



ArbeitsGemeinschaft für GGrünland und FFutterbau

Der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.



Klimaschutz und Klimawandelanpassung im Grünland

**Tagungsband zur 66. Jahrestagung
vom 04. bis 06. September 2024 in Eberswalde**



**Hochschule
für nachhaltige Entwicklung
Eberswalde**

**Universität
Rostock**



Traditio et Innovatio

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

66. Jahrestagung in Eberswalde vom 04. bis 06. September 2024

Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau
„Klimaschutz und Klimawandelanpassung im Grünland“

Impressum

Herausgeber:

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz
Nachhaltige Grünlandnutzungssysteme und Grünlandökologie
Prof. Dr. Inga Schleip

Universität Rostock
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Grünland und Futterbauwissenschaften
Prof. Dr. Nicole Wrage-Mönnig

Redaktion: Marie Riethmüller

Bezug: Über den Herausgeber

DOI wird noch vergeben

Abbildungen auf dem Deckblatt: N. H. Zahn (links oben), F. Wenzl (rechts oben), P. Hübner (links unten), H. Nematollahi (rechts unten)

Die Beiträge unterliegen der alleinigen wissenschaftlichen Verantwortung der jeweiligen Autorinnen und Autoren.

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

Inhaltsverzeichnis

Vorträge	1
<i>Entwicklung des Niedermoor-Grünlandes in Nordostdeutschland</i>	<i>2</i>
V. LUTHARDT, J. PICKERT, J. ZEITZ, A. BEHRENDT	
<i>Bewirtschaftete Niedermoore - Klimaretter oder Klimakiller?</i>	<i>10</i>
N. WRAGE-MÖNNIG, J. MÜLLER	
<i>Weidestrategie Mob Grazing im trockenheitsgefährdeten Ackerfutterbau und Dauergrünland – kann sie die Bodenfruchtbarkeit steigern?</i>	<i>15</i>
N. H. ZAHN, R. SCHWIENHORST, H. NEMATOLLAHI, A. BECK, R. HENER, S. FRANKE, C. ERTEL, I. SCHLEIP	
<i>Mikroplastik im Grünland – Auswirkungen auf Etablierung von Grünlandarten</i>	<i>18</i>
H. CORNELSEN, N. WRAGE-MÖNNIG	
<i>Umsetzung der Grobfutterbewertung nach GfE (2023) und Ableitung von Orientierungswerten</i>	<i>21</i>
H. SPIEKERS, M. SCHNEIDER, C. BÖTTGER, R. RESCH	
<i>Solar grazing: Der Effekt von hochaufgeständerten PV-Modulen auf Rinderbeweidung und Grünland auf Moorböden</i>	<i>25</i>
D. HAMIDI, L. KARRASCH, L. WILMS, C. SIEDE, F. SIEVE, H. GERKEN, M. HAMIDI, A. KRAUSE, M. KLEYER, J. ISSELSTEIN	
<i>Satellitengestützte KI-Bildauswertung zur Erfassung von Schnittzeitpunkten im Dauergrünland</i>	<i>29</i>
D. STÄBLEIN, S. HARTMANN	
<i>Nettoproteinerzeugung und Klimagasemissionen von graslandbasierten Milchviehbetrieben</i>	<i>33</i>
S. INEICHEN, N. ELMIGER, J. GRENZ, B. REIDY	
<i>Management von Jakobskreuzkraut im artenreichen Grünland am Beispiel der Versuchsregion Hoher Westerwald</i>	<i>36</i>
J. LILL, P. STRÖDE, T. KLEINEBECKER	
<i>Maisuntersaat-easy – Untersaaten ertragsneutral, einfach und kostengünstig in Maisanbau integrieren</i>	<i>39</i>
D. MENSKE, H. SPITZ, H. LASER	
<i>Biodiversitätsfördernde Maßnahmen bei Anhebung der Wasserstände im Niedermoorgrünland</i>	<i>43</i>
F. BIRR, F. WENZL, V. LUTHARDT	
<i>Notwendigkeit und Verfügbarkeit von angepasster Landtechnik und Spezialmaschinen für eine moorschonende Grünlandnutzung</i>	<i>47</i>
P. MOSEBACH, V. LUTHARDT, I. SCHLEIP	

Posterbeiträge..... 51

Anpassung an den Klimawandel 52

- Dikotyle Pflanzen für multifunktionales Grünland im Klimawandel: Eine Pilotstudie zu minoren und exotischen Arten* 53
D. THIELECKE, J. ISSELSTEIN, M. KOMAINDA
- Climate Farm Demo: Durch landwirtschaftliche Demo-Betriebe die Anpassung an den Klimawandel beschleunigen*..... 57
D. KLOECKER, R. LIOY
- Nachhaltige Almwirtschaft im Klimawandel* 61
M. HOFMANN, B. PANASSITI
- Grasland im Kontext von Klima-, Nutzungs- und Wasserhaushaltsveränderungen – Ergebnisse der Ökosystemaren Umweltbeobachtung im Biosphärenreservat Spreewald*..... 65
S. F. WACHTEL, R. PROBST, V. LUTHARDT, S. JULICH
- Einfluss des Einsatzes von Rohrschwingelsilage in der Fütterung hochleistender Milchkühe auf Futteraufnahme und Milchproduktion* 69
C. BÖTTGER, H. KIVELITZ, L. HOFFMANN, G. JANKNECHT, S. BRAAM, M. OTTEN, K. HEIMANN
- Mob Grazing mit Milchkühen – Das Potenzial einer alternativen Weidestrategie*..... 73
S. HERTEL, H. KIVELITZ, A. VERHOEVEN, G. JANKNECHT, C. BÖTTGER
- Visual Evaluation of Soil Structure (VESS): The Effect of Different Grazing Regimes on the Soil Structure on Sandy Soils*..... 77
C. JOHRDEN, N. H. ZAHN, E. GEORGE, R. SCHWIENHORST, I. SCHLEIP

Moorgrünlandbewirtschaftung 81

- WetNetBB – Vorstellung des neuen Projekts zur Bewirtschaftung und Biomasseverwertung von nassen Niedermooren in Brandenburg*..... 81
P. MOSEBACH, F. BIRR, I. SCHLEIP
- Nassgrünlandnutzung auf wiedervernässten Niedermoorstandorten – Versuchsergebnisse aus Bayern* 85
B. ZWACK, D. WEIß, E. SCHMIDT, T. KOLLER, M. DIEPOLDER, S. HARTMANN, L. GOSCH, A. FREIBAUER
- Gefügesanierung verdichteter Bodenschichten durch Pflanzenwurzeln im Niedermoorgrünland und Nutzungsoptionen* 89
J. BASTIAN, V. LUTHARDT, J. ZEITZ
- Einfluss von Solarmodulen auf Mikroklima, Graswachstum und Futterqualität von Moorgrasland* 93
L. ZINKEN, D. HAMIDI, P. TEGTMAYER, M. KAYSER, J. ISSELSTEIN
- Wissenschaftliche Begleitung der Förderrichtlinie "Klima- /Moorschutz - investiv" des Landes Brandenburg* 96
A. HAUB, P. MOSEBACH, F. BIRR, I. SCHLEIP, R. PECENKA, K. MICHALSKA, M. HEIERMANN

Leguminosen und Kräuter	100
<i>Luzerne – Screening von deutschen und ausländischen Sorten unter Schnitt- und Weidenutzung</i>	101
E. LEISEN, S. GLOWACKI	
<i>Mesorhizobium onobrychidis, Eine neue Hoffnung für die Esparsette</i>	105
T. THÜNEN, K. KUKA, M. LORENZ, S. ASHRAFI	
<i>Evaluierung verschiedener Anbauverfahren zur Etablierung von Zichorie (Cichorium intybus) und Spitzwegerich (Plantago lanceolata) in einer Deutsch-Weidelgras-Weißklee-Neuansaat unter intensiver Schnittnutzung</i>	109
B. EHLERS, M. BOCKWOLDT, L. GRÜN, C. PAHL, M. HAGEMANN, T. PETERS	
<i>Legume-grass mixtures improve forage productivity and quality under irrigated conditions of the Mediterranean basin</i>	112
H. S. A. SALAMA	
<i>Trifolium pratense L., Plantago lanceolata L. und Cichorium intybus L. in Dauergrünlandsystemen unter dem Aspekt zunehmender Häufigkeiten von Trockenheit</i>	116
D. KELLERHOFF, M. HOPPE, H. LASER	
Rinderhaltung – Emissionen und Herdenmanagement	120
<i>Saisonale Schwankungen der Methanemissionen von Milchkühen in grasbasierten, kraftfutterarmen Produktionssystemen</i>	121
M. WILD, J. ISSELSTEIN, K. JÜRGENS, M. KOMAINDA	
<i>Verbesserung von Treibhausgasbilanzen in der Rindfleischproduktion mit Uckermärker Rindern</i>	125
N. SCHULZE, V. HUTH, N. WRAGE-MÖNNIG	
<i>Mit Stockmanship nach Bud Williams die Effizienz von Beweidung verbessern: Lernmaterial zu Stockmanship in deutscher Sprache</i>	129
R. OLDENBOURG	
<i>Energetische Futterbewertung des Dauergrünlandes Bayerns</i>	131
S. H. ANNUTH, T. M. SCHMITT, C. BOOS, R. KIESE, T. KOELLNER	
Biodiversität, Naturschutz und Bestandslenkung	134
<i>Biodiversität auf Pferdeweiden: Eine sächsische Bestandsaufnahme</i>	135
W. NOLTE, S. KESTING, G. RIEHL	
<i>Schonstreifen für Pflanzenvielfalt – Ergebnisse aus dem ersten Jahr des Bodensamenbank-Versuches</i>	139
M. WÖLFINGER, P. STRÖDE, F. JAUKE, T. KLEINEBECKER, A. GATTINGER	
<i>Einrichtung von Naturschutzhöfen zur Umsetzung von Biodiversitätszielen und Umweltdienstleistungen</i>	143
F. KAEMENA, M. STEVEN	
<i>Auswirkungen des Weideverfahrens Mob Grazing auf Artendiversität der Insektenfauna und floristische Ausstattung im Dauergrünland</i>	146
M. RIETHMÜLLER, C.-W. SAGERT, I. SCHLEIP	
<i>Dynamik der Futterqualität in Abhängigkeit von der Beweidungsintensität und Heterogenität der Grasnarbe auf extensiven Standweiden</i>	150
F. CLAUSECKER, J. ISSELSTEIN, K. OBERMEYER, M. KOMAINDA	
<i>Machbarkeitsstudie zur Detektion von Wühlmäusen im Grünland mittels Drohne mit UV-Linse</i>	154
M. WOLF, H. LASER	

Vorträge

Entwicklung des Niedermoor-Grünlandes in Nordostdeutschland

V. Luthardt¹, J. Pickert², J. Zeitz³, A. Behrendt²

¹ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde

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

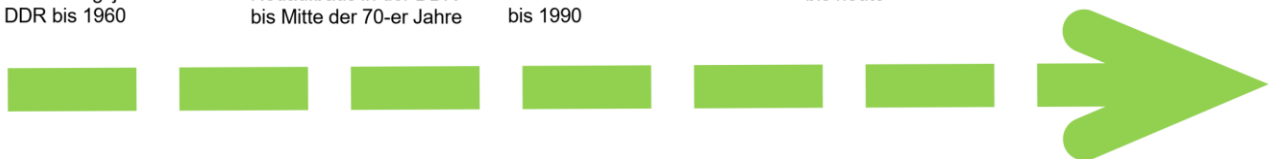
³ Humboldt Universität Berlin, Albrecht-Thaer Institut, Albrecht-Thaer-Weg 2, 14195 Berlin
vera.luthardt@hnee.de

Einleitung

Grünland ist als Nutzungsbegriff definiert als eine dauerhafte Vegetation aus Gräsern und Kräutern mit relativ geschlossener Narbe, die durch mehr oder weniger regelmäßige Mahd und/oder Beweidung gehölzfrei gehalten wird (MELF 1994). Die heutige Ausprägung unseres Grünlandes eingebettet in das Landschaftsgefüge erklärt sich nur über dessen historische Entwicklung. Zur Deckung des wachsenden Nahrungsmittelbedarfs wuchsen die Begehrlichkeiten der Futternutzung aus den nassen und unzugänglichen Niedermoorlandschaften. Erste größer angelegte Grabenentwässerungen im Havel- und Rhinluch gehen auf das frühe 18. Jahrhundert zurück. Auch die Generationen danach suchten nach innovativen Wegen, die neben der einfachen Grabenentwässerung aufwendige Verfahren wie die von Carl Pogge seit 1817 entwickelte Sanddeckkultur und von Theodor Hermann Rimpau ab 1862 weiter optimierte Moordammkultur umfassten. In dieser Zeit kamen auch erste Dränverfahren mit Faschinen zur Anwendung.

Der Blick auf die Veränderungen der ökosystemaren Eigenschaften über all ihre Kompartimente hinweg einschließlich des Faktors der Nutzung von der Halbkulturformation hin zu den Kulturformationen ist der einzige Ansatz, um den heutigen Wandel zu verstehen und Schlussfolgerungen für dessen Gestaltung zu ziehen. Die Strukturen und Rahmenbedingungen der Grünlandnutzung veränderten sich im Laufe der Zeit stetig. In diesem Beitrag werden retrospektive Etappen der Grünlandnutzung in Nordostdeutschland beginnend nach dem 2. Weltkrieg bis heute mit dem Blick auf die im Niedermoor ausschlaggebenden Wasserstände, die daraus resultierenden Bodenstadien, die Pflanzenbestände, die verfügbare Landtechnik und die Art der Nutzung sowie deren Organisationsformen beleuchtet. Davon ausgehend wird der Stand der derzeitigen Diskussionen um den weiteren adaptiv zu gestaltenden Umgang mit den Niedermoorlandschaften aufgezeigt und die Konsequenzen für die Pflanzenbestände und deren Nutzungsmöglichkeiten angesprochen.

