehalt der Blätter pro Masseneinheit (BNG_m) und pro Flächeneinheit (BNG_f) untersucht. Zur Bestimmung des Blattgewichtsverhältnisses wurden Grastriebe einer Unterprobe (10 – 15 g Frischmasse) in Stängelund Blattfraktion unterteilt. Anschließend wurde die Blattfläche mittels LICOR LI-3000A gemessen, um SBF und den Blattflächenindex (BFI) zu berechnen. Das phänologische Entwicklungsstadium wurde wöchentlich nach Moore et al. (1991) an 50 Trieben bestimmt und ausgedrückt als Mean Stage by Count (MSC), unterteilt in die Stadien Blattentwicklung (1,0 - 1,9), Halmverlängerung (2,15 - 2,9), Ährenschwellen (3,0 - 3,9), Ährenschieben (4,0 - 4,9) und Blüte (5,0). Zur Bestimmung der Triebdichte wurden Zählgitter eingesetzt (40 Abteile à 5 cm x 5 cm) und die Triebe über 4 cm in 6 Abteilen gezählt. Eine mineralische N-Düngung mittels Kalkammonsalpeter wurde unmittelbar nach der Ertragsermittlung und Räumung der Parzellen durchgeführt. Die jährlichen N-Düngungsstufen betrugen 0 (N0), 140 (N1) und 280 (N2) kg N ha⁻¹.

Ergebnisse und Diskussion

Die phänologische Entwicklung wird in erster Linie durch die Temperatur und Photoperiode beeinflusst (Pontes et al. 2007), sodass in dieser Untersuchung kaum Unterschiede im MSC zwischen den N-Düngungsstufen identifiziert wurden (Abb. 1a). Der Einfluss der phänologischen Entwicklung auf die Zuwachsrate und die N-Aufnahme wird durch den korrespondierenden Verlauf

mit dem MSC deutlich. Unterschiede zwischen den N-Düngungsstufen wurden vorrangig in der ersten Vegetationshälfte festgestellt (Abb. 1b, 1c)

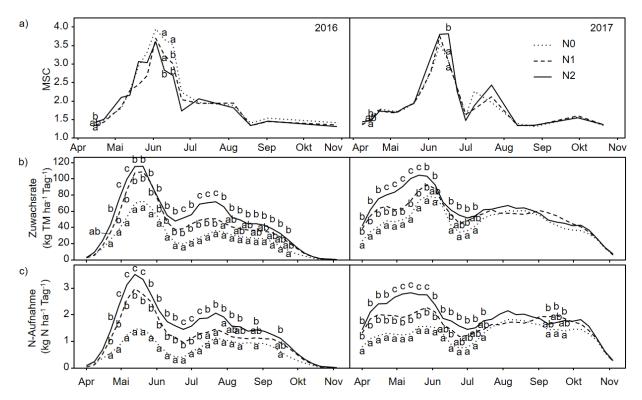


Abb. 1: Dynamik der phänologischen Entwicklung (a; MSC), der durchschnittlichen täglichen Zuwachsrate (b) und der täglichen N-Aufnahme in Abhängigkeit der N-Düngung (0 (N0), 140 (N1) und 280 (N2) kg N ha⁻¹) in 2016 und 2017. Mittelwerte am selben Erntetermin mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich zwischen den N-Düngungsstufen (p < 0,05).

Durch die intensive Nutzung war der Bestand geprägt durch vergleichsweise leichte, junge Triebe (MSC < 4). Die Triebgewichte sind im Frühjahr aufgrund des hohen Stengelanteils der generativen Triebe im Frühjahr am höchsten (Abb. 2a). Durch die Halmstreckung kann eine bessere Lichtausnutzung im Bestand gewährleistet und der BFI erhöht werden (Abb. 2d; Parsons & Chapman 2000). Die höhere Selbstbeschattung des Bestands und ein verminderter Lichtreiz an den Triebknospen reduziert die Seitentriebbildung, wodurch die Triebdichte nach dem generativen Stadium geringer ist (Abb. 2c; Gautier et al. 1999). Ein genereller Einfluss der N-Düngung auf das Triebgewicht und Blattgewichtsverhältnis konnte nicht nachgewiesen werden. Die N-Düngung zeigte hingegen einen deutlichen Einfluss auf Triebdichte und BFI, wobei die Unterschiede in der zweiten Vegetationshälfte geringer waren und kaum Unterschiede zwischen N1 und N2 auftraten. Ebenso hatte eine Steigerung der N-Düngung von N1 auf N2 nur marginalen Einfluss auf die blattspezifischen Parameter SBF, BNG_m und BNG_f (Abb. 3).

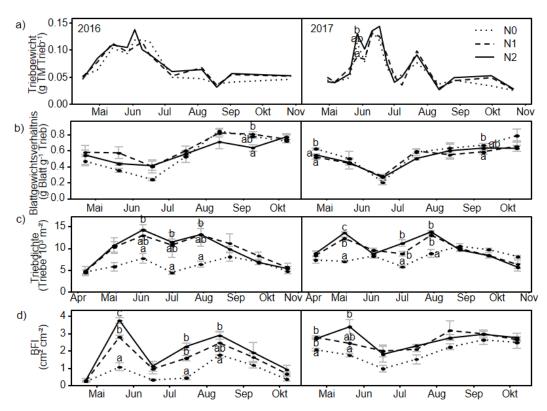


Abb. 2: Dynamik von Einzeltriebgewicht (a), Blattgewichtsverhältnis (b), Triebdichte (c) und Blattflächenindex (d; BFI) in Abhängigkeit der N-Düngung (0 (N0), 140 (N1) und 280 (N2) kg N ha⁻¹) in 2016 und 2017. Mittelwerte am selben Erntetermin mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich zwischen den N-Düngungsstufen (p < 0,05)

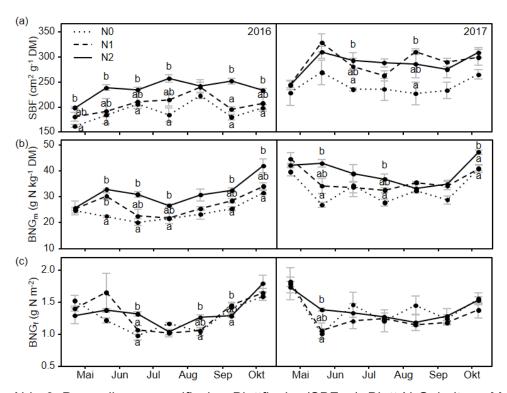


Abb. 3: Dynamik von spezifischer Blattfläche (SBF; a), Blatt-N-Gehalt pro Masseneinheit (BNG_m; b) und pro Flächeneinheit (BNG_f; c) im Deutschen Weidelgras in Abhängigkeit der N-Düngung (0 (N0), 140 (N1) und 280 (N2) kg N ha⁻¹) in 2016 und 2017. Mittelwerte am selben Erntetermin mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich zwischen den N-Düngungsstufen (p < 0,05)

Der BFI zeigte die stärkste Assoziation mit der Zuwachsrate und der N-Aufnahme (Abb. 4). Im Vergleich zu Triebgewicht und SBF wurde die Triebdichte, genau wie der BFI, simultan zum Effekt

auf den Ertrag deutlicher von der N-Düngung beeinflusst und zeigte ebenfalls einen linearen Effekt auf Zuwachsrate und N-Aufnahme. In den häufig genutzten Dauergrünlandbeständen dieser Untersuchung kommt somit der Triebdichte eine besondere Bedeutung für die Ertragsbildung und auch der Ertragsstabilität zu (Seefeldt & Armstrong 2000).

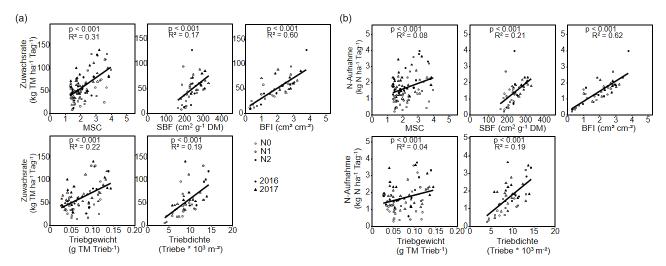


Abb. 4: Einfluss der funktionalen Merkmale MSC, SBF, BFI, Triebgewicht und Triebdichte auf die tägliche Zuwachsrate (a) und die tägliche N-Aufnahme (b) über die drei N-Düngungsstufen (0 (N0), 140 (N1) und 280 (N2) kg N ha⁻¹) in 2016 und 2017.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Studie unterstreichen die Bedeutung spezifischer funktionaler Merkmale für die Ertragsbildung und die N-Aufnahme. Die phänologische Entwicklung zeigte einen großen Einfluss auf fast alle untersuchten Parameter und ist somit essentiell für das Verständnis von Wachstumsprozessen auf Dauergrünlandweiden. Triebdichte und BFI stellten sich als wesentliche Einflussfaktoren für die Zuwachsraten heraus und zeigten bereits unter moderater N-Düngung (140 kg N ha⁻¹) hohe Werte. Die Ergebnisse dieser Studie verdeutlichen, dass durch Managementmaßnahmen zur Erhöhung der Triebdichte hohe Zuwachsraten und N-Aufnahmeraten auf Dauergrünlandweiden realisiert werden können.

Literatur

Baker, C.W. & R. Barnes (1990): The application of near infrared spectrometry to forage evaluation in the agricultural development and advisory service. In: J. Wiseman & D.J. Cole: Feedstuff evaluation, 337-351. London: Butterworths.

Corrall, A. J. & J.S. Fenlon (1978): A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *J. agric. Sci.* 91, pp. 61 – 67.

Gastal, F. & G. Lemaire (2015): Defoliation, Shoot Plasticity, Sward Structure and Herbage Utilization in Pasture: Review of the Underlying Ecophysiological Processes. *Agriculture* 2015, 5, S. 1146-1171.

Gautier, H.; Varlet-Grancher, C.; Hazard, L. (1999): Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (Lolium perenne L) selected for contrasting leaf length. *Ann. Bot.* 83, 423–429.

Parsons, A. & D. Chapman (2000): The principles of pasture growth and utilization. In Grass, Its Production and Utilization, 3rd ed.; Hopkins, A., Ed.; Blackwell Science, Oxford, UK.

Peters, T.; Taube, F.; Kluß, C.; Reinsch, T.; Loges, R.; Fenger, F. (2021): How Does Nitrogen Application Rate Affect Plant Functional Traits and Crop Growth Rate of Perennial Ryegrass-Dominated Permanent Pastures? *Agronomy* 11, 2499. https://doi.org/10.3390/agronomy11122499

Pontes, L.D.S.; Soussana, J.F.; Louault, F.; Andueza, D.; Carrère, P. (2007): Leaf traits affect the aboveground productivity and quality of pasture grasses. *Funct. Ecol.* 21: 844–853.

Seefeldt, S. S. & M. L. Armstrong (2000): Impact of perennial ryegrass seeding densities on weed emergence growth and development. New Zealand Plant Protection 53: 38-43.

Implementierung einer einzelbetrieblich optimierten Grünlandnutzung auf organischen Standorten

Wenzl, F., Birr, F., Hügle, S., Luthardt, V. und Schleip, I.

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde

<u>franz.wenzl@hnee.de</u>

Einleitung und Problemstellung

Intakte Niedermoore haben auf Grund ihrer einzigartigen Eigenschaften eine herausragende Bedeutung für den Klimaschutz, den Landschaftswasser- und Nährstoffhaushalt, das Meso- und Mikroklima sowie die Biodiversität (Närmann et al. 2021). Der Eingriff in dieses Ökosystem durch jahrzehntelange Entwässerung vieler Niedermoore, unter anderem zur Nutzbarmachung für die Landwirtschaft, hat weitreichende Konsequenzen. Einerseits macht die Bodendurchlüftung Nährstoffe verfügbar, und es konnten produktive Acker- und Grünlandbestände etabliert werden. Auf der anderen Seite werden durch Entwässerung und Bodenbearbeitung irreversible Bodenprozesse eingeleitet, die eine kaskadenartige, nachhaltige Verschlechterung der Nutzungseigenschaften mit sich bringen (Succow & Joosten 2001) und die Klimakrise gravierend verstärken. Entwässerte, als Acker oder Intensiv-Grünland genutzte Niedermoorstandorte emittieren jährlich etwa 30 t CO₂-Äquivalente pro ha (Närmann et al. 2021), sodass entwässerte Moore in Deutschland für ca. 6% der gesamten Treibhausgasemissionen verantwortlich sind (UBA 2021). Diese negativen Effekte, auf globaler und regionaler Ebene, zeigen sich zunehmend und stellen die Landnutzer*innen vor große Herausforderungen.

Bei der in Brandenburg stark an Niedermoorstandorte gebundenen Grünlandbewirtschaftung werden so verstärkt gravierende Probleme deutlich. Einhergehend mit Witterungsextremen wie sehr heißen und trockenen Sommern sowie einer zunehmenden Bodendegradierung mit Höhenverlusten, Torfmineralisation und Ausbildung von Stauschichten, nimmt die Futterqualität und der Ertrag auf den Flächen stetig ab. Um eine weiterhin wirtschaftliche, aber auch klimafreundliche, bodenschonende und naturschutzfachlich akzeptable Nutzung der Niedermoorstandorte für die Zukunft zu entwickeln, sind mit den Bewirtschafter*innen bzw. Flächeneigentümer*innen alternative Nutzungsoptionen zu erarbeiten. Dies war der Auftrag des hier vorgestellten Projektes "Implementierung einer einzelbetrieblich optimierten Grünlandnutzung auf organischen Standorten" (BOGOS).

Material und Methoden

Hauptakteure im Projekt BOGOS waren vier Brandenburger Kooperationsbetriebe, die einen wesentlichen Anteil ihrer Wertschöpfung aus Grünlandnutzung generieren. Sie verteilen sich auf Niederungsgebiete und Moränenlandschaften in den Regionen Uckermark, Spreewald und Havelluch. Alle Betriebe bewirtschaften auch Grünlandflächen in Kulissen von Großschutzgebieten, darunter im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin, Naturpark Uckermärkische Seen, Biosphärenreservat Spreewald sowie dem Naturpark Westhavelland.

In der ersten Projektphase wurden das Vorgehen, die Prioritäten und Vorstellungen der beteiligten Betriebe erörtert, der Status-Quo festgehalten und Prognosen zu zukünftigen Entwicklungen der Flächen diskutiert (Abb. 1). Dazu wurden neben Karten und Literaturrecherchen bei zahlreichen Betriebsbesuchen umfängliche Analysen der Wertschöpfungsketten, Betriebsstruktur sowie Kartierungen der bewirtschafteten Flächen durchgeführt. Im Fokus der Untersuchungen standen die Pflanzenbestände, die Qualität der Aufwüchse und die Erträge auf den Flächen, die im Rahmen von Vegetationserfassungen und Laborproben analysiert wurden. Der Boden wurde auf ausgewählte Parameter wie Humusgehalt und Degradierungsgrad untersucht. Ein wesentlicher Bestandteil waren Analysen zum Wasserhaushalt und den vorhandenen wasserbaulichen Einrichtungen. Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden zur Veranschaulichung und zum Abgleich mit Literatur aufbereitet und auf dieser Grundlage Szenarien für zukünftige Entwicklungen abgeleitet.

Die zweite Projektphase zielte zum einen auf die Abgrenzung potenzieller Gebiete mit wasserbaulichen Möglichkeiten und Potentialen zum Torferhalt ab, zum anderen auf die Erarbeitung angepasster Bewirtschaftungsverfahren auf den jeweiligen Standorten. Dazu wurden die Ergebnisse der Phase 1 als Grundlage für Flächenabgrenzungen, aber auch für einzelbetriebliche Standort angepasste den Bewirtschaftungsformen (Szenarien), die gemeinsam mit den Landwirt*innen erarbeitet wurden, genutzt. Dabei wurde unter anderem das Entscheidungsunterstützungssystem **DSS-TORBOS** (www.dsstorbos.de) eingesetzt. Wenn bereits vorhanden, wurden bei den Betrieben bestehende nasse Bewirtschaftungsgeplant, aber auch weiter Betriebsausrichtungen neu gedacht und gemeinsam entwickelt. Als Ergebnis wurden Empfehlungen zur Optimierung der Nutzung unter Berücksichtigung von Klima-, Boden- und Naturschutz in einzelbetrieblich abgestimmten Mappen zusammengestellt.

Für die dritte und letzte Phase "Umsetzung und Planung", die im Rahmen des Projektes nicht realisiert wurde, sind die erarbeiteten Ergebnisse eine Grundlage zur realistischen und abschätzbaren Durchführung der alternativen Bewirtschaftung unter Berücksichtigung von Klima-, Boden- und Naturschutz.

Erfassung Ist-Zustand

- Betriebsstruktur & Wertschöpfung
- Boden, Pflanzen & Wasser

Prognose zukünftiger Entwicklung

- Einordnung der Analyseergebnisse
- Was ist bei gleichbleibender Bewirtschaftung zu erwarten?

Abgrenzung potentieller Gebiete für eine angepasste Nutzung

- Mögliche Wasserregulierung
- Potentieller Torferhalt

Vorauswahl möglicher Szenarien

DSS-TORBOS

Diskussionsrunden mit Betrieben

- Auswahl der Gebietskulisse
- Finale Auswahl möglicher Bewirtschaftungsalternativen

Planung & Umsetzung

Abb. 1: Ablaufplan und methodisches Vorgehen im Projekt BOGOS

Ergebnisse und Diskussion

Die vier Betriebe bewirtschaften in Brandenburg insgesamt eine Fläche von rund 2.000 ha Grünland, davon sind 70 % organische Böden (Moor- und Moorfolgeböden). Die Wertschöpfung basiert überwiegend auf Rinderhaltung in Form von Mutterkuhhaltung, aber auch Futtergewinnung für Milchvieh. Die Betriebe haben neben der Grünlandbewirtschaftung z. T. mehrere Standbeine wie Marktfruchterzeugung Ackerflächen, Biogasanlagen auf oder Geflügelhaltung. Bodenuntersuchungen der organischen Grünlandstandorte zeigten eine deutliche Degradierung der Böden. Die Oberböden wiesen auf allen Untersuchungsflächen den höchsten Degradierungsgrad von Moorböden (vermulmt) mit feinkrümeligem und staubigem Gefüge mit hydrophoben Eigenschaften auf. In den darunterliegenden Schichten ist das hoch zersetzte Substrat z. T. aggregiert. Damit spiegeln die Böden eine langjährige entwässerungsbasierte Nutzung wider. Durch stellenweise verstärkte, bzw. unterschiedlich starke Höhenverluste durch Bodensackung und Mineralisierung der organischen Substanz, weisen manche Flächen im Relief stark heterogene Verhältnisse auf. Dies zeigt sich auch bei den Aufwüchsen auf den Flächen. Die Vegetation ist ein guter Indikator für die Wasserversorgung (Tab. 1), die auf den Standorten überwiegend durch Meliorationssysteme gesteuert ist.

Tab. 1: Verteilung der Grundwasserflurabstände, abgeleitet aus der Vegetation (Wasserstufensystem nach Roth & Succow 2001), auf den ausgewälhten Untersuchungsflächen [%]

Wasserstufen	HVL	UM-1	UM-2	SW	Gesamt
4+ (sehr feucht) 0-2 dm uF	19	41	5	49	31
3+ (feucht) 2-4,5 dm uF	52	34	47	44	45
2+ (mäßig feucht) 4,5-8 dm uF	0	16	19	2	7
2- (mäßig trocken) >8 dm uF	29	9	29	5	16
Flächengröße in ha	100	70	100	180	450

Bertiebe: HVL-Havelland; UM-1/2- Uckermark 1/2; SW- Spreewald

In den sehr feuchten Bereichen, die über die vier Betriebe im Schnitt rund 30 % der Flächen einnehmen und Wasserstände von mindestens 20 cm unter Flur (u.F.) im Jahresmedian aufweisen, finden sich überwiegend Sauergräser wie z.B. die Schlanksegge (*Carex acuta*), aber auch zum Teil Süßgräser wie Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*). In rund 45 % der untersuchten Flächen liegen feuchte Verhältnisse mit Wasserständen von min. 45 cm u.F. vor, auch in diesen Bereichen sind Sauergräser vertreten z.T. auch Staunässezeiger wie die Flatter-Binse (*Juncus effusus*), daneben aber auch Süßgräser wie Wiesen-Fuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*). Die trockeneren Bereiche nehmen auf den vier Betrieben einen Anteil von rund 25 % ein. In diesen Bereichen fallen die Wasserstände bis über 80 cm u.F. ab und sind von Süßgräsern und Kräutern mit Arten wie beispielsweise Gewöhnlicher Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*) dominiert. Letztere Bereiche finden sich v.a. auf mineralischen Inseln.

Bei der aktuellen Stauhaltung ist, wenn auch mit zunehmender Erschwernis durch Witterungsextreme, die etablierte, auf Rinderhaltung basierende Wertschöpfung noch möglich. Durch die entwässerungsbasierte Bewirtschaftung dominieren zum Teil qualitativ hochwertigere Futtergräser, die für die Rinderhaltung essenziell sind. Dies wird auch bei der Betrachtung von Futterwertzahlen bei verschiedener Wasserversorgung sichtbar (Tab. 2).

Tab. 2: Futterwert bei verschiedenen Grundwasserflurabständen (Futterwertzahlen nach Briemle et al. 2001; Wasserstufensystem nach Roth & Succow 2001)

Wasserstufe	n	MW-Futterwertzahl	S	Futterwert			
4+ (sehr feucht) 0-2 dm uF	84	3,6	1,3	gering			
3+ (feucht) 2-4,5 dm uF	107	5,3	1,9	mittel			
n - Stichprobe; s - Standardabweichung							

Dabei kann in den stärker entwässerten, feuchten (bis 45 cm u.F.) Bereichen ein im Durchschnitt über alle Untersuchungsflächen mittlerer Futterwert vorgefunden werden, in den weniger stark entwässerten, sehr feuchten (bis 20 cm u.F.) Bereichen, hingegen nur ein geringer Futterwert. Mit der Entwässerung gehen allerdings zunehmende Bodendegradierung mit Ausbildung von Stauschichten, zunehmendem Höhenverlust und damit verbundenen heterogenen Beständen einher, vor allem aber werden dadurch auch klimarelevante Gase (v.a. CO₂) in Größenordnungen emittiert.

Diese negativen Folgen wären durch die Anpassung der Wasserstände mit Zielwasserstand von 10 cm u.F. im Sinne einer klima- und bodengerechten Bewirtschaftung aufzuhalten. Infolgedessen würden sich über die Zeit mit hoher Wahrscheinlichkeit Sauergras-dominierte Bestände mit geringeren Futterwerten einstellen, die einer alternativen Verwertung bedürfen. Die Möglichkeiten des Wasserrückhalts in der Fläche sind zum einen durch die Ertüchtigung vorhandener Staueinrichtungen, aber zum Teil auch durch die Errichtung neuer Stauanlagen realisierbar. Auf diesen Erkenntnissen basierend, wurden für die Betriebe an die jeweilige Betriebsstruktur und Flächenkulisse angepasste Bewirtschaftungsverfahren erarbeitet (Tab. 3).

Tab. 3: Bisherige und mögliche alternative Nutzungsformen der einzelnen Betriebe

Betriebe	bisherige Bewirtschaftung	alternative Nutzung
HVL	Heugewinnung für Pferdehaltung, Rinder	Heugewinnung für Pferdehaltung, Umbau betriebseigener Biogasanlage zur Verwertung der Aufwüchse
UM-1	Schafhaltung, Mutterkuh- und Wasserbüffelhaltung	Ausbau Wasserbüffelbeweidung
UM-2	Mutterkuhhaltung, Heugewinnung für Rinder	Beweidung mit Rotwild oder Wasserbüffel
SW	Silage für Milchvieh, Mutterkuhhaltung	Kompostierung der Aufwüchse und Verwendung des Komposts auf humusarmen Ackerstandorten

So zeigte sich beispielsweise beim Betrieb SW, der neben den Grünlandflächen einen erheblichen Anteil Acker mit geringen Ackerzahlen und niedrigen Humusgehalten bewirtschaftet, dass die

geernteten Grünlandaufwüchse über Kompostierung im Betriebskreislauf sinnvoll auf den Ackerflächen eingesetzt werden könnten. Beim Betrieb UM-2, der sehr heterogene, in Schnittnutzung schwierig zu bewirtschaftende Flächen in der Nutzung hat, würde sich eine Nutzung in Form einer Beweidung mit Wasserbüffeln bzw. Rotwild eignen. Diese, aber auch weitere im Rahmen des Projektes erarbeitete nasse Bewirtschaftungsverfahren bringen Umstrukturierungen, sowie zum Teil auch den Aufbau neuer Wertschöpfungsketten mit sich. Zur perspektivischen Maßnahmenumsetzung wurden den Landwirt*innen die ausgearbeiteten Ergebnisse und gemeinsam erarbeiteten Möglichkeiten der alternativen Moorbewirtschaftung bereitgestellt.

Schlussfolgerungen

Eine Optimierung der Grünlandnutzung im Sinne einer klima- und bodengerechten Bewirtschaftung der organischen Böden ist individuell auf die einzelbetrieblichen Gegebenheiten wie den bestehenden Betriebsstrukturen, aber vor allem auch auf die Flächenkulissen der Betriebe einschließlich des Wasserdargebots anzupassen. Diese Maßnahmen müssen gemeinsam mit den Flächenbewirtschaftern und weiteren Akteuren in den verschiedenen Regionen erarbeitet und umgesetzt werden. Im Rahmen des Projektes "BOGOS" wurde auf Möglichkeiten stofflicher Verwertung der Aufwüchse verwiesen, diese fand jedoch bei den Flächenbewirtschaftern keine Resonanz, da die marktfähigen Verwertungsoptionen von Biomasse nasser Flächen noch nicht sichtbar sind. Derzeit wird noch eine optimierte Bewirtschaftung der organischen Böden mit etwas höheren Wasserständen gegenüber sehr nassen Verfahren favorisiert - auch um die Technikanpassung in Grenzen halten zu können.

Als Voraussetzung für transformative Umstellungen der Nutzungen werden Modelle der Honorierung der komplexen ökologischen Leistungen und langfristig zuverlässige Planungssicherheiten eingefordert.

Literatur

Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Nerger, M., Luthardt, V., Zeitz, J. & F. Tanneberger (ed.) (2021): Klimaschonende, biodiverisätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden (BfN-Skripten, 616).

Succow, Michael, Joosten, Hans (ed.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. Mit 10 Farbbildern, 223 Abbildungen, 136 Tabellen im Text sowie auf 2 Beilagen. 2., völlig neu bearbeitete Auflage. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.