I Grünlandbewirtschaftung nach dem 2. Weltkrieg und den Anfangsjahren der DDR bis 1960	II Grünlandbewirtschaftung in Zeit des sozialistischen Neuaufbaus in der DDR bis Mitte der 70-er Jahre	III Grünlandbewirtschaftung im Zeitalter der industriellen landwirtschaftlichen Produktion bis 1990	IV Grünlandbewirtschaftung in den neuen Bundesländern bis heute	Ausblick
--	--	---	---	----------



I Grünlandbewirtschaftung nach dem 2. Weltkrieg und in den Anfangsjahren der DDR bis 1960

Die erste Etappe der agrarstrukturellen Entwicklung nach dem 2. Weltkrieg war geprägt durch private Agrarbetriebe, deren Größe und Struktur zunächst den Vorkriegsstand widerspiegelte. Im Ergebnis der Bodenreform, die 1946 vorwiegend in den neuen Ländern durchgeführt wurde, erhöhte sich der Anteil der Landwirtschaftlichen Fläche (LF), die in Betrieben < 10 ha bewirtschaftet wurde, gravierend. Landwirtschaftliche Großbetriebe über 100 ha, die 1939 noch fast ein Drittel der LF bewirtschafteten und häufig Motor der technischen Entwicklung waren, spielten praktisch nur noch eine untergeordnete Rolle. Auf Beschluss der 2. Parteikonferenz der SED wurde im Juli 1952 mit der Gründung der Landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften (LPG) begonnen, und bis 1960 befanden sich 91 % der LF in Bewirtschaftung von LPG und Volkseigenen Gütern (VEG). Zur Absicherung der Eigenversorgung der Bevölkerung erhöhten sich die Bestände an Rindern, vor allem Milchkühen, im DDR-Gebiet um über eine Million.

Auf dem Grünland herrschte über Sommer Weidegang der Rinder, als Konservatfutter wurde im Winter vor allem Heu eingesetzt. Die Ausstattung mit Landtechnik (Mäher, Wender, Transportanhänger) war auf dem Grünland auf den Einsatz von tierischen Zugspannen orientiert, es gab nur wenige Schlepper. Diese wurden in Maschinen-Ausleihstationen (MAS), ab Anfang der

1950er Jahre in Maschinen-Reparatur-Stationen (MTS) für die Bauern und später die ersten LPG bereitgehalten. Meist handelte es sich um Schlepper eher geringer Leistung und mit geringer Masse. Die Anforderung an die Tragfähigkeit der Grünlandflächen war somit relativ gering. Auch der Grünlandertrag war noch gering. Anstrengungen zu deren Steigerung führten im Jahre 1949 zur Gründung des Instituts zur Steigerung der Pflanzenerträge unter Leitung von Eilhard Alfred Mitscherlich in Paulinenaue im Havelländischen Luch, ab 1957 Institut für Grünland- und Moorforschung. Durch dessen wissenschaftliche Arbeiten stieg der Heuertrag bis 1960 auf fast das Doppelte (Tab.1).

Aufgrund der noch moderaten Entwässerung der Niederungsstandorte vererdeten die Torfböden nach und nach in tiefere Schichten, behielten jedoch ihre Wasserleitfähigkeit. Durch die leichte Landtechnik kam es nicht zu Verdichtungen. Durch die Torfmineralisation wurden kontinuierlich Nährstoffe bereitgestellt, die zu meso- bis eutrophen Vegetationsausprägungen führten. Die nassen, nährstoffreichen Wiesen mit Rohrglanzgras und Wasser-Schwaden konnten Erträge bis 150 dt/ha Heu erbringen. Die nährstoffärmeren, feuchten Honiggras- oder Pfeifengraswiesen lagen jedoch nur bei 40 dt/ha. Die Artenvielfalt fast aller Grünlandtypen war mit 40-50 Arten pro 20 m² enorm hoch. Die nährstoffreicheren, aber sauerstoffarmen Nasswiesen waren durch Großseggenriede geprägt, die auch ertragreich waren, aber nur zur Einstreu genutzt werden konnten.

Tab. 1: Fakten und Zahlen zur Grünlandbewirtschaftung nach dem 2. Weltkrieg und in den Anfangsjahren der DDR bis 1960

	Merkmal	Zahlen, Beispiele
Agrarstruktur ¹	1946 Bodenreform	vorwiegend Einzelbetriebe; Betriebe bis 10 ha mit 33 %, 20-100 ha mit 32 % Anteil an der LF
	1952 -1960 Kollektivierung	1960: 19.313 LPG und 669 VEG bewirtschaften 91 % der LF
	Zunahme des Rinderbestandes	1949: 3,317 Mio. - 1960: 4,675 Mio.Tiere
Landtechnik ¹	Landmaschinen (aus Vorkriegs- und eigener Produktion) in MAS und MTS	1949: 13.311 und 1960: 70.586 Schlepper RS 01/40 „Pionier“ mit 40 PS, 3 t Eigenmasse RS 03/30 „Aktivist“ mit 30 PS, 2 t Eigenmasse Transportanhänger HK 3 mit 2 t Eigenmasse, 3 t Nutzmasse
Grünland	überwiegend Weidenutzung und Heugewinnung als Winterfutter	
	starke Ertragssteigerung trotz Düngermangel	1949: Ø 23 dt TM/ha - 1960: Ø 37 dt TM/ha
	Bodentyp	vorherrschend Erdfen, auch Fen, Anmoor,
	Pflanzenbestände	artenreich - je nach Nässe, Nährstoffangebot und Sauerstoffzufuhr differenzierte Ausprägungen von 16 Dominanztypen

Legende: LF Landwirtschaftliche Nutzfläche; LPG Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft; VEG Volkseigenes Gut; MAS Maschinenausleihstationen; MTS Maschinen-Reparatur-Stationen

¹ Bezug DDR-Gebiet und alle Standorte

II Grünlandbewirtschaftung in Zeiten des sozialistischen Neuaufbaus in der DDR bis Mitte der 70-er Jahre

In den 1960er bis Anfang der 1970er Jahre stabilisierten sich die auf Pflanzen- und Tierproduktion ausgerichteten LPG und VEG. Die meisten dieser Betriebe, deren Größe auf der Gemarkungsgröße der Dörfer basierte, verfügten über eine LF von einigen hundert Hektar. Für die Haltung großer Rinderherden wurden ab Mitte der 1960er Jahre Typenställe entwickelt, die in zweifacher Ausführung Platz für ca. 400 Milchkühe boten. In Dedelow (Uckermark) wurde 1969 die erste 2000er Milchviehanlage gebaut, bis Mitte der 1970er Jahre gefolgt von weiteren Anlagen in allen Bezirken der DDR. Vor den Produktionsverfahren auf dem Grünland und in der Futterproduktion stand die Aufgabe, den Grobfutterbedarf vor allem der angewachsenen Rinderbestände zu decken. Der Grobfutterbedarf dieser Großanlagen war enorm und erforderte umfangreiche Anpassungen in der Organisation der Futterernte und –konservierung insbesondere die Bereitstellung während der gesamten Vegetationsperiode sicher nutzbarer Grünlandflächen. Die Frischfuttermittellieferung im Stall auch im Sommer und die Einführung der Grassilierung für die Winterfütterung wurden neben der Maissilierung zum Schwerpunkt der Futterernte und -konservierung.

Der Verbesserung der landtechnischen Ausrüstung wurde großes Augenmerk gewidmet. Insbesondere konzentrierte man sich auf die Anlage von größeren Silobauten (der umbaute Siloraum in Horizontalsilos stieg bis 1975 auf 14,0 Mio. m³). Es wurden neue, größere Schlepper und leistungsfähige Futterernte- und Transporttechnik bereitgestellt.

Zur Deckung des gewachsenen Transportbedarfes kamen Anhänger mit großvolumigen Schwerhäckselaufbauten¹ zum Einsatz. Bei Eigenmassen zwischen 2 und 4 t erhöhten sich durch diese Transportfahrzeuge die auf den Grünlandnarben abzustützenden Gesamtlasten auf bis zu 12 t. Dies entwickelte sich zu einem Kernproblem der Grünlandbewirtschaftung auf den Niederungsstandorten.

Die Entwässerungssysteme wurden Schritt für Schritt verbessert, Gräben vertieft und Stausysteme eingerichtet, um ein Befahren der Standorte mit schwerer Technik zu ermöglichen und den Süßgrasanteil zu erhöhen. Das führte zu weiteren Bodenentwicklungen hin zu Vermulmungserscheinungen, die aber noch nicht flächendeckend verbreitet waren. Es dominierten stark vererdete Böden, die noch gute Nutzwerteigenschaften aufwiesen. Die Nutzung von Nasswiesen ging zunehmend zurück, und der Anteil nährstoffärmerer Wiesentypen nahm durch die zunehmende mineralische N-Düngung sehr stark ab mit negativen Auswirkungen auf deren Biozöten. Jedoch erhöhte sich dadurch das Ertragsniveau.

Tab. 2: Fakten und Zahlen zur Grünlandbewirtschaftung unter den Zeichen des sozialistischen Neuaufbaus in der DDR 1961 bis Mitte der 70-er Jahre

	Merkmal	Zahlen und Beispiele
Agrarstruktur ¹	Großbetriebe / Gemischtbetriebe dominieren	1965: 19.882 LPG und VEG als Gemischtbetriebe (Pflanzen- und Tierprod.) Betriebe mit 1.000-2.000 ha auf 15 % der LF, 2.000 -3.000 ha auf 2 % der LF
	Rinderhaltung zunehmend in Großanlagen	ab 1965 Typenställe für 200 oder 400 Rinder, ab 1969 2000-er Milchviehanlagen (1930 Kühe); 1969 5,171 Mio. Rinder, davon 2,167 Mio. Milchkühe; 3.283 kg Milch/Kuh.Jahr
Landtechnik ¹	Zahl der Schlepper mit höherer Leistungsklasse steigt; Anhänger mit Schwerhäckselaufbau; Schleppergezogene Feldhäcksler; Futterladewagen	1975 135.828 Schlepper 1967 Radtraktor ZT 300/303 20 kN / 90 PS, 4,95 t Eigenmasse 1967 LKW W 50 SHA mit 5 t Nutzmasse, 4,5 t Eigenmasse 1964 Transportanhänger THK 5, 2,1 t Eigenmasse, 5 t Nutzmasse 1968 Transportanhänger HW 80, 4,2 t Eigenmasse, 8 t Nutzmasse 1967 Feldhäcksler E 067, Schlegelhäcksler E 069
	Erhöhung des umbauten Siloraumes und der Größe von Horizontalsilos	1960 0,5 Mio. m ³ - 1975 14,0 m ³ vor 1965 mit 2 bzw. 2,5 m Wandhöhe- nach 1965 3,0 – 3,6 m Wandhöhe
Grünland	Sommerstallfütterung mit Frischfutter/ Grassilage als Winterfutter	
	Steigerung der N-Versorgung und Erträge	1975: Ø 50 dt TM/ha
	Bodentyp	vorherrschend Erdfen, anteilig Mulmfen, Anmoor,
	Pflanzenbestände	Noch weitgehend artenreich, aber deutliche Abnahme aller nährstoffärmeren Wiesentypen

Legende: LF Landwirtschaftliche Nutzfläche; LPG Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft; VEG Volkseigenes Gut;

¹ Bezug DDR-Gebiet und alle Standorte

III Grünlandbewirtschaftung im Zeitalter der „industriellen“ landwirtschaftlichen Produktion bis 1990

Zur weiteren Erhöhung der Leistungsfähigkeit der gesamten Landwirtschaft wurde zunächst die Pflanzenproduktion weiterentwickelt. Ab 1972 wurden die landwirtschaftlichen Flächen benachbarter LPG und VEG in neu gegründeten Kooperativen Abteilungen Pflanzenproduktion (KAP, später LPG und VEG Pflanzenproduktion) unter eine gemeinsame Leitung gestellt. In der Futterproduktion erhielten sie die Aufgabe, die Tierbestände der betreffenden LPG (Tierproduktion) quantitativ und qualitativ hochwertig mit Futter zu versorgen. Diese Loslösung der eigentlichen Futtererzeugung von der tierischen Produktion erwies sich in der Praxis als organisatorisch äußerst kompliziert. Im Jahre 1989 bewirtschafteten die KAP, LPG und VEG Pflanzenproduktion in Betriebsgrößen zwischen 3.000 und > 5.000 ha über 90 % der LF in der DDR - in der Regel in einer Kombination aus Ackerbau und Grünlandnutzung.

In der Tierproduktion, speziell der Rinderhaltung dominierten weiterhin die Großanlagen. Nach der „Ölkrise“ 1976 gab es eine Rückbesinnung auf die Weidehaltung auch der laktierenden Milchkühe, die die energieintensive Sommerstallfütterung zumindest teilweise ersetzen sollte. So stieg seit 1975 die in der Statistik als Weiden ausgewiesene Grünlandfläche auf Kosten der Wiesen wieder leicht an. (Anzumerken ist, dass zahlreiche kleine Splitterflächen, die in keiner Statistik auftauchen,

¹ Schwerhäcksler: feuchtes Häckselgut aus Gras und Mais im Vergleich zu trockenem Häckselgut z.B. Stroh

von privaten Nutzern für die Haltung von Geflügel, Kaninchen oder auch 1-2 Rindern oder Schweinen genutzt wurden, die zu guten Aufkaufpreisen das niedrige Einkommen der Landbevölkerung aufbessern konnten.)

Zur Sicherung der Grobfutterqualität in der Silierung wurde zwischen 1978 und 1981 ein Silobauprogramm aufgelegt, in dessen Ergebnis sich der umbaute Siloraum fast verdoppelte. Die meisten dieser neu gebauten Siloanlagen wurden innerhalb der Grünlandflächen und nicht, wie vordem innerhalb der Stallanlagen lokalisiert.