Umweltbundesamt (UBA) (2021): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2021: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2019. Dessau: Umweltbundesamt (UBA).

Nassgrünlandnutzung auf wiedervernässten Niedermoorstandorten mit Steuerung des Grundwasserstandes und der Etablierung von nässeangepassten Saatgutmischungen zur Raufutterproduktion

Zwack, B. ¹, Weiß, D. ¹, Schmidt, E. ¹, Kraut, M. ², Diepolder, M. ¹, Hartmann, S. ¹, Gosch, L. ¹, Brehier, C. ², Drösler, M. ², Freibauer, A. ¹

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Lange Point 12, 85354 Freising, <u>bastian.zwack@lfl.bayern.de</u> ²Professur für Vegetationsökologie, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf Am Hofgarten 1, 85354 Freising

Einleitung und Problemstellung

In Bayern werden etwa 110.000 ha Moorböden (~ 4 % der Landwirtschaftsfläche) als Dauergrünland (~ 60 %) oder Acker (~ 40 %) genutzt und dabei meist tief dräniert. Durch die Entwässerung gelangt Sauerstoff in den Torfkörper, wodurch die seit dem Ende der letzten Eiszeit abgelagerten Pflanzenreste abgebaut werden. In der Summe emittieren landwirtschaftlich genutzte Moorböden in Bayern derzeit etwa vier Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr. Das entspricht knapp einem Viertel der gesamten Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft in Bayern.

Der oxidative Torfverzehr wird mit jährlichen Gesamthöhenverlusten der Mooroberfläche von 0,5 bis 4 cm in der Landschaft sichtbar (Tiemeyer et al. 2017). Durch die Verluste an organischer Substanz entsteht eine sehr feine, dichte, "staubige" Bodenstruktur, welche im trockenen Zustand stark wasserabweisend wirkt (Zeitz & Velty 2022). Bodenabtrag durch Winderosion tritt verstärkt auf, wenn die Ackernutzung fortgesetzt wird. Bei ausbleibenden Niederschlägen kommt es, besonders zu den Saatzeitpunkten im Frühjahr, schnell zu Trockenstress im Pflanzenbestand. Überstausituationen entstehen bereits bei mittelintensiven Regenereignissen, weil das Wasser nur sehr langsam durch den vererdeten oder vermulmten Oberbodenhorizont in den Torfkörper einsickern kann. Das letztgenannte Phänomen führt vor allem in Bodensenken zu Ernteausfällen und wird häufig als hoher Grundwasserstand fehlinterpretiert.

Ein sicherer Moorbodenschutz beginnt bei Grundwasserständen im Jahresmittel von weniger als 30 cm unter Flur (Drösler et al. 2011). Unter diesen Vorrausetzungen lassen sich Moorstandorte nicht weiter als Intensivgrünland oder Acker bewirtschaften. Nassgrünland zur Raufutterproduktion könnte eine flächenwirksame Nutzungsalternative auf Niedermoorstandorten sein, da die Verfahrensschritte und Vermarktungsmöglichkeiten grundsätzlich bekannt sind. Dazu braucht es Maßnahmen zur raschen Regelung des Grundwasserstandes und stabile Pflanzenbestände mit einem möglichst hohen Ertragsanteil an als Futter verwertbaren Süßgräsern.

Material und Methoden

An der Versuchsstation Karolinenfeld (Bayerische Staatsgüter) bei Rosenheim wird erstmals in Bayern getestet, ob sich der Grundwasserstand über bestehende, tiefe Rohrdränagen anheben und vor Bewirtschaftungsmaßnahmen, bei Bedarf, kurzzeitig absenken lässt. Die Untersuchungsfläche auf einem abgetorften Hochmoor-, d.h. zurückbleibendem Niedermoorstandort wurde seit dem Jahr 1948 systematisch trockengelegt, wobei die Entwässerung ab dem Jahr 1983 bis auf den stauenden Seetonhorizont des aktuell zwischen 75 und 205 cm mächtigen Torfkörpers intensiviert wurde. Das Wasser wurde über sogenannte Sauger im Abstand von zehn Metern über Sammeldränagen in einen Vorfluter gepumpt. An den Knotenpunkten des Entwässerungsnetztes wurden die Dränagen im Oktober 2020 offengelegt und mit wasserdichten Schächten von oben zugänglich gemacht. Über jeweils ein senkrecht an die Sammeldränage angeschlossenes Rohr mit Öffnungen in unterschiedlichen Höhen, kann Grundwasser im Torfkörper zurückgehalten werden. Die Auswirkungen der Wasserregelung werden stündlich aufgezeichnet.

Nach Angaben des langjährigen Betriebsleiters wurde die etwa 3,4 ha umfassende Untersuchungsfläche seit jeher als Acker genutzt. Der Boden ist in den oberen 30 bis 40 cm stark vererdet bis vermulmt. Im September 2018, also zwei Jahre vor der Anstaumaßnahme, wurde der Acker mit sechs zu prüfenden Saatgutmischungen in Grünland umgewandelt (Tab. 1). Dabei wurden fünf von den nordostdeutschen Landwirtschaftskammern empfohlene regionale Grünlandmischungen (RG, LFAMV 2020) und eine eigens zusammengestellte Mischung (LfL-M) als Großteilstückfaktor einer Streifenanlage mit drei Wiederholungen neu angesät. Anfang Juni 2019 wurde zusätzlich eine

Kräutersaatgutmischung als Kleinteilstückfaktor in Breitsaat quer zu den Streifen verteilt und anschließend angewalzt. Die Parzellengröße betrug 36 m² (6 x 6 m). Das Untersuchungsjahr 2020 fand unter noch entwässerten Bedingungen (d. h. kein Anstau) statt und beschreibt die Etablierung der Bestände im zweiten Hauptnutzungsjahr. Zu den drei Schnitten wurde mit einem Schleppschuhverteiler moderat mit Gülle gedüngt und hierbei 43, 38 und 27 kg N ha-¹ ausgebracht. Durch den degradierten Oberbodenhorizont kam es nach Starkniederschlägen im August 2020 zu mehrtägigem Überstau, welcher in der Auswertung mit einem GLMM als zufälliger Faktor berücksichtigt wurde. In einem anderen Bereich der Untersuchungsfläche wurden die Saatgutmischungen in Drillsaat und die Kräuter am selben Tag im Herbst 2019 in Breitsaat gesät.

Ergebnisse und Diskussion

Grundwasseranstau an tiefen Rohrdränagen

Im Jahr 2020 wurde der Torfkörper noch teilweise bis auf den stauenden Seetonhorizont entwässert (Abb. 1). Es kam, vor allem in den Bodensenken, an insgesamt 30 Tagen zu Überstau, weil täglich nur 15 bis 20 mm Niederschlag durch den stark zersetzten Oberbodenhorizont in den Torfkörper einsickerte. Nach der Fertigstellung der Staubauwerke konnte der Grundwasserstand über den Winter und das Frühjahr 2021 bereits auf 40 cm unter Flur (Median zwischen dem dritten Schnitt 2020 und dem ersten Schnitt 2021) angehoben werden. Die zuvor stark schwankenden Grundwasserstände stabilisierten sich. Nach dem dritten Schnitt 2021 blieb der Grundwasserstand in den Bodensenken der Untersuchungsfläche fast durchgängig im Zielbereich von weniger als 30 cm unter Flur.

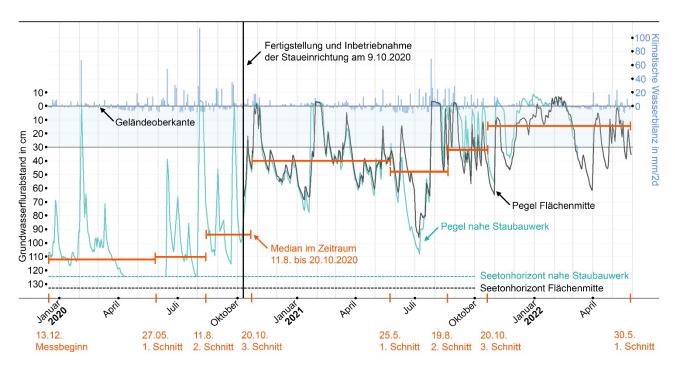


Abb. 1: Grundwasserganglinien an Pegeln nahe des Staubauwerkes und in der Flächenmitte.

Die Staueinrichtungen wurden zwischen dem 4. August und dem 3. September 2021 bisher einmalig auf etwa 60 cm unter Flur herabgesetzt, um Überstau durch Starkregenereignisse möglicherweise schneller abzuführen und den Richtzeitpunkt für den zweiten Schnitt einzuhalten. Nachdem das Wasser mit der lokal üblichen Verzögerung durch den Oberbodenhorizont eingesickert war, konnten die nassen Bereiche der Untersuchungsfläche in weniger als 48 Stunden von 0 auf etwa 30 cm unter Flur entwässert werden.

Saatguteinsatz zur Umwandlung von Acker in Nassgrünland

Die zu prüfenden Saatgutmischungen konnten mit einer Neuansaat im Herbst 2018 unter entwässerten Bedingungen erfolgreich etabliert werden. Dabei deckten sich die Ertragsanteile der Gräser und des Weißklees (*Trifolium repens*) vor dem ersten Schnitt im zweiten Hauptnutzungsjahr 2020 in etwa mit ihrem Gewichtsanteil in den Saatgutmischungen (Tab. 1). Aufgrund der unter Entwässerung zu Trockenheit neigenden Moorböden gelang die im späten Frühjahr des ersten Hauptnutzungsjahres 2019 durchgeführte Nachsaat mit auf Basis des Grünlandmonitoring Bayern (Heinz et al. 2013) ausgewählten Kräuterarten und eine Neuansaat der Saatgutmischungen in einem weiteren Teilbereich der Untersuchungsfläche nicht.

Ein gutes Ergebnis hinsichtlich einer Artenanreicherung der Bestände zeigte die gleichzeitige Neuansaat von Gräsern und Kräutern im Herbst. Vor dem ersten Schnitt im zweiten Haupnutzungsjahr 2021 waren folgende Kräuterarten in absteigenden Anteilen vertreten: Spitz-Wegerich (*Plantago lanceolata*), Wiesen-Kümmel (*Carum carvi*), Kuckucks-Lichtnelke (*Lychnis floscuculi*), Wiesen-Labkraut (*Galium album*), Sumpf-Schafgarbe (*Achillea ptarmica*), Rauhaar-Löwenzahn (*Leontodon hispidus*) und Blutstillendes Fingerkraut (*Potentilla erecta*).

Tab. 1: Ertragsanteile aller Gefäßpflanzenarten vor dem ersten Schnitt im zweiten Hauptnutzungsjahr (r = eine Pflanze, + = mehr als eine Pflanze aber weniger als 1 % Ertragsanteil) sowie (Zahl unterstrichen, blau) Gewichtsanteile der gesäten Komponenten in den Mischungssystemen.

Bezeichnung der Saatgutmischung	RG6	RG7	RG9	RG10	RG11	LfL-M
Saatstärke in kg ha ⁻¹	30	15	17	20	28	30
Rangfolge nach einem Untersuchungsjahr	5	6	3	4	2	1

Art Ertrags- und <u>Mischungsanteil</u> in %							
Wiesenschwingel (Festuca pratensis)	50 <u>50</u>					8 <u>5</u>	
Deutsches Weidelgras (Lolium perenne)	14 <u>20</u>	23 <u>13</u>		31 <u>10</u>			
Wiesenlieschgras (Phleum pratense)	32 <u>30</u>	25 <u>34</u>	28 <u>29</u>	6	28 <u>25</u>	22 <u>25</u>	
Weißes Straußgras (Agrostis gigantea)	+	35 <u>40</u>	6 <u>12</u>	+	3 7	2 5	
Rohrglanzgras (Phalaris arundinacea)		+	54 <u>59</u>	+	+	15 <u>10</u>	
Wiesenrispe (Poa pratensis)	1	4	1	11 <u>15</u>	7 <u>11</u>	4 <u>10</u>	
Wiesenfuchsschwanz (Alopecurus pratensis)	+	2	1	49 <u>75</u>	+	11 <u>10</u>	
Rohrschwingel (Festuca arundinacea)		+	+	r	59 <u>57</u>	33 <u>35</u>	
Weißklee (Trifolium repens)	1	8 <u>13</u>	1	1	1	+	
Wolliges Honiggras (Holcus lanatus)	+	+	7		+	4	
Flatterbinse (Juncus effusus)	r	r		+		r	
Sonstige	+	2	+	+	+	+	

Eigenschaften der Bestände unter entwässerten, aber stauwasserbeeinflussten Bedingungen

RG11 lieferte mit einem dichten Bestand, vor allem geprägt durch Rohrschwingel (*Festuca arundinacea*) und Wiesenlieschgras (*Phleum pratense*), mit 90 dt TM ha⁻¹ die tendenziell höchsten Jahreserträge. LfL-M, RG7 und RG9 befanden sich im für entwässerte Niedermoorstandorte erwartbaren Bereich um 80 dt TM ha⁻¹. Dagegen fiel RG10 mit 63 dt TM ha⁻¹ infolge lückiger Bestände im Jahresertrag ab, wobei Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*) nach Überstaubedingungen ohne ein begleitendes Obergras vollständig lagerte und nicht mehr als Futter hätte verwendet werden können. In den niedrigen Beständen aus der Saatgutmischung RG6, mit einem Ertrag von 54 dt TM ha⁻¹, war Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*) sichtlich geschwächt, was sich unter anderem durch Rostanfälligkeit bemerkbar machte.

Mit dem am 27. Mai geernteten ersten Aufwuchs konnten Energiedichten von 5,4 bis 5,6 MJ NEL kg⁻¹ TM erreicht werden. RG7 erzeugte mit Weißklee (*Trifolium repens*) und dem spätreifenden Weißen Straußgras (*Agrostis gigantea*) zum selben Erntezeitpunkt 6,0 MJ NEL kg⁻¹ TM.

In den Bodensenken der Untersuchungsfläche begann Weißklee (*Trifolium repens*) zunehmend zu faulen. Es blieben offene Bodenstellen zurück, was zu einer vergleichsweise geringen gemessenen Scherfestigkeit der Grasnarbe (Parameter für die Befahrbarkeit, Tölle et al. 2000) führte.

Die erzielten Rohproteingehalte waren mit durchschnittlich 8,75 % TM niedrig im Vergleich zu den Mittelwerten bayerischer Monitoringflächen (Heinz et al. 2016).

Im Gegensatz zum ersten Schnitt wurden beim zweiten Auswuchs im Jahr 2020 deutlich höhere Mangangehalte gemessen. Nur die Bestände aus der Saatgutmischung RG11 blieben mit 103,7 mg kg-1 TM unter dem gesetzlichen Höchstgehalt als Alleinfutter von 170 mg kg-1 TM. Manganfreisetzung in die Bodenlösung ist ein bekanntes Phänomen wasserbeeinflusster Moorböden, weil anaerob oder fakultativ anaerob lebende Mikroorganismen unter reduzierenden Verhältnissen Mn²⁺-Ionen freisetzen (Amberger 1996). Vor dem zweiten Schnitt war die Untersuchungsfläche acht Tage lang aufgrund von Starkniederschlägen überstaut. Die tendenziell höchste Mn-Aufnahmebereitschaft zeigten die Bestände aus der Saatgutmischung RG9 mit einer Zunahme der Mangangehalte von 133 % auf 224,0 mg kg-1 TM zwischen dem ersten und zweiten Aufwuchs, was mit dem bekannten Einsatz von Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) zur Aufbereitung von mit Schwermetallen kontaminierten Böden zusammenpasst.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Der Grundwasserstand der Untersuchungsfläche konnte durch den Anstau von bestehenden, tiefen Rohrdränagen innerhalb eines Jahres auf den Zielbereich zwischen 0 und 30 cm unter Flur angehoben werden. Mit Zuschusswasser aus ehemaligen Güllebehältern wird zukünftig versucht, den Grundwasserstand auch in niederschlagsarmen Perioden auf einem moorschonenden Niveau zu halten. Die Umwandlung von Acker in Grünland sollte bereits vor der Wasserstandsanhebung stattfinden. Auf den oberflächlich zur Austrocknung neigenden Moorböden gelingt eine Neuansaat im Herbst zuverlässiger als im Frühjahr. Weißklee (*Trifolium repens*) und Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*) sind für wasserbeeinflusste Niedermoorstandorte nicht geeignet. Als Reaktion auf die kleinräumig unterschiedlichen Standortbedingungen scheint der Saatguteinsatz eines breiten Spektrums an nässeangepassten Gräsern wie Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Rohrschwingel (*Festuca arundinacea*) und Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*) für die Nutzung der Aufwüchse als Futter sinnvoll. Die Entwicklung der Bestände wird im Projekt "MoorBewi: Entwicklung moorverträglicher Bewirtschaftungsmaßnahmen für landwirtschaftlichen Moor- und Klimaschutz" (www.lfl.bayern.de/moorbewirtschaftung) weiterverfolgt.

Literatur

- Amberger, A. (1996): Pflanzenernährung: Ökologische und physiologische Grundlagen. Dynamik und Stoffwechsel der Nährelemente: 4. Auflage. UTB, Stuttgart.
- Drösler, M., Freibauer, A., Adelmann, 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., Wehrhan, M. (2011): Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis: Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt "Klimaschutz Moornutzungsstrategien" 2006-2010.
- Heinz, S., Mayer, F., Kuhn, G. (2013): Grünlandmonitoring Bayern. Mehr Eiweiß vom Grünland und Feldfutterbau Potenziale, Chancen und Risiken: 57. Jahrestagung der AGGF.
- Heinz, S., Raschbacher, S., Diepolder, M., Kuhn, G. (2016): Erweitertes Ertrags- und Nährstoffmonitoring bayerischer Grünlandflächen. Abschlussbericht an das Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- LFAMV (2020): Mischungs- und Sortenempfehlungen Grünland 2020. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Institut für Tierproduktion Dummerstorf.
- Tiemeyer, B., Bechtold, M. Belting, S. Freibauer, A., Förster, C. Schubert, E., Dettmann, U., Frank, S., Fuchs, D., Gelbrecht, J., Jeuther, B., Laggner, A., Rosinski, E., Leiber-Sauheitl, K., Sachteleben, J., Zak, D. & M. Drösler (2017): Moorschutz in Deutschland Optimierung des Moormanagements im Hinblick auf den Schutz der Biodiversität und der Ökosystemleistungen: Bewertungsinstrumente und Erhebung von Indikatoren. BfN-Skripten 462.
- Tölle, R., Prochnow, A. & S. Kraschinski (2000): Measuring Techniques for the Assessment of the Trafficability of Fen Grasslands. *Agrartechnische Forschung* 6(3): E 54-E 61.
- Zeitz, J. & S. Velty (2002): Soil properties of drained and rewetted fen soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165 (5): 618–626.

Nährwert und Mineralstoffgehalt ausgewählter Pflanzenarten von Alpweiden

E.M.T. Bossi, S. Ineichen, B. Reidy

Berner Fachhochschule BFH, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen, Schweiz beat.reidy@bfh.ch

Einleitung und Problemstellung

Wiesenfutter von Alpweiden stellt eine unersetzliche Futterressource für die Produktion von Milch und Fleisch während den Sommermonaten dar. Bewirtschaftungskonzepte von Alpen mit z.B. gestaffelter Weideführung und einer an das Graswachstum angepassten Besatzstärke sind massgebend zur Förderung erwünschter Futterpflanzen und zum Erhalt der Produktivität über die Saison (LFI 2022). Beiträge für Biodiversitätsförderflächen wie sie in der Schweiz auf Alpen ausgerichtet werden sind zusätzliche staatliche Massnahme, um den Erhalt der Artenvielfalt zu fördern. Die botanische Zusammensetzung von Alpwiesen und -Weiden (Jeangros et al. 2000, Peter et al. 2008), wie auch die Produktivität von Bergwiesenbestände (Ineichen et al. 2020) und die Veränderung der Futterqualität über die Vegetationsdauer sind in zahlreichen Studien dokumentiert (Marinas et al. 2003, Bovolenta et al. 2020). Gehalte von Nährwert- und Mineralstoffen von futterbaulich relevanten Alpenpflanzen sind jedoch nur punktuell dokumentiert (z. B. Schubiger et al. 1998, Jayanegara et al. 2011). In der vorliegenden Arbeit wurden deshalb 16 im Alpgebiet des Unterengadins häufig vorkommende Futterpflanzen gesammelt und hinsichtlichlich ihres Futterwerts beschrieben.

Material und Methoden

Die untersuchten Alpenpflanzen wurden auf der Alp Sesvenna, einem Seitental des Unterengadins, im Kanton Graubünden gesammelt (Bossi 2022). Die Flächen der Alp befinden sich auf dem Gebiet der Gemeinde Scuol auf einer Höhe zwischen 1'880 und 2'750 m. ü. M. Die Alp wird viehwirtschaftlich genutzt. Die gesammelten Pflanzen wurden in Gruppen der Echten Gräser, Seggen und Heimsimsen, Leguminosen, sowie Kräuter differenziert (Tab. 1).

Tab. 1: Auf der Alp Sessvenna im Unterengandin (Kanton Graubünden, Schweiz) zwischen 1'880 und 2'750 m. ü. M. gesammelte Pfanzen einer viehwirtschaftlich genutzen Alp.

Pflanzengruppe	Deutscher Name	Botanischer Name
	Alpenrispengras	Poa alpina L.
	Borstgras	Nardus stricta L.
Echte Gräser	Horst-Rotschwingel	Festuca nigrescens Lam.
	Rätisches Lieschgras	Phleum rhaeticum (Humphries)
		Rauschert
	Horstsegge	Carex sempervirens Vill.
Seggen und Heimsimsen	Krummsegge	Carex curvula All.
	Vielblütige Hainsimse	Luzula multiflora (Ehrh.) Lej.
	Alpenklee	Trifolium alpinum L.
Leguminosen	Alpenschotenklee	Lotus alpinus L.
Leganinosen	Alpenwundklee	Anthyllis vulneraria L.
	Hufeisenklee	Hippocrepis comosa L.
	Alpenwegerich	Plantago alpina L.
	Bartglockenblume	Campanula barbata L.
Kräuter	Bergnelkenwurz	Geum montanum L
Nadio	Muttern	Ligusticum mutellina L.
	Rauher Löwenzahn	Leontodon hispidus L.
	Schweizer Löwenzahn	Leontodon helveticus Mérat

Die Pflanzen wurden zwischen dem 4. und 19. Juli 2021 im Stadium Beginn Blüte geernet und während 48 h bei 60 °C getrocknet. Das getrocknete Probenmaterial wurde anschliessend auf eine Siebgrösse von 1 mm gemahlen. Ein Teil davon wurde zur Nähr- und Mineralstoffanalyse and Dairy One Forage Laboratory (Ithaca, New York, USA) versandt, während ein weiterer Teil der Probe auf eine Siebgrösse von 0.75 mm gemahlen wurde. Diese Probe diente zur Bestimmung der *in vitro* Verdaulichkeit der organischen Substanz (IVOMD), sowie der Netto-Energie-Laktaion (NEL) pro kg Trockensubstanz (TM) gemäss dem Protkoll von Menke & Steingass (1988).

Ergebnisse und Diskussion

Zur Zeit der Probenahme befanden sich die untersuchten Alpenpflanzen in einem frühen Blütenstadium im geneartiven Aufwuchs und wiesen NEL-Gehalte zwischen 4.28 MJ NEL/kg TM (Borstgras) und 7.00 MJ/kg TM (Hufeisenklee) auf (Tab. 2). Die geringe Verdaulichkeit des Borstgrases ist weitläufig dokumentiert (Schubiger et al. 1998, Jayanegara et al. 2011). Diese tiefe Verdaulichkeit wird massgebend durch den hohen NDF-Gehalt von über 700 g/kg TM bestimmt. Im Vergleich dazu wies das Alpenriespengras lediglich einen NDF-Gehalt von 535 g/kg TM auf. Die analysierten Leguminosen und Kräuter wiesen im Gegensatz zu den Gräsern sehr geringe Gehalte an NDF auf. Vor allem die Muttern (205 g/kg TM) und der Hufeisenklee (248 g/kg TM), was sich in entsprechend hohe Verdaulichkeiten und NEL-Gehalte übersetzte. Jedoch sind die geringe Grösse der Pflanzen und die Blätter, die sehr bodennah wachsen, zu berücksichtigen. Der beste NEL-Gehalt bei den Kräutern wird von Muttern geliefert (6.8 MJ/kg TM). Auch was den Rohproteingehalt betrifft, sind der Hufeisenklee und die Muttern diejenigen Pflanzenarten mit den höchsten Werten, beide mit 218 g/kg TM. Der hohe Rohproteingehalt der Muttern wurde bereits von Dietl et al. (1997) und Schubiger et al. (1998) hervorgehoben. Die gesamte funktionelle Pflanzengruppe der Leguminosen weist hohe Gehalte an Rohprotein (RP) auf (Jeangros et al. 2020), mit Ausnahme des Alpen-Wundklees mit 138 g/kg TM. Die Gräser zeigten in dieser Studie wie bei Jeangros et al. (2020) tiefere Rohproteingehalte. Mit Ausnahme der Krummsegge mit 178 g RP/kg TS.

Tab. 2: Gehalte an Nettoenergie-Laktaion (NEL/kg Trockensubstanz (TM)), *in vitro* Verdaulichkeit der organischen Substanz (IVOMD, %), sowie Nährstoffgehalte¹ ausgewählter Alpenpflanzen (g/kg TM).

Pflanze	NEL	IVOMD	RP	NDF	ADF	Lignin	EE	RA
Alpenrispengras	5.28	60.2	124	535	289	48	41.9	46.5
Borstgras	4.28	52.1	123	708	329	31	24.0	43.2
Horst-Rotschwingel	5.81	66.1	176	498	251	24	40.8	59.5
Rätisches Lieschgras	5.19	60.0	119	588	307	41	38.8	48.5
Horstsegge	5.23	60.2	115	615	302	40	40.4	49.1
Krummsegge	6.16	69.0	178	514	234	25	42.4	25.0
Vielblütige Hainsimse	4.79	56.9	104	580	302	69	29.7	45.1
Alpenklee	6.76	72.5	202	309	233	54	46.9	41.8
Alpenschotenklee	6.25	70.7	215	254	194	66	48.8	83.9
Alpenwundklee	5.00	62.2	138	319	259	86	37.8	113
Hufeisenklee	7.00	74.4	218	248	194	36	55.3	53.7
Alpenwegerich	5.30	63.1	114	381	287	94	42.8	87.9
Bartglockenblume	5.78	66.5	155	259	194	32	46.3	79.1
Bergnelkenwurz	5.67	64.7	136	297	229	53	45.8	65.3
Muttern	6.80	76.7	218	205	192	56	52.7	110
Rauher Löwenzahn	5.90	66.6	160	287	217	61	66.6	102
Schweizer Löwenzahn	6.34	69.5	133	331	248	61	56.5	67.2

¹RP, Rohprotein; NDF, Neutrale Detergenzienfaser; ADF, Saure Detergenzienfaser; EE, Ether Extrakt; RA, Rohasche.