Auf den Niedermoorflächen wurde die Regulierung der Wasserstände zur Sicherung des Wachstums leistungsfähiger Grünlandbestände, zur verkehrstechnischen Erschließung der Flächen und insbesondere auch zur Sicherung der Befahrbarkeit zu einer Kernaufgabe. Sie wurde als „Komplexmelioration“ bezeichnet und umfasste den Bau eines Systems zur zweiseitigen Wasserregulierung, die Schaffung großer Flächeneinheiten, die Vertiefung der Vorfluter, die Verlegung von Plaströhrchen im Abstand von 600 m und nicht zuletzt den Bau eines Wegenetzes mit Spurplatten und Anpflanzung von schnellwachsenden Laubgehölzen (zumeist Pappeln) als Windschutz. Ziel der zweiseitigen Wasserregulierung war die Bewässerung in der Wachstumsphase der Pflanzen und die Entwässerung zur Sicherung der Befahrbarkeit während der Pflege- und Erntearbeiten. Gleichzeitig wurde die Bereitstellung von Stickstoffdünger deutlich erhöht. Prüfstein war zumeist die erste N-Düngung mit dem LKW W50 / D032 oder ZT 300 / D 037 schon im zeitigen Frühjahr. Kennzeichen der Grünlandbewirtschaftung waren nunmehr gestaffelt nutzungsreife Saat-Grasbestände, Stickstoffdüngungen von 120 kg/ha und 3, max. 4 Schnitte pro Jahr.

Die landtechnische Basis der Futterernte und –konservierung wurde durch die Bereitstellung der selbstfahrenden Feldhäcksler und Schwadmäher entscheidend weiterentwickelt, ergänzt durch den Einsatz des Transport LKW W 50 mit Schwerhäckselaufbau. Die Eigenmasse der Erntemaschinen stieg auf über 5 t an, die auf der Grünlandnarbe abzustützeende Gesamtmasse der Transporttechnik auf über 10 t. Trotz phasenweise stark herabgesenkter Grundwasserstände traten rasch Schäden an der Grünlandnarbe ein. Für den Einsatz auf wenig tragfähigem Grünland wurden ab 1985 der Schlepper ZT 300, der Feldhäcksler E 281 und der Transportanhänger T 088 im Kreisbetrieb für Landtechnik Groß-Leuthen bei Lübben mit Gummigleisbandfahrwerken ausgerüstet. Ihre Fahreigenschaften auf feuchtem und nassem Grünland waren erstaunlich gut. Bis zum Ende der DDR kam es jedoch nicht mehr zur Serienfertigung.

Unter den genannten Bedingungen war die Leistungsdauer vor allem des Niedermoorgrünlands durch den raschen Ertragsabfall der Leistungsgräser verbunden mit der raschen Zunahme der Quecke charakterisiert, wodurch der Ertrag und vor allem die Futterqualität beeinträchtigt und Neuansaat meist bereits nach 3 – 4 Jahren erforderlich wurden. Da Totalherbizide wie Glyphosat nicht zur Verfügung standen, musste dies weiterhin unter Einbeziehung des Grünlandumbruches praktiziert werden, obwohl die Folgen auf den Niedermoorortof gerade durch Versuchsergebnisse der Lysimeterstation im Paulinenauer Institut bekannt waren. Die Verlängerung der Leistungsdauer von Grünlandansaat wurde seit Mitte der 1980er Jahre zu einem wichtigen Forschungsthema in der DDR.

Die Hauptursache für die verminderte Bodenfruchtbarkeit der Moorböden war deren starke Vermulmung und Aggregatbildung in den darunterliegenden Bodenschichten, die mit der starken Entwässerung einherging. Daraus resultierten die schlechte Wasserleitfähigkeit in den Boden hinein und in Kombination mit der hydrophoben Mulmschicht dem Auftreten von Staunässe. Auch der kapillare Aufstieg verminderte sich beträchtlich, so dass der nachträgliche Einstau der Gräben die Pflanzenwurzeln nicht erreichte. Neuansaat fielen Frühjahrstrockenheit oder dem verstärkt auftretenden Drahtwurm zum Opfer, Winderosion ließ den schwarzen Oberboden zu Dünen aufwehen. Neben dem artenarmen Saatgrasland mit der geschilderten zunehmenden Durchsetzung mit Quecke, Großer Brennnessel, Ackerkratzdistel, Ampferarten u. a. traten alle anderen artenreicheren Graslandtypen des Dauergraslandes in den Hintergrund und waren nur noch in Naturschutzgebieten oder in Splitterflächen zu finden.

Tab. 3: Fakten und Zahlen zur Grünlandbewirtschaftung im Zeitalter der industriellen landwirtschaftlichen Produktion bis 1990

	Merkmal	Zahlen und Beispiele
Agrarstruktur ¹	Großbetriebe / Gemischtbetriebe dominieren	1965: 19.882 LPG und VEG als Gemischtbetriebe (Pflanzen- und Tierprod.) Betriebe mit 1.000-2.000 ha auf 15 % der LF, 2.000 -3.000 ha auf 2 % der LF
	Rinderhaltung zunehmend in Großanlagen	ab 1965 Typenställe für 200 oder 400 Rinder, ab 1969 2000-er Milchviehanlagen (1930 Kühe); 1969 5,171 Mio. Rinder, davon 2,167 Mio., Milchkühe; 3.283 kg Milch/Kuh.,Jahr
Landtechnik ¹	Zahl der Schlepper mit höherer Leistungsklasse steigt; Anhänger mit Schwerhäckselaufbau; Schleppergezogene Feldhäcksler; Futterladewagen	1975 135.828 Schlepper 1967 Radtraktor ZT 300/303 20 kN / 90 PS, 4,95 t Eigenmasse 1967 LKW W 50 SHA mit 5 t Nutzmasse, 4,5 t Eigenmasse 1964 Transportanhänger THK 5, 2,1 t Eigenmasse, 5 t Nutzmasse 1968 Transportanhänger HW 80, 4,2 t Eigenmasse, 8 t Nutzmasse 1967 Feldhäcksler E 067, Schlegelhäcksler E 069
	Erhöhung des umbauten Siloraumes und der Größe von Horizontalsilos	1960 0,5 Mio. m ³ - 1975 14,0 m ³ vor 1965 mit 2 bzw. 2,5 m Wandhöhe- nach 1965 3,0 – 3,6 m Wandhöhe
Grünland	Sommerstallfütterung mit Frischfutter/ Grassilage als Winterfutter	
	Steigerung der N-Versorgung und Erträge	1975: Ø 50 dt TM/ha
	Bodentyp	vorherrschend Erdfen, anteilig Mulmfen, Anmoor,
	Pflanzenbestände	Noch weitgehend artenreich, aber deutliche Abnahme aller nährstoffärmeren Wiesentypen

Legende: LF Landwirtschaftliche Nutzfläche; LPG Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft; VEG Volkseigenes Gut;

¹ Bezug DDR-Gebiet und alle Standorte

IV Grünlandbewirtschaftung in den neuen Bundesländern bis heute

Nach der deutschen Wiedervereinigung blieben die meisten der großen Agrarbetriebe weitgehend erhalten. Selbst die neu entstandenen Betriebe verfügen über vergleichsweise große Flächen, so dass in Nordostdeutschland weiterhin eher von Großbetriebsstrukturen ausgegangen werden kann. Für die Futterproduktion und die Grünlandbewirtschaftung entscheidend war jedoch die Veränderung in der Struktur der Rinderbestände. Im Vergleich zu 1989 ist die Anzahl der in den nordostdeutschen Bundesländern gehaltenen Milchkühe von knapp 2 Mio. bis zum Jahre 2010 auf 752.234 gesunken (im Land BB auf 190.000; 2023 121800 Tiere). Das entspricht einem Rückgang auf 38 %. Im Gegenzug ist die Haltung von Mutterkuhherden neu aufgebaut worden, in denen im Jahre 2010 285.521 Mutterkühe (im Land BB 100.000; 2023 81.000) gehalten wurden.

Die Bestandsgrößen hatten sich gegenüber 1989 bei Milchkühen erst erheblich verkleinert und rangierten zumeist im Bereich bis 200 Kühe, 2023 hatten jedoch in Brandenburg 64 % der Betriebe > 500 Tiere. Die durchschnittliche Milchleistung betrug 2022 in den nordostdeutschen Bundesländern 9.608 kg/Jahr (westdeutsche Bundesländer 8.284 kg/Jahr) und erfordert in der Grassilage eine hohe Energiekonzentration von > 6,4 MJ NEL/kg TM und einen Rohproteingehalt von 160 bis 180 g/kg TM. Dies gelingt nur in Grünlandnarben mit einem hohen Anteil leistungsfähiger Futtergräser, die bei 220 bis 240 g Rohfaser/kg TM zu ernten sind.

Als neuer Bewirtschaftungstyp trat der Ökolandbau mit seinen Zertifizierungen mit ständig ansteigenden Anteilen hinzu. Den Tieren ist ständig der Zugang zu Freigelände, vorzugsweise Weideland, zu ermöglichen. Eine grundsätzliche Weidepflicht in den Sommermonaten besteht laut EU-Öko-Verordnung nicht, kann aber durch privatrechtliche Vereinbarungen mit Bio-Verbänden, Molkereien oder dem Lebensmitteleinzelhandel eingefordert werden. Grundsätzlich bestehen im ökologischen Landbau die gleichen hohen Anforderungen an die Futterqualität. In der Milchleistungsprüfung in Brandenburg betrug die Milchleistung 2022 7.894 kg/Jahr bei 4,01 % Fett und 3,23 % Eiweiß (Vergleichsergebnisse in konventioneller Haltung: 9995 kg/Jahr bei 3,93 % Fett bzw. 3,41 % Eiweiß).

Die Mutterkühe werden in allen Betriebstypen überwiegend in Herdengrößen über 60 Tieren gehalten. Ihre Futteranforderungen sind deutlich niedriger als bei Milchkühen. Sie erhalten nahezu ganzjährig Weidegang und benötigen weniger und qualitativ geringerwertigere Konservate. Der Energiegehalt sollte zwischen 5,5 und 6,0 MJ NEL/kg TM und der Rohproteingehalt zwischen 120 und 160 g/kg TM betragen. Daraus leitet sich ein eher flexibler Erntetermin ab, die Anforderungen an die Zusammensetzung der Grünlandnarben sind eher gering.

Im Vergleich zu 1989 gibt es vor allem bei Schleppern und Erntemaschinen eine deutliche Entwicklung, die sich besonders in der Motor- und Flächenleistung sowie in der Nutz- und

Eigenmasse widerspiegelt. Die schwereren Maschinen stellen besondere Anforderungen an die Tragfähigkeit der Grünlandstandorte und deren Wasserführung.

Die Nutzung erfolgt überwiegend als Mähweide. Die Anforderungen an die Futterqualität sind nur auf einer begrenzten Fläche sehr hoch und auf der weitaus größeren Fläche eher niedrig. Im Gegensatz zu der Zeit bis 1989 wurde und wird deutlich weniger Grünlandfläche für die Futtererzeugung benötigt. Die Auflassung wurde durch die Flächenprämie der EU-Agrarförderung, die nur eine einmalige Nutzung zur Bedingung hat und Extensivierungsförderprogramme im Rahmen von KULAP verhindert. Auch der Boom, Biomasse für die Bioenergiegewinnung zu nutzen, führte in geringerem Umfang zur Verwertung des anfallenden Erntegutes. Mit erhöhten Tierschutzaufgaben und der Ausweitung des Ökolandbaus wird auch wieder mehr Material für die Einstreu in den Ställen benötigt.

Alle Einkommensausgleiche und Förderprogramme waren bisher auf eine Extensivnutzung mit Verzicht auf Düngung, Verzicht auf Graslanderneuerung und z.T. eingeschränkten Mahdterminen vor allem in Vogelschutzgebieten verbunden - nicht aber mit einer Anhebung der Wasserstände. Zudem wurden die Stauanlagen aus DDR-zeiten aufgrund unregelmäßiger Verantwortlichkeiten nicht mehr bedient, gepflegt und verfielen zunehmend. Daraus resultierte, dass die Bodendegradierung - wenn auch verlangsamt - weiter voranschritt, sich zunehmend Verdichtungsschichten herausgebildet haben, der Torfkörper auf Teilflächen durch die stetige Mineralisierung z.T. fast aufgebraucht ist und unterliegende Muddeschichten an die Oberfläche treten, extreme Ertragsschwankungen in direkter Abhängigkeit des Witterungsgeschehens zu verzeichnen sind - kurz Negativentwicklungen, die die Landwirtschaftsbetriebe in große Unsicherheiten treiben.

Ein erheblicher Anteil früherer Moorböden hat sich in Moorfolgeböden verwandelt (im Land BB seit 1965 > 50.000 ha). Die Pflanzenbestände variieren stark, sind schon schlagweise heterogen von Trockenrasen mit Sandschamkresse bis zu Großseggenbeständen und gebietsbezogen in ähnlicher Palette. Die Extensivierung hat zu einem partiellen Einwandern von Pflanzenarten geführt - vor allem Großseggen, Binsen, Rasenschmiele, aber auch feuchteliebende Krautige eutropher Standorte - insbesondere dort, wo sie noch an den Grabenrändern vorhanden waren. So können z.T. wieder bis zu 30 Pflanzenarten pro 20 m² registriert werden.