Die Aschegehalte der Pflanzen bewegten sich alle in einem typischen Bereich. Was die Mineralstoffgehalte der Pflanzen betrifft, sind grosse Unterschiede zwischen den Pflanzenarten und Gruppen festzustellen (Tab. 3). Das Borstgras wies einen Mg-Gehalt von 0.8 g/kg TM auf. Analog zu Schubiger et al. (1998) und Dietl et al. (1997) ist das Borstgras die Pflanzenart mit dem niedrigsten Mg-Gehalt. Die Krummsegge wies ebenfalls sehr tiefe Mg-Gehalte (0.9 g/kg TM) auf, im Vergleich dazu aber einen sehr hohen Mangangehalt. Unter den Leguminosen hatte der Alpen-Wundklee sehr hohe Gehalte an Magnesium (6.7 g/kg TM). Die Muttern wies mit 3.10 g/kg TM hohe Mg-Gehalte auf, etwa geringer als was andere Studien zeigen (Dietl et al. 1997 mit 4.5 g/kg TM und Schubiger et al. 1998 mit 4.2 g/kg TM). Kräuter und Leguminosen wiesen beachtliche Gehalte an Ca auf. Der Rauhe Löwenzahn hatte mit 13.3 g Ca/kg TM den hächsten Gehalt under den Kräutern. Der Alpen-Wundklee erreicht mit 25.6 g Ca/kg TM den höchsten Ca-Werte aller untersuchten Pflanzenarten.

Tab. 3: Mineralstoffgehalte ausgewählter Alpenpflanzen (g/kg Trockenmasse (TM)).

Pflanze	Ca	Р	Mg	K	S	Na	Fe	Zn	Mn
						(mg/kg TM)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
Alpenrispengras	2.10	2.8	1.3	14.4	1.6	80	57	41	49
Borstgras	1.90	1.6	8.0	12.1	1.7	50	68	68	261
Horst-Rotschwingel	2.70	2.2	1.4	21.5	2.0	66	79	39	313
Rätisches Lieschgras	2.30	2.8	1.1	19.3	1.4	80	54	33	65
Horstsegge	3.90	1.4	1.3	14.6	1.5	30	102	38	104
Krummsegge	2.50	2.8	1.2	18.9	2.1	70	149	82	1050
Vielblütige Hainsimse	2.90	1.6	1.2	16.5	1.4	50	56	97	166
Alpenklee	3.60	2.6	1.2	14.0	2.0	50	125	35	46
Alpenschotenklee	12.7	2.3	2.2	24.1	2.3	50	84	55	29
Alpenwundklee	25.6	1.8	6.7	14.8	1.3	80	97	23	42
Hufeisenklee	9.20	1.9	2.3	14.6	1.9	40	82	30	30
Alpenwegerich	12.6	1.5	4.7	21.1	3.4	50	168	66	26
Bartglockenblume	9.00	2.5	2.4	24.4	1.8	30	87	44	57
Bergnelkenwurz	9.10	2.0	4.3	17.8	1.7	50	89	125	196
Muttern	9.80	4.3	3.1	36.2	2.6	20	85	50	111
Rauher Löwenzahn	13.3	2.2	2.8	32.2	2.4	10	109	48	48
Schweizer Löwenzahn	4.60	2.5	1.9	24.3	2.1	70	69	54	168

Schlussfolgerungen

Hinsichtlich der Futterqualität der Alpenpflanzen konnte festgestellt werden, dass einige typische Arten wie Hufeisenklee und Muttern sowohl im Energie- (7.0 und 6.8 MJ NEL/kg TM) als auch im Proteingehalt (je 218 g RP/kg TM) sehr interessante Werte aufweisen. Andere Arten, wie das Borstgras, hatten eine geringere Futterqualität (4.28 MJ NEL/kg TM, 123 g RP/kg TM). Auf der Alp Sesvenna sind Borstgrasweiden vor allem in den Magerweiden vorhanden, was entsprechend zu einer verringerten Futterqualität und Produktivität führt.

Dank

Reto Elmer vom Plantahof Landquart (Graubünden, Schweiz) wird für die Mitbetreuung der Masterarbeit von Elissa Bossi verdankt.

Literatur

Bossi, E.M.T. (2022): Bewirtschaftungskonzept und Kartierung der Biodiversitätsförderflächen der Alp Sesvenna im Unterengadin. Berner Fachhochschule, Hochschule für Agar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL. Masterarbeit, 112 S.

Bovolenta, S., Spanghero, M., Dovier, S., Orlandi, D. & F. Clementel (2020): Chemical composition and net energy content of alpine pasture species during the grazing season. *Animal Feed Science and Technology* 146: 178-191.

Ineichen, S., Marquardt, S., Kreuzer, M. & B. Reidy (2020): Forage quality of species-rich mountain grasslands subjected to zero, PK and NPK mineral fertilisation for decades. *Grass and Forage Science* 75: 385-397.

- Jayanegara, A., Marquardt, S., Kreuzer, M. & F. Leiber (2011): Nutrient and energy content, *in vitro* ruminal fermentation characteristics and methanogenic potential of alpine forage plant species during early summer. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91: 1863-1870.
- Jeangros, B., Scehovic, J., Troxler, J., Bosset, J. O. (2000): Ist Futter aus Berg- und Talweiden unterschiedlich zusammengesetzt? *AgrarForschung* 7: 308-313.
- LFI, Ländliches Fortbildungsinstitut. Webinar "Klimawandelanpassung in der Almwirtschaft" vom 18.02.2022. https://tirol.lfi.at/aufzeichnung-webinar-klimawandelanpassung-in-der-almwirtschaft-vom-18-02-2022+2500+2492250
- Marinas, A., García-González, R. & M. Fondevila (2003): The nutritive value of five pasture species occurring in the summer grazing ranges of the Pyrenees. *Animal Science* 76: 461-469.
- Menke, K.H. & H. Steingaß (1988): Estimation of the energetic feed value from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development* 28: 7-55.
- Peter, M., Edwards, P. J., Jeanneret, P., Kampmann, D. & A. Lüscher (2008): Changes over three decades in the floristic composition of fertile permanent grasslands in the Swiss Alps. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 125. 204–212.
- Schubiger, F.-X., Bosshard, H.-R. & W. Dietl (1998): Nährwert von Alpweidepflanzen. *Agrarforschung Schwei*z 5: 285-288.

Virtuelles Zäunen: Chancen für eine verbesserte Tierüberwachung?

Dina Hamidi¹, Martin Komainda¹, Natascha A. Grinnell¹, Friederike Riesch^{1,2}, Juliane Horn¹, Masud Hamidi³, Imke Traulsen⁴, Johannes Isselstein^{1,2}

¹ Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Graslandwissenschafte, Georg-August Universität Göttingen, <u>dina.hamidi@uni-goettingen.de</u>

² Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung, Göttingen ³ Heisterholz-Mühle 1, 30916 Isernhagen

Einleitung und Problemstellung

Die Verbesserung des Tierwohls für Nutztiere ist ein gesellschaftlich und politisch verfolgtes Ziel. Eine adäquate Umsetzung kann zu einer positiveren öffentlichen Wahrnehmung der Landwirtschaft beitragen. Die Möglichkeit zur Ausführung natürlicher Verhaltensweisen ist eine der drei übergeordneten Dimensionen des Tierwohls (Fraser et al. 1997), diese werden auch in der Definition von animal welfare durch die Welttiergesundheitsorganisation aufgegriffen. Auf der Weide sind Rinder in der Lage ihren natürlichen Verhaltensweisen nachzugehen, was essentiell für das Wohlergehen der Tiere ist. Hindernisse bei der Umsetzung von Weidehaltung in der Landwirtschaft sind der hohe Arbeits- und Zeitaufwand für das Zäunen, sowie die erschwerte Tierüberwachung. Eine entscheidende Vereinfachung des Zäunens, gerade im Bereich der besonders aufwändigen Rotationsbeweidung, die eine optimale Ausnutzung des vorhandenen Grünlandes verspricht, kann die Nutzung virtueller Zäunungshalsbänder sein. Zaunlinien lassen sich dabei mit Hilfe von GPS-Daten einfach ziehen und versetzen. Die Tiere erkennen die Positionen des Zauns über das akustische Signal (Campbell et al. 2017), welches einem möglichen elektrischen Impuls bei nicht erfolgender Umkehrreaktion an der virtuellen Zaunlinie vorhergeht (konditioniertes Lernen). Bislang liegen kaum belastbare Daten vor, wie und ob die anfallenden Echtzeit-GPS-Daten der Halsbänder genutzt werden können, um die Tierüberwachung auf der Weide zu verbessern. Um diese Frage zu klären, wurde im Sommer 2021 ein Rotationsweideversuch mit der Nofence[©]-Technologie zum virtuellen Zäunen durchgeführt.

Material und Methoden

Vier Gruppen mit jeweils 8 Fleckviehfärsen (n = 32) wurden auf 24h-Weiden im Umtriebssystem geweidet (zweite Rotation: 23.08. - 06.09.2021). Die für die vorliegende Auswertung genutzten Daten beinhalten 8 Weidetage. Die Tiere wurden mit IceTag® Beschleunigungsmessern (rechtes Hinterbein) (IceRobotics LTD, Edinburgh, Schottland) und virtuellen Zäunungshalsbändern (Nofence®, Batnfjordsøra, Norwegen) (Abb. 1) ausgestattet, um unter anderem das Liegeverhalten zu detektieren. Zur Differenzierung wird im Folgenden die als Liegeverhalten aufgenommene Zeit der Halsbänder "Ruhen" genannt und die der Beschleunigungsmesser "Liegen". Ruhen wird als mindestens zwei aufeinanderfolgende Minuten mit derselben GPS-Position definiert, die ausgegeben werden, nachdem die Halsbänder in gleitenden Durchschnitt von drei Minuten nur noch geringe Bewegungen detektierten (der zugrundeliegende Algorithmus ist vertraulich, Nofence®). Bei Liegen wurden Liegeereignisse < 1 Minute entfernt (außer an längere Liegeereignisse angrenzende Werte, diese wurden aufgerundet auf 1 Minute), da diese wahrscheinlich auf Hinterbeinbewegungen stehender Tiere zurückzuführen sind (Ungar et al. 2018). Beide Datensätze wurden mit Hilfe einer Konfusionsmatrix verglichen, wobei Liegen als "Referenz" und Ruhen als "Vorhersage" klassifiziert wurde. Ruuska et al. (2018) unterstützen die Verwendung einer Konfusionsmatrix bei der Validierung als robuste und stringente Bewertung der Validität in ihrer Studie, die 3 verschiedene Validierungsmethoden für ein automatisiertes System zur Messung des Fressverhaltens von Rindern verglich. Darüber hinaus wurde der Zusammenhang zwischen der Anzahl gelaufener Schritte (Beschleunigungsmesser) und den zurückgelegten Distanzen (Halsbänder) bestimmt (Pearson-Korrelation). Außerdem wurde für jedes Tier die pro Schritt zurückgelegte Distanz berechnet, indem der Quotient aus der Gesamtdistanz und der Anzahl Schritte gebildet wurde, wobei die Anzahl Schritte verdoppelt wurde, da nur eines der Hinterbeine mit Sensor ausgestattet war.

⁴ Department für Nutztierwissenschaften, Systeme der Nutztierhaltung, Georg-August Universität Göttingen



Abb. 1: Virtuelles Zäunungshalsband (Nofence®, Batnfjordsøra, Norwegen)

Ergebnisse und Diskussion

Unsere Auswertung zeigt eine gute Detektion (Precision: 0,93, Accuracy: 0,88, Recall: 0,82) des Ruheverhaltens durch die Halsbanddaten verglichen mit den IceTag-Daten. Die Ruhezeiten der Tiere werden durch die virtuellen Zäunungshalsbänder, verglichen mit den Liegezeiten aus den Beschleunigungsmessern, eher unter- als überschätzt, bei einer insgesamt hohen Accuracy (Abb. 2). Dies scheint verständlich durch die unterschiedliche Art der Bewegungsaufnahme (Hinterbeinbewegungen vs. Halsband). Es ist davon auszugehen, dass Liegen etwas überschätzt und Ruhen etwas unterschätzt wird. Dies ist insofern ungewöhnlich, da bisher "normale" GPS-Halsbänder eher Liegezeiten überschätzt haben (durch die Unmöglichkeit Stehen von Liegen zu trennen) (Ungar et al. 2011) und nicht empfohlen werden konnten für die Detektion von Liegen.

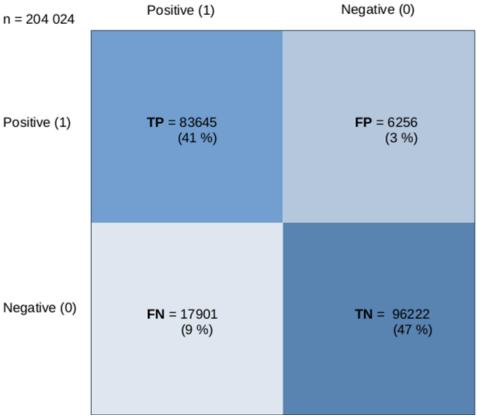


Abb. 2: Konfusionsmatrix für die Detektion von Ruhen (virtuelle Zäunungshalsbänder) auf der Basis von Liegen (Beschleunigungsmesser). FN, false negative; TN, true negative; FP, false positive; TP, true positive.

Das vorliegende Ergebnis, mit der hohen Präzision von 93 %, ist scheinbar auf die integrierte Technologie zur Bewegungserkennung speziell bei den Nofence-Halsbändern zurückzuführen.

Zwischen den gelaufenen Schritten und den zurückgelegten Distanzen besteht eine moderate postive Korrelation (Pearson) (r= 0,64). Die durchschnittliche Schrittlänge der Tiere in dieser Studie ist 0,52 m ± 0,10 m (Mittelwert ± Standardabweichung) mit einer Spannweite von 0,29 - 0,77 m, was im Rahmen von berichteten Schrittlängen von Rook et al. (2004) von 0,28 für Grasen und 0,50 für Gehen ist (Telezhenko et al. 2005) (0,72 - 0,83 m abhängig vom Untergrund). Ob es besser ist, die zurückgelegten Distanzen in m oder die gegangenen Schritte zu betrachten ist abhängig vom Ziel der Überwachung. Beides zu berücksichtigen hat ebenfalls Vorteile, da beispielsweise über sich verändernde Schrittlängen Lahmheiten detektiert werden können, wie ein nicht statistisch auswertbarer Einzelfall in der vorliegenden Studie nahelegt. Ein großer Vorteil gegenüber den Beschleunigungsmessern besteht in der klaren Verortung der Tiere durch die Halsbanddaten, die unter anderem genutzt werden kann, um ein bei der automatischen Überwachung auffälliges Tier zu finden und zu überprüfen. Insgesamt scheint eine verbesserte Tierüberwachung mit Hilfe der GPS Daten aus den virtuellen Zäunungshalsbändern möglich zu sein.

Schlussfolgerungen

Die Nutzung der virtuellen Zäunungstechnologie birgt, zusätzlich zur Arbeitserleichterung des Zäunens, das Potential zur kontinuierlichen Tierkontrolle basierend auf Bewegungsinformationen der Weidetiere, detektiert aus Echtzeit-GPS-Daten. Über eine reine Überwachung von Ruhen und zurückgelegten Distanzen hinaus, kann jedes Tier individuell exakt verortet werden, was das Potenzial für zusätzliche Monitoringmöglichkeiten hinsichtlich beispielsweise dem Erkennen von kranken Tieren durch Verhaltensabweichungen, wie das Absondern von der Gruppe erahnen lässt.

Literatur

- Campbell, D.L.M., Lea, J.M., Farrer, W. J., Haynes, S.J. & C. Lee (2017): Tech-Savvy Beef Cattle? How Heifers Respond to Moving Virtual Fence Lines. Animals (Basel). Sep 18, 7(9): 72.
- Fraser, D., Weary, D. M., Pajor, E. A., & B. N. Milligan (1997). A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal welfare* 6: 187-205.
- Ruuska, S., Hämäläinen, W., Kajava, S., Mughal, M., Matilainen, P. and Mononen, J. (2018): Evaluation of the confusion matrix method in the validation of an automated system for measuring feeding behaviour of cattle. *Behavioural Processes*, Volume 148: 56-62,
- Rook, A. J., Harvey, A., Parsons, A. J., Orr, R. J & Rutter, S. M. (2004): Bite dimensions and grazing movements by sheep and cattle grazing homogeneous perennial ryegrass swards. *Applied Animal Behaviour Science* 88: 227-242.
- Telezhenko, E. & Bergsten, C., 2005: Influence of floor type on the locomotion of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 93: 183-197.
- Ungar, E. D., Schoenbaum, I., Henkin, Z., Dolev, A., Yehuda, Y. & A. Brosh (2011): Inference of the Activity Timeline of Cattle Foraging on a Mediterranean Woodland Using GPS and Pedometry. *Sensors* 11: 362–383
- Ungar, E.D., Nevo, Y., Baram, H. & A. Arieli (2018): Evaluation of the IceTag leg sensor and its derivative models to predict behaviour, using beef cattle on rangeland, *Journal of Neuroscience Methods* 300: 127–137.

Milchproduktion von vielfältigen Grasnarben

Martin Komainda¹, Johannes Isselstein^{1,2}

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

² Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung

martin.komainda@uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Vielfältige Grasnarben sind aufgrund vielfältiger Funktionen Diskussionsgegenstand (Isselstein & Komainda 2021). Darunter versteht man Grasnarben, die artenreicher und komplexer sind und höhere Anteile dikotyler Pflanzenarten aufweisen, als gewöhnliche eher artenarme Grasnarben. Ergebnisse belegen, dass agronomische Vorteile mit erhöhter Biodiversität einhergehen können und eine verbesserte Anpassung an Klimaextreme wie Trockenheit bestehen (z.B. Meilhac et al. 2019). Zwischen der Nutzungsintensität im Grünland und der Vielfalt von Grasnarben besteht ein negativer Zusammenhang (z.B. Tallowin et al. 2005). Um zukünftig auch für intensive Grünlandnutzung artenreiche Grasnarben zu bewirtschaften und langfristig zu erhalten, sind Erkenntnisse zur Leistung und zur botanischen Zusammensetzung solcher Grasnarben unter intensiver Nutzung wichtig. Die vorliegende Untersuchung richtet einen Blick auf die Leistungsfähigkeit vielfältiger, komplexer Grasnarben unter intensiver Nutzung. Die Hypothese lautet, dass unabhängig von der Komplexität der Grasnarbe die Milchproduktion unbeeinflusst ist.

Material und Methoden

Für diese Untersuchung wurde eine systematische Literaturübersicht ("Review") durchgeführt, um den Einfluss der Grasnarbendiversität auf die Milchproduktion von Kühen unter Beweidung zu untersuchen. Untersuchte Zielgrößen sind neben der Milchproduktion, die Methanemission als Beispiel für Umwelteffekte sowie die botanische Zusammensetzung mit einem Schwerpunkt auf Anteilen bioaktiver Futterpflanzen wie Hornklee (Lotus corniculatus). Eine Literatursuche wurde im Web of Science und Google Scholar durchgeführt. Als Minimalstandard für die Aufnahme in die Übersicht wurde festgelegt, dass ausschließlich Originalstudien, die im peer-Review Verfahren veröffentlicht und in englischer Sprache verfasst wurden, herangezogen werden. Die Suchbegriffe umfassten "dairy cow performance OR milk yield OR milk production OR dairy cow milk yield", "grazing OR pasture", "multispecies OR complex sward OR plantain OR herb inclusion". Gefundene Studien wurden zur weiteren Prüfung herangezogen, wenn i) die Sprache englisch war; ii) wenn die Kuhpopulation geweidet hat; und iii) wenn die Untersuchungsbehandlung zumindest eine simple Referenzgrasnarbe (z.B. Weißkleegras) im Vergleich zu mindestens einer komplexen Grasnarbe (z.B. Weißkleegras + Spitzwegerich) enthielt und die Studie unter temperaten Klimabedingungen durchgeführt wurde. Die Literaturlisten der gefundenen Studien wurden nach weiteren Untersuchungen gesichtet und es wurden nur Studien der vergangenen 20 Jahre berücksichtigt. Studien mit inadäguatem Design or unvollständiger Berichterstattung wurden ausgeschlossen. Ergebnisse über mehrere Weideperioden innerhalb einzelner Studien wurden als separate Experimente behandelt, wenn Zielgrößen nicht im Mittel der Perioden mitgeteilt wurden. In letzteren Fällen wurden mittlere Werte über die Einzelperioden extrahiert. Von Interesse war die Leistung der Milchkühe, ausgedrückt als energiekorrigierte Milch (ECM, kg Kuh⁻¹ Tag⁻¹), berechnet nach Brade und Flachowsky (2005), die die um Eiweiß und Fett (4 % Fett, 3,4 % Eiweiß) korrigierte Milchproduktion ausdrückt. Die als Milchmenge (L Kuh-1 Tag-1) angegebenen Ergebnisse wurden nach O'Connor (1995) in Milchmasse (kg Kuh⁻¹ Tag⁻¹) umgerechnet. Für Studien mit Kraftfuttergabe, Milchleistung residual energiekorrigiert in Weidemilchleistung anhand der Weidefutteraufnahme und der Energiekonzentration des Weidegrases umgerechnet. Dabei wurde angenommen, dass anteilig ein Energiebedarf von 0.33 und 0.67 für Erhaltung und Leistung vorliegt. In sechs Studien wurde neben der Milchleistung auch die Methanemission gemessen. Somit wurde für die Bewertung der Milchleistung eine ungleich größere Anzahl Vergleiche herangezogen als für die Bewertung der Umwelteffekte. Extrahierte Mittelwerte wurden mittels t-Tests verglichen. Zusätzlich wurde zur Bewertung der botanischen Zusammensetzung der Shannon-Index als Funktion der Anzahl angesäter Arten regressiv in einem Modell mit quadratischem Term geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden 16 Studien mit 60 Behandlungskombinationen für den Vergleich von simplen Referenzgrasnarben mit komplexen vielfältigen Grasnarben herangezogen. Unter den 16 Studien fanden sich sieben Arbeiten aus Neuseeland, jeweils drei Arbeiten aus den USA und Frankreich, zwei aus Australien und eine aus Deutschland (Literaturliste kann auf Anfrage geteilt werden). Bei den Referenzgrasnarben handelte es sich nicht notwendigerweise um reine Grasbestände, sondern um weniger artenreiche Grasnarben als die komplexen Grasnarben. In den aufgeführten Studien bestanden alle Grasnarben aus vorselektierten Arten, die mehr oder weniger kurz vor den Versuchen angesät wurden, wobei insgesamt nur 18 Pflanzenarten zur Ansaat kamen. Dauergrünland im engeren Sinne (> 5 Jahre alte Grasnarbe) wurde nur in zwei Fällen einbezogen. Das Alter der Grasnarben lag bei 0.5 Jahren (eine Studie), einem Jahr (sieben Studien), 1.5 Jahren (drei Studien) oder 2.5 Jahren (zwei Studien). In den komplexen Grasnarben kamen Bromus spp., Festuca arundinacea, Poa pratensis, Lolium perenne, Lolium multiflorum, Carum carvi, Cichorium intybus, Plantago lanceolata, Sanguisorba minor, Lotus corniculatus, Lotus pedunculatus, Medicago sativa, Trifolium michelianum, Trifolium alexandrinum, Trifolium pratense, Trifolium subterraneum und Trifolium repens zum Einsatz. In den simplen Grasnarben waren Dactylis glomerata, F. arundinacea, Festulolium, Lolium multiflorum, L. perenne, M. sativa, T. repens, T. subterraneum Bestandteile. Die Anzahl ausgesäter Arten lag zwischen 1 und 9 Pflanzenarten, im Dauergrünland wurden zwischen 13 und 99 Arten identifiziert. In den untersuchten Studien bezieht sich die Diversifizierung von Weideflächen folglich hauptsächlich auf den Anbau einer mehr oder weniger komplexen Grasnarbe aus wenigen Pflanzenarten. Die meisten Vergleiche fanden über wenige Tage oder Wochen, manchmal bis zu drei Mal je Jahr statt. Keine der geprüften Studien berichtet detailliert über mehrjährige Effekte. Aussagen über die Ausdauer komplexer Grasnarben oder zur Veränderung der botanischen Zusammensetzung über die Zeit sind aufgrund der fehlenden Langfristigkeit nicht ableitbat. Die Kuhrassen waren in acht Fällen Jersey x HF Kreuzungen, in jeweils drei Fällen reine Jersey oder reine HF Kühe, in einem Fall Montbéliarde Kühe bzw. in einem weiteren Montbéliarde und Valdostana im Vergleich zu HF Kühen. Die Kuhgewichte rangierten im Mittel bei 514 ± 57 kg LM (Spannweite 430-648 kg) und die Untersuchungen erfolgten in frühem (n=6), mittleren (n=11) oder späten Laktationsstadium (n=8) mit einem Mittel von 147.9 ± 73 Tage in Milch. Die Weidesysteme waren Standweide (n=1), Rotationsweide (n=8), Rotations-Portionsweide (n=5) oder Portionsweide (n=3). Weidereste bewegten sich bei 1500 ± 354 kg TM ha⁻¹ mit einer Futterzuteilung von 25 ± 13 kg TM Kuh⁻¹ Tag⁻¹.

Tab. 1: Charakteristika der Vergleiche zwischen komplexen und simplen Grasnarben unter Beweidung sowie paarweiser Vergleich mittels t-Tests.