Tab.4: Fakten und Zahlen zur Grünlandbewirtschaftung in den neuen Bundesländern bis heute

	Merkmal	Zahlen und Beispiele
Agrarstruktur ¹	Große Agrarbetriebe weiterhin dominierend. Rinderhaltung in Gemischtbetrieben und Futterbaubetrieben	Betriebe 3.000-5.000 ha = > 90 % der LF
	Dramatischer Rückgang der Milchkuhbestände und starke Steigerung der Milchleistung, Neuaufbau der Mutterhaltung	1989: 1.957.121 – 2010: 752.234 Milchkuhe. Rückgang auf 38 %. 2010: 285.521 Mutterkuhe 2022: 9.608 kg Milch/Jahr
Landtechnik ¹	Zunahme der Leistungen und Massen der Schlepper, Erntemaschinen und Transportmaschinen	Schlepper Fendt 936 Vario: 330 PS, bis 10,36 t Eigenmasse Feldhäcksler Krone BiG X 1000: 1.020 PS, 14,9 t Eigenmasse Anhänger Bergmann HTW 45 S, 8,3 t Eigenmasse, 15,5 t Nutzmasse
Grünland konventionell	Dauergrünlandnutzung über Weidegang der Jungrinder und teilw. der Milchkuhbestände. Stallfütterung als Totale Mischration (TMR) auf der Basis von Gras- und Maissilage	Ertrag Ø 52 dt TM/ha (40 - 100 dt TM/ha) in 4 Aufwüchsen 120 – 160 kg N/ha, P und K erforderlich Grünlandpflegemaßnahmen erforderlich
	Grünlandverbesserung durch Nachsaat und Neuansaat ohne Umbruch	Nachsaatmischungen mit Deutschem Weidelgras und Wiesenschweidel; Anwendung verschiedener Nachsaatetechniken; Einsatz von Totalherbiziden
extensiv	Mutterkuhe mit saisonalem Weidegang oder ganzjähriger Aussenhaltung. Förderung durch Extensivierungsprogramme	Ertrag 33 - 50 dt TM/ha in 2 - 3 Aufwüchsen, in AUKM auch weniger Mineralische Düngung unterlassen oder sehr restriktiv i.d.R. ohne Grünlandpflegemaßnahmen
	Bodentyp	Mulm, zunehmend Moorfolgeböden, Restflächen mit Erdfen, Anmoor
	Pflanzenbestände	differenziert und heterogen, bei Extensivnutzung etwas artenreicher als vordem

¹ Bezug neue Bundesländer und alle Standorte

Ausblick

Derzeit eskaliert die Diskussion um die weitere Grünlandnutzung vor allem getrieben durch die Klimaschutzanforderungen. Die Degradationsprozesse laufen unaufhaltsam weiter mit all ihren Auswirkungen. Die Wasserverfügbarkeit wird nach den Klimaprojektionen weiter abnehmen und zunehmend ungleich verteilt und defizitär. Die derzeit von der EU gezahlte Flächenprämie für einmalige Nutzung ohne Bedarfsnachweis für die geerntete Biomasse steht in Frage. Der Konsum von Fleisch und Milch und deren Produkten ist rückläufig. Der Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen wächst gravierend. Der Ruf nach der Belebung der übergeordneten Ökosystemleistungen der Niederungsgebiete wird unüberhörbar laut.



Steppenrasen im Havelländischen Luch 2017; Foto: J.Jaschke



Seggenried in der Uckerniederung 2024; Foto: A.Haub

Die einzige Alternative in dieser Konstellation der gesellschaftlichen Notwendigkeiten ist derzeit in einem sehr zeitnah zu gestaltenden Übergang zu staubasierter Biomassennutzung zu sehen. Artenreiche, gut wüchsige Pflanzenbestände, die an hocheutrophe Standorte mit Wechselnässe oder –trockenheit angepasst sind, können dynamisch auf Extremsituationen reagieren. Das werden in der Regel in den nasseren Bereichen zentral in den Niederungen durch Großseggen dominierte Bestände sein, aber auch Röhrliche von Rohrglanzgras, Wasser-Schwaden, Wiesenfuchsschwanz oder Rohrschwengel sind unter diversen Standortkonstellationen zu erwarten. Der Begriff Grünland wäre nach obiger Definition auch auf diese Bestände anzuwenden. In der Lesart der aktuellen GAP-förderung müssen jedoch ca. 50 % der Bestände aus Süßgräsern bestehen.

In den etwas höher gelegenen Randbereichen verbleiben Feucht- bis hin zu Frischwiesen, die durch ein gesteuertes Nährstoffmanagement so artenreich wie möglich gehalten werden können und deren Heu gut als Futter zu verwerten ist. Auch angepasste Beweidungssysteme sind dort umsetzbar.



1961 Schlegelhäcksler E 069 und an Traktor Zetor 50 Super (Werkfoto, VEB Fortschritt Erntebearbeitungsmaschinen Neustadt/Sachsen)



Angepasste Technik: Traktor mit Delta-Laufwerk (Foto F.Wenzl 2023)

Für die Beerntung der nassen Bestände wird derzeit angepasste Landtechnik entwickelt. Ein Einsatz als Einstreu oder in der Kompostierung ist möglich. Jedoch resultiert eine größere Wertschöpfung aus dem Schritt ´von der Biomasse zum Rohstoff´. Dazu müssten kontinuierlich größere Mengen geliefert werden, die in Rohstoffveredlungszentren gebietsweise zu Pellets oder Faserstoffen umgewandelt und an die Abnehmer in der Industrie geliefert werden. Für die Etablierung dieser Verwertungsketten bedarf es des Zusammenschlusses der Landwirtschaftsbetriebe im Umkreis rentabler Transportwege. Eine eigene angewandte Wissenschaftscommunity hat sich dazu etabliert, zahlreiche Pilotprojekte sind derzeit gestartet, um diese alternativen Nutzungen zu erproben. Voraussetzung ist jedoch in einem ersten Schritt, die Wasserhaltung in den Niederungen neu zu denken und zu gestalten. Dazu sind nach den politischen Bekenntnissen und Strategien nun auch die gesetzlichen und finanziellen Voraussetzungen, die Benennung der Verantwortungs- und Umsetzungsträger und die Anpassung der Förderkulissen umzusetzen.

Literatur

Die Quellen sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht einzelnen Aussagen zugeordnet. Die Informationen wurden entnommen:

Agrarbericht Brandenburg (2024): Erhaltung Kulturlandschaft. MLUK, Potsdam. <https://agrarbericht.brandenburg.de/abo/de/ressourcensicherung/erhaltung-kulturlandschaft/>

Ausgewählte Zahlen zur Agrarwirtschaft 1949 bis 1989 (1993): Sonderreihe mit Beiträgen für das Gebiet der ehemaligen DDR, Heft 8. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

Berghöfer, A., Couwenberg, J., Drösler, M., Jensen, R., Kattelhardt, J., Luthardt, V., Permien, Th., Röder, N., Schaller, L., Schweppe-Kraft, B., Tanneberger, F., Trepel, M. & S. Wichmann (2015): Wiedervernässung von kohlenstoffreichen Böden In: Hartje, V., Wüstenmann, H., Bonn, A. & B. Hansjürgens (Hrsg.): Naturkapital und Klimapolitik: Synergien und Konflikte (TEEB DE – Klima), Berlin, Leipzig, 216 S.

Birr, F., Abel, S., Kaiser, M., Närmann, F., Oppermann, R., Pfister, S., Tanneberger, F., Zeitz, J. & V. Luthardt (2021): Zukunftsfähige Land- und Forstwirtschaft auf Niedermooren - Steckbriefe für klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftungsverfahren. Hrsg. HNE Eberswalde & Greifswald Moorzentrum, 148 S. https://hnee.de/_obj/EAE76FE1-A370-4AFD-80CE-AFF5B16FCB90/outline/Steckbriefsammlung.pdf

Bundesinnenministerium (2022): Verordnung zur Durchführung der GAP-Direktzahlungen (GAP Direktzahlungen-Verordnung (GAPDZV) § 7 Dauergrünland. https://www.gesetze-im-internet.de/gapdzv/_7.html

DeStatis.(2010): Betriebe: Bundesländer, Jahre (bis 2010), Tierarten. Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.1, Mai 2010 Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

Knabe, O., Fechner, M. Weise, G. (1986): Verfahren der Silageproduktion. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 300 S.

Kreil, W., Thöns, H. & V. Luthardt (2001): Grünland als Landschaftselement und Wirtschaftsfaktor im Land Brandenburg: Ist Zustand und Perspektive. Beitr.Forstwirtsch.u.Landsch.ökol. 35: 57-62.

Kreil, W., Simon, W. & E. Wojahn (1982): Futterpflanzenbau - Empfehlungen, Richtwerte, Normative. Bd.1 Grasland. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 152 S.

Luthardt, V. & J. Zeitz (2014): Moore in Brandenburg und Berlin. Natur & Text, Rangsdorf, 384 S.

Luthardt, V., Bielefeld, J., Brauner, O., Hornschuch, F. Kabus, T., Kramm, D., Lüdicke, Th., Probst, R., Riek, W., Wallor, E., Wolff, B. (2019): Lebensräume im Wandel: Ergebnisse der ökosystemaren Umweltbeobachtung (ÖUB) im Biosphärenreservat Spreewald. FO-Bericht i. Auftr. des LfU Brandenburg, 720 S.

MELF Brandenburg (1994): Grünland in Brandenburg. Broschüre, Potsdam, 124 S.

MLUK (2023): Moorschutzprogramm Brandenburg. <https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Moorschutzprogramm-Brandenburg.pdf>

MLUK Brandenburg (2024): Klimaplan Brandenburg. <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/klimaschutz/klimaschutz/klimaplan/>

Petersen, A. (1953): Die Gräser als Kulturpflanzen und Unkräuter auf Wiese, Weide und Acker. 3.Aufl., Akademie Verlag Berlin, 273 S.

Statistik Berlin- Brandbeurg (2024): <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/c-iii-1-3j>

Statistisches Jahrbuch der DDR (1970): <https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/>

Succow, M. (1988): Landschaftsökologische Moorkunde. Fischer Verlag Jena, 340 S.

Eine vollständigere Auflistung der Landtechnik mit Angaben zu den Herstellerfirmen ist abzufragen bei Dr.Jürgen Pickert.

Bewirtschaftete Niedermoore - Klimaretter oder Klimakiller?

N. Wrage-Mönnig, J. Müller

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Grünland und
Futterbauwissenschaften, Justus-von-Lieig-Weg 6, 18059 Rostock;
nicole.wrage-moennig@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Moorgebiete erbringen zahlreiche Ökosystemleistungen. Auf nur 3,8 % der globalen Landfläche speichern sie etwa ein Drittel (450-650 Gt C) des globalen Bodenkohlenstoffs (Scharlemann et al. 2014, UNEP 2022). Intakte Moorgebiete regulieren Wasserflussmengen und Wasserqualitäten und haben so deutliche Auswirkungen auf der Landschaftsebene. Darüber hinaus beherbergen sie hochspezialisierte Tier- und Pflanzenarten (Bonn et al. 2016, Joosten et al. 2017, Leifeld und Menichetti 2018, UNEP 2022).

Weltweit wurden etwa 12 % der ursprünglichen Moorfläche entwässert, zunächst hauptsächlich in den gemäßigten und borealen Regionen, in jüngster Zeit aber auch in den Tropen (Joosten und Clarke 2002, UNEP 2022, Fluët-Chouinard et al. 2023). Durch Entwässerung werden Moore von Nettotreibhausgassenken zu Nettotreibhausgasquellen, wobei die Emissionen mit sinkendem Grundwasserspiegel zunehmen (Neller 1944, Hiraishi et al. 2014, Evans et al. 2021). Es ist davon auszugehen, dass die Moore der Welt um etwa 1960 von Nettosenken zu Nettoquellen für Treibhausgase (THG) wurden (Leifeld et al. 2019). Die Emissionen aus entwässerten Torfgebieten sind für etwa 4% der globalen anthropogenen THG-Emissionen verantwortlich (UNEP 2022). Hinzu kommen Landabsenkungen von 1-2 cm pro Jahr (Erkens et al. 2016) und Eutrophierung von flussabwärts gelegenen Oberflächen- und Grundwasser (Tiemeyer und Kahle 2014). Viele Moorarten der gemäßigten Breiten sind aufgrund des Lebensraumsverlustes weltweit gefährdet (Tanneberger et al. 2010, Lamers et al. 2015, Directorate-General of the Environment 2016).

In Deutschland wurden etwa 98% aller Moore entwässert (Joosten et al. 2017, Tanneberger et al. 2021b), hauptsächlich für agrarische Nutzungskontexte. Diese mehrheitlich futterbaulich genutzten Moore nehmen nur 7 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche ein, sind aber für 43 % der nationalen THG-Emissionen des Agrarsektors verantwortlich (basierend auf der nationalen Berichterstattung, Umweltbundesamt 2022). Die Auswirkungen der Moorentwässerung sind in den moorreichen Regionen Norddeutschlands besonders groß. In Mecklenburg-Vorpommern (MV) machen Moore 13 % der Landfläche aus und emittieren jährlich 8,4 Mio. t CO₂-Äquivalente (Umweltbundesamt 2022), was sie sogar zur größten Einzelquelle für THG-Emissionen in diesem Bundesland macht (Hirschelmann et al. 2020).

Moorschutz und Moornaturierung sind daher von zentraler Bedeutung, um die Ziele Deutschlands im Hinblick auf Klimaschutz, Umwelt- und Artenschutz auf nationaler und internationaler Ebene zu erreichen (Tanneberger et al. 2021a, Bundesumweltministerium 2022). In Europa sind bisher etwa 2.000 km² Moorfläche wiedervernässt worden, d.h. ca. 1% der entwässerten Moorfläche (Joosten et al. 2017). In Deutschland wurden ca. 700 km², d.h. ca. 4 % der Moorfläche, wiedervernässt (Scherfose 2021). In MV sind >300 km², d.h. ca. 10 % der Moorfläche, wiedervernässt.

Doch lassen sich Wiedervernässung und Bewirtschaftung überhaupt vereinbaren? Und was passiert nach der Wiedervernässung – sind die entstehenden Systeme wirklich Klimaretter?

Entstehung von Treibhausgasen im Moor

Treibhausgase entstehen im entwässerten Moor durch die Zersetzung des organischen Materials. So steigen vor allem die CO₂-Emissionen nach Entwässerung an. In den häufig nährstoffreichen Niedermooren können auch die Emissionen von Lachgas (N₂O) je nach Feuchte und Stickstoffgehalt steigen. Methanemissionen (CH₄) hingegen treten eher bei höheren Wasserständen und im wiedervernässten Moor auf. Da Wasserstände auch die Vegetation beeinflussen, gibt es verschiedene Methoden, die Emissionen mit Hilfe von Biotoptypen bzw. der Vegetation als Indikatoren abzuschätzen (Couwenberg et al. 2011, Höper 2022, Tanneberger et al. 2024).

Unter bestimmten Umständen können Böden zumindest zeitweise auch als Senke für die drei genannten THG dienen. Für CO₂ und CH₄ ist dies schon länger bekannt. Doch auch für N₂O konnte eine Senkenfunktion für verschiedene drainierte und wiedervernässte Moore in MV sogar über längere Zeiträume nachgewiesen werden (Berendt et al. 2023). Während die Emissionen von CO₂ und CH₄ hauptsächlich vom Wasserstand abhängen (Evans et al. 2021), sind es beim N₂O eher

Schwankungen im Wasserstand und Nährstoffgehalte, die eine Rolle spielen (Berendt und Wrage-Mönnig 2023).

Wenn bei wiedervernässten Mooren nun die CH₄-Emissionen höher sind, bei drainierten aber die CO₂-Emissionen, und die N₂O-Emissionen nicht nur vom Wasserstand beeinflusst werden, wirkt dann eine Wiedervernässung wirklich reduzierend auf die THG-Emissionen insgesamt? Günther et al. (2020) haben hierzu mit Hilfe eines Modells globale Szenarien für die künftige Bewirtschaftung von Torfgebieten anhand von Flächendaten aus der Global Peatland Database verglichen. Dabei wurde deutlich, dass die nach der Wiedervernässung erhöhten CH₄-Emissionen die Anstrengung um insgesamt verringerte THG-Emissionen nicht untergräbt. Stattdessen wird durch eine Verschiebung der Wiedervernässung der langfristige Erwärmungseffekt durch fortgesetzte CO₂-Emissionen verstärkt (Günther et al. 2020). Eine Erhöhung des Grundwasserspiegels und damit Verringerung der mittleren jährlichen effektiven Grundwassertiefe (also der mittleren Mächtigkeit des belüfteten Torfkörpers) soll bis zu einer Tiefe von 30 cm die Emissionen von CO₂ und CH₄ um 3 t CO₂-Äquivalente pro Hektar und Jahr reduzieren und bei höheren Grundwasserständen bis zu 10 cm mittlerer jährlicher effektiver Grundwassertiefe weiter reduzieren (Evans et al. 2021).

Das Moor nach der Wiedervernässung

Die Wiedervernässung entwässerter Moore stoppt die Torfoxidation und den Kohlenstoffverlust (Couwenberg et al. 2011, Wilson et al. 2016, Tiemeyer et al. 2020, Günther et al. 2020). Sie kann auch zu einer erneuten Kohlenstoffsequestrierung führen (Zerbe et al. 2013, Minke et al. 2016, Mrotzek et al. 2020). Es entstehen jedoch Ökosysteme, die sich in mehreren Parametern von den naturnahen Mooren unterscheiden (Kreyling et al. 2021).

Insbesondere in stark gestörten und lange entwässerten Niedermooren der gemäßigten Zonen gelingt es bei der Wiedervernässung häufig auch über Jahrzehnte hinweg nicht, funktionsfähige Moore wiederherzustellen, und die Gründe für den Erfolg oder Misserfolg der Wiedererreichung torfbildender Bedingungen sind nach wie vor nicht klar (Kreyling et al. 2021, Antonijević et al. 2023). Die Oxidation während der Entwässerung verändert die physikalischen Parameter des Torfs größtenteils irreversibel, was z.B. zu einer verringerten hydraulischen Leitfähigkeit und Speicherkapazität führt (Lennartz und Liu 2019). Dies wiederum erhöht die Schwankungen des Grundwasserspiegels verglichen mit unberührten Mooren. Die damit einhergehende höhere Wahrscheinlichkeit periodischer Überflutungen kann starke Methanemissionen hervorrufen (Hahn et al. 2015, Franz et al. 2016), die mit veränderten mikrobiellen Gemeinschaften korrespondieren (Wen et al. 2018, Weil et al. 2019).

Darüber hinaus ist die Nährstoffverfügbarkeit nach der Wiedervernässung deutlich höher als in natürlichen Mooren, vor allem aufgrund der rezenten Torfmineralisierung und -düngung während der Entwässerungsperiode (Zak und Gelbrecht 2007, Lamers et al. 2015) sowie der Mobilisierung von Phosphor durch die Wiedervernässung (Smolders et al. 2006, Emsens et al. 2017). Infolgedessen erholen sich mikrobielle (Emsens et al. 2020) und pflanzliche (Klimkowska et al. 2019) Gemeinschaften nur in mäßig gestörten Ökosystemen rasch zu ihrem Zustand vor der Entwässerung. Die neuen Ökosysteme, die nach der Wiedervernässung lange drainierter Moore entstehen, sind noch nicht gut verstanden. Es gibt aber momentan viele Forschungsprojekte, die sich diesen Systemen widmen.

Können und sollen wiedervernässte Moore dennoch bewirtschaftet werden? Aus sozio-ökonomischen Gründen strebt die Politik eine Aufrechterhaltung einer wie auch immer gearteten Weiternutzung an und fördert daher auch die Erforschung und Entwicklung sogenannter Paludikulturen. Es gibt aber auch ökologische Gründe, die gegen einen kompletten Rückzug der landwirtschaftlichen Nutzung aus wiedervernässten Gebietskulissen sprechen. Auch wenn viele Kernbereiche von vernässten Mooren keine ökonomisch realistischen Szenarien für den Futterbau bieten, bedarf es in den nicht ganzjährig vernässbaren Randbereichen einer Naturschutz-orientierten, landschaftspflegerischen Nutzung. Hier ist die Beweidung der naheliegendste Ansatz der Biomassenutzung, da er zwar viel Knowhow, aber weniger Investitionen erfordert. Ein entscheidender Aspekt ist die geschickte zeitliche und räumliche Einbeziehung wiedervernässter Flächen in extensive Weidesysteme, welche die höher gelegenen mineralischen Flanken oder auch Durchragungen als Start- und Rückzugsräume vorsehen. Untersuchungen in einem solchen Gebiet haben gezeigt, dass von Seggen dominierte, vernässte Bereiche nicht für die Beweidung genutzt wurden, bevor die grasdominierten Abschnitte des Moränengebiets erschöpft waren, obwohl der Energiegehalt der von Seggen dominierten Pflanzengemeinschaften im Frühjahr und Frühsommer akzeptabel war (Müller et al. 2021). Der Energiegehalt des Futterangebots erklärte 67 % der

Schwankungen der täglichen Lebendmassezunahme. Ein Weidemanagement müsste in solchen Systemen also dafür sorgen, dass die nicht präferierten Seggenbestände beweidet werden, sobald sie tragfähig genug sind und bevor deren Futterqualität zu stark absinkt. Eine gute Kenntnis der Futterqualitäten der Aufwüchse in verschiedenen Bereichen und Stadien sowie ein darauf abgestimmtes Management ist somit unabdingbar. Eine ausschließliche Beweidung ganzjährig stark vernässter Moore wie der Küstenüberflutungsmoore lässt sich am besten mit Wasserbüffeln bewerkstelligen, wobei deren nachgewiesenermaßen hohe landschaftspflegerische Leistungen auch entsprechend honoriert werden müssen, um die Verfahren ökonomisch nachhaltig zu gestalten.

Photovoltaikanlagen auf wiedervernässten Mooren (Paludi-PV) werden auch als eine Möglichkeit gesehen, Naturschutz mit extensiver Bewirtschaftung bei gleichzeitiger ökonomischer Leistungsfähigkeit zu verknüpfen. Hier fehlen bislang Studien zu den Auswirkungen auf die ökonomische, soziale und ökologische Nachhaltigkeit.

Schlussfolgerungen

Bewirtschaftete Moore stellen nach Wiedervernässung zumeist Treibhausgassenken dar. Allerdings ist die Transition insbesondere auf vorher lange drainierten Standorten langwierig und es entstehen zunächst neue Ökosysteme, die noch nicht gut verstanden sind. Für eine Futternutzung nach Wiedervernässung sind besondere standörtliche und betriebsstrukturelle Voraussetzungen erforderlich. Das Ausmaß der Wiedervernässung und die Bereitschaft, sich auf neue und produktionstechnisch sehr herausfordernde Nutzungssysteme einzulassen, wird über den Umfang der futterbaulichen Nutzung wiedervernässter Moore entscheiden.

Literatur

- Antonijević, D., Hoffmann, M., Prochnow, A., Krabbe, K., Weituschat, M., et al. (2023): The unexpected long period of elevated CH₄ emissions from an inundated fen meadow ended only with the occurrence of cattail (*Typha latifolia*). *Glob. Change Biol.* 29: 3678–3691. doi: 10.1111/gcb.16713.
- Berendt, J., Jurasinski, G. & Wrage-Mönnig, N. (2023): Influence of rewetting on N₂O emissions in three different fen types. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 125: 277–293. doi: 10.1007/s10705-022-10244-y.
- Berendt, J. & Wrage-Mönnig, N. (2023). Denitrification is not necessarily the main source of N₂O from rewetted fens. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 23: 3705–3713. doi: 10.1007/s42729-023-01291-7.
- Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H. & Stoneman, R. (2016): Peatland Restoration and Ecosystem Services: Science, Policy and Practice. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bundesumweltministerium (2022): Nationale Moorschutzstrategie. [bmuv.de. https://www.bmuv.de/PU729](https://www.bmuv.de/PU729) (accessed 6 August 2024).
- Couwenberg, J., Thiele, A., Tanneberger, F., Augustin, J., Bärtsch, S., et al. (2011): Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia* 674: 67–89. doi: 10.1007/s10750-011-0729-x.
- Directorate-General of the Environment (European Commission) (2016): European Red list of habitats Part 2. Terrestrial and freshwater habitats. Publications Office of the European Union.
- Emsens, W.-J., Aggenbach, C.J.S., Smolders, A.J.P., Zak, D. & van Diggelen, R. (2017): Restoration of endangered fen communities: the ambiguity of iron–phosphorus binding and phosphorus limitation. *J. Appl. Ecol.* 54: 1755–1764. doi: 10.1111/1365-2664.12915.
- Emsens, W.-J., van Diggelen, R., Aggenbach, C.J.S., Cajthaml, T., Frouz, J., et al. (2020): Recovery of fen peatland microbiomes and predicted functional profiles after rewetting. *ISME J.* 14: 1701–1712. doi: 10.1038/s41396-020-0639-x.
- Erkens, G., van der Meulen, M.J. & Middelkoop, H. (2016): Double trouble: subsidence and CO₂ respiration due to 1,000 years of Dutch coastal peatlands cultivation. *Hydrogeol. J.* 24: 551–568. doi: 10.1007/s10040-016-1380-4.
- Evans, C.D., Peacock, M., Baird, A.J., Artz, R.R.E., Burden, A., et al. (2021): Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. *Nature* 593: 548–552. doi: 10.1038/s41586-021-03523-1.
- Fluet-Chouinard, E., Stocker, B.D., Zhang, Z., Malhotra, A., Melton, J.R., et al. (2023): Extensive global wetland loss over the past three centuries. *Nature* 614: 281–286. doi: 10.1038/s41586-022-05572-6.
- Franz, D., Koebisch, F., Larmanou, E., Augustin, J. & Sachs, T. (2016). High net CO₂ and CH₄ release at a eutrophic shallow lake on a formerly drained fen. *Biogeosciences* 13: 3051–3070. doi: 10.5194/bg-13-3051-2016.

- Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinski, G., et al. (2020): Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nat. Commun.* 11: 1644. doi: 10.1038/s41467-020-15499-z.
- Hahn, J., Köhler, S., Glatzel, S. & Jurasinski, G. (2015): Methane Exchange in a coastal fen in the first year after flooding - a systems shift. *PLOS ONE* 10: e0140657. doi: 10.1371/journal.pone.0140657.
- Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., et al. (2014): 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands — IPCC.
- Hirschelmann, S., Tanneberger, F., Wichmann, S., Reichelt, F., Hohlbein, M., et al. (2020): Moore in Mecklenburg-Vorpommern im Kontext nationaler und internationaler Klimaschutzziele - Zustand und Entwicklungspotenzial. Faktensammlung. Greifswald.
- Höper, H. (2022): Treibhausgasemissionen der Moore und weiterer kohlenstoffreicher Böden in Niedersachsen. *Geofakten* 38: 22 S.
- Joosten, H. und Clarke, D. (2002): Wise Use of Mires and Peatlands. Totnes
- Joosten, H., Tanneberger, F. und Moen, A. (Hrsg.) (2017): Mires and peatlands of Europe. *Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung*, Stuttgart.
- Klimkowska, A., Goldstein, K., Wyszomirski, T., Kozub, Ł., Wilk, M., et al. (2019): Are we restoring functional fens? – The outcomes of restoration projects in fens re-analysed with plant functional traits. *PLOS ONE* 14: e0215645. doi: 10.1371/journal.pone.0215645.
- Kreyling, J., Tanneberger, F., Jansen, F., van der Linden, S., Aggenbach, C., et al. (2021): Rewetting does not return drained fen peatlands to their old selves. *Nat. Commun.* 12: 5693. doi: 10.1038/s41467-021-25619-y.
- Lamers, L.P.M., Vile, M.A., Grootjans, A.P., Acreman, M.C., van Diggelen, R., et al. (2015): Ecological restoration of rich fens in Europe and North America: from trial and error to an evidence-based approach. *Biol. Rev.* 90: 182–203. doi: 10.1111/brv.12102.
- Leifeld, J. und Menichetti, L. (2018): The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies. *Nat. Commun.* 9: 1071. doi: 10.1038/s41467-018-03406-6.
- Leifeld, J., Wüst-Galley, C. und Page, S. (2019): Intact and managed peatland soils as a source and sink of GHGs from 1850 to 2100. *Nat. Clim. Change* 9: 945–947. doi: 10.1038/s41558-019-0615-5.
- Lennartz, B. und Liu, H. (2019): Hydraulic Functions of Peat Soils and Ecosystem Service. *Front. Environ. Sci.* 7. doi: 10.3389/fenvs.2019.00092.
- Minke, M., Augustin, J., Burlo, A., Yarmashuk, T., Chuvashova, H., et al. (2016): Water level, vegetation composition, and plant productivity explain greenhouse gas fluxes in temperate cutover fens after inundation. *Biogeosciences* 13: 3945–3970. doi: 10.5194/bg-13-3945-2016.
- Mrotzek, A., Michaelis, D., Günther, A., Wrage-Mönnig, N. und Couwenberg, J. (2020): Mass Balances of a Drained and a Rewetted Peatland: on Former Losses and Recent Gains. *Soil Syst.* 4: 16. doi: 10.3390/soilsystems4010016.
- Müller, J., Grenzdörffer, G. und Sweers, W. (2021): Space use, herbage selection, and animal performance of grazing heifers on a peaty river valley section. *J. Appl. Anim. Res.* 49: 270–283. doi: 10.1080/09712119.2021.1946066.
- Neller, J.R. (1944): Oxidation loss of lowmoor peat in fields with different water tables. *Soil Sci.* 58(3): 195–204. doi: 10.1097/00010694-194409000-00002.
- Scharlemann, J.P., Tanner, E.V., Hiederer, R. und Kapos, V. (2014): Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Manag.* 5: 81–91. doi: 10.4155/cmt.13.77.
- Scherföse, V. (2021): Erfolgskontrollen im Naturschutz. Bundesamt für Naturschutz.
- Smolders, A.J.P., Lamers, L.P.M., Lucassen, E.C.H.E.T., Van der Velde, G. und Roelofs, G.J.M. (2006): Internal eutrophication: How it works and what to do about it—a review. *Chem. Ecol.* 22: 93–111. doi: 10.1080/02757540600579730.
- Tanneberger, F., Abel, S., Couwenberg, J., Dahms, T., Gaudig, G., et al. (2021a): Towards net zero CO₂ in 2050: An emission reduction pathway for organic soils in Germany. *Mires Peat* 27: 1–17. doi: 10.19189/MaP.2020.SNPG.StA.1951.
- Tanneberger, F., Berghöfer, A., Brust, K., Hammerich, J., Holsten, B., et al. (2024): Quantifying ecosystem services of rewetted peatlands – the MoorFutures methodologies. *Ecol. Indic.* 163: 112048. doi: 10.1016/j.ecolind.2024.112048.
- Tanneberger, F., Flade, M., Preiksa, K. und Schröder, B. (2010). Habitat selection of the globally threatened Aquatic Warbler *Acrocephalus paludicola* at the western margin of its breeding range and implications for management. *Ibis* 152: 347–358. doi: 10.1111/j.1474-919X.2010.01016.x.
- Tanneberger, F., Moen, A., Barthelmes, A., Lewis, E., Miles, L., et al. (2021b): Mires in Europe—Regional Diversity, Condition and Protection. *Diversity* 13: 381. doi: 10.3390/d13080381.

- Tiemeyer, B., Freibauer, A., Borraz, E.A., Augustin, J., Bechtold, M., et al. (2020): A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecol. Indic.* 109: 105838. doi: 10.1016/j.ecolind.2019.105838.
- Tiemeyer, B. und Kahle, P. (2014): Nitrogen and dissolved organic carbon (DOC) losses from an artificially drained grassland on organic soils. *Biogeosciences* 11: 4123–4137. doi: 10.5194/bg-11-4123-2014.
- Umweltbundesamt (2022): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2022: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar. Umweltbundesamt.
- UNEP (2022): Global Peatlands Assessment: The State of the World's Peatlands. UNEP - UN Environ. Programme. <http://www.unep.org/resources/global-peatlands-assessment-2022> (accessed 16 November 2023).
- Weil, M., Wang, H., Bengtsson, M., Günther, A., Jurasinski, G., et al. (2019): Rewetting of three drained peatlands drives congruent compositional changes in pro- and eukaryotic microbiomes through environmental filtering. *bioRxiv*: 848192. doi: 10.1101/848192.
- Wen, X., Unger, V., Jurasinski, G., Koebsch, F., Horn, F., et al. (2018): Predominance of methanogens over methanotrophs in rewetted fens characterized by high methane emissions. *Biogeosciences* 15: 6519–6536. doi: 10.5194/bg-15-6519-2018.
- Wilson, D., Farrell, C.A., Fallon, D., Moser, G., Müller, C., et al. (2016): Multiyear greenhouse gas balances at a rewetted temperate peatland. *Glob. Change Biol.* 22: 4080–4095. doi: 10.1111/gcb.13325.
- Zak, D. und Gelbrecht, J. (2007): The mobilisation of phosphorus, organic carbon and ammonium in the initial stage of fen rewetting (a case study from NE Germany). *Biogeochemistry* 85: 141–151. doi: 10.1007/s10533-007-9122-2.
- Zerbe, S., Steffenhagen, P., Parakenings, K., Timmermann, T., Frick, A., et al. (2013): Ecosystem Service Restoration after 10 Years of Rewetting Peatlands in NE Germany. *Environ. Manage.* 51: 1194–1209. doi: 10.1007/s00267-013-0048-2.

Weidestrategie Mob Grazing im trockenheitsgefährdeten Ackerfutterbau und Dauergrünland – kann sie die Bodenfruchtbarkeit steigern?

N. H. Zahn¹, R. Schwienhorst¹, H. Nematollahi¹, A. Beck³,
R. Hener³, S. Franke², C. Ertel¹, I. Schleip¹

¹ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde,

² Klimapraxis gemeinnützige UG, ³ Stegelitz Agrar GmbH

inga.schleip@hnee.de

Einleitung und Problemstellung

Klimaprognosen deuten darauf hin, dass ansteigende Temperaturen und veränderte Niederschlagsmuster Trocken- und Hitzestress für Futterpflanzen verschärfen werden, besonders im trockenheitsgefährdeten Nordosten Deutschlands. Bis 2050 werden nicht nur höhere durchschnittliche Jahrestemperaturen erwartet, sondern auch vermehrt heiße Tage, häufigere Hitzewellen und weniger Sommerregen (DWD 2019). Diese Veränderungen könnten die Wasserverfügbarkeit negativ beeinflussen und somit die Stabilität der Futtererträge in dieser Region bedrohen.

Eine mögliche Anpassungsmethode könnte das Weidesystem Mob Grazing sein. Dieses wurde vor allem für trockene Gebiete entwickelt und zeichnet sich durch einen hohen Weideaufwuchs und eine hohe Tierbesatzdichte bei Bestoßen und eine kurze Aufenthaltsdauer auf der Weide aus. Gleichzeitig werden gezielt etwa 50 % des Bewuchses als Weidereste zurückgelassen (Gurda et al. 2018). Dabei wird vermutet, dass das Niedertrampeln der Pflanzenreste eine schützende Mulfschicht bildet, die die Wasseraufnahme und die biologische Aktivität des Bodens verbessern könnte, wie bereits in ähnlichen Studien im Ackerbau beobachtet werden konnte (Zhao et al. 2014). Seit 2021 wird im EIP Projekt „Mob Grazing im Ackerfutterbau“ zu diesem Thema geforscht und ein erster Zwischenbericht bereits veröffentlicht (Zahn et al., 2022). Dort wurde ersichtlich, dass sich Mob Grazing erfolgreich umsetzen und der damit erwünschte Effekt des Niedertrampelns von Weideresten zu einer ausgeprägten Mulfschicht nachweisen lässt. Nun soll der Frage nachgegangen werden, inwiefern Mob Grazing sich auf (1) Erträge und Futterqualitäten und (2) Indikatoren für die Bodenfruchtbarkeit wie Wasserhaltefähigkeit und Regenwurmabundanz auswirkt. Im Folgenden werden dazu aktuelle Ergebnisse nach zwei abgeschlossenen Versuchsjahren vorgestellt, und erste, vorläufige Schlussfolgerungen gezogen. Ergänzend werden Ergebnisse des abgeschlossenen DBU-Projektes „Mob Grazing in Nordostdeutschland“ herangezogen, in dem Mob Grazing im extensiven Dauergrünland mit einem Referenz-Umtriebsweidesystem verglichen wurde. Detailliertere Ergebnisse werden im Tagungsvortrag vorgestellt.

Material und Methoden

Als Teil des EIP Projektes „Mob Grazing im Ackerfutterbau“ an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung, Eberswalde, werden in einem Split Plot Design am Standort Stegelitz (Uckermark) die Beweidungssysteme (1) Mob Grazing und (2) Umtriebsweide verglichen. Eine genauere Versuchsbeschreibung, inklusive der im Mob Grazing angestrebten Zielwerte, erfolgte bereits in Zahn et al. (2022).

Zusätzlich zu dem bestehenden Versuchsaufbau wird seit 2023 die Bodenfeuchte an 72 Messpunkten mit PR2/4-Profilsonden von Delta T (Cambridge, UK) gemessen, welche die bereits bestehenden Messungen der UMP-2 BT+ Datalogger von UGT (Müncheberg) durch eine größere räumliche Verteilung ergänzen. An diesen 72 Messpunkten wurde zusätzlich die Regenwurmabundanz durch Handauslese nach der Ausbringung einer Senfmehlsuspension erfasst (Fründ & Jordan 2004). Hierzu wurden im Rahmen des EIP-Projektes zwei Bachelorarbeiten von Guggenmos (2022) und Rühl (2023) angefertigt. Des Weiteren finden seit 2024 fernerkundliche Untersuchungen statt, um die Heterogenität der Standortverhältnisse besser in der Auswertung der Ergebnisse berücksichtigen zu können.

Ergebnisse und Diskussion

In den ersten beiden Versuchsjahren im EIP Projekt „Mob Grazing im Ackerfutterbau“ führte das Weideverfahren Mob Grazing zu Veränderungen in Futterquantität und -qualität: so erzielte Mob Grazing im Jahre 2022 eine etwas höhere jährliche Gesamtmenge der Trocken-Biomasse vor der Beweidung (eng: „Cumulative Pre-Grazing Forage Biomass“, oder PGFM) als die Umtriebsweide,

während sich dies 2023 umkehrte. Dies kann durch die unterschiedliche Anzahl an Umtrieben – bedingt durch die vergleichsweise späte Beweidung unter Mob Grazing – beeinflusst sein. So fanden 2022 im Mob Grazing System drei und in 2023 zwei Umtriebe statt, im Vergleich zu fünf und vier Umtrieben bei Umtriebsweide. Trotz vergleichbarer Gesamttrockenmasseerträge, PGFM, von ca. 75-85 dt/ha waren die Weideerträge, also das tatsächlich gefressene Weidefutter, im Mob Grazing System aufgrund der hohen Weidereste (etwa 50% des Aufwuchses, siehe Zahn *et al.* 2022) deutlich geringer als bei der Umtriebsweide.

Die Futterqualität wurde bei Mob Grazing durch das spätere Bestoßen der Bestände im Vergleich zur Umtriebsweide meist negativ beeinflusst. Futter aus Mob Grazing-Beständen wies höhere Faseranteile, wie ADF und XDF, sowie niedrigere Proteingehalte und eine geringere Energiedichte auf. Allerdings ist zu beachten, dass die Rinder bei Mob Grazing im Durchschnitt 50% Weidereste hinterlassen, die vermutlich niedrigere Nährstoffgehalte aufweisen als das gefressene Futter, was die Gesamtbewertung der Futterqualität in Bezug auf die Tierleistungen beeinflussen könnte.

Die Ergebnisse des Mob-Grazing-Projektes im Dauergrünland zeigen ein ähnliches Muster: auch hier waren die Weideerträge, also das tatsächlich gefressene Weidefutter, bei Mob Grazing etwa halb so hoch wie bei einer betriebsüblichen Umtriebsweide. Die Gesamttrockenmasseerträge, PGFM, entsprachen dabei mit ca. 25-40 dt/ha dem Ertragsniveau einer extensiven trockenen Dauerweide. Auch die Futterqualität des Gesamtbestandes war im Dauergrünland unter Mob Grazing vermindert. Dennoch zeigten sich bei den Tageszunahmen der Kälber, einem entscheidenden Leistungsparameter in der Mutterkuhhaltung, keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Weidesystemen. Sie lagen in beiden Systemen bei etwa 1 kg pro Tag. Interessanterweise waren die Gewichtszunahmen der Kühe im Mob-Grazing-System signifikant höher, was vermutlich auf das kontinuierlich üppige Futterangebot in diesem System zurückzuführen ist.

In Bezug auf die Bodenfruchtbarkeit zeigen erste Ergebnisse im Ackerfutterbau einen positiven Einfluss von Mob Grazing auf die Abundanz von Regenwürmern. In den ersten beiden Untersuchungsjahren konnte eine erhöhte Biomasse an juvenilen Regenwürmern auf den Mob-Grazing-Flächen festgestellt werden, was laut Torppa *et al.* (2004) häufig auch die Fitness der Population positiv beeinflusst. Im zweiten Jahr zeigte sich zudem eine Zunahme der Anzahl adulter Regenwürmer. Weiterhin wurde die Art *Apporectodea caliginosa* auf den Mob-Grazing-Ackerfutter-Flächen signifikant häufiger gefunden als auf der Umtriebsweide. Dies deutet darauf hin, dass die durch Mob Grazing erzeugte Mulchschicht und die dadurch erhöhten organischen Einträge die Fitness der Regenwurmpopulationen positiv beeinflussen.