Parameter	Komplex	Simpel	t-Test
\$Artenvielfalt	6.2 ± 13.1	4.1 ± 11.5	t(93)=0.791, p=0.431, d=0.168
Shannon Diversität	0.4 ± 0.11	0.13 ± 0.13	t(93)=6.47, p<0.001, d=1.38
OMD (%)	68.7 ± 7.2	71.3 ± 7.6	t(93)=1.65, p=0.102, d=0.351
NEL (MJ kg ⁻¹ TM)	6.51 ± 0.78	6.69 ± 0.79	t(93)=1.1, p=0.276, d=0.233
NDF (g kg ⁻¹ TM)	410.7 ± 85.2	435.1 ± 79.1	t(93)=1.38, p=0.17, d=0.294
DMI (kg cow ⁻¹ day ⁻¹)	14.0 ± 2.5	14.5 ± 2.5	t(93)=0.879, p=0.382, d=0.187
CP (g kg ⁻¹ TM)	191.8 ± 49.5	190.4 ± 46.9	t(93)=0.130, p=0.897, d=0.028
*ECM (kg Kuh ⁻¹ Tag ⁻¹)	19.1 ± 5.3	20.1 ± 4.6	t(93)=0.964, p=0.337, d=0.205

^{\$:} Artenvielfalt=Anzahl angesäte Arten für Bestände mit Ansaaten. Studien im Dauergrünland davon ausgenommen

Es ergab sich hinsichtlich wichtiger Futterqualitätsparameter kein signifikanter Unterschied (Tab. 1). Lediglich die berechnete Shannon-Diversität unterschied sich signifikant zwischen den Varianten (Tab. 1). Auch hinsichtlich der Milchleistung ergab sich kein signifianter Unterschied (Tab. 1), was die Hypothese stütz. Ein wichtiges Charakteristikum zur Unterscheidung zwischen den Grasnarben bezieht sich auf den Grasanteil (39.2 \pm 21.8 vs. 65.4 \pm 27 %, komplex vs. simpel) und den Anteil dikotyler Nicht-Leguminosen (31.6 \pm 21.9 vs. 7.2 \pm 2.1, komplex vs. simpel). Die Leguminosenanteile waren mit 16.6 \pm 15.5 bzw. 16.4 \pm 15.1 relativ gleich, was auf Konkurrenz unter den Nicht-

^{*}ECM: Weidemilchleistung. Berechnet über Weide_DMI * NEL (Anteil von 0.67 für Leistung). Wichtig für Versuche mit Kraftfuttergabe. Zur Standardisierung und Vergleichbarkeit aber auf alle Versuche angewandt

Leguminosen in komplexen Mischungen hindeutet. In den komplexen Mischungen waren im Mittel 1.6 ± 1.1 bioaktive Pflanzen angesät, während in den simplen Grasnarben nur 0.2 ± 0.4 bioaktive Arten vorkamen. Bioaktive Pflanzenarten mit nennenswerten Anteilen sekundärer Inhaltsstoffe und hier insbesondere von Tanninen, werden zur Verringerung von Methanemissionen diskutiert (Jayanegara et al. 2015). Aus diesem Grund werden häufig Hornklee, Sumpfhornklee (*Lotus pedunculatus*), Süßklee (*Hedysarum coronarium*) oder Esparsette (*Onobrychis viciifolia*) in komplexen Mischungen hinzugefügt. Im Mittel erreicht Hornklee eine Tanninkonzentration von 22.2 g kg⁻¹ TM mit einer Spannweite von 1.9-50 g kg⁻¹ TM und Sumpfhornklee im Mittel 61.1 g kg⁻¹ TM mit einer Spannweite von 20-194 g kg⁻¹ TM auf. Trotz der hohen Tanninkonzentrationen werden *in vivo* selten Auswirkungen auf Methanemissionen festgestellt. Auch in der zusammengestellten Literaturübersicht mit sechs Vergleichswerten ergab sich weder für die tägliche Methanemission, noch für die Methanintensität (g kg⁻¹ Futteraufnahme oder g kg⁻¹ ECM) ein signifikanter Unterschied in Abhängigkeit von der Grasnarbe (Abb. 1).

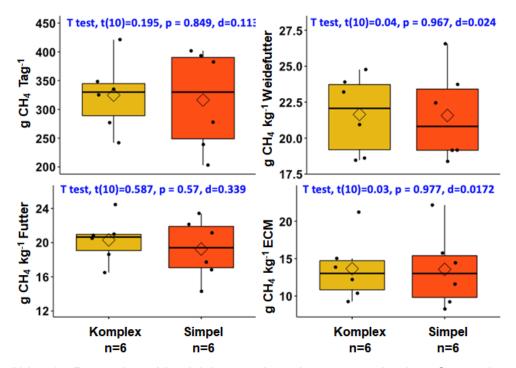


Abb. 1: Paarweiser Vergleich von komplexen vs. simplen Grasnarben mittels t-Tests auf unterschiedliche Zielgrößen der Methanemission.

Um eine Wirkung auf Methanemissionen zu erreichen, sind entsprechende Anteile bioaktiver Pflanzenarten im Bestand wichtig. Gleichzeitig ist eine hohe Ausdauer anzustreben. Am Beispiel von Hornklee und Sumpfhornklee wird dahingehend eine Problematik deutlich. In den für diesen Review gesichteten Studien lagen die ausgesäten Anteile dieser Pflanzenarten bei 9.9 – 56%. Im Bestand gefunden wurden oft aber nur zwischen 0 und 13%. Die ausgesäten Anteile unterscheiden sich deutlich von den im Bestand gefundenen. Komainda et al. (2021) haben gezeigt, dass sich ein geplant artenreicher Grünlandbestand mit 16 ausgesäten Arten innerhalb kurzer Zeit zu einer Art Reinsaat entwickeln kann, weil sich konkurrenzschwache Arten nicht durchsetzen, wenn Mischungen suboptimal konzipiert sind. Dies zeigt sich auch im Zusammenhang zwischen der Anzahl angesäter Arten und der Shannon-Diversität (Abb. 2) der zusammengestellten Weidestudien. Ansaatwürdige Arten weisen generell eine i) ausreichende und länger andauernde Konkurrenzkraft in Mischsaaten auf; ii) ausreichende Anpassungsfähigkeit an Standort und Bewirtschaftung; iii) ausreichende Saatgutverfügbarkeit mit hinreichender genetischer und technischer Qualität und iv) ausreichend befriedigende Nutzungseigenschaften. Uneingeschränkt erfüllen diese Forderungen bislang offensichtlich zu wenige Pflanzenrten, um systematisch zusammengestellte, komplexe Grasnarben entsprechend der Nutzungsvoraussetzungen zu konzipieren. In der systematischen Züchtung und agronomischen Bearbeitung bislang eher vernachlässigter Pflanzenarten besteht folglich eine Möglichkeit artenreiche Bestände zielführend zu bewirtschaften.

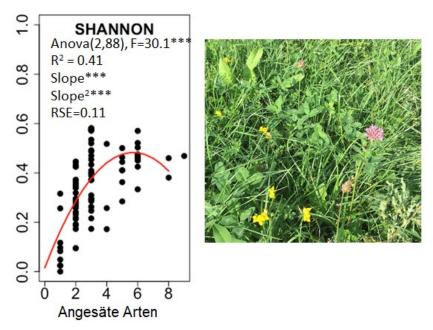


Abb. 2: Regressiver Zusammenhang zwischen Anzahl angesäter Arten und Shannondiversität in Weidestudien.

Schlussfolgerungen

Komplexe Grasnarben sind zur Milchproduktion bei Beweidung offensichtlich konkurrenzfähig. Es erscheint derzeit problematisch ausgewogen artenreiche Bestände mit hohen Anteilen von Pflanzenarten mit wünschenswerten Eigenschaften unter intensiver Nutzung zu realisieren, was gemeinsame Anstrengungen der Züchtung und des Pflanzenbaus bedarf.

Im Text verwendete Literatur

Brade, W. & G. Flachowsky (2005): Cattle breeding and milk production recommendations for practice. Agricul Res Völkenrode, Rinderzucht und Milcherzeugunng-Empfehlungen für die Praxis. *Landbauforschung Völkenrode*, Sonderheft 289: 111-27.

O'Connor, C.B. & A. Addis (1995): Rural dairy technology, ILRI Training Manual no, Addis Ababa, Ethiopia.

Isselstein, J, & M. Komainda (2021): Reconciling the goals – grass breeding for an improved grassland husbandry. In: Hartmann, S. et al. (eds), Exploiting genetic diversity of forages to fulfil their economic and environmental roles. Palacký University Press: 1-6.

Jayanegara, A., Harinder, G. G., Makkar, H.P.S & K. Becker (2015): Divergence between purified hydrolysable and condensed tannin effects on methane emission, rumen fermentation and microbial population in vitro. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 209: 60-68.

Komainda, M., Muto, P. & J. Isselstein (2021): Interaction of multispecies sward composition and harvesting management on herbage yield and quality from establishment phase to the subsequent crop. *Grass and Forage Science* 77: 89-99.

Meilhac, J, Durand, J.-L., Beguier, V. & I. Litrico (2019): Icreasing the benefits of species in multispecies temporary grasslands by increasing the within-species diversity. *Annals of Botany* 123: 891-900.

Soder, K, Sanderson, M., Stack, J. & L. Muller (2006): Intake and performance of lactating cows grazing diverse forage mixtures. *Journal of Dairy Science* 89: 2158-67.

Tallowin, J.R.B., Smith, R.E.N., Goodyear, J., Vickery, J.A. (2005): Spatial and structural uniformity of lowland agricultural grassland in England: A context for low biodiversity. *Grass and Forage Science* 60: 225–236.

Untersuchungen zur Dietätischen Kationen-Anionen-Bilanz (DCAB) auf dem Grünland in Nordostdeutschland

Pickert, J. 1, 3, Boss, B. 2, 3

Bedeutung der DCAB in der Fütterung

Die Steuerung der Rationsgestaltung im Hinblick auf die Verbesserung der Tiergesundheit und der Tierleistung über die DCAB ist seit über 30 Jahren etabliert (Overton 2020). Nicht zuletzt durch die von *Staufenbiel* und seinem Team in vielen Praxisbetrieben seit 2014 durchgeführten Untersuchungen hat die DCAB verstärkte Aufmerksamkeit in der Fütterungsberatung auch unserer Region gefunden. Die DCAB wirkt auf den Säuren-Basen-Haushalt z.B. der Milchkühe, und hat daher einen bedeutenden Einfluss auf die Futteraufnahme und damit auf die Milchleistung sowie auf die Tiergesundheit. Ungünstige DCAB-Werte können in der Fütterung auch durch Futterstruktur und Futterwert kaum kompensiert werden. Die Zielbereiche der DCAB in der Ration sind nicht in allen Laktationsphasen gleich. In der Phase des Trockenstehens soll die DCAB in der Vorbereitungsfütterung vor dem Kalben (Gebärparese-Prophylaxe) mit etwa 50 meq kg⁻¹ TM eher niedrig sein. Das gilt auch nach dem Kalben für die Anfütterungsphase zur Hinführung auf die volle Milchleistung. Während der Laktation soll die DCAB eher hoch sein, zwischen 200 – 350 meq kg⁻¹ TM, um einer metabolischen Azidose vorzubeugen.

Stark streuende DCAB in den Praxisbetrieben

Bei Aufnahme der eigenen Versuchstätigkeit am ZALF-Standort Paulinenaue im Jahre 2017 lagen zahlreiche Hinweise auf sehr stark streuende DCAB aus den Praxisbetrieben vor. In der Abbildung 1 ist am Beispiel eines größeren Niedermoorgrünland bewirtschaftenden landwirtschaftlichen Betriebes in Brandenburg dargestellt, welche unterschiedlichen DCAB in den eingesetzten Grassilagen innerhalb eines Jahres festgestellt worden sind. Im Mittel der 15 Silagen aus dem Jahr 2016 betrug die DCAB -43 meq kg-1 TM, bei einem Maximalwert von + 447 und einem Minimalwert von -338. Dies stellt die Gestaltung der Mineralstoffversorgung in den Rationen vor große Herausforderungen.

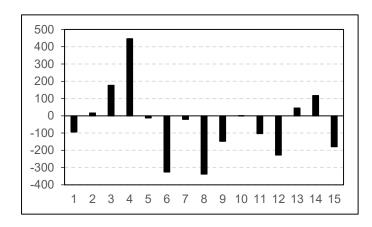


Abb.1: DCAB (meq kg-1 TM) in 15 Grassilagen, die in einem Brandenburger Betrieb mit Niederungsgrünland 2016 zum Einsatz kamen

Deutlicher Einfluss des Grundwasserstandes auf die DCAB im Parzellenfeldversuch in Paulinenaue 2017-19

In Parzellenfeldversuchen 2017-2019 auf Niedermoorgrünland in Paulinenaue im Havelländischen Luch sind die DCAB für die Grünlandaufwüchse aus unterschiedlichen Schnittterminen auf derselben Fläche unter gleichen Standortbedingungen ermittelt worden (Pickert et al. 2021). Die Versuche wurden mit Unterstützung der K+S Minerals and Agriculture GmbH durchgeführt. Der anhand der Kurvenverläufe schon optisch auffällige Zusammenhang von Grundwasserstand und DCAB wird durch einen Korrelationskoeffizienten von 0,70 bestätigt. Bei normalen Niederschlägen

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

²Landeskontrollverband Berlin-Brandenburg, Zum Roten Luch 1, 15374 Waldsieversdorf ³ Paulinenauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V., Gutshof 7, 14641 Paulinenaue

über Winter und im Frühjahr stellten sich zunächst hohe Grundwasserstände in allen drei Jahren ein. Dem frühjahrstrockenen Jahr 2019 ging mit 2018 bereits ein extrem trockenes Jahr voraus, was ein Grund für die etwas niedrigeren Frühjahrs-Grundwasserstände und auch DCAB 2019 als in den beiden anderen Jahren sein dürfte. Bei den hohen Grundwasserständen im Frühjahr wurden in allen Jahren auch die höchsten DCAB festgestellt. Mit dem zurückgehenden Grundwasser verringerte sich auch die DCAB in den geernteten Aufwüchsen. Hier ist aber zu bedenken, dass sich die Mineralstoffgehalte im Futter ohnehin mit der morphologischen Entwicklung und der Ertragsbildung ändern und somit der Grundwasserstand nicht alleinige Ursache für die veränderten DCAB ist. Nach dem niedrigsten Stand im Hochsommer 2018 und 2019 stieg das Grundwasser ab Spätsommer wieder an, gefolgt von ebenfalls ansteigenden DCAB. Nach dem üblichen Rückgang der Grundwasserstände im späteren Frühjahr (GFA 1) sanken auch 2017 die DCAB zunächst ab (DCAB 1). Die ab dem 29. Juni 2017 einsetzenden Extremniederschläge führten zu einer lang anhaltenden Wassersättigung und verursachten hohe Grundwasserstände (GFA 2) auf der Versuchsfläche, die im Sommer 2017 die DCAB (DCAB 2) wieder sprunghaft auf Werte anwachsen ließ, die sonst eher im Frühjahr festgestellt werden (Abb. 2).

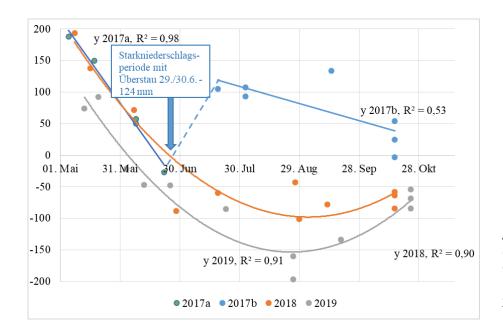


Abb. 2: DCAB (meq kg⁻¹ TM) der Grasaufwüchse im Feldversuch 2017-2019

Zum Herbst hin ging mit den fallenden Grundwasserständen auch 2017 die DCAB auf die üblichen Werte zurück. Der Grundwasserstand erwies sich im dargestellten Versuch als entscheidende Einflussgröße für die DCAB.

DCAB in den Praxisbetrieben 2017-2020

In den letzten Jahren hat die Anzahl der DCAB Ermittlung in den Grassilageproben stark zugenommen. Im Bereich des LKV Berlin-Brandenburg (LKVBB), wo schwerpunktmäßig Grassilageproben aus Brandenburg und den angrenzenden Regionen der benachbarten Bundesländer, insbesondere Sachsen-Anhalt untersucht werden, liegen zwischen 2017 und 2020 jährlich ca. 200 bis 400 DCAB-Analyseergebnisse vor. Da stellte sich die Frage, ob sich der Zusammenhang Grundwasserstand - DCAB auch in dieser umfangreichen Datenbasis wiederfindet (Hammel *et al.*, 2021).

Die Silagen von intensiv bewirtschafteten Grünlandflächen lagen im Mittel der Jahre bei 110 meg kg⁻¹ TM und übertrafen deutlich die Grassilagen von extensiv bewirtschafteten Grünlandstandorten, die eine DCAB von nur 53 meg kg⁻¹ TM aufwiesen (Abb. 3). Intensiv bewirtschaftete Bestände werden im Allgemeinen früher als extensive geerntet.

Deutlicher als bei der Bewirtschaftungsform unterscheiden sich die DCAB Werte zwischen den Aufwüchsen (Abb. 4). Bei Grassilagen aus dem 1. Schnitt wurden im Mittel der Jahre 2017-2020 DCAB von 159 meq kg-1 TM, dagegen für die Grassilagen aus allen Folgeaufwüchsen nur 28 meq kg-1 TM ausgewiesen. Offenbar spielt der Schnitttermin eine größere Rolle für die DCAB als die Bewirtschaftungsintensität. Weil unter extensiver Grünlandbewirtschaftung für gewöhnlich später

geschnitten wird als bei intensiver Bewirtschaftung, findet sich indirekt die zeitliche Komponente auch im Vergleich der Bewirtschaftungsintensitäten wieder.

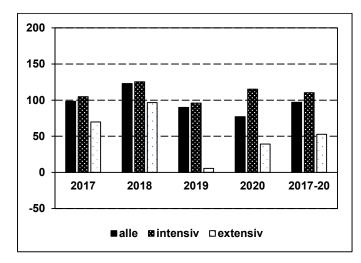


Abb. 3: Mittelwerte der DCAB (meq kg⁻¹ TM) in den Grassilagen bei intensiver und extensiver Grünlandbewirtschaftung 2017-2020 (Datenquelle: LKVBB)

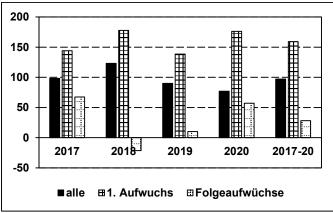


Abb. 4: Mittelwerte der DCAB (meq kg-1 TM) in den Grassilagen des 1. und der Folgeschnitte 2017-2020 (Datenquelle: LKVBB)

Die Betrachtung der einzelnen Aufwüchse über die Jahre verdeutlicht diesen Befund (Abb. 5). Bis zum 3. Schnitttermin, üblicherweise im Spätsommer oder zu Herbstbeginn, sank die DCAB ab, bei den 4. Schnitten kann es wieder zu einem Anstieg kommen. Während das Niveau im Frühjahr in allen betrachteten Jahren mit etwa den gleichen DCAB im 1. Aufwuchs startet, stellte sich das Sommerniveau offenkundig in Abhängigkeit von den Wasserverhältnissen ein. So wurden im feuchten Sommer 2017 deutlich höhere DCAB festgestellt, als in den sehr trockenen Sommerperioden 2018 und 2019.

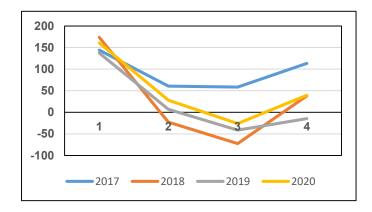


Abb. 5: Mittelwerte der DCAB (meq kg⁻¹ TM) der Grassilagen in den 4 Grünlandaufwüchsen 2017-2020 (Datenquelle: LKVBB)

Allerdings darf nicht unerwähnt bleiben, dass die DCAB verschiedener Grassilageproben innerhalb der einzelnen Aufwüchse in allen Jahren sehr stark variieren. Dennoch ähnelt der Verlauf der DCAB in den Grünlandaufwüchsen über den Jahresverlauf sehr der im Feldversuch ermittelten. Auch die

Unterschiede zwischen dem in den verschiedenen Jahren erreichten DCAB-Niveau sind vergleichbar.

Einfluss des Grundwasserstandes findet sich in den Grünlandaufwüchsen der Praxis wieder Obwohl die Ergebnisse der Praxiserhebung beim LKV nicht mit Grundwassermessungen unterlegt werden kann, findet sich der Einfluss des Grundwasserstandes indirekt in den DCAB der Grünlandaufwüchse insgesamt gut wieder. Allerdings spiegelt sich die regionsweit aufgetretene Dynamik bei den Sommerniederschlägen nicht so deutlich wieder, wie das bei den Messungen im Parzellenfeldversuch zum Ausdruck kam.

Das macht deutlich, dass die Auswertung der üblichen Futtermittelstatistik nur grobe Anhaltspunkte liefern kann und detailliertere Analysen erforderlich sind, um die DCAB Situation eines Betriebes darzustellen. Dazu zählen, dass neben dem Schnitttermin zumindest der Einfluss des Standortes (Bodenart, Nährstoffversorgung, Grundwasser), der Zusammensetzung der Grünlandnarbe und der Düngung betrachtet werden muss. Das sind die Ansatzpunkte für die weiteren pflanzenbaulichen Arbeiten in der DCAB Anwendung.

Aus den vorliegenden Daten lässt sich ableiten, dass – sofern sich ein Problem im Säure-Basen-Haushalt der Rinder abzeichnet – durchaus geprüft werden sollte, ob vielleicht ein hoher Anteil der Ration aus im Sommer erzeugtem Futter von Dauergrünland bestand. Das gilt sowohl für Weidefutterals auch für Grassilage und erst recht, wenn die Grünlandbewirtschaftung eher extensiv erfolgt. In so einem Fall könnten extreme DCAB vorliegen, was anhand einer Mineralstoffuntersuchung der betreffenden Futterpartien abgeklärt werden sollte.

Auf die Bedeutung der schlagbezogenen Erfassung der Qualität des Siliergutes zur Vorhersage des Futterwertes der Grassilage und der Verfahrensanalyse bei der Grassilageproduktion wurde bereits an anderer Stelle hingewiesen. Grundsätzlich hätte dieses Herangehen auch seine Bedeutung für die Erfassung der DCAB in den Betrieben.

Literatur

Hammel, M, Boss, B., Pickert J. (2021) Sind Säuren und Basen im Gleichgewicht? Bauernzeitung Berlin, 44: 42 – 44.

Overton, T. R. (2020): Update on DCAD for Dry and Lactating Cows. Proceedings Cornell Nutrition Conference. Cornell University. 82nd Meeting. October 19 – 22, 2020. pp. 186-191.

Pickert J, Eulenstein F., Merz C., Behrendt A. (2021): Wasserhaushalt bestimmt Säure-Basen-Verhältnis. Bauernzeitung Berlin, 44: 42 – 44.

Einfluss von Boden- und Witterungsbedingungen auf den Ertrag verschiedener Sorten von Lolium perenne

Yuhong Shi^{1,2}, Nicole Wrage-Mönnig², Doreen Gabriel¹, Katrin Kuka¹

¹ Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Bundesallee 58, 38116 Braunschweig, <u>yuhong.shi@julius-kuehn.de</u>, <u>katrin.kuka@julius-kuehn.de</u>, doreen.gabriel@julius-kuehn.de

² Grünland und Futterbauwissenschaften, Universität Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock, nicole.wrage-moennig@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Das Deutsche Weidelgras (*Lolium perenne*) ist ein sehr wertvolles und weltweit verbreitetes Futtergras. Die Ertrags- und Qualitätsmerkmale von *Lolium perenne* sind sehr stark vom Pflanzenentwicklungsstadium und damit vom Erntezeitpunkt abhängig. Es wurde schon in vielen Studien gezeigt, dass der Ertrag von *Lolium perenne* mit fortgeschrittenem Wachstumsstadium zunahm, während die Verdaulichkeit der Trockenmasse (Keating & O'Kiely 2000), zusammen mit anderen Nährstoffen, wie Rohprotein oder wasserlöslichen Kohlenhydraten abnahm (King et al. 2013).

Außerdem beeinflussen unterschiedliche Boden- und Witterungsbedingungen das Pflanzenwachstum. Die Auswirkungen von Temperatur oder Wassermangel auf das Wachstum von Gräsern wurden ebenfalls schon untersucht, z.B.: wie das Blatt- oder Wurzelwachstum von Lolium perenne durch die Temperatur beeinflusst wurde (Peacock 1975), oder wie die Wassernutzungseffizienz von Gräsern an die Trockenheit angepasst wurde (Chastain et al. 2015). Jedoch ist wenig über die Auswirkungen der Boden- oder Witterungsbedingungen auf den Ertrag und die Qualität verschiedener Lolium perenne-Sorten bekannt. Das Ziel dieser Studie ist es, herauszufinden, welche Standortparameter am besten den Ertrag verschiedener Lolium perenne Sorten erklären und ob es Wechselwirkungen zwischen den Standortparametern und Sorten gibt.

Material und Methoden

Von 2017 bis 2019 wurde in Kooperation verschiedener Züchtern und Landesanstalten, dem Bundessortenamt sowie dem JKI Feldversuche an 17 verschiedenen Standorten mit 10 verschiedenen *Lolium perenne*-Sorten durchgeführt. Die Sorten wurden in drei verschiedene Erntegruppen eingeteilt (frühe: Nr. 1, 2; mittlere: Nr, 3-8; und späte Erntegruppe: Nr. 9-10). Jede Gruppe wurde zu dem BBCH-Stadium von 51 (Wachstumsstadium "Beginn Ährenschieben") einer Referenzsorte geschnitten. Zu jedem Schnitttermin wurde dann für alle anderen Sorten das Wachstumsstadium (auf der BBCH-Skala, Meier et al. 2009) und der Frischmasseertrag erfasst. Der Trockenmasseertrag (TM) wurde anhand von Proben bestimmt, die 24 Stunden lang bei 105°C getrocknet wurden. Die hier verwendeten Daten stammen von den Proben des 1. Schnitts aus dem Erntejahr 2017.

Die Wetter- (Lufttemperatur, Niederschlag, Bodentemperatur etc.) und Bodendaten (Ackerzahl, Bodenart, pH-Wert, Humusgehaltsklasse etc.) wurden entweder von Projektpartner vom jeweiligem Standort geliefert, oder wurden von den naheliegensten Wetterstationen auf der Webseite von Deutschem Wetterdienst heruntergeladen. Ein lineares gemischtes Modell mit dem TM als abhängige Variable und Standort als zufällige Variable wurde angewendet, um die Parameter zu selektieren, die den größten Einfluss auf den TM haben. Hierzu wurden verschiedene Kandidatenmodelle mit den Standortparametern und der Sorte als Erklärungsvariable gefittet und auf der Grundlage ihres AIC-Wertes (Akaike Information Criterion) miteinander verglichen. Dabei wurde auch geprüft, ob die kontinuierlichen Standortvariablen als lineare oder polynomiale Terme (i.e. zu Modellierung von nicht-linearen Zusammenhängen) eine bessere Erklärung des TMs liefern. Da die Anzahl der Freiheitsgrade der Wetter- und Bodenparameter durch die Anzahl der Standorte begrenzt ist, wurden nur maximal drei Standortparamter in einem Modell verwendet. Das Modell mit dem niedrigsten AIC-Wert wurde dann zur Interpretation genutzt.