Während sich die Bodenfeuchte im Jahr 2023 nicht signifikant zwischen Mob Grazing und Umtriebsweide unterschied, zeigten Messungen ab Juni 2024 eine signifikant höhere Bodenfeuchte auf den Mob Grazing-Flächen. Auch dies könnte eine Folge der ausgeprägten Mulchschicht unter Mob Grazing sein, die vor Verdunstung schützen und die Bodentemperaturen regulieren könnte. In nachfolgenden Analysen der Bodenfeuchte und auch -temperaturen werden neben Niederschlagsmustern auch Produktivitätsstufen des Standorts wie z.B. Niedrig, Mittel und Hoch berücksichtigt. Diese Produktivitätsstufen werden aus Daten abgeleitet, die mittels Drohnens-basierter Luftbilder erhoben werden, um eine präzisere Bewertung der Standortbedingungen und deren Einfluss auf alle untersuchten Parameter zu ermöglichen.

Schlussfolgerungen

Die bisherigen Ergebnisse zum Weideverfahren Mob Grazing zeigen, dass unter den untersuchten Bedingungen Mob Grazing zu verminderten Weideerträgen führt, so dass weniger Tiere von der gleichen Weidefläche ernährt werden können. Auch die Futterqualitäten der Gesamtbiomasse sind vermindert, was sich nach bisherigen Erkenntnissen allerdings nicht nachteilig auf die tierischen Leistungen auswirkt, vermutlich, da die Futterqualität des aufgenommenen Weidefutters eine höhere Qualität aufweist als die zurückbleibenden Futterreste. Um dieser Vermutung nachzugehen, werden weitere Futterproben analysiert werden, die durch eine händische Imitation des Fressverhaltens der Rinder im Mob Grazing gewonnen werden.

In Bezug auf die Bodenfruchtbarkeit deutet sich an, dass sich Mob Grazing im Ackerfutterbau positiv auf Bodenfruchtbarkeitsindikatoren auswirken könnte. So zeigt sich bislang eine Steigerung der Regenwurmabundanz unter Mob Grazing im Vergleich zu einer Umtriebsweide und Tendenzen zu einem gleichmäßigeren Bodenfeuchtegehalt. Detailliertere Analysen werden auch hier ein besseres Verständnis der Entwicklungen und Zusammenhänge sowohl im Ackerfutterbau als auch im extensiven Dauergrünland ermöglichen.

Literatur

- DWD (2019): Klimareport Brandenburg. 1. Auflage. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.
- Fründ, H. C. & Jordan, B. (2004): Eignung verschiedener Senfzubereitungen als Alternative zu Formalin für die Austreibung von Regenwürmern. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 103: 25-26.
- Guggemos, P. (2023) Mob Grazing im Ackerfutterbau und dessen Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit dargestellt anhand der Regenwurmbundanz (Bachelorarbeit). Hochschule für nachhaltige Entwicklung, Eberswalde.
- 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.
- Rühl, K. (2023): Regenwurmbundanz unter Mob Grazing im Ackerfutterbau als Indikator für die Bodenfruchtbarkeit (Bachelorarbeit). Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- Torppa, K. A., Castano, C., Glimskär, A., Skånes, H., Klinth, M., Roslin, T., ... & Maaroufi, N. I. (2024): Soil moisture and fertility drive earthworm diversity in north temperate semi-natural grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 362, 108836.
- Zahn, N. H., Ertel, C., Hener, R., Franke, S., Beck, A., Westphal, J. & Schleip, I. (2022): Mob Grazing als Weidestrategie im Grünland und Ackerfutter bei zunehmenden Trockenheiten in Nordostdeutschland. *Grünland im Spannungsfeld Forschung, Wissenstransfer und öffentliche Wahrnehmung. Arbeitsgemeinschaft Grünland Und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften eV, Soest*, 46-49.
- Zhao, Y., Pang, H., Wang, J., Huo, L., & Li, Y. (2014): Effects of straw mulch and buried straw on soil moisture and salinity in relation to sunflower growth and yield. *Field Crops Research*, 161: 16-25.

Mikroplastik im Grünland – Auswirkungen auf Etablierung von Grünlandarten

H. Cornelsen, N. Wrage-Mönnig

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

Hanna.cornelsen@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Mikroplastik (MP) ist auch in landwirtschaftlich genutzten Böden zunehmend als neuer Kontaminant erkannt worden (Rong et al. 2023). Diese Partikel sind chemisch inert und sehr heterogen strukturiert. Ihr Durchmesser liegt bei kleiner gleich 5 mm. Die Eintragspfade dieser Partikel in terrestrische Ökosysteme sind vielfältig: Direkte Einträge sind möglich über die Verwendung von Mulchfolien oder die Klärschlammdüngung (Keller et al. 2020), allerdings können die Partikel auch über Niederschlag oder atmosphärische Deposition in Böden verlagert werden (Brahney et al., 2020). Die Schätzungen über reale MP-Konzentrationen sind regional sehr unterschiedlich und liegen entsprechend weit auseinander. Es wurden bereits vielfältige, MP-induzierte Veränderungen bodenchemischer sowie -physikalischer Parameter wie beispielsweise der Bodenporosität, des pH-Wertes, der Aggregatzusammensetzung, des Boden-Wasser-Haushalts und der generellen Bodenstabilität beobachtet (Rillig & Lehmann 2020). MP kann darüber hinaus negativ wirken auf die Vitalität und das Reproduktionsvermögen der Bodenfauna (Kim & An 2019). Solche tiefgreifenden Veränderungen innerhalb der Bodenstruktur haben auch Auswirkungen auf die unmittelbare Wachstumsumgebung von Pflanzen. Das Wissen über die Konsequenzen von MP im Boden für Wachstum und die Etablierung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen steht zwar noch am Anfang, doch sind die bisher quantifizierten Effekte auf ober- und unterirdische pflanzliche Biomasse vielfältig. Neben einer Vielzahl negativer Effekte wie einer Reduktion der Keimungsrate, des Auflaufverhaltens sowie der Blattmasse (Esterhuizen et al. 2022) liegen auch Berichte über positive Effekte auf Keimung und Wurzelmasse vor (Lian et al. 2020). Grundlegend hängt die Ausprägung dieser Effekte dabei stark von Größe, Konzentration, Alter, Form, Gestalt und Zusammensetzung des MPs ab. So können auch zweckbezogene Additive, die im Laufe der Zeit aus dem Material ausgetragen werden, eine grundlegend andere Wirkung haben, als MP an sich (Lehmann et al. 2021). Die bisher beobachteten Veränderungen lassen vermuten, dass MP auch Einfluss nehmen kann auf die Wasserverfügbarkeit der Pflanzen, dessen Konsequenzen sich je nach Wachstumsstadium unterschiedlich ausprägen kann. Durch physikalische Blockade der Wurzelhaare und einem somit geänderten Wasseraufnahmevermögen könnte MP sich negativ auf den Wasserhaushalt der Pflanze auswirken und auch in Symptomen von Trockenstress resultieren. Die Hypothese der durchgeführten Untersuchungen zielt daher darauf ab, mithilfe der verwendeten Methoden einen möglichen durch MP ausgelösten Trockenstress von Weidelgräsern identifizieren zu können und somit den Kenntnisstand über die Auswirkungen von MP insbesondere auf juvenile Wachstumsstadien von Grünlandarten zu mehren.

Material und Methoden

Arten und Formen von MP können eine jeweils andere Wirkung auf pflanzliches Wachstum erzeugen. PVC gehört mit einer Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten zu den weitest am häufigsten eingesetzten Polymeren und fand daher sowohl in Reinform als primäres MP als auch in Form von recyceltem Material Verwendung in den Versuchen. Die hier dargestellten Teil-Ergebnisse entstammen einem Gefäßversuch im Freiland, der auf dem Versuchsgelände der Universität Rostock durchgeführt wurde. Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*, Sorte „Trivos“, DSV, Lippstadt, Deutschland) wurde als Modellpflanze verwendet. Da sich in Vorversuchen ein signifikanter Einfluss insbesondere des Polymers Polyvinylchlorid (PVC) gezeigt hatte, wurden für diese Versuchsreihe drei verschiedene Größenordnungen dieses Materials verwendet: micro_a; micro_b und macro (Details siehe Tab. 1). Im randomisierten Blockdesign (n=8) wurden die MP-Partikel mit einer Konzentration von jeweils 1 % mit 3000 g regionalem Oberboden in Mitscherlichgefäßen gemischt. Die Aussaatstärke betrug ca. 250 Samen pro Gefäß. Eine NPK-Düngung wurde als zusätzlicher Faktor in das Versuchsdesign aufgenommen (n=8).

Über eine Vegetationsperiode von 65 Tagen wurden verschiedene Parameter wie Auflaufgeschwindigkeit, Boden pH-Wert, Auflaufraten von Unkräutern, Chlorophyllgehalt und Temperatur der Blattoberflächen mittels Infrarotmessungen erfasst. Nach der Ernte wurden die

Pflanzenteile nach ober- und unterirdischer Biomasse getrennt auf Frischmasse, Trockenmasse, verschiedene Wurzelparame-ter sowie im Isotopenverhältnis-Massenspektrometer (IRMS) auf $\delta^{13}\text{C}$ -Signaturen der Blattmasse untersucht.

Tab. 1: Versuchsdesign Mikroplastikversuch im Freiland (Polymergröße, Aufwandmenge, Anzahl n). Versuchspolymer war *Polyvinylchlorid* (PVC), Versuchspflanze *Lolium perenne*.

Bezeichnung	Größe in mm	PVC-Art	n	Aufwandmenge in g
Kontrolle	/	/	16	/
micro_a	< 0,25	Pulver	16	30
micro_b	4-8	Pellets	16	30
macro	> 8	Mahlgut	16	30

Ergebnisse und Diskussion

In dem hier vorgestellten Teil des Versuchs konnte kein klarer Trend in dem Einfluss verschieden großer MP-Partikel auf das Wachstum von *Lolium perenne* festgestellt werden. Für die verschiedenen Auswertungsparameter zeigten sich unterschiedliche Trends. Die Blatttemperaturen (hier nicht dargestellt) beispielsweise zeigten sich als vielversprechender Ansatz, um eine potenziell geänderte Stomata Regulierung und damit einen Hinweis auf einen veränderten Wasserhaushalt innerhalb der Pflanze feststellen zu können. Hier zeigten vor allem die kleineren Größenbereiche von MP Auffälligkeiten, die jedoch nicht in signifikant höheren Blatttemperaturen zu messen waren. Diese Messung ist im Freiland sehr störanfällig und hochgradig von nicht beeinflussbaren äußeren Parametern wie Wind und rapiden Temperaturwechseln abhängig. Diese Auswertungsart soll daher insbesondere unter kontrollierten Laborbedingungen erneut geprüft werden. Bezogen auf die Wurzellänge unterschieden sich die Varianten ebenfalls nicht signifikant voneinander. Die höchsten Werte bei den Gesamtwurzellängen wurden bei der Variante „micro_b“ erzielt (siehe Abb. 1), welches die Partikelgrößen 4-8 mm beschreibt. Die geringste Wurzellänge wurde bei der Gruppe der größeren PVC-Partikel (> 8) beobachtet. Dieser Effekt war nicht signifikant. Diese Beobachtung steht im Kontrast zu vorausgegangenen Versuchen, in denen die Auswirkungen von MP größer waren, je kleiner die verwendeten Polymere waren. Dass die Pflanzen ein generell durch MP verändertes Wurzelwachstum zeigen, konnte in diesem Versuch nicht bestätigt werden. Die Hypothese, durch MP indirekt induzierten Trockenstress in diesem Freilandversuch nachzuweisen, konnte somit ebenfalls nicht bestätigt werden.

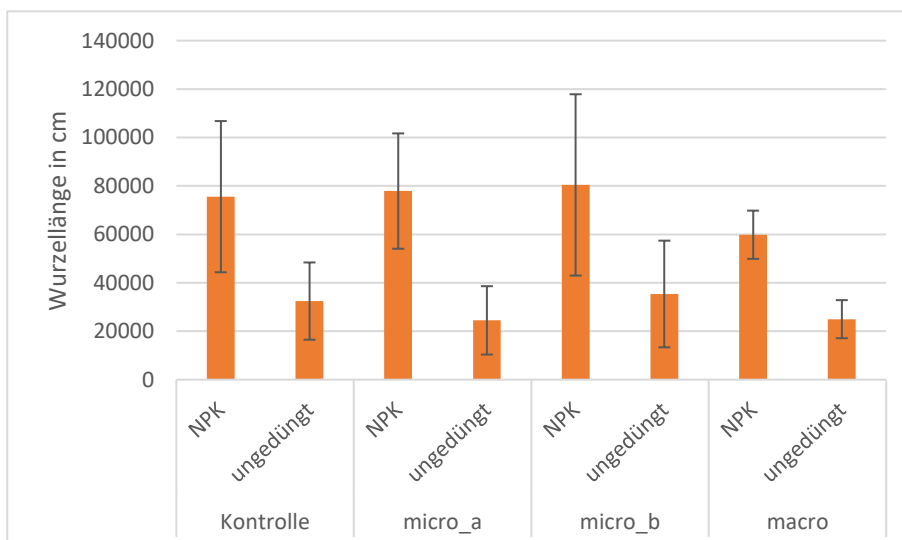


Abb. 1: Gesamtwurzellänge von Weidelgras (*Lolium perenne*) in cm, gezeigt für die verschiedenen Behandlungen mit Mikroplastik (Kontrolle, micro_a, micro_b, macro) sowie die zwei unterschiedlichen Düngevarianten (NPK; ungedüngt). Dargestellt sind Mittelwerte sowie Standardabweichungen.