Ergebnisse und Diskussion

Das beste Modell mit dem niedrigsten AIC enthielt Mittelwert der Lufttemperatur (mittelTemp), akkumulierte Niederschläge einer Wachstumsperiode (sumNS), und die Ackerzahl, und die Sorte als Erklärungsvariablen sowie alle Interaktionen mit der Sorte. Dabei waren Niederschlag und Ackerzahl als polynomialer Term im Modell, was auf curvilineare Zusammenhänge deutet. Das statistische Modell lautet:

TM ~ Sorte + mittelTemp + sumNS + sumNS² + Ackerzahl + Ackerzahl² + Sorte × mittelTemp + Sorte × sumNS² + Sorte × Ackerzahl

Das selektierte statistische Modell zeigt an, dass es signifikante Wechselwirkungen zwischen Sorte und den jeweiligen Standortparametern gibt. Der TM jeder Sorte nahm mit steigendem Ackerzahl bis zu einer Ackerzahl zwischen 40 und 50 zu (Abb. 1), mit weiterem Anstieg der Ackerzahl dann aber wieder sank. Aus den Diagrammen ist ersichtlich, dass die angepasste Regressionslinie bei jeder Sorte einen sehr ähnlichen Trend aufweist, wobei es dennoch Unterschiede zwischen den Sorten gibt.

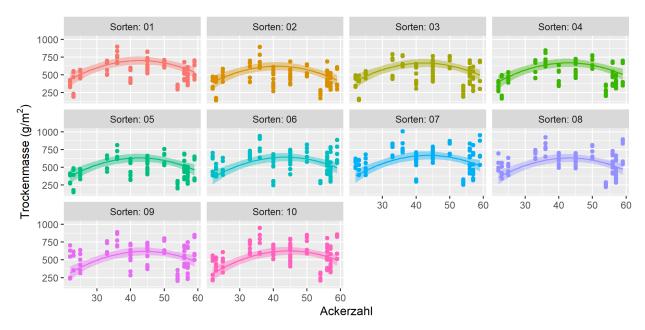


Abb. 1: Trockenmasse (TM) von verschiedenen Lolium perenne-Sorten gegen Ackerzahl

Auch der Niederschlag hatte einen positiven curvi-linearen Einfluss auf den TM der Gräser (Abb.2). Die Steigerungsrate nahm jedoch mit zunehmendem Niederschlag langsam ab, bis der maximale TM erreicht war. Danach blieb der Ertrag entweder konstant oder ging leicht zurück, wobei es Unterschiede zwischen den verschiedenen Sorten gab. Es scheint, dass jede Sorte eine bestimmte Niederschlagsmenge für ihre Produktivität benötigt. Diese Unterschiede könnten auf die unterschiedlichen Wurzeltiefen und -verteilung der Sorten zurückzuführen sein (Sokolovic et al. 2013). Sorten mit tieferen Wurzeln sind widerstandsfähiger gegen Trockenheit und benötigen daher weniger Wasser, um ihr maximales Ertragspotenzial zu erreichen.

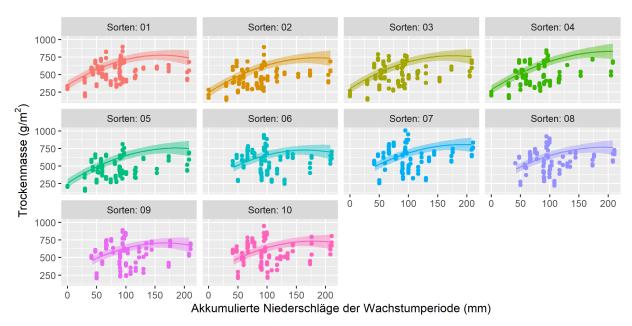


Abb. 2: Trockenmasse (TM) von verschiedenen *Lolium perenne-*Sorten gegen addierte Niederschläge von Vegetationsbeginn bis zum ersten Schnitt.

Der TM nahm bei fast allen Sorten mit steigender Temperatur linear zu, was auch unseren Erwartungen entspricht. Die Sorten wiesen unterschiedliche Steigerungsraten des Ertrags mit der Temperatur auf. Die frühen Sorten 1 und 2 zeigten eine geringere Steigerungsrate (durchschnittliche Steigung = 65) als die späten Sorten 9 und 10 (durchschnittliche Steigung = 96). Es ist anzumerken, dass die Daten insbesondere bei hohen Temperaturen große Abweichungen vom Modell aufwiesen, was auf die Wechselwirkungen zwischen Temperatur und anderen Bodenparametern zurückführen sein könnte.

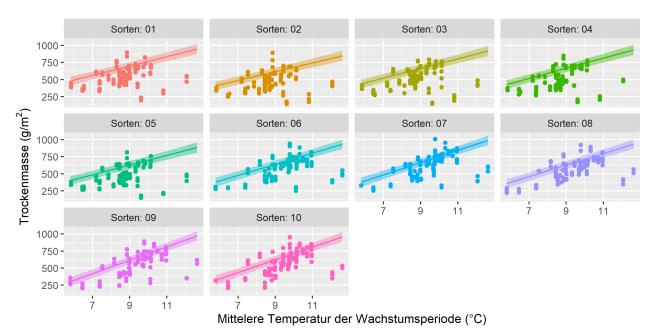


Abb. 3: Trockenmasse jeweiliger Sorte von Deutschem Weidelgras gegen mittlere Temperatur der Wachstumsperiode von Vegetationsbeginn bis zum ersten Schnitt.

In der Regel spricht eine höhere Ackerzahl für eine bessere Bodenfruchtbarkeit, was aber durch die aktuelle Bewirtschaftung (z.B. Krumenvertiefung, Düngung etc.) stark verändert werden kann (Breitschuh et al. 2015). Außerdem hängt der TM den Ergebnissen zufolge auch von der Niederschlagsmenge und der Temperatur ab. So kann der Ertrag von Standorten mit hoher Ackerzahl durch ungünstige Witterungsbedingungen reduziert werden.

Schlussfolgerungen

Auf der Grundlage des selektierten statistischen Modells wird der TM durch die Ackerzahl, der Niederschlagsmenge während der Wachstumsperiode und der Lufttemperatur einschließlich ihrer Wechselwirkung mit der Sorte beeinflußt. Der maximale TM wurde für verschiedene Sorten bei einer Ackerzahl von 41 bis 44 erreicht. Mit zunehmendem Niederschlag stieg auch der TM bis zu einem Maximalwert und sank über diesen Niederschlagswert wieder ab, während er mit der Lufttemperatur linear korrelierte. Es ist zu beachten, dass der TM nicht nur von einem Umweltfaktor abhängt, sondern eine Folge von Wechselwirkungen zwischen Faktoren ist. Die Ergebnisse unserer Datenanalyse deutet darauf hin, dass die Standortparameter sehr wichtig bei der Sortenbeschreibung bzw. deren Ertragsermittlung sind. Im nächsten Schritt wird untersucht werden, wie verschiedene Qualitätsmerkmale (z.B. Rohprotein- und Fasergehalte) mit den Standortparametern korreliert sind.

Literatur

- Breitschuh, G., Eckert, H., Breitschuh, T., & M. Körschens (2015): Bodenfruchtbarkeit in der nachhaltigen landwirtschaft. In: Bodenfruchtbarkeit–Grundlage erfolgreicher Landwirtschaft (pp. 37–63). Tagung des Verbandes der Landwirtschaftskammern e. V.(VLK).
- Chastain, T. G., King, C. M., Garbacik, C. J., Young, W. C., & D. J. Wysocki (2015): Irrigation frequency and seasonal timing effects on perennial ryegrass (*Lolium perenne L.*) seed production. *Field Crops Research* 180: 126–134.
- Keating, T. & P. O'Kiely (2000): Comparison of old permanent grassland, *Lolium perenne*, and *Lolium multiflorum* swards grown for silage: 3. Effects of varying fertilizer nitrogen application rate. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 39(1): 35-53.
- King, C., McEniry, J., Richardson, M., & P. O'Kiely (2013): Silage fermentation characteristics of grass species grown under two nitrogen fertilizer inputs and harvested at advancing maturity in the spring growth. *Grassland Science* 59(1): 30–43.
- Meier, U., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., Heß, M., Lancashire, P. D., Schnock, U., Stauß, R., Van Den Boom, T., Weber, E., & P. Zwerger (2009): The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants history and publications –. *Journal of Cultivated Plants*: 41-52.
- Peacock, J. M. (1975): Temperature and leaf growth in *Lolium perenne*. II. The Site of Temperature Perception. *Journal of Applied Ecology* 12(1): 115–123.
- Sokolovic, D., Babic, S., Radovic, J., Milenkovic, J., Lugic, Z., Andjelkovic, S., & T. Vasic (2013): Genetic variation of root characteristics and deep root production in perennial ryegrass cultivars contrasting in field persistency. In: Breeding strategies for sustainable forage and turf grass improvement (pp. 275–281). Springer.

Weidehaltung mit Pferden: Das Potential von Grünland zur Reduzierung des Kraftfutteraufwands

Caroline Siede¹, Martin Komainda¹, Bettina Tonn^{1,2}, Stefanie M. C. Wolter¹, Johannes Isselstein¹

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

² FiBL Schweiz, Department für Nutztierwissenschaften, Ackerstr. 113, CH-5070 Frick

Einleitung und Problemstellung

In Europa werden etwa sechs Millionen Pferde gehalten und der Trend ist steigend (Jouven et al., 2016). Stallhaltung mit begrenztem Zugang zu Weideflächen (Rivera et al. 2002) und der Fütterung von Kraftfutter (Jouven et al. 2016) ist die bevorzugte Haltungsform. Hier können Pferde aber nur in begrenztem Umfang natürlichen Verhaltensweisen nachkommen (Hoskin & Gee 2004). Weidegang hingegen ermöglicht natürliches Futtersuch- und Graseverhalten, sowie Bewegung und soziale Kontakte, was sich positiv auf das Wohlergehen und die Gesundheit der Tiere auswirken kann (Hoskin & Gee 2004). Außerdem steht die Nutzung von Grasland zur Fütterung von Pferden im Gegensatz zur Kraftfutterfütterung nicht in Konkurrenz zur menschlichen Ernährung (Wilkinson 2011). Allerdings entstehen auf Pferdeweiden hochrasige sog. Toilettenbereiche, in denen die Pferde es vermeiden zu grasen (Schmitz & Isselstein 2013). Diesen Toilettenbereichen stehen kurzgehaltene und intensiv verbissene Grasebereiche gegenüber (Schmitz & Isselstein 2013). Dadurch kommt es innerhalb von Weideflächen über die Exkremente zu einer Nährstoffumverteilung von den Böden der kurzgegrasten Bereiche in die der Toilettenbereiche (Schmitz & Isselstein 2020). Es ist zu erwarten, dass der betriebsbedingte Kraftfuttereinsatz diese Nährstoffflüsse verstärkt. Über langfristige Effekte dieser Nährstoffabreicherung von Grasebereichen auf die Futterqualität herrscht bisher nicht hinreichende Klarheit. Daher wurden auf acht pferdehaltenden Betrieben im Umkreis von Göttingen monatliche Höhenmessungen und Qualitätsuntersuchungen in Grase- und Toilettenbereichen vorgenommen. Die Energiebereitstellung der Aufwüchse wurde dem Bedarf der Pferde gegenübergestellt, um die Futterlieferung von Grünland unter Praxisbedingungen abzuschätzen. Diese kann auch als Annährung zu einer möglichen Kraftfuttereinsparung genutzt werden.

Material und Methoden

Der Untersuchung wurde von Anfang Mai 2019 bis Ende Oktober 2019 auf acht pferdehaltenden Betrieben im Umkreis von 11,6 km um Göttingen herum durchgeführt (Tab. 1).

Tab. 1: Gesamtverfügbares Grünland für die acht pferdehaltenden Betriebe (B01 – B08), sowie die Pferdehaltungsform. Anzahl an gehaltenen Pferden in Großvieheinheiten (GV, 1 GV = 500 kg Lebendgewicht) und GV/ha zeigen die Besatzdichte auf dem insgesamt für die Pferde verfügbaren Grünland.

Betrieb	Grünland (ha)	Pferdehaltungsform*	GV	GV/ha
B01	7	PS	36.8	5.3
B02	56	PS, WR	55.5	1.0
B03	7	G, PS	35.0	5.0
B04*	24	BF	50.0	2.1
B05	60	PS	77.5	1.3
B06	15	PS, RS	27.0	1.8
B07	9	PS, RS	37.3	4.1
B08	50	PS, RS	0.08	1.6

^{*}Pensionsstall (PS), Gestüt (G), Westernreitschule (WR), Reitschule (RS)

Auf jedem dieser Betriebe wurden vier Fokusflächen ausgewählt, die repräsentativ für das gesamte Grünland des jeweiligen Betriebes waren. Monatlich wurden je Fläche in zwei Toiletten- und zwei

Grasebereichen mit einem digitalen Rising Plate Meter (RPM) ('Grasshopper®', TrueNorth Technologies, Shannon, Ireland) die Aufwuchshöhe bestimmt, sowie Futterproben durch manuellen bodennahen Schnitt auf definierter Fläche (0.35 x 0.35 m) zur Analyse mittels Nah-Infrarot-Reflektions Spektroskopie genommen. Jeweils ein Toiletten- und ein beweideter Bereich lagen nah beieinander und bildeten ein Plotpaar. In jedem Bereich wurden im Herbst 2019 einmalig Bodenproben bis zu einer Tiefe von 10 cm zur Grundnährstoffanalyse entnommen.

Zur Berechnung des praecaecal verdaulichen Rohproteins (pcvXP) wurde ein Anteil von 0,391 am Rohprotein (XP) angenommen (Tuescher et al. 2021).

Die Konzentration an metabolischer Energie (ME) wurde nach Wichert (2011) berechnet: ME (MJ kg^{-1} TM) = -3.54 + 0.0129 x XP (g kg^{-1} TM) + 0.0420 x XL (g kg^{-1} TM) – 0.0019 x XF (g kg^{-1} TM) + 0.0185 x NfE (g kg^{-1} TM), wobei XL für Rohfett, XF für Rohfaser und NfE für N-freie Extraktstoffe steht

Es wurde ein Bedarf von 54,98 MJ ME für den Erhaltungsbedarf je Pferdegroßvieheinheit (GV, 500 kg LM) und Tag sowie ein täglicher Bedarf von 317 g pcvXP angenommen (Coenen & Vervuert 2020). Für die statistischen Auswertungen der Futterqualitätsparameter mittels Software R wurden gemischte lineare Modelle mit Betrieb, Bereich, Termin sowie deren Interaktionen als feste Effekte genutzt. Jede Fläche und das jeweilige Plotpaar gingen als zufällige, genestete Effekte ins Modell ein

Ergebnisse und Diskussion

Der Bereich innerhalb von Weideflächen hatte einen signifikanten Einfluss auf die Konzentrationen an pcvXP (p = 0,0101), saure Detergentienfaser (ADF) (p < 0,0001) und ME (p < 0,0001) ebenso wie die Interaktion von Betrieb*Termin (p < 0,0001).

Die Konzentration an pcvXP und ME war in den beweideten Bereichen höher als in den Toilettenbereichen (Tab. 2), was sich durch das wiederholte Grasen in den beweideten Bereichen und den dadurch physiologisch jüngeren Aufwuchs erklären lässt. Das wird durch erhöhte ADF-Konzentrationen in den Toilettenbereichen bestätigt. Zudem ist anzunehmen, dass die botanische Zusammensetzung zwischen den Bereichen variiert, was auch die Futterqualität beeinflussen kann. Durch das Weideverhalten der Pferde kommt es zu einer Umverteilung der Nährstoffe im Boden hin zu den Toilettenbereichen; das beeinflusst ebenfalls die Futterqualität der Aufwüchse (Schmitz & Isselstein, 2020). Im Mittel über alle Betriebe waren die P- und K-Gehalte im Grasebereich geringer als in den Toilettenbereichen (5,3 \pm 0,49 und 20,5 \pm 1,42 vs. 6,8 \pm 0,62 und 35,4 \pm 2,93 mg 100 g⁻¹ Boden).

Tab. 2: Mittelwerte (\pm se) von praecaecal verdaulichem Rohprotein (pcvXP, g kg⁻¹ TM), saure Detergentienfaser in der organischen Masse (ADF, g kg⁻¹ TM) and metabolisierbare Energie (ME, MJ kg⁻¹ TM) für gemiedene (Toiletten-) und beweidete Bereiche auf Pferdeweiden über die Fokusflächen (n=4) and Betriebe (n=8). Mittelwerte mit gleichen Buchstaben je Spalte sind nicht signifikant voneinander verschieden (p < 0,05).

Bereich	рсvХР	ADF	ME
Toilettenbereich	53.2 ± 2.05 a	320 ± 3.62 b	6.3 ± 0.05 a
beweideter Bereich	56.1 ± 2.10 b	304 ± 3.61 a	6.6 ± 0.06 b

Im Gegensatz zu dem stark ausgeprägten Haupteffekt der Bereiche innerhalb von Weideflächen, war die Entwicklung der Futterqualität über die Vegetationsperiode von den Betrieben abhängig. Die Konzentration an pcvXP müsste bei einer für Pferde typischen, angenommenen TM-Aufnahme von 10 kg je Tag und GV (Coenen & Vervuert 2020) bei 31,7 g kg-1 TM liegen. Dies war unabhängig vom Betrieb in allen betrachteten Monaten der Fall, auch wenn eine vegetationszeitabhängige Variation feststellbar ist (Abb. 1a). Die ME Konzentration sank von Mai bis Oktober stetig ab (Abb. 1c). Basierend auf der angenommenen TM-Aufnahme von 10 kg je GV und Tag, war im Mai überall theoretisch eine ausreichende Energiedichte für Erhaltung plus leichtes Training in den Aufwüchsen vorhanden (Abb. 1c). Die ADF-Konzentration hingegen stieg von Mai bis Oktober auf allen Betrieben an (Abb.1b). Pferde sind aufgrund ihres Verdauungssystemes aber auch in der Lage faserreiches Futter zu verdauen (Jouven et al., 2016). Über die Produktivität der Flächen kann an dieser Stelle keine Aussage gertroffen werden. Basierend auf der Energiedichte könnte theoretisch aber bis

September auf allen Betrieben der Erhaltungbedarf ausschließlich vom Grünland gedeckt werden, wobei teilweise sogar geringfügiges Training möglich wäre (Abb. 1c).

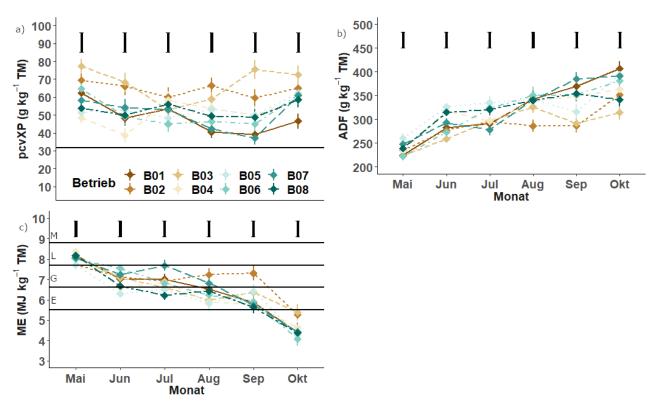


Abb. 1: Mittelwerte ± se für die Konzentration an (a) praececal verdaulichem Rohprotein (pcvXP, g kg-1 TM), (b) saure Detergentienfaser (ADF, g kg-1 TM) und (c) für die metabolische Energie (ME, g kg-1 TM) für die Interaktion von Betrieb*Termin über die vier Fokusflächen je Betrieb. Die horizontale Linie in a) zeigt den täglichen Bedarf an pcvXP je kg TM bei einer täglichen angenommenen TM-Aufnahme von 10 kg GV-1. Horizontale Linien in c) zeigen den Energiebedarf für Erhaltung (E), sowie Erhaltung plus geringes (G), leichtes (L) und mittleres (M) Training je GV. Balken über den Punkten zeigen "least significant differences" (LSDs) zwischen Mittelwerten für die Interaktion von Termin x Betrieb.

Das setzt voraus, dass man den Pferden im Sommerhalbjahr genug Weidezeit zugesteht, welche täglich bis zu 15 Stunden betragen kann (Fleurance et al. 2012). Gerade im Freizeitbereich ist der Leistungsanspruch an die Pferde nicht hoch und entsprechend kann der Energiebedarf gedeckt werden. Die erhobenen Daten verdeutlichen die große Variationsbreite zwischen Betrieben. Es ist zu bedenken, dass die in Abb. 1 gezeigten Futterqualitätsparameter Mittelwerte aus Toiletten- und Grasebereichen darstellen. In den de facto Grasebereichen ist von einer höheren Futterqualiät auszugehen (Tab. 2). Allerdings muss bedacht werden, dass die Futterlieferung vom Grünland vom Flächenanteil der nicht befressenen Toilettenbereiche beeinträchtigt wird. Darüber hinaus gilt, dass genügend Aufwuchsmasse vorhanden sein muss. Aus den auf den untersuchten Betrieben ermittelten Besatzstärken von 1-5.3 GV ha-1 (Tab. 1) ergibt sich unter der hier getroffenen Annahme einer täglichen TM-Aufnahme von 10 kg Tier⁻¹, ein Futteranspruch von 10-53 kg ha⁻¹ und Tag vom Grünland. Hochgerechnet auf 153 Weidetage (Mai-September) wäre dies mit einer Ertragsleistung von 1530 – 8109 kg TM ha⁻¹ gleichzusetzen. Bei Mähweiden müsste zusätzlich ein Abzug für die Konservatgewinnung in Ansatz gebracht werden. Ob diese teils hohen Ertragsleistungen auf Pferdebetrieben tatsächlich realisiert werden können, bleibt offen. Ein hoher Weidegrasanteil in der Ration kann dazu beitragen. Stoffwechselkrankheiten zu vermeiden und den Zahnabrieb zu fördern. so dass weniger Zahnprophylaxe notwendig ist (Bonin et al. 2007). Außerdem steht Grünland nicht Konkurrenz zur menschlichen Ernährung (Wilkinson 2011). Eine Reduzierung Kraftfutteraufwandes würde somit mehr Ackerflächen freigeben, die zur menschlichen Ernährung genutzt werden könnten.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchung hat gezeigt, dass in der pferdehaltenden Praxis das Grünland in der Weidesaison eine hinreichende Futterqualität (Protein, Energie) für eine naturnahe Pferdehaltung bereistellen kann, um die Pferde adäquat zu versorgen. Eine Reduzierung und eventuell auch der komplette Verzicht auf Kraftfutter scheint vor allem in der Weidesaision möglich.

Literatur

- Bonin, S. J., Clayton, H. M., Lanovaz, J. L. & T. Johnston (2007): Comparison of mandibular motion in horses chewing hay and pellets. *Equine Veterinary Journal* 39: 258–262.
- Coenen, M., & I. Vervuert (2020): Pferdefütterung (6. Auflage). Georg Thieme Verlag.
- Fleurance, G., Edouard, N., Collas, C., Duncan, P., Farruggia, A., Baumont, R., Lecomte, T. & B. Dumont (2012): How do horses graze pastures and affect the diversity of grassland ecosystems? In: M. Saastamoinen, M. J. Fradinho, A. S. Santos, & N. Miraglia (ed.): Forages and grazing in horse nutrition: 147-161.
- Hoskin, S. & E. Gee (2004): Feeding value of pastures for horses. *New Zealand Veterinary Journal* 52: 332-341.
- Hüppe, C. F., Schmitz, A., Tonn, B. & J. Isselstein (2020): The Role of Socio-Economic Determinants of Horse Farms for Grassland Management, Vegetation Composition and Ecological Value. *Sustainability* 12, 10641. https://doi.org/10.3390/su122410641.
- Jouven, M., Vial, C. & G. Fleurance (2016): Horses and rangelands: Perspectives in Europe based on a French case study. *Grass and Forage Science* 71: 178–194.
- Rivera, E., Benjamin, S., Nielsen, B., Shelle, J. & A. J. Zanella (2002): Behavioral and physiological responses of horses to initial training: The comparison between pastured versus stalled horses. *Applied Animal Behaviour Science* 78: 235–252.
- Schmitz, A. & J. Isselstein (2013): Effects of management on vegetation structure in horse pastures. The Role of Grasslands in a Green Future: Threats and Perspectives in Less Favoured Areas. Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation, Akureyri, Iceland, 23-26 June 2013: 394–396.
- Schmitz, A. & J. Isselstein, (2020): Effect of Grazing System on Grassland Plant species Richness and Vegetation Characteristics: Comparing Horse and Cattle Grazing. *Sustainability* 12, 3300. https://doi.org/10.3390/su12083300.
- Tuescher, T., Vervuert, I., Reidy, B. & S. Ineichen (2021): Estimated pre-caecal digestible crude protein for horses in forage from species-rich grasslands. *Animal Feed Science and Technology* 280, 115066. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115066
- Wichert, B (2011): Energiebewertung beim Pferd. In: Kreuzer, M, Lanzini, T, Wanner, M, Bruckmaier, R, Guidon, D.: Zukunftsträchtige Futtermittel und Zusatzstoffe. ETH Zürich Institut für Pflanzen, Tier- und Agrarökosystem-Wissenschaften: 74-78.
- Wilkinson, J. M. (2011): Re-defining efficiency of feed use by livestock. Animal, 5: 1014-1022.

¹³C Analyse in Rinderschwanzhaaren als robuste Methode zur Unterscheidung von Produktionssystemen in verschiedenen Bodenlandschaften

Friederike Sieve¹, Johannes Isselstein¹, Manfred Kayser^{1,2}

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

friederike.sieve@uni-goettingen.de

² Universität Vechta, Geo-Labor, Driverstraße 22, 49377 Vechta

Einleitung und Problemstellung

Das öffentliche Interesse an landwirtschaftlichen Produkten und deren Erzeugung steigt stetig und wird immer präsenter (Ingrassia et al. 2017) Das Verständnis von Stoffkreisläufen und Quelle-Senke-Systemen wird in diesem Zusammenhang immer wichtiger und damit auch die Einordnung und Weiterentwicklung von Indikatormethoden zur Beurteilung dieser Zusammenhänge (Bockstaller et al. 2008). Eine weitverbreitete Methode zur Nachverfolgung von Stoffwechselprozessen oder Verlustpfaden ist die Analyse der isotopischen Signatur. Hierbei können neben der künstlichen isotopischen Markierung auch die natürlichen Vorkommen von Kohlenstoff- und Stickstoffisotopen als Maß für Aufnahme- und Umsetzungsprozesse gewählt werden (Camin et al. 2016). Eine Anwendung als Herkunftsnachweis in tierischen Produkten wie beispielsweise Milch oder Fleisch ist bereits verbreitet (Kornexl et al. 1997) und auch die Untersuchung von tierischem Gewebe wird genutzt. Dabei bietet sich Haar besonders an, da es kontinuierlich wächst, nicht invasiv beprobt werden muss, sich seine Zusammensetzung nicht nachträglich verändert und es somit eine Archiv-Funktion erfüllt (Nakamura et al. 1982). So haben bereits verschiedene Studien isotopische Signaturen von Rinderschwanzhaar zur Rückverfolgung von Fütterungsregimen unterschiedlichen Produktionssystemen genutzt (Hammes et al. 2017, Schnyder et al. 2006, Schwertl et al. 2003). Die Untersuchung von Fütterungsregimen in der Rinderwirtschaft beruht darauf, dass sich C₃ (z.B. Gräser, Getreide, Soja) und C₄ Pflanzen (z. B. Mais, Zuckerrohr, Hirse) in ihrem δ¹³C Gehalt unterscheiden. Während der Fotosynthese diskriminieren C₃ Pflanzen deutlich stärker gegen das schwere 13 C und weisen somit niedrigere δ^{13} C Werte auf als C₄ Pflanzen (Knobbe et al. 2006). So konnten bereits verschiedene Studien einen Zusammenhang zwischen dem Maisanteil in der Futterration und dem $\delta^{13}C$ Gehalt in den Rinderschwanzhaaren nachweisen (Hammes et al. 2017, Schwertl et al. 2005, 2003). Die bisherigen Ergebnisse beziehen sich in der Regel auf Betriebe mit vorwiegend sandigen und organischen Böden und werden nun um die Bodenlandschaft "Marsch" erweitert. Marschböden werden häufig durch Dauergrünland genutzt und stellen dadurch eine wichtige Grundlage für Grünland- und Futterbaubetriebe dar. In der Versuchsregion liegt der Grünlandanteil an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (Gesamt LN) bei über 60 % (Tergast & Hansen 2021). Für den Anbau von Ackerkulturen sind diese Böden nur bedingt geeignet, was auch Einfluss auf das Fütterungsregime haben kann, da der Anbau von Mais oft nicht möglich ist. So kann neben dem betrieblichen Management auch der Standort des Betriebes einen Einfluss auf das Fütterungs- und Produktionssystem haben. Hier soll nun die Robustheit der Methode, anhand von isotopischen Signaturen den Rationsanteil von Mais nachträglich ohne die Untersuchung einzelner Futterkomponenten bestimmen zu können, weiter geprüft werden.

Material und Methoden

Die Versuchsregion liegt im Norden von Niedersachsen im Entwässerungsgebiet der Jade (53°11' bis 53°24' Nord und 8°01' bis 8°22' Ost) und ist durch drei Bodenlandschaften charakterisiert: Geest, Moor und Marsch. Die Geest zeichnet sich durch einen sehr hohen Sandanteil im Südwesten der Versuchsregion aus (73 % Sand, 21 % Schluff und 6 % Ton). Die Betriebsflächen auf den moorigen Böden haben einen Anteil von 30 % Sand, 38 % Schluff und 32 % Ton, während die Marschböden im Nordosten der Versuchsregion den höchsten Tonanteil aufweisen (5 % Sand, 45 % Schluff und 50 % Ton). Die Region ist geprägt von Milchvieh und Futterbaubetrieben, wovon 17 Betriebe an dieser Studie teilgenommen haben: neun Geest-Betriebe, fünf Moor-Betriebe und drei Marsch-Betriebe. Die Tierzahlen variieren zwischen 70 und über 500 Milchkühen und auch der

Grünlandanteil an der Gesamt LN weist mit 37-100 % eine große Spannweite auf (Geest: 37-77 %; Moor: 75-100 %: Marsch: 94-100 %).

Die Betriebe lassen sich in drei Fütterungs- bzw. Weideregime einteilen: Bei "ganzjähriger Stallhaltung" findet keine Weide statt und die Rationszusammensetzung enthält immer Mais. Bei der "Sommerweide mit Maisfütterung" sind die Kühe mindestens 120 Tage/Jahr für mindestens 6 Stunden am Tag auf der Weide und zum Melken und nachts im Stall. Dort werden dann auch Mais und Kraftfutter gefüttert. Gleiches gilt für die Betriebe des "Sommerweide ohne Maisfütterung"-Regimes, die allerdings keinen Mais in der Silageration der Milchkühe füttern. Informationen zu den Weideregimen und der Rationszusammensetzung stammen aus persönlichen Interviews mit den BetriebsleiterInnen.

Zur Probennahme der Haare wurden im März 2021 die Quastenschwanzhaare von jeweils zwei Kühen pro Betrieb, die sich seit mindestens zwei Jahren auf dem Betrieb befinden, gezupft. Anschließend wurde die Aufbereitung gemäß dem Protokoll von Hammes et al. (2017) und Schwertl et al. (2005, 2003) durchgeführt. Die Haarsegmente 1,0-3,5 cm repräsentieren die Winterfütterung aus dem November, während die Sommerperiode (August) vom Abschnitt 8,5-11,0 cm widergespiegelt wird. Nach Einwaage der einzelnen Haarsegmente wurden diese im Kompetenzzentrum S tabile Isotope der Universität Göttingen auf ihre isotopische δ^{13} C Signatur analysiert. Ausgewertet wurde das Mittel aus beiden Abschnitten zur Repräsentation der Fütterung eines Jahres.

Die statistische Analyse wurde mit R durchgeführt. Es wurden lineare Regressionen zur Untersuchung der Zusammenhänge und eine einfache Varianzanalyse (α = 0,05) zur Analyse des Effekts der Bodenlandschaft auf die Maisanbaufläche durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

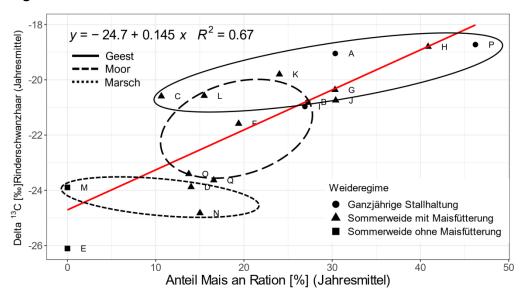


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen dem δ^{13} C Gehalt der Rinderschwanzhaare und dem Anteil von Mais an der Ration im Jahresmittel. Die verschiedenen Symbole kennzeichnen die Weideregime der zugehörigen Betriebe und die drei Linientypen gruppieren die Betriebe nach ihrer Bodenlandschaft, auf der sie mehrheitlich wirtschaften.

Unsere Ergebnisse bestätigen eine Beziehung zwischen den δ^{13} C Werten der Rinderschwanzhaare und dem Maisanteil in der Futterration (R² = 0,67; Abb. 1). Mit einem steigenden Anteil von Mais in der Ration wird der δ^{13} C Wert im Haar weniger negativ. Diese Beziehung zeigten bereits andere Studien (Hammes et al. 2017; Schwertl et al. 2005, 2003). Hier werden die Ergebnisse nun um den für Milchvieh- und Rinderhaltung sehr wichtigen Standort der Marschböden erweitert (Tergast & Hansen 2021).

Die Betriebe in den drei Bodenlandschaften unterscheiden sich auch in ihrem Fütterungsregime (Abb. 1). Betriebe mit dem geringsten Maisanteil in der Ration und dementsprechend niedrigsten δ^{13} C Wert in den Rinderschwanzhaaren finden sich in der Marsch, während Geest-Betriebe signifikant höhere Maisanteile an der Ration aufweisen (p < 0,05). Diese Zuordnung bestätigt sich im Anteil der relativen Maisanbauflächen (% Mais an LN) der Betriebe kategorisiert nach den drei

Bodenlandschaften (Tab. 1): auf den Geest-Betrieben wird auf einer signifikant größeren Fläche selbst Mais angebaut (p < 0,001), während auf den Marsch-Betrieben oft kein eigener Mais angebaut wird. Die relative Maisanbaufläche der Moor-Betriebe ist zwar größer als die der Marsch-Betriebe, der Unterschied lässt sich aber nicht statistisch absichern.

Tab: 4: Relative Maisanbaufläche an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche der Betriebe in den verschiedenen Bodenlandschaften im Jahr 2020. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede ($\alpha = 0.05$).

Bodenlandschaft	Maisanbaufläche an Gesamt-LN/Betrieb [%]
Geest	34,1 b
Moor	8,6 a
Marsch	1,0 a

In einem nächsten Schritt ist es somit möglich, ausgehend von den isotopischen Signaturen der Haare nicht nur Rückschlüsse auf den Anteil von Mais in der Ration zu ziehen, sondern auch auf die Anbaufläche von Mais des zugehörigen Betriebes (R² = 0,69; Abb. 2). Dieser Zusammenhang verhält sich robust gegenüber den unterschiedlichen Bodenlandschaften und erweitert die Anwendungsoptionen dieser Methode.

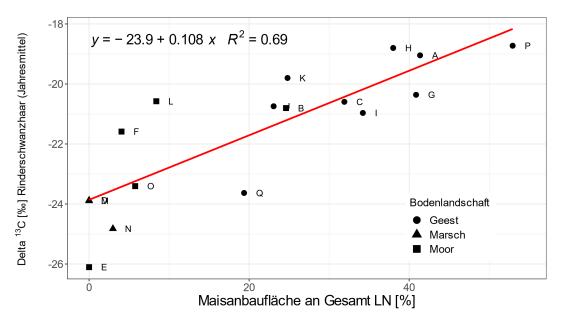


Abb. 3: Zusammenhang zwischen dem δ^{13} C Gehalt der Rinderschwanzhaare und der Maisanbaufläche an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche/Betrieb [%]; die Symbole kennzeichnen jeweils die zugehörige Bodenlandschaft.

Zur Streuung der Werte in Abbildung 2 trägt auch der Zukauf von Mais bei, gerade von den Betrieben, die keine Flächenausstattung zum eigenen Anbau von Mais haben. Die Wirtschaftlichkeit der Zukäufe ist auch abhängig von der Nähe zu Regionen mit Maisanbau. Außerdem bleibt zu beachten, dass die Betriebe oftmals nicht ausschließlich auf einem einzigen Standort wirtschaften. So ist es beispielsweise möglich, dass ein Marsch-Betrieb auch Flächen auf der Geest bewirtschaftet, auf denen wiederum Maisanbau möglich ist. Die Kategorisierung der Betriebe beruht auf dem Standort, auf dem ein Betrieb rechnerisch den höchsten Flächenanteil bewirtschaftet. Trotz dieser Störfaktoren ist es dennoch möglich, mithilfe der Haare nicht nur Informationen über das Fütterungsregime zu erhalten, sondern indirekt auch Aussagen über das Produktionssystem des Betriebes machen zu können.

Schlussfolgerungen

Die isotopische Untersuchung von Rinderhaaren auf den δ^{13} C Gehalt erlaubt Rückschlüsse auf den Maisanteil in der Ration und damit auf das Fütterungsregime der Tiere. Dies gilt für eine breite Spannweite von verschiedenen Bodenlandschaften und Standorten der Betriebe. Weiterhin ist es möglich, von der isotopischen Signatur Rückschlüsse auf das futterbauliche Produktionssystem der Betriebe zu ziehen, indem ein Zusammenhang zwischen der Signatur der Haare und der relativen Maisanbaufläche des Betriebes nachweisbar ist.

Literatur

- Bockstaller, C., Guichard, L., Makowski, D., Aveline, A., Girardin, P., Plantureux, S., (2008): Agrienvironmental indicators to assess cropping and farming systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 28: 139–149.
- Camin, F., Bontempo, L., Perini, M., Piasentier, E. (2016): Stable Isotope Ratio Analysis for Assessing the Authenticity of Food of Animal Origin: Authenticity of animal origin food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 15: 868–877.
- Hammes, V., Nüsse, O., Isselstein, J., Kayser, M. (2017): Using 13C in cattle hair to trace back the maize level in the feeding regime A field test. PLoS ONE 12, e0188926.
- Ingrassia, M., Bacarella, S., Columba, P., Altamore, L. & S. Chironi (2017): Traceability and labelling of food products from the consumer perspective. *Chemical Engineering Transactions* 58: 865–870.
- Knobbe, N., Vogl, J., Pritzkow, W., Panne, U., Fry, H., Lochotzke, H.M., Preiss-Weigert, A. (2006): C and N stable isotope variation in urine and milk of cattle depending on the diet. *Anal Bioanal Chem* 386: 104–108.
- Kornexl, B.E., Werner, T., Roßmann, A., Schmidt, H.-L. (1997): Measurement of stable isotope abundances in milk and milk ingredients—a possible tool for origin assignment and quality control. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A 205, 19–24.
- Nakamura, K., Schoeller, D.A., Winkler, F.J., Schmidt, H.-L. (1982): Geographical variations in the carbon isotope composition of the diet and hair in contemporary man. *Biomedical mass spectrometry* 9: 390–394.
- Schnyder, H., Schwertl, M., Auerswald, K., Schäufele, R. (2006): Hair of grazing cattle provides an integrated measure of the effects of site conditions and interannual weather variability on δ 13 C of temperate humid grassland: 13 C Discrimination of humid temperate Grassland. *Global Change Biology* 12: 1315–1329.
- Schwertl, M., Auerswald, K., Schäufele, R., Schnyder, H. (2005): Carbon and nitrogen stable isotope composition of cattle hair: ecological fingerprints of production systems? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 109: 153–165.
- Schwertl, M., Auerswald, K., Schnyder, H. (2003): Reconstruction of the isotopic history of animal diets by hair segmental analysis. Rapid Commun. Mass Spectrom. 17: 1312–1318.
- Tergast, H., Hansen, H. (2021): Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe.

Anbaueignung verschiedener Futterleguminosen und Futterleguminosen-Gras-Gemenge unter Berücksichtigung der prognostizierten Klimaerwärmung für Nordostdeutschland

A. Birkmann, H.-H. Lutzer, I. Schleip, R. Bloch

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde amanda.birkmann@hnee.de

Einleitung und Problemstellung

Der ertragreiche Anbau der in der gemäßigten Klimazone bedeutsamen Futterleguminosen (FLG) Rotklee (Trifolium pratense L.) und Weißklee (Trifolium repens L.) erscheint durch die voranschreitende Klimakrise mit vermehrt auftretenden Dürreperioden gefährdet (Komainda et al. 2019; Staniak 2019). Dabei ist der Futteranbau in Nordostdeutschland aufgrund der klimatischgeologischen Gegebenheiten, mit geringen jährlichen Niederschlagsmengen in Kombination mit sandigen Böden, gegenüber der prognostizierten Temperaturzunahme und einer ungünstigeren Niederschlagsverteilung besonders vulnerabel. Auch eine Anbauausweitung der trockentoleranten Luzerne (Medicago × varia Martyn) ist aufgrund ihres vergleichsweise hohen Wasserverbrauchs in Regionen mit geringem Wasserdargebot nicht uneingeschränkt möglich (Kolbe et al. 2006). Zusätzlich ist die Region durch einen relativ hohen Anteil ökologischer Betriebe gekennzeichnet, in denen der FLG-Anbau das zentrale Element zur Stickstoffversorgung der Fruchtfolge darstellt. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche FLG-Arten und Sorten bzw. FLG-Gras-Artengemenge auch zukünftig noch für einen Anbau in der Region geeignet sein werden. In einem Parzellenfeldversuch wurden elf Arten, Sorten und Gemenge bezüglich ihrer Etablierungs- und Ertragsleistung untersucht und hinsichtlich ihrer standortspezifischen Anbaueignung bewertet. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse des ersten Hauptnutzungsjahres vorgestellt.

Material und Methoden

Der Parzellenfeldversuch wurde im Jahr 2021 auf der Lehr- und Forschungsstation Gut Wilmersdorf (Brandenburg, Landkreis Uckermark, mittlere Jahresniederschlagsmenge: 516 mm, Jahresmitteltemperatur: 8,9 °C) angelegt. Die Witterung im Versuchsjahr war wärmer und niederschlagsreicher als im langjährigen Mittel (619 mm, 9,5 °C). Die Bodenarten des Standortes sind mittel schluffige (Su3) bis stark lehmige Sande (Sl4), die innerhalb der Fläche eine ungleichmäßige Verteilung unter Herausbildung einer lehmigen Kuppe aufweisen. Hinsichtlich der Humus- und Nährstoffgehalte sowie pH-Werte des Bodens weist der Standort eine hohe regionstypische Heterogenität auf.

Für den einfaktoriellen Parzellenfeldversuch wurden neben den sechs trockentoleranten und in Reinsaat angelegten FLG Weißer Steinklee, Bockshornklee, Erdklee, Gelbklee, Luzerne (Luzelle, DSV 2060 Luzerne Sortenmix) und Gewöhnlicher Hornklee aufgrund der hohen Praxisrelevanz zudem fünf FLG-Gras-Gemenge ausgewählt. Diese lassen sich entsprechend ihrer Gemengepartner in nicht trockentolerante (n-trtl) und trockentolerante (trtl) Gemenge einteilen (DSV Saaten 2021) (Tab. 1), wobei von letzteren eine futterbaulich günstigere Merkmalsausprägung erwartet wurde. Der Versuch wurde in zweifacher Wiederholung angelegt, wobei die Verteilung der Prüfglieder innerhalb der Blocks aufgrund einer notwendigen Abwägung zwischen Praktikabilität bei der Umsetzung und wissenschaftlichen Maßstäben einer systematischen Anordnung folgte.

Die FLG- und FLG-Gras-Bestände wurden im Verlauf der Vegetationsperiode in einem 14-tägigen Rhythmus insgesamt viermal bonitiert. In einem zuvor festgelegten repräsentativen Quadratmeter wurden u.a. der Gesamtdeckungsgrad und die prozentualen Anteile der Gräser, Kräuter und Leguminosen an der Gesamtdeckung geschätzt sowie das BBCH-Stadium und die Aufwuchshöhe bestimmt. Mit der letzten Bonitur wurden die Quadratmeter auf einer Höhe von 6 cm geerntet und das Pflanzenmaterial anschließend in die drei Komponenten Gräser, Kräuter und Leguminosen sortiert. Es wurden die Frisch- und Trockenmassen aller Komponenten erfasst.

Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte für die Reinsaaten mittels deskriptiver Statistik, während in den Gruppenvergleichen (trtl / n-trtl Gemenge, Reinsaaten / Gemengen) die jeweiligen Merkmalsausprägungen mit Hilfe von Mittelwert- und Mediantests verglichen wurden.

Tab. 1: Geprüfte Arten, Sorten und Gemenge.

Art/Sorte/Gemenge	Gemenge-Zusammensetzung	Trockentoleranz
Weißer Steinklee		ja
DSV 2256	Einjähriges Weidelgras, Perser-, Alexandrinerklee	nein
Bockshornklee *		ja
DSV M4	Luzerne, Dt. Weidelgras, Weißklee, Gew. Hornklee, Gelbklee, Serradella	ja
Erdklee		ja
Gelbklee		ja
Luzelle		ja
DSV 2215	Gelbklee, Gew. Hornklee, Luzerne, Weißklee, versch. Gräser	ja
DSV 2060 Luzerne Sortenmix/		ja
Camena Luzerne Gras 100	Luzerne, Lieschgras, Dt. Weidelgras	ja
DSV M5	Dt. Weidelgras, Rotklee, Inkarnatklee, Schwedenklee, Weißklee	nein
Gewöhnlicher Hornklee		ja

^{*} konnte aufgrund eines Bewirtschaftungsfehlers nicht mit in die Datenaufnahme eingehen

Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden die relevantesten Ergebnisse dargestellt und diskutiert.

Reinsaaten & Gemenge

Unter den FLG-Reinsaaten wies der Weiße Steinklee (*Melilotus albus* Medik.) die geringste Verunkrautung [%] auf, die sich bei den Reinsaaten aus der Summe der Ertragsanteile der Gräser und Kräuter und bei den Gemengen aus dem Ertragsanteil der Kräuter ergibt. Zudem zeigte die Art den höchsten Anteil der Kulturart an der Gesamtdeckung (Kulturdeckungsgrad [%]) zum Erntetermin und damit die beste Etablierungsleistung am Versuchsstandort (Tab. 2). Der Erdklee (*Trifolium subterraneum* L.) und der Gelbklee (*Medicago lupulina* L.) schnitten hier aufgrund vergleichsweise hoher durchschnittlicher Verunkrautungsniveaus von 34 bzw. 39 % am schlechtesten ab, was auf die niedrigen Wuchsformen der Arten zurückzuführen sein könnte. Die höchsten absoluten Trockenmasseerträge erzielten mit 32,8 bzw. 30,4 dt ha-1 der Gewöhnliche Hornklee (*Lotus corniculatus* L.) und wiederum der Weiße Steinklee (Tabelle 2).

Tab. 2: Etablierungs- und Ertragsdaten* der Futterleguminosen-Reinsaaten.

	Verunkrautung	Kulturdeckungsgrad	FM gesamt	TM-Ertrag
	[%]	[%]	[dt ha ⁻¹]	[dt ha ⁻¹]
W. Steinklee	16 ± 14	93 ± 8	161 ± 83	30 ± 16
Erdklee	34 ± 27	72 ± 17	145 ± 7	25 ± 11
Gelbklee	39 ± 17	66 ± 25	136 ± 1	20 ± 5
Luzelle	24 ± 14	84 ± 13	148 ± 21	28 ± 3
DSV 2060	16 ± 0	90 ± 0	122 ± 0	25 ± 0
Gew. Hornklee	20 ± 2	81 ± 3	209 ± 121	33 ± 13

^{*} alle Mittelwerte, mit Ausnahme der Werte für den Bestand DSV 2060 (Einzelbestand), ergeben sich aus den Werten zweier Bestände

Unter Zusammenführung der Etablierungs- und Ertragsleistungen der FLG-Reinsaaten kann dem Weißen Steinklee die beste zukünftige und standortspezifische Anbaueignung unter den sechs untersuchten Arten und Sorten zugesprochen werden. Eine hohe TM-Ertragsdifferenz zwischen den Einzelaufwüchsen des Weißen Steinklee (nicht dargestellt) deutet zudem darauf hin, dass insbesondere kalkhaltige Standorte für den Anbau prädestiniert sind. Der Kumaringehalt der Art und die daraus resultierenden ungünstigen Fütterungseigenschaften lassen vor allem eine Verwendung als Gründüngung sinnvoll erscheinen, wobei sich die hohe Biomassebildung und das tiefreichende Wurzelsystem vorteilig auswirken. Eine gute Anbaueignung für die Region weist außerdem der

Gewöhnliche Hornklee auf, welcher aufgrund seines hohen Futterwertes und seiner antiparasitären Wirkung auch für die Tierfütterung geeignet ist.

Die absoluten TM-Ertragswerte der einzelnen FLG wurden zudem art- bzw. sortenspezifischen Vergleichswerten aus der Literatur gegenübergestellt, um so die prozentuale Ausschöpfung des Ertragspotenzials zu bestimmen. Hier erreichte der Erdklee mit 175 % die höchste mittlere Ausschöpfung (Abb. 1), was seine gute Eignung für einen Anbau in der dürregefährdeten Region widerspiegelt. Der Erdklee kann dabei aufgrund seines horizontalen Stängelwachstums und seiner Beweidungstoleranz eine trockentolerante Alternative oder Ergänzung zum Weißklee auf Grünlandstandorten darstellen.

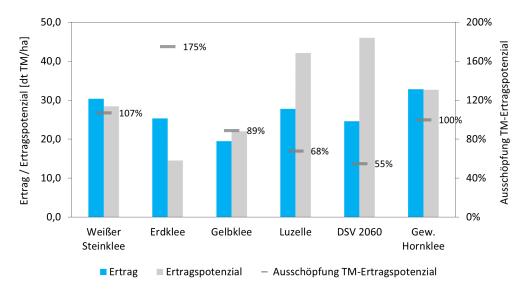


Abb. 1: Trockenmasse-Ertrag [dt ha⁻¹], Trockenmasse-Ertragspotenzial [dt ha⁻¹] und Ausschöpfung des Trockenmasse-Ertragspotenzials [%] der sechs trockentoleranten Futterleguminosen-Reinsaaten.

Unter den fünf untersuchten FLG-Gras-Gemengen zeigten die Mischung DSV M5 (n-trtl) und das Camena Luzerne Gras 100 (trtl) die besten Etablierungsleistungen und höchsten TM-Erträge (Tab. 3). Damit könnten die Gemenge eine gute Eignung aufweisen, auch zukünftig unter dem Einfluss des Klimawandels in Nordostdeutschland angebaut zu werden. Eine generelle Überlegenheit der trockentoleranten Gemenge konnte für keines der betrachteten Prüfmerkmale festgestellt werden. Dies könnte darauf hinweisen, dass die Effekte einer besseren Trockentoleranz durch etwaige Gemengeeffeke, wie eine effizientere Ressourcennutzung, überlagert werden. Hierdurch würde die Anbaueignung von FLG-Gras-Gemengen unter ungünstigen Bedingungen grundsätzlich erhöht werden.

Tab. 3: Etablierungs- und Ertragsdaten* der Futterleguminosen-Gras-Gemenge.

	Verunkrautung	Kulturdeckungsgrad	FM gesamt	TM-Ertrag
	[%]	[%]	[dt ha ⁻¹]	[dt ha ⁻¹]
DSV 2256	11 ± 13	62 ± 7	73 ± 22	23 ± 3
DSV M4	15 ± 9	88 ± 11	110 ± 23	24 ± 2
DSV 2215	13 ± 9	93 ± 4	171 ± 34	34 ± 8
Camena	12 ± 0	99 ± 0	211 ± 0	30 ± 0
Luzerne Gras				
DSV M5	10 ± 4	97 ± 2	204 ± 71	39 ± 9

^{*} alle Mittelwerte, mit Ausnahme der Werte für den Bestand DSV 2060 (Einzelbestand), ergeben sich aus den Werten zweier Bestände

Das Gemenge DSV 2256 stellte sich nach den bislang einjährigen Versuchsergebnissen aufgrund einer hohen Lückigkeit im Bestand, eines unzureichenden FLG-Ertragsanteils und eines geringen TM-Ertrages als ungeeignet für den Standort heraus.

Vergleich zwischen Reinsaaten & Gemenge

Im Vergleich zwischen den Gruppen der FLG-Reinsaaten und FLG-Gras-Gemengen konnte eine transgressive Beikrautunterdrückung durch die Gemenge festgestellt werden, wobei der Weiße Steinklee die konkurrenzstärkste Reinsaat darstellte. Als mögliche Ursache hierfür kann die Kombination verschiedener funktionaler Eigenschaften innerhalb der Gemenge vermutet werden (Ranaldo et al. 2020), die zu einer komplementären und effizienteren Nutzung der vorhandenen Ressourcen geführt (Sturludóttir et al. 2013) und damit das Aufkommen von Beikräutern in den Gemengebeständen im Vergleich zu den Reinsaatbeständen reduziert haben könnte.

Ein signifikanter höherer TM-Ertrag der Gemenge im Vergleich zu den Reinsaaten konnte entgegen Literaturangaben (Finn et al. 2013, Hofer et al. 2016) nicht festgestellt werden.

Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen des Vergleichs zwischen Reinsaaten und Gemengen sowie trockentoleranten und nicht trockentoleranten Mischungen lässt sich schlussfolgern, dass der Anbau von FLG-Gras-Gemengen bereits heute, aber vor allem zukünftig sinnvoll erscheint. Neben einer geringeren Verunkrautung der Bestände kann die Komplementarität der funktionalen Arteigenschaften im Zuge der Klimakrise auch Vorteile hinsichtlich anderer Leistungsmerkmale, wie dem TM-Ertrag und der Ertragsstabilität, hervorbringen und zur Kompensation eines trockenstressbedingten Ertragsrückgangs beitragen.

Der betrachtete Versuch stellt den Beginn einer Versuchsserie dar, sodass die bislang lediglich einjährigen Versuchsergebnisse mit einer folgenden mehrjährigen Datenaufnahme validiert werden können. Hierbei werden insbesondere die Daten aus trockenen Jahren von Interesse sein, da die Trockentoleranz der einzelnen Arten, Sorten und Gemenge im Versuchsjahr 2021 aufgrund vergleichsweise günstig verteilter Niederschläge am Versuchsstandort nicht in Gänze zum Tragen kommen konnten.

Literatur

DSV Saaten (2021): DSV Ökosaatgut 2021. Für die besonderen Ansprüche des ökologischen Anbaus.

- Finn, J. A., Kirwan, L., Connolly, J., Sebastià, M. T., Helgadottir, A., Baadshaug, O. H. et al. (2013): Ecosystem function enhanced by combining four functional types of plant species in intensively managed grassland mixtures: a 3-year continental-scale field experiment. *Journal of Applied Ecology* 50 (2): 365–375.
- Hofer, D., Suter, M., Haughey, E., Finn, J. A., Hoekstra, N. J., Buchmann, N. & A. Lüscher (2016): Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought. *Journal of Applied Ecology* 53 (4), S. 1023–1034.
- Kolbe, H., Schuster, M., Hänsel, M., Schließer, I., Pöhlitz, B., Steffen, E. & R. Pommer (2006): Feldfutterbau und Gründüngung im Ökologischen Landbau. Informationen für Praxis und Beratung. Hg. v. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. Dresden.
- Komainda, M., Küchenmeister, K., Küchenmeister F., Breitsameter, L., Wrage-Mönnig, N., Kayser, M. & J. Isselstein (2019): Forage legumes for future dry climates: Lower relative biomass losses of minor forage legumes compared to *Trifolium repens* under conditions of periodic drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science* 205 (5):460–469.
- Ranaldo, M., Carlesi, S., Costanzo, A. & P. Bàrberi (2020): Functional diversity of cover crop mixtures enhances biomass yield and weed suppression in a Mediterranean agroecosystem. *Weed Research* 60 (1): 96–108.
- Sturludóttir, E., Brophy, C., Bélanger, G., Gustavsson, A-M., Jørgensen, M., Lunnan, T. & Á. Helgadóttir, (2013): Benefits of mixing grasses and legumes for herbage yield and nutritive value in Northern Europe and Canada. *Grass and Forage Science* 69 (2): 229–240.

Untersuchungen zur Rolle der Wurzelsymbionten beim Auftreten von Kleemüdigkeit

Johanna Bremer¹, Kai-Uwe Eckhardt¹, Jürgen Müller², Christine Struck³, Irene Jacob⁴, Christel Baum¹, Peter Leinweber¹

¹ Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Bodenkunde, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock, <u>johanna.bremer@uni-rostock.de</u>

² Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Grünland und Futterbauwissenschaften, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

³ Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Phytomedizin, Satower Straße 48, 18059 Rostock

Einleitung und Problemstellung

Besonders im ökologischen Landbau sind Leguminosen ein essentielles Fruchtfolgeglied, aufgrund ihrer Fähigkeit symbiontisch Stickstoff zu fixieren. Bei hoher Anbaudichte der Leguminosen treten oft Bestandslücken und unspezifische Wuchsdepressionen auf, diese werden als "Kleemüdigkeit" bezeichnet. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Prüfung der Rolle von Wurzelsymbionten (Mykorrhizapilze und Rhizobien) von Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Luzerne (*Medicago sativa* L.) beim Auftreten von Kleemüdigkeit. Hierfür wurden die Abundanz von Mykorrhizapilzen in den Wurzeln und die Anzahl von Wurzelknöllchen von Rhizobien und die chemische Zusammensetzung der Feinwurzeln an gesunden und kranken Pflanzen untersucht.

Material und Methoden

Für diese Untersuchung wurden Rotkleewurzeln von 2 bestehenden Futterbauflächen in Norddeutschland (Gischow, Bentfeld) entnommen. Beide Flächen wiesen Symptome der "Kleemüdigkeit" auf. Es wurden jeweils 5 Pflanzen aus dem betroffenen und gesunden Teil der Fläche in 10 cm x 10 cm x 10 cm großen Würfeln entnommen. Die Knöllchenanzahl wurde pro Pflanze ausgezählt. Eine Teilprobe der Feinwurzeln wurde eingefärbt (Brundett et al. 1984) und der Mykorrhizierungsgrad ermittelt (McGonigle et al. 1990). Der Rest der Wurzeln wurde bei 40°C getrocknet und die chemische Zusammensetzung mit Hilfe der Pyrolyse-Feldionisation Massenspektrometrie (Py-FIMS) und Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC/MS) analysiert. Die statistische Auswertung erfolgte mittels ANOVA mit dem Programm R (Version: 4.1.2).

Tab. 1: Bodeneigenschaften der Versuchsflächen Gischow und Bentfeld im August 2021

3				0	
			Pflanzenverfügbare [mg/100 g Boden]	Nährstoffe	
	Textur	pH in CaCl ₂		K₂O	MgO
Gischow ungesund	lehmiger Sand	4,9	3,7	13,7	9,5
Gischow gesund	lehmiger Sand	5,2	3,8	13,3	11,3
Bentfeld ungesund	lehmiger Sand	5,5	3,1	6,6	14,9
Bentfeld gesund	lehmiger Sand	6,0	3,5	7,9	13,8

Ergebnisse und Diskussion

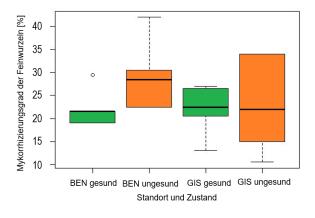
Am Standort Gischow (GIS) betrugt die Mykorrhizierungsrate der gesunden Pflanzen im Durchschnitt 21,9 % der Feinwurzellänge, in den ungesunden Pflanzen lag der Durchschnitt bei 23 % der Feinwurzellänge (Abb. 1). Am Standort Bentfeld (BEN) lag der Mykorrhizierungsgrad der ungesunden Pflanzen im Durchschnitt bei 29,2 % der Feinwurzellänge, das Mittel der gesunden Pflanzen lag bei 22,1 % der Feinwurzellänge (Abb. 1).

Die Knöllchenanzahl pro Pflanze lag am Standort Gischow in der gesunden Variante durchschnittlich bei 81,4, in den von Kleemüdigkeit betroffenen Pflanzen lag der Durchschnitt bei 62,4 Knöllchen pro Pflanze (Abb. 1). Am Standort Bentfeld lag die Knöllchenanzahl in den ungesunden Pflanzen im

⁴ Beratung für Naturland, Eichelhof 1, 85411 Hohenkammer

Durchschnitt bei 217,4 Knöllchen pro Pflanze, in den gesunden Pflanzen lag der Durschnitt bei 149,2 Knöllchen pro Pflanze (Abb. 1).

Es zeichnet sich eine Tendenz zu höheren Mykorrhizierungsrate in den ungesunden Pflanzen ab (Abb. 1). Die tendenziell höhere Mykorrhizierungsrate in den ungesunden Pflanzen könnte ein Hinweis auf den Übergang der Symbionten zum Parasitismus sein oder ein Versuch der Kompensation der mangelnden Nährstoffversorgung durch den Ausbau der symbiontischen Nährstoffversorgung.



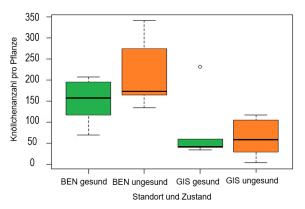


Abb. 1: (links) Mykorrhizierungsgrad der Rotkleefeinwurzeln entnommen im August 2021 von den Versuchsflächen Bentfeld (BEN) und Gischow (GIS) unter gesunden und kleemüden Bedingungen. (rechts) Knöllchenanzahl der Rotkleewurzeln entnommen im August 2021 von den Versuchsflächen Bentfeld (BEN) und Gischow (GIS) unter gesunden und kleemüden Bedingungen.

Die Total-Ionen-Intensität (TII) als Indikator organischer Bestandteile war in den gesunden Pflanzen höher als in den ungesunden Pflanzen (Abb. 2). Die normalisierten und summierten Py-FIMS Spektren (Abb. 2(a)-2(d)) belegen eine hohe relative Abundanz von Flavonoiden (m/z 284, 268). Die relative Abundanz der Lipide und Suberine (m/z 858 und 508) hatten die höchste Trennschärfe zwischen gesunden und ungesunden Pflanzen. Am Standort Gischow betrug die relative Abundanz der m/z 508 in den gesunden Pflanzen durchschnittlich 0,018, in den ungesunden Pflanzen im Durchschnitt 0,027 im Spektrum. Am Standort Bentfeld betrug die relative Abundanz der m/z 508 im Spektrum in den gesunden Pflanzen im Durchschnitt 0,023, in den ungesunden Pflanzen durchschnittlich 0,033. Am Standort Gischow betrug die relative Abundanz der m/z 858 im Spektrum der Wurzelproben der gesunden Pflanzen im Durchschnitt 0,00095, in den ungesunden Pflanzen im Durchschnitt 0,00397. Am Standort Bentfeld betrug die relative Abundanz der m/z 858 in den Wurzelproben der gesunden Pflanzen durchschnittlich 0,0015, in den Wurzelproben der ungesunden Pflanzen im Durchschnitt 0,00433.

Mittels GC/MS wurden die Flavonoide Formononetin, Trifolirhizin und sein Aglykon Maackiain nachgewiesen. Trifolirhizin wurde bereits in vorhergehenden Studien in Verbindung mit dem Auftreten von Kleemüdigkeit gebracht (Chang et al. 1969). Die Ausschüttung von Flavonoiden durch die Wurzeln wurde in vorherigen Experimenten mit dem Schaffen von vorteilhaften Verhältnissen für die Wurzelsymbionten verknüpft (Liu et al. 2013, Dinkins et al. 2021). Dies könnte die gesteigerte symbiotische Aktivität in den Wurzeln der von Kleemüdigkeit betroffenen Pflanzen erklären.

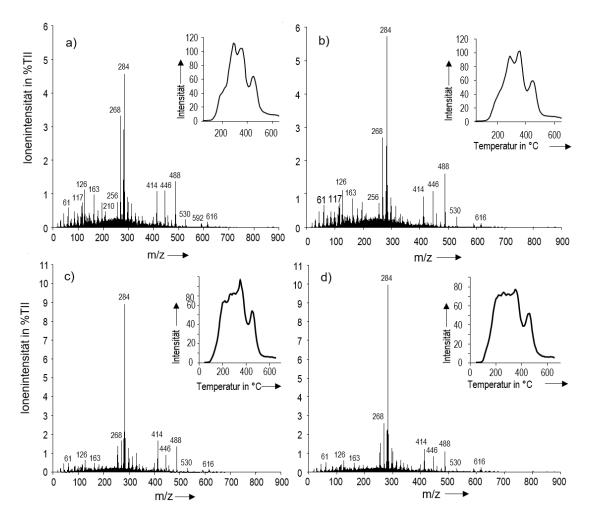


Abb. 2: Thermogramme der totalen Ionenintensität (oben rechts) und normalisierte und summierte Pyrolyse-Feldionisation Massenspektrometrie der Rotkleefeinwurzeln entnommen im August 2021 von der Versuchsfläche Gischow unter kleemüden (a) und gesunden (b) Bedingungen und der Versuchsfläche Bentfeld unter kleemüden (c) und gesunden (d) Bedingungen.

Schlussfolgerungen

Kleemüdigkeit ist mit einer Zunahme symbiontischer Interaktionen verbunden. Ob diese parasitischen Interaktionen einschließen oder ein Versuch der Kompensation von Nährstoffmangel sind müssen Folgeuntersuchungen klären.

Literatur

Brundett, M.C., Piche, Y. & R. L. Peterson (1984): A new method of observing the morphology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Canadian Journal of Botany* 62(10): 2128-2134.

Chang, C.F., Suzuki, A., Kumai, S. & S. Tamura (1969): Chemical studies on "clover sickness". Part II. Biological functions of isoflavonoids and their related compounds. *Agricultural and Biological Chemistry* 33: 398-408.

Dinkins, R.D., Hancock, J., Coe, B.L., May, J.B., Godmann, J.P., Bass, W.T., Liu, J., Fan, Y., Zheng, Q. & Zhu H. (2021): Isoflavone levels, nodulation and gene expression profiles of a CRISPR/Cas9 deletion mutant in the isoflavone synthase gene of red clover. *Plant Cell Report* 40: 517-528.

McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, G.L. & A.J. Swan (1990): A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 115(3): 495-501.

Krankheiten und Schädlinge auf kleemüden Flächen

A. Kühnl¹, C. Struck¹, J. Müller², C. Baum³, L. Vogt⁴, I. Jacob⁴

¹ Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Phytomedizin, Satower Straße 48, 18059 Rostock, annika.kuehnl@uni-rostock.de

² Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Grünland und Futterbauwissenschaften, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

³ Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Bodenkunde, Justus- von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

⁴ Öko-BeratungsGesellschaft mbH, Beratung für Naturland, Eichethof 1, 85411 Hohenkammer

Einleitung und Problemstellung

Leguminosen sind wichtige Stickstofflieferanten und verbessern die Bodenfruchtbarkeit. Durch den wiederholten Anbau von Leguminosen in der Fruchtfolge kommt es vermehrt zu Wuchsdepressionen, auch "Kleemüdigkeit" genannt (Serikstad et al. 2015). Im Fokus unseres Projektes "TriSick" stehen Untersuchungen zu abiotischen wie auch biotischen Faktoren, die im Zusammenhang mit Wuchsdepressionen der Klee- und Luzernepflanzen stehen könnten (s. a. den Beitrag Steinfurth et al. "Ursachen von Kleemüdigkeit bei Rotklee und Luzerne"). In dem vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse der diagnostizierten Pilzkrankheiten und tierischen Schädlinge vorgestellt.

Material und Methoden

Im Spätsommer/Herbst 2021 wurden an 15 Standorten in Deutschland Probenpaare von Flächen, die kleemüde und gut wüchsige Klee- bzw. Luzernebestände aufwiesen, genommen. Dabei wurde die augenscheinliche Wüchsigkeit als Maß für die Einordnung in "kleemüde" bzw. "gut wüchsig" herangezogen. Es wurden jeweils Pflanzen- und Bodenproben entnommen. Zur Untersuchung von Krankheiten wurden der Anteil von symptomatischen Pflanzen, die Befallsstärke sowie die vorgefundenen Symptome bonitiert. Zudem wurden pilzliche Erreger isoliert und Reinkulturen angelegt. Von diesen wurde die DNA extrahiert. Im Anschluss erfolgte die Pilzbestimmung über die ITS-Seguenzen mit einem Genbankenabgleich per BLAST.

Zur Bestimmung eines Nematodenbefalls wurden Bodenproben aus dem Wurzelraum der Pflanzen genommen. Die Nematoden wurden auf Gattungs- bzw. Artniveau bestimmt und die Befallstärke durch die Anzahl pro 100 ml Boden erfasst.

Zudem wurden jeweils im kleemüden und gut wüchsigen Bereich Barber-Fallen aufgestellt. Diese wurden nach 48 Stunden geleert. Der Inhalt wurde auf relevante Schädlinge untersucht und diese auf Gattung- bzw. Artniveau bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungsergebnisse zeigten an allen Standorten das Vorkommen verschiedener Blattflecken-, Stängelbasis- und Wurzelkrankheiten. Diese traten meist nur oder deutlich stärker auf den kleemüden Flächen auf. Zwei Standorte bilden die Ausnahme, hier konnten nur auf den wüchsigen Flächen pathogen Krankheitserreger nachgewiesen werden. Überwiegend handelte es sich um Blattfleckenkrankheiten wie Blattbrand (*Leptosphaerulina trifolii*), Klappenschorf (*Ascochyta medicaginicola*), Braunfleckenkrankheit (*Stemphylium vesicarium*) und Brennfleckenkrankheit (*Didymella pinodella*). Vereinzelt konnte aber auch der Wurzelfäule verursachende Erreger *Fusarium avenaceum* gefunden werden, zudem kann auch *Ascochyta medicaginicola* zu Wurzelfäule führen. An dem einzigen konventionellen Standort wurde der Erreger *Pithomyces chartarum* gefunden, welcher Fazialekzeme bei Weidetieren verursachen kann (Dijkstra et al. 2022). An zwei Standorten wurde der südliche Stängelbrenner (*Colletotrichum trifolii*) nachgewiesen (Abb. 1). Die Ausprägung der Befallstärke ist sehr unterschiedlich, jedoch an den meisten Standorten gering bis mittelstark. Dies und das vereinzelte Auftreten der Erreger nur auf den wüchsigen Flächen lassen darauf schließen, dass zusätzlich zu den Pilzkrankheiten noch weitere Faktoren eine Ursache für die Kleemüdigkeit sind.

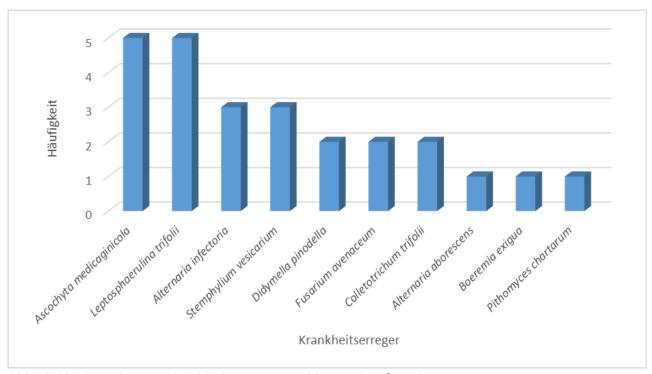


Abb. 4: Nachgewiesene Krankheitserreger an kleemüden Standorten

Auch konnten an allen Standorten pflanzenpathogene Nematoden nachgewiesen werden. Dabei spielen besonders die Gattungen *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. und *Ditylenchus* spp. eine große Rolle. Die nachgewiesenen Zahlen sind jedoch überwiegend gering und überschritten nur an vereinzelten Standorten die in der Literatur angegebenen Schadschwellenwerte (Kempkens et al. 2004, Eder & Kiewnick 2019). In Abbildung 2 ist die Anzahl der nachgewiesenen Nematoden für die Gesamtheit der gesunden und ungesunden Flächen dargestellt, die rote Linie zeigt die Schadschwelle an. Die Überschreitungen kommen sowohl auf den kleemüden als auch wüchsigen Flächen vor. Aufgrund dieser Ergebnisse ist davon auszugehen, dass Nematoden auf einigen Standorten eine Rolle bei der vorgefundenen Symptomatik spielen.

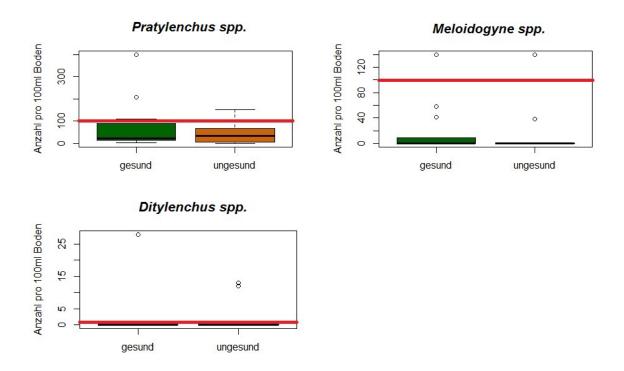


Abb. 5: Anzahl der Nematoden an den gesunden und ungesunden Standorten

An Insektenschädlingen wurden vereinzelt Blattrandrüssler (*Sitona obsoletus*) wie auch an einem Standort Spitzmausrüssler (Apioninae) nachgewiesen. Diese wurden vorwiegend auf den Flächen in Norddeutschland gefunden. Hier konnte der Blattrandrüssler an drei Standorten nachgewiesen werden, in Süddeutschland hingegen nur an einem Standort. Abbildung 3 zeigt den typischen Blattrandfraß. Die Schädlinge wurden überwiegend auf den ungesunden Flächen nachgewiesen, jedoch war die Befallsstärke an allen Standorten gering. Der geringe Nachweis von Schädlingen lässt sich auch auf den Zeitpunkt der Probennahme zurückführen. Insbesondere die Standorte in Süddeutschland wurden bis in den Herbst hinein beprobt.



Abb. 3: Blattrandfraß durch Sitona obsoletus

Schlussfolgerung

An allen Standorten konnten pathogene Krankheitserreger nachgewiesen werden, diese können eine Ursache für die Wuchsdepressionen darstellen. Da jedoch häufig nur ein leichter Befall vorgefunden wurde, ist es sehr wahrscheinlich, dass auch noch weitere biotische und abiotische Faktoren eine Rolle spielen. Die Schadinsekten haben aufgrund der sehr geringen Befallsstärke vermutlich keinen großen Einfluss.

Danksagung

Die Förderung des Vorhabens TriSick (FKZ 2818EPS014, 2818EPS038 - 2818EPS040) erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Eiweißpflanzenstrategie.

Literatur

Dijkstra, Eveline; Harkema, Liesbeth; Vellema, Piet (2022): First case of pithomycotoxicosis in sheep in the Netherlands. In: Vet Record Case Reports 10

Eder, R. & Kiewnick, S. (2019): Nematoden im Freilandgemüsebau. Agroscope Transfer 271

Kempkens, K., Paffrath, A., Frankenberg, A. (2004): Strategien zur Regulierung verschiedener Nematodenspezies im Ökologischen Feldgemüsebau. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Referat für Ökologi-schen Land- und Gartenbau, Bonn.

Serikstad, Grete Lene; Magnusson, Christer; Brodal, Guro; Boer, Anne de; Zeverte-Rivza, Sandija (2015): Searching for the Cause of Clover Fatigue. Proceedings of the 25th NJF Congress, Riga, Latvia, 16th-18th of June, 2015. In: Nordic view to sustainable rural development. Proceedings of the 25th NJF Congress.

Integration von Futterbau und Marktfruchtbau in einer gemeinsamen Fruchtfolge: Erste Ergebnisse aus dem "Modellvorhaben Schlei' in Schleswig-Holstein

Friederike Fenger¹, Ralf Loges¹, Christof Kluß¹, Friedhelm Taube^{1,2}

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel

²Grass Based Dairy Systems, Animal Production Systems Group, Wageningen University ffenger@gfo.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Der Wasserkörper Schlei als inneres Küstengewässer im Norden Schleswig-Holsteins sowie deren Zuflüsse sind nach den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie in einem schlechten ökologischen Zustand. Ein Hauptgrund sind hier diffuse Stoffeinträge aus der landwirtschaftlichen Flächennutzung (Tetzlaff et al. 2017). Weiterhin ist unter anderem durch einseitige Fruchtfolgen ein Biodiversitätsverlust in der Region zu verzeichnen.

Im "Modellvorhaben Schlei' sollen Lösungsansätze erarbeitet werden, um die Ziele des Wasser-, Klima- und Biodiversitätsschutz im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben zu erreichen, ohne das wirtschaftliche Ertragsniveau von Betrieben in der Region deutlich zu mindern. Ein möglicher Ansatz ist ein "Hybridlandwirtschaftsmodell", in welchem Kulturen des Futterbaus (Gras und Kleegras) in klassische Fruchtfolgen der Region (Raps, Weizen, Gerste) integriert werden, wobei für den Futterbauteil Intensitäten des Ökoladbaus angestrebt sind und für den Marktfruchtbereich solche des integrierten Anbaus. Durch Betriebskooperationen ("virtuelle Gemischtbetriebe") können so hohe N-Salden von Futterbaubetrieben reduziert und Fruchtfolgen von Marktfruchtbetrieben diversifiziert werden – in Agrarlandschaften werden so Ziele der "Farm to Fork"-Strategie (EC 2020) realisiert, so die Hypothese (Taube 2021). Zusätzlich wird im Projekt der Ansatz der "schlaginternen Segregation" untersucht. Hier werden auf kleinflächigen Arealen des Gesamtschlages, z.B. Randstreifen oder Vorgewende, produktionsintegrierte Flächenextensivierungen durchgeführt (Berger et al. 2006). Auf den Teilflächen werden z.B. Blühmischungen etabliert, welche weder gedüngt, noch mit chemischem Pflanzenschutz behandelt werden und können damit mehrere Naturschutzziele erfüllen und die Biodiversität der kulturarmen Agrarlandschaften weiter erhöhen.

Ein übergeordnetes Ziel des Projektes ist es durch verschiedene Forschungselemente (On-farm Research. Parzellenversuch, Pflanzenwachstumsmodellierungen) Umweltwirkungen alternativer Bewirtschaftungsansätze für die Region prognostizieren zu können. Das Hybridlandwirtschaftsmodell wurde für den konventionellen Ackerbau unter den klimatischen Bedingungen Schleswig-Holsteins allerdings noch nicht systematisch untersucht, so dass für die dort vorherrschenden hohen Ertragsniveaus Kalibrations- und Validationsdaten dringend erforderlich sind. Im Parzellenversuch soll daher das Potential von Dt. Weidelgras und Rotklee-Grasgeprüft werden. als Fruchtfolgeglied in klassischen Ackerbaufruchtfolgen Mischungen Stickstoffausträge zu mindern, bei gleichzeitig positivem Vorfruchtwert auf die folgenden Hauptkulturen. Zusätzlich werden Blühmischungen untersucht, die im Rahmen einer schlaginternen Segregation Anwendung finden können. Die ersten Ergebnisse des Parzellenversuchs liegen nun vor und werden hier vorgestellt.

Material und Methoden

In 2020 wurde ein Parzellenversuch auf dem Versuchsgut Hohenschulen in Achterwehr bei Kiel angelegt. In einer komplett randomisierten Anlage mit 4-facher Wiederholung wurden verschiedene Feldfrüchte des Marktfruchtbaus (Raps, Gerste, Weizen) angesät und Dt. Weidelgras Reinsaaten sowie Mischungen von Dt. Weidelgras mit Rotklee etabliert. In den Versuchsjahren 2021 und 2022 werden Kleegrasparzellen sukzessive umgebrochen und anschließend Marktfrüchte etabliert, wodurch die Vorfruchtwirkung auf ausgewählte Feldfrüchte untersucht werden kann. Die Vorfrucht Kleegras liegt hier jeweils gedüngt (170 kg Gülle N/ha) und ungedüngt (0 N) vor, so dass sich hier ein zusätzlicher Faktor hinsichtlich der Vorfruchtwirkung ergibt. Durch das Versuchsdesign ergeben sich daher erste Ergebnisse der Vorfruchtwirkung durch den Umbruch von 1-jährigen Kleegras zur Ernte 2022 und durch 2-jähriges Kleegras zur Ernte 2023. Ernteerträge werden durch

Parzellenerntetechnik erfasst. Die Dt. Weidelgras und Kleegras Bestände werden 4-mal pro Jahr geschnitten.

Während der Sickerwasserperiode 2021/22 (Oktober bis April) wurden Stickstoffausträge der Fruchtfolgeglieder in Tab. 1 untersucht. Dafür wurden Sickerwassermessstellen in 4-facher Wiederholung installiert. Keramische Saugkerzen (Porengröße 1 μ m, Länge 54 mm, Durchmesser 20 mm) wurden in einem 60°-Winkel auf eine Tiefe von 75 cm eingesetzt und auf einem Unterdruck von 0,4 bar eingestellt. Das Dränwasser wurde wöchentlich beprobt.

Tab. 1: Untersuchte Ackerkulturen in der Sickerwasserperiode Winter 2021/22 mit Vorfrucht und N-Düngeniveau der Vorfrucht, RKG: Rotkleegras

Kultur Winter 21/22	Vorfrucht (Ernte 2021)	N-Düngung Vorfrucht (kg N/ha)
Raps	Gerste	190 mineralisch
Weizen	Raps	170 mineralisch
Weizen	Gerste	190 mineralisch
Weizen	RKG mit Gülle (m. Gü)	170 organisch
	RKG ohne Gülle (o. Gü)	0
Rotkleegras (RKG)	Gerste	190 mineralisch
RKG mit Gülle (m. Gü)	RKG mit Gülle (m. Gü)	170 organisch
RKG ohne Gülle (o. Gü)	RKG ohne Gülle (o. Gü)	0
Dt. Weidelgras	Gerste	190 mineralisch
Dt. Weidelgras	Dt. Weidelgras	170 organisch + 230 mineralisch
Blühmischung	Gerste	190 mineralisch
Schwarzbrache	Silomais	180 mineralisch

Die Stickstoffkonzentration (N gesamt, NO₃-N, NH₄-N) im Sickerwasser wurde photometrisch bestimmt. Nur Ergebnisse für NO₃ werden hier gezeigt, da dies die dominierende N Fraktion darstellte. Die tägliche Sickerwassermenge wurde berechnet über eine klimatische Wasserbilanz mit Wetterdaten der nächsten Wetterstation, der Evapotranspiration (Mohrlok 2009) und kulturspezifischer Faktoren (Löpmeier 1994). Die ersten Ergebnisse aus der Auswaschungsperiode 2021/22 liegen vor. Die Untersuchungen werden in der kommenden Sickerwasserperiode 2022/23 weitergeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl Vorjahres- als auch Herbstansaaten von Dt. Weidelgras und Kleegras zeigen minimale Nitratauswaschungsverluste im Vergleich zu Getreide, Raps oder Silomais. Besonders die 2-jährigen Dt. Weidelgras Bestände zeigen trotz hohem N Düngungsniveau (insgesamt 400 kg N/ha) nur Auswaschungsverluste von 1 kg NO₃-N/ha (Abb. 1). Auch unter 2-jährigem Kleegras (mit und ohne Gülle) und unter Neuansaaten von Dt. Weidelgras und Kleegras nach Gerste wurden jeweils weniger als 10 kg NO₃-N/ha ausgewaschen. Unter Brache nach Silomais wurden hingegen 43 kg NO₃-N/ha Auswaschungsverluste festgestellt. Dies führt zu einem mittleren Nitratgehalt im Sickerwasser von 68 mg NO₃/L, was zu einer Überschreitung des Nitrat-Schwellenwertes nach EU-Grundwasserrichtlinie von 50 mg NO₃/L (EU 2006) führt. Biernat et al. (2020) und Svoboda et al. (2013) zeigten ähnliche Ergebnisse.

Die Ergebnisse bestätigen das hohe Potential von Dt. Weidelgras und Weidelgras-Rotklee-Mischungen als Herbstansaat vor dem Winter viel mineralischen Stickstoff aus dem Boden zu binden und somit Auswaschungsverluste von Nitrat in Ackerbaufruchtfolgen zu minimieren. Gleichzeitig können Wirtschaftsdünger durch den Anbau von Gras und Kleegras effizient genutzt werden. Der Anbau von Kleegras anstelle von reinem dt. Weidelgras ermöglicht zusätzlich die Einsparung von Mineraldüngern und den Ausbau der heimischen Proteinzufuhr für Futterbaubetriebe. In einem Hybridlandwirtschaftsmodell wäre zum Beispiel eine sechsgliedrige Fruchtfolge mit einer Kleegras-Anbaudauer von mindestens zwei Jahren und drei Überwinterungen denkbar. Eine nachfolgende Sommerkultur, wie zum Beispiel Hafer, wäre in der Lage unter Ökolandbaustandards den N-Transfer

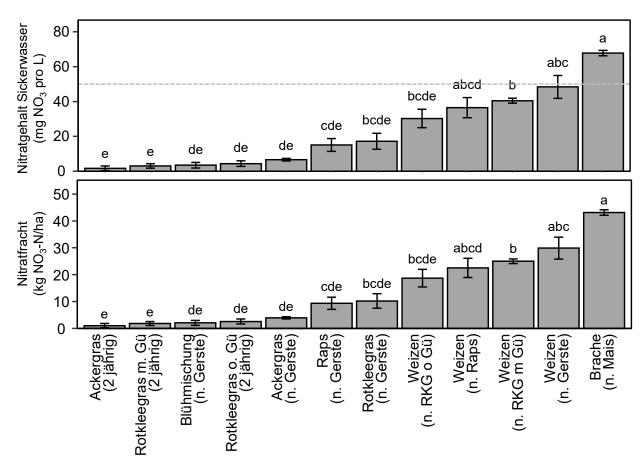


Abb. 1: Nitratgehalt im Sickerwasser (mg NO_3 pro L) und Nitratfracht (kg NO_3 -N pro ha) der verschiedenen Fruchtfolgeglieder im Versuch. Die graue Linie beschreibt den Nitrat-Schwellenwert nach EU-Grundwasserrichtlinie 2006/118/EG (50 mg NO_3 pro L). Fehlerbalken beschreiben den Standardfehler der Mittelwerte, Varianten mit dem gleichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (p < 0,05) voneinander.

aus dem Kleegrasumbruch effizient zu nutzen und damit Ertragsniveaus nahe dem von konventionell angebauten Sommerungen zu realisieren (Taube, 2021). Anschließend werden die Folgekulturen im Marktfruchtbau (Raps, Weizen, Gerste) konventionell bewirtschaftet mit entsprechend hohen Ertragsniveaus.

Auch die zur schlaginternen Segregation getestete Blühmischung zeigt im Feldversuch geringe N-Auswaschungsverluste (2 kg NO₃-N/ha, Abb. 1) nach Gerste als Vorfrucht. Durch eine schlaginterne Extensivierung von Teilflächen, z.B. 10 % der Gesamtfläche als Blühstreifen, können damit potentiell Wasserschutzziele erreicht werden.

Schlussfolgerungen

Die ersten Ergebnisse aus dem Projekt "Modellvorhaben Schlei' bestätigen deutlich das Potential von Dt. Weidelgras und Weidelgras-Rotklee-Mischungen, Auswaschungsverluste von Nitrat in Ackerbaufruchtfolgen zu minimieren, während gleichzeitig Wirtschaftsdünger effizient genutzt werden. Die kommenden Versuchsjahre, werden das Potential hinsichtlich die Ertragsleistung und Vorfruchteffekte von Kleegras als Fruchtfolgeglied genauer definieren.

Die Ergebnisse aus dem Feldversuch werden anschließend genutzt, um anhand von einem computergestützten Pflanzen-Wachstums-Modell Leistungen und Umweltwirkungen der verschiedenen Fruchtfolgekonstellationen für die gesamte Modellregion langfristig zu prognostizieren. Die Lösungsansätze gewinnen dadurch nationale und internationale Relevanz für Regionen in denen Stickstoffausträge über den Pfad Sickerwasser ebenfalls problematisch sind.

Literatur

- Berger, G., Pfeffer, H., Platen, R., Lorenz, J., Schobert, H., Kächele, H., & J. Hoffmann (2006): "Schlaginterne Segregation" ein Modell zur besseren Integration von Naturschutzzielen in gering strukturierten Agrarlandschaften. *Abschlussbericht zum Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben, ZALF Müncheberg.* https://www.bfn.de/projektsteckbriefe/schlaginterne-segregation-ein-modell-zur-besseren-integration-von
- Biernat, L., Taube, F., Vogeler, I., Reinsch, T., Kluß, C., & R. Loges (2020): Is organic agriculture in line with the EU-Nitrate directive? On-farm nitrate leaching from organic and conventional arable crop rotations. *Agriculture, Ecosystems and Environment, 298.* 10.1016/j.agee.2020.106964
- EC. (2020): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system (COM(2020) 381 final). Brussels: European Commission. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ea0f9f73-9ab2-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0001.02/DOC 1&format=PDF
- EU. (2006). Richtlinie 2006/118/EG des Euopäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (2006/118/EG). Europäische Union. https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:372:0019:0031:DE:PDF
- Löpmeier, F.-J. (1994): Berechnung der Bodenfeuchte und Verdunstung mittels agrarmeteorologischer Modelle. Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft, 29, 157-167
- Mohrlok, U. (2009): Bilanzmodelle in der Grundwasserhydraulik: quantitative Beschreibung von Strömung und Transport im Untergrund. *KIT Scientific Publishing*.
- Svoboda, N., Taube, F., Wienforth, B., Kluß, C., Kage, H., & A. Herrmann (2013): Nitrogen leaching losses after biogas residue application to maize. *Soil and Tillage Research*, 130, 69-80. 10.1016/j.still.2013.02.006
- Taube, F. (2021): Vorschläge der Zukunftskommission Landwirtschaft mit DüV umsetzen: Warum und wie vorübergehend 20 Prozent unter Bedarf in Deutschland düngen Erläuterungen zum BDEW-Gutachten zur DüV 2020. AGRA-EUROPE, 36/21, 1-4
- Tetzlaff, B., Keller, L., Kuhr, P., Kreins, P., Kunkel, R., & F. Wendland (2017): Endbericht zum Forschungsprojekt Räumlich differenzierte Quantifizierung der Nährstoffeinträge ins Grundwasser und in die Oberflächengewässer Schleswig-Holsteins unter Anwendung der Modellkombination RAUMIS-GROWA-WEKU-MEPhos.

Utilization of dual-purpose cereals for forage and grain production in the intensive agricultural systems

Heba Sabry Attia Salama

Crop Science Department, Faculty of Agriculture, Alexandria University, Aflaton Street, El-Shatby 21545 Alexandria, Egypt, heba.salama@alexu.edu.eg

Introduction

In many agricultural systems around the world, feed shortage during late winter and spring periods, limits the integration of livestock production (Haiighasemi et al. 2016). The adoption of dual-purpose winter cereal crops, that are cut or grazed during tillering and then left to regrow for grain production, is widely practiced in many countries to narrow the gap between forage supply and demand in the shortage periods (Sadreddine 2016). Barley (Hordeum vulgare L.) and triticale (X Triticosecale Wittmack) are winter cereals that have potential to serve in the dual-purpose production systems (Salama 2019; Salama & Badry 2021). The management practices for achieving the maximum amount of forage yield from the different cereal crops are different from those recommended for optimum grain production. In case of dual-purpose utilization of cereals, the determination of the proper age at which forage should be removed is among the most important practices that should be accurately adjusted. In general, removing forage at a later stage of maturity produces a large amount of forage, yet negatively affects the crop's regrowth ability, decreasing the final grain production (Singh et al. 2017). Thus, aim of the current study was to determine the proper age at which barley and triticale forage should be removed, in order to achieve a balance between the produced forage on the one hand, and the crop's regrowth ability and final grain yield on the other hand. The economic incentives of the dual-purpose production system in comparison to the grainonly production system were also evaluated.

Materials and Methods

A 2-year field trial (2018/2019 and 2019/2020) was conducted at the experimental station of the Faculty of Agriculture, Alexandria University, Alexandria, Egypt. The influence of three ages at forage removal, on forage yield and quality and grain yield of barley and triticale in grain-only and dual-purpose systems was investigated. The experiment was laid out in a split plot design with three field replications. The production system (grain-only and dual-purpose) was assigned to the main plot, while the age at forage removal (45, 60 and 75 days after sowing) was assigned to the subplot. Each subplot was 2.4 m by 3 m (7.2 m²). Sowing was done on 1st of November in both growing seasons. Seeds were drilled on the upper third part of both sides of the ridge with the recommended seeding rate of 96 kg ha⁻¹. All plots received equal amounts of fertilization and irrigation. Selective herbicides were sprayed against broadleaf weeds.

In the dual-purpose system, plants were cut, at the different ages, with a sickle 10 cm above ground surface and forage fresh yield (FFY) was immediately weighed in the field. A 1 kg sample was taken from each plot, dried at 60°C until constant weight was reached and then forage dry yield (FDY) was determined. The dried subsamples were then ground to 1 mm particle size, then forage crude protein (CP) was determined as N content multiplied by 6.25. Nitrogen was analyzed using Kjeldahl apparatus (AOAC 2012). Fiber fractions; i.e. neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and acid detergent lignin (ADL) were sequentially determined after Van Soest et al. (1991). In both production systems plots were harvested at full grain maturation by cutting the plants with a sickle, directly above ground level. Total yield (grain + straw) was weighed in the field, and then threshed using a stable threshing machine. After threshing and winnowing, the grain yield per plot was determined and harvest index (%) was calculated.

Analysis of variance (ANOVA) was conducted separately for the two crops using Proc Mixed of SAS 9.4 (SAS 2012). Data were presented in a combined analysis for the two growing seasons upon homogeneity of variance's error (Winer 1971). Means comparison was done using the Fisher's Protected Least Significant Difference (L.S.D.) procedure at $p \le 0.05$.

Results and Discussion

Means of FFY and FDY presented in table (1) revealed a progressive increase in the yields of both crops with delayed forage removal. Forage removal at 75 DAS produced 96.19 and 71.74% more FDY than forage removed at 60 DAS for barley and triticale, respectively. The achieved increase in forage FFY and FDY with increasing the age at forage removal was in line with the findings of several researchers (e.g. Kaur et al. 2013, Kharub et al. 2013, Baron et al. 2015).

The proper age at forage removal is basically determined by the stage of apical development, which varies among the different crops (Baron et al. 2015). Previous investigations carried out in the Mediterranean region, recommended clipping most of the dual-purpose cereals at early jointing (Salama 2019, Salama & Badry 2021). In the current study, the investigated crops reached the early jointing stage i.e., GS31 according to Zadoks scale (Zadoks et al. 1974), approximately at 60 DAS. In a similar investigation, Salama and Badry (2021) achieved around 7.23 t ha⁻¹ FFY from dual-purpose triticale that was cut at early jointing phase. This was similar to the 7.95 t ha⁻¹ FFY reported for dual-purpose triticale cut at 60 DAS in the current study.

Tab. 1: Means of forage fresh and dry yields (t ha⁻¹) of the dual-purpose system as affected by the age at forage removal for barley and triticale combined over the two growing seasons.

Age at forage	Bar	ley	Tritio	cale
removal	FFY	FDY	FFY	FDY
45 DAS	5.02 c	0.49 c	2.67 c	0.31 c
60 DAS	13.41 b	1.05 b	7.95 b	0.92 b
75 DAS	18.67 a	2.06 a	13.42 a	1.58 a

Quality assessement (Tab. 2) revealed that, barley cut at 45 DAS was characterized by the highest significant CP content (128.64 g kg⁻¹), while, in case of triticale, highest significant CP content was a character of forage removed at 60 (125.36 g kg⁻¹) and 75 (134.29 g kg⁻¹) DAS. The highest significant fiber fractions (NDF, ADF, and ADL) were produced from forage cut at 60 and 75 DAS for both crops. It is evident that the nutritive value of forage grasses decreases with maturation, mainly due to the decrease in CP content accompanied with an increase in fiber content (Salama et al. 2021). The decrease in CP content with advanced forage maturation was observed in several forage crops (Kaur et al. 2013), and could be partially attributed to the dilution of photosynthates accompanying the higher amount of forage yield produced (Midha et al. 1994). In the current study, clipping triticale at 60 DAS resulted in forage with high content of CP, while the highest CP content for barley was achieved with forage removal at 45 DAS, this was most probably because of the faster growth of barley compared to triticale. While, barley needed less time (45 DAS) to reach the stage of maturity with the optimal quality, triticale needed more time to reach the same stage (60 DAS). A high association has been reported between the forage fiber content and the crop maturation (Salama 2019). In the forage grasses, as the crop matures, the different plant parts become more fibrous resulting in an increased content of the different fiber fractions (NDF, ADF, and ADL). This is mainly because the older plants are characterized by higher stem than leaf component, where stems are generally more fibrous and, thus, less digestible than leaves (Buxton 1990, Buxton & Fales 1994). In addition, while the plant matures, the contents of water-soluble carbohydrates in the leaves and stems decrease, associated with an increase in their content from the different fiber fractions (Buxton & Fales 1994). This explains the increase in fiber fractions with advanced age at forage removal, observed in the current study.

Tab. 2: Means of forage quality parameters (g kg⁻¹) of the dual-purpose system as affected by the age at forage removal in days after sowing (DAS) for barley and triticale combined over the two growing seasons.

Forage	Barley			Triticale				
removal	СР	NDF	ADF	ADL	СР	NDF	ADF	ADL
45 DAS	128.64 a	444.77 b	241.34 b	24.93 b	102.31 b	435.05 b	223.50 b	23.28 b
60 DAS	101.50 b	518.51 a	288.84 a	27.90 a	125.36 a	503.82 a	274.41 a	23.80 b
75 DAS	98.23 c	526.25 a	293.39 a	26.76 ab	134.29 a	505.40 a	276.91 a	28.13 a

Means of total and grain yields and harvest index of both crops (Tab. 3) showed that highest total yield for both crops and grain yield for triticale were reached in the grain-only production system compared to the dual-purpose system. Despite the variations in total and grain yields between both production systems, they resulted in significantly similar HI, which means that forage cutting in the dual-purpose system non-significantly affected the ability of the plant to convert the photosynthetic assimilates into the economic component, i.e., grain yield (Salama & Badry 2021). This might be a consequence of the breeding efforts made to improve the translocation of assimilates and, thus, grain yield of dual-purpose genotypes (Royo et al. 1999). Non-significant differences were observed in total and grain yields of barley cut at the three ages, while, HI of the forage cut at 45 DAS was significantly higher. In case of triticale, forage cutting at 45 and 60 DAS resulted on highest total and grain yields and HI than forage cutting at 75 DAS.

Tab. 3: Means of total and grain yields (t ha⁻¹) and harvest index (%) as affected by the production system and age at forage removal for barley and triticale combined over the two growing seasons.

	Barley				Triticale	
	Total yield	Grain yield	HI	Total yield	Grain yield	HI
Production sy	ystem:					
Grain-only	15.16 a	2.88 a	18.99 a	37.00 a	5.60 a	15.14 a
Dual-purpose	13.05 b	2.20 a	16.85 a	35.22 b	4.60 b	13.06 a
Age at forage	removal:					
45 DAS	14.21 a	2.85 a	19.94 a	27.54 a	4.89 a	17.76 a
60 DAS	14.10 a	2.35 a	16.70 b	27.34 a	4.71 a	17.23 a
75 DAS	14.00 a	2.42 a	17.26 b	17.46 b	2.60 b	14.89 b

In managing the small-grain cereals for dual-purpose cropping, agronomic aspects, as well as economic incentives should be taken into account (Royo et al. 1997, Salama 2019). Economic analysis of both production systems, guided with the market prices for barley and triticale grain and forage yields, revealed that the loss in grain income due to forage cutting at the three investigated ages was always less than the gain in forage income in case of barley. Hence, the extra income resulting from barley forage cutting was sufficient to compensate the grain yield reduction in the dual-purpose production system, confirming the profitability of the system. On the other hand, in case of triticale, the loss in grain income was sufficiently compensated with the gain in forage income only when forage was cut at 60 DAS, while when forage was cut at 45 or 70 DAS the gain in forage income did not compensate for the loss in grain income (Tab. 4). Thus, the economic analysis of the dual-purpose production system when forage was cut at different ages emphasized and additional advantage to forage removal at 60 DAS for both crops.

Tab. 4: Loss in grain income and gain in forage income (US\$ ha⁻¹) due to forage removal at different ages in the dual-purpose production system.

		Barley						
	Grain yield	Forage yield	Grain	Forage	Loss in grain			
	(t ha ⁻¹)	(t ha ⁻¹)	income	income	income			
Grain-only	2.88	0	894.17	0	0			
Forage remo	ved at:							
45 DAS	2.85	5.02	884.86	114.74	9.31			
60 DAS	2.35	13.41	729.62	306.51	164.55			
75 DAS	2.42	18.67	751.35	426.74	142.82			
			Triticale					
	Grain yield	Forage yield	Grain	Forage	Loss in grain			
	(t ha ⁻¹)	(t ha ⁻¹)	income	income	income			
Grain-only	5.60	0	1738.66	0	0			
Forage remo	ved at:							
45 DAS	4.89	2.67	1518.23	161.03	220.43			
60 DAS	4.71	7.95	1462.34	281.71	276.32			
75 DAS	2.60	13.42	807.24	406.74	931.42			

Conclusion

Barley and triticale demonstrated clear potential to be utilized for dual-purpose cultivation to fill a feed gap during the autumn/early winter season in intensive agricultural systems. Forage removal at 60 DAS produced a reasonable amount of forage fresh and dry yields with appropriate quality, in terms of high CP and low fiber fractions. Meanwhile, for both crops, the gain in forage yield, when forage was removed at 60 DAS, was enough to compensate for the consequent reduction in grain yield, due to the good prices of the green forage in the region. Thus, in similar conditions to the current study, it is recommended to expand the production of dual-purpose barley and triticale in the winter season, by taking one green forage cut at 60 DAS, then leaving the crop till grain maturity and harvesting.

References

- AOAC (2012): International Official Methods of Analysis (19th Ed.) *Association of Official Analytical Chemists*. Gaithersburg, MD, USA.
- Baron, V.S., Juskiw, P. E. & M. Aljarrah (2015): Triticale as a forage. In Triticale (pp. 189-212). Springer, Cham. Buxton, D. R. (1990): Cell-wall components in divergent germplasm of four perennial forage grass species. *Crop Science* 30: 402-408.
- Buxton, D. R. & S. L. Fales (1994): Plant-environment and quality. In: G. C. Fahey, Jr et al. (ed.). Forage quality, evaluation, and utilization. CSSA, Madison, WI. pp 155-199.
- Hajighasemi, S., Keshavarz-Afshar, R. & M. R. Chaichi (2016): Nitrogen fertilizer and seeding rate influence on grain and forage yield of dual-purpose barley. *Agronomy Journal* 108: 1486-1494.
- Kaur, G., Singh, A., Aulakh, C. S. & J. S. Gill (2013): Variation in forage yield and quality trait of dual-purpose barley under different agronomic practices. *Forage Research* 39: 42-44.
- Kharub, A. S., Verma, R. P. S., Kumar, D., Kumar, V., Selvakumar, R. & I. Sharma (2013): Dual purpose barley (*Hordeum vulgare* L.) in India: Performance and potential. *Journal of Wheat Research* 5: 55-58.
- Midha, L. K., Panwar, K. S. & N. K. Sharma (1994): Effect of cutting frequency and time of Nitrogen Application on yield & Quality of Oat. *Forage Research* 25: 99-102. Dry land Agriculture research Project, CCS, HAU, Hisar.
- Royo, C. (1999): Plant recovery and grain-yield formation in barley and triticale following forage removal at two cutting stages. *Journal of Agronomy and Crop Science* 182: 175-183.
- Royo, C., Lopez, A., Serra, J. & F. Tribo (1997): Effect of sowing date and cutting stage on yield and quality of irrigated barley and triticale used for forage and grain. *Journal of Agronomy and Crop Science* 179: 227-234.
- Sadreddine, B. (2016): Yield and quality of dual-purpose barley and triticale in a semi-arid environment in Tunisia. *African Journal of Agricultural Research* 11: 2730–2735.
- Salama, H. S. A. (2019): Dual Purpose Barley Production in the Mediterranean Climate: Effect of Seeding Rate and Age at Forage Cutting. *International Journal of Plant Production* 13(4): 285-295.
- Salama, H. S., Safwat, A. M., Elghalid, O. H., El-Hady, A. & M. Ahmed (2021): Agronomic and In Vitro Quality Evaluation of Dual-Purpose Cereals Clipped at Variable Ages and Their Utilization in Rabbit Feeding. *Agronomy* 11(6): 1147.
- Salama, H. S. A. & H. H. Badry (2021): Forage and grain yields of dual-purpose triticale as influenced by the integrated use of *Azotobacter chroococcum* and mineral nitrogen fertilizer. *Italian Journal of Agronomy* 16: 1719.
- Singh, M., Chauhan, A., Kumar, R., Joshi, D., Soni, P. G. & V. K. Meena (2017): Dual purpose barley as affected by date of sowing, varieties and stage of harvesting a review. *Agricultural Reviews* 38: 159-164.
- Statistical Analysis System (2012): SAS PC Windows Version 9.4 SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B. & B. A. Lewis (1991): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74(10): 3583-3597.
- Winer, B. J. (1971): Statistical principles in experimental design. 2nd Edition. McGraw-Hill Kogakusha, LTD.
- Zadoks, J. C., Chang T. T., and C. F. Konzak (1974): A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research* 14(6): 415-421.