Schlussfolgerung

Insbesondere in kontrollierten Laborversuchen ließ sich in der Vergangenheit zeigen, dass MP negative Auswirkungen auf das Wachstum von Gräsern haben kann. Im Speziellen trifft der Einfluss dieses Stressors dabei die juvenilen Wachstumsstadien initiale Keimung und Jugendentwicklung. Trockenstress als ein Resultat von Mikroplastik im Boden konnte unter den hier getesteten Bedingungen jedoch nicht festgestellt werden. Dabei sind die konkreten Auswirkungen von MP wie gezeigt insbesondere unter Freilandbedingungen schwer quantifizierbar. Schätzungen darüber, welche realen Mikroplastik-Konzentrationen in den verschiedenen Böden überhaupt vorliegen, sind bislang nur rudimentär vorhanden. Allerdings ist in Anbetracht einer kontinuierlich steigenden Nachfrage nach Polymerprodukten in den nächsten Dekaden mit einer Zunahme der globalen Mikroplastik-Kontamination zu rechnen. Auch wenn eine Vielzahl politischer und gesellschaftlicher Anstrengungen um eine Eindämmung von Kunststoffabfällen in der Umwelt bemüht ist. Es bleibt daher essenziell, weiterhin an detaillierten Versuchsergebnissen zu arbeiten, die Aufschluss darüber geben können, wie genau dieser Kontaminant das pflanzliche Wachstum beeinflussen kann und ob diesem Prozess eventuell kompensatorische Mechanismen zu Grunde liegen können. Insbesondere die isotopischen Analysen des Pflanzenmaterials sind hierbei ein Ansatz, mit dem wir weiter daran arbeiten, Kenntnisse über die Zusammenhänge von Mikroplastik und dem Wassermanagement von Wirtschaftsgräsern zu mehren.

Literatur

- Brahney, J., Hallerud, M., Heim, E., Hahnenberger, M., & Sukumaran, S. (2020): Plastic rain in protected areas of the United States. *Science* (New York, N.Y.), 368(6496), 1257–1260. <https://doi.org/10.1126/science.aaz5819>.
- Esterhuizen, M., Vikfors, S., Penttinen, O.-P., Kim, Y. J., & Pflugmacher, S. (2022): *Lolium multiflorum* germination and growth affected by virgin, naturally, and artificially aged high-density polyethylene microplastic and leachates. *Frontiers in Environmental Science*, 10, Article 964230. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.964230>.
- Keller, A. S., Jimenez-Martinez, J., & Mitrano, D. M. (2020): Transport of Nano- and Microplastic through Unsaturated Porous Media from Sewage Sludge Application. *Environmental Science & Technology*, 54(2), 911–920. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b06483>.
- Kim, S. W., & An, Y.-J. (2019): Soil microplastics inhibit the movement of springtail species. *Environment International*, 126, 699–706. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.067>.
- Lehmann, A [Anika], Leifheit, E. F., Gerdawischke, M., & Rillig, M. C. (2021): Microplastics have shape- and polymer-dependent effects on soil aggregation and organic matter loss – an experimental and meta-analytical approach. *Microplastics and Nanoplastics*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/s43591-021-00007-x>.
- Lian, J., Wu, J., Xiong, H., Zeb, A., Yang, T., Su, X., Su, L., & Liu, W. (2020): Impact of polystyrene nanoplastics (PSNPs) on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Hazardous Materials*, 385, 121620. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121620>.
- Rillig, M. C., & Lehmann, A [A.] (2020): Microplastic in terrestrial ecosystems. *Science* (New York, N.Y.), 368(6498), 1430–1431. <https://doi.org/10.1126/science.abb5979>.
- Rong, L., Wang, Y., Meidl, P., Wang, L., & Sun, H. (2023): Microplastics affect soybean rhizosphere microbial composition and function during vegetative and reproductive stages. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 252, 114577. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114577>.

Umsetzung der Grobfutterbewertung nach GfE (2023) und Ableitung von Orientierungswerten

H. Spiekers¹, M. Schneider¹, C. Böttger², R. Resch³

¹Lfl-Tierernährung, Grub, ²LWK NRW, Bad-Sassendorf, ³HBLFA, Gumpenstein

Hubert.Spiekers@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Vom Ausschuss für Bedarfsnormen (AfBN) der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) wurde in 2023 das Buch "Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen" (GfE 2023) herausgebracht. Die Schrift beinhaltet grundlegend neugefasste Empfehlungen zur Bewertung der Futtermittel und zur Versorgung der Milchkuh. Die Umsetzung der Empfehlungen ist für 2025 unter Federführung des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung vorgesehen (Rodehutsord und Spiekers 2024). Die energetische Bewertung der Futtermittel erfolgt zukünftig für alle Wiederkäuer auf Basis der nach dem **dreistufigen System** berechneten ME. Beim Protein erfolgt die Bewertung zukünftig auf Basis des **small intestinal digestible Proteins (sidP)** bzw. den sidAA für die einzelnen Aminosäuren. Die veränderte Bewertung erfordert auch eine Neufassung der Orientierungswerte für die Grobfutter. In der in Erarbeitung befindlichen Neuauflage des Praxishandbuchs Futter- und Substratkonservierung werden die Orientierungswerte abgestimmt und vorgestellt.

Material und Methoden

Auf Basis der Empfehlungen der GfE (2023) werden die Kenngrößen zur Bewertung der Silagen beim Wiederkäuer aktualisiert. Für die wichtigsten Grobfutter werden Orientierungswerte für Silage und Heu abgeleitet. Basis sind vorliegende Analyseergebnisse aus den Laboren zur routinemäßigen Untersuchung von Grobfuttermitteln sowie Ergebnisse von Projekten und Erhebungen z.B. KleeLuzPlus. Die Werte sollen Orientierung bei der Umstellung und der zukünftigen Ausrichtung der Futtererzeugung geben.

Weiterhin wird das geplante Vorgehen bei der Umstellung der Futterbewertung erläutert. Basis sind die Arbeiten des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung und die weitere Abstimmung auf Bundesebene. Darüberhinaus erfolgt eine Abstimmung mit den Gremien in Österreich und allen interessierten Kreisen, da eine nutzerorientierte und länderübergreifende Umsetzung geplant ist.

Ergebnisse und Diskussion

Voraussetzung einer an den Nährstoffansprüchen der Nutztiere orientierten Fütterung sind qualitativ und hygienisch einwandfreie Silagen. Entscheidend ist hierbei, dass die Qualität bis zur Futteraufnahme am Trog gewährleistet ist. Futterwert und Futteraufnahme sind maßgebend für die Leistungsfähigkeit der Ration. Die Futterkonservierung hat die Aufgabe, den unerwünschten Stoffabbau und -umbau möglichst gering zu halten, um die gesetzten Ziele zu erreichen. Der Tabelle 1 sind die wichtigsten Kenngrößen der Futterqualität beim Rind zu entnehmen. Die angesprochenen Kenngrößen sind auch bei anderen Tierarten oder der Verwertung als Substrat zur Gewinnung von Biogas zu berücksichtigen. Unterschiede ergeben sich teils in den Zielwerten und der Gewichtung der Größen. Generell hat die Festlegung der Zielwerte auf Basis der Strategie im Einzelbetrieb zu erfolgen. Da die Milchkuhhaltung und die Rindermast den größten Teil des Futters beanspruchen, werden hier die Werte näher betrachtet.

Neben dem Energiegehalt und dem Proteinwert sind Aspekte der Strukturwirkung, der Kohlenhydratversorgung, der Mineral- und Wirkstoffversorgung und nicht zuletzt der Gärqualität, der hygienischen Beschaffenheit und der Stabilität der Silage von Belang. Zur energetischen Futterbewertung wird beim Wiederkäuer das System der Umsetzbaren Energie (ME) angewendet. Anwendung findet hierbei das dreistufige System. Von der verdaulichen Energie werden die Energieverluste über Harn und Methan abgezogen, um zur ME zu gelangen. Beim Proteinwert sind bei der Milchkuh die Wirkungen im Vormagen (Proteinabbau und Bildung von Mikrobenprotein) und die Verdaulichkeit im Dünndarm über das sidP (dünndarmverdauliches Protein) bzw. die sidAA (dünndarmverdauliche Aminosäuren) zu berücksichtigen. Die N-Versorgung der Pansenmikroben wird über das ruminale N-Saldo (RMD) beurteilt.

Tab. 1: Kenngrößen der Futterqualität von Silage beim Rind

-
- Verdaulichkeit
 - **OMD**, Verdaulichkeit der organischen Masse, %
 - Energiegehalt
 - **MJ ME** (*Megajoule Umsetzbare Energie*)
 - Proteinwert
 - Milchkuh
 - **sidP**, dünndarmverdauliches Protein bzw. **sidAA**, dünndarmverdauliche Aminosäuren
 - **RMD**, mikrobielles N-Saldo
 - wachsende Rinder und Mutterkühe
 - **CP**, Rohprotein (N x 6,25)
 - Strukturwirkung
 - aNDFom, peNDFom, Häcksel- bzw. Schnittlänge, CSPS, Vermahlung
 - Kohlenhydratgehalte
 - Zucker, Stärke, beständige Stärke
 - Mineral- und Wirkstoffgehalte
 - Mengenelemente, Spurenelemente, Vitamine
 - Gärqualität
 - pH-Wert, Gärsäuren, Ethanol, NH₃-N (*Ammoniak-Stickstoff*)
 - Hygienische Beschaffenheit
 - Rohasche- bzw. Sandgehalt, Clostridiensporengehalt, Schimmelpilze, Hefen
 - Aerobe Stabilität (*Nacherwärmung und Verpilzung*)
-

aNDFom = Neutrale-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung (a) und Veraschung (om); peNDF = physikalisch effektive NDF; CSPS = **C**ornell **S**mall **P**articel **S**eparator

Die Menge an Mikrobenprotein wird auf Basis der verdaulichen organischen Masse (DOM) abgeschätzt. Ein zentraler Kennwert der Futterqualität ist daher die Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD). Ziel ist ein möglichst geringer Proteinabbau im Silo, um hohe sidP- bzw. sidAA-Werte zu gewährleisten. Ein Indikator für den Proteinabbau im Silo ist der Anteil an Protein am CP. Erfasst werden kann dieser über die chemische Rohproteinfraktionierung. Das Protein steht in Zusammenhang mit dem Anteil an unabgebautem Protein (UDP) und trägt damit zu höheren Gehalten an sidP bzw. sidAA bei. Die Angabe der anzustrebenden Futterwerte erfolgt bei Fütterung auf Erhaltungsniveau (FAN = 1). Das Futteraufnahmeniveau (FAN) berechnet sich mit 50 g TM je kg metabolische Körpermasse (KM_{0,75}). Bei höherem FAN beschleunigt sich die Passage, was eine Reduktion der Verweildauer und damit des Abbaus des Futters im Magen/Darmtrakt zur Folge hat. Dies bedingt einen Rückgang in der Verdaulichkeit und damit in der ME und in der Mikrobenproteinmenge. Der Anteil an im Vormagen unabgebautem Rohprotein (UDP) erhöht sich. Die physikalische und chemische Strukturwirkung des Futters wird beim Rind über die physikalisch effektive NDF (peNDF) erfasst. Ziel- bzw. Orientierungswerte für die analytisch fassbaren Größen des Futterwertes sind den Tabellen 2 und 3 zu entnehmen. Die Werte beziehen sich auf die Milchkuh- und Rinderfütterung. Zur Kennzeichnung der Faserfraktionen finden entsprechend der bundesweiten Vereinbarungen ADFom und aNDFom Anwendung.

Aufgeführt sind die Werte für Gras- und Maissilage. Bei der Grassilage ergeben sich in der Regel abnehmende Energie- und sidP-Werte vom ersten zu den Folgeschnitten. In stark maisbetonten Rationen werden teils höhere Gehalte an Rohprotein von 17 % der TM und mehr bei Grassilage angestrebt. Um einen möglichst geringen Proteinab- und -umbau während der Silierung zu gewährleisten sollte der Anteil Protein 50 % des Rohproteins übersteigen. Der Stärkegehalt ist bei der Maissilage zu beachten. Neben der Stärkemenge ist auch deren Abbauverhalten von Belang. Mit steigender Ausreife erhöht sich die Beständigkeit der Stärke im Vormagen. Durch die Silierung wird die Stärke zum Teil aufgeschlossen, so dass die Beständigkeit mit der Lagerdauer abnimmt. Bei der Grassilage sollten auch die Zuckergehalte bestimmt werden. Eine Ermittlung und Abschätzung der dargestellten Größen erfolgt über die Analyse des Grobfutters.

Tab. 2: Vorläufige Orientierungswerte für gute Gras- und Maissilagen in der Milchkuh- und Rinderfütterung

Parameter	Einheit	Grassilage	Maissilage
Trockenmasse (TM)	g/kg	300 – 400	300 – 380 ¹⁾
Rohasche	g/kg TM	< 100	< 35
Rohprotein (CP)	g/kg TM	150 – 170 ²⁾	< 80
Protein ³⁾	% des CP	> 50	
aNDFom	g/kg TM	440 – 480	360 – 400
ADFom	g/kg TM	240 – 270	200 – 220
ELOS	g/kg TM	> 700	> 690
Gasbildung	ml/200 mg TM	≥ 47	k. A.
Stärke	g/kg TM	-	> 320
ME	MJ/kg TM	≥ 11,2 bzw. ≥ 10,8⁴⁾	≥ 11,4
OMD	%	≥ 76 bzw. ≥ 73 ⁴⁾	75
sidP	g/kg TM	82	83
RMD	g N/kg TM	+ 6	- 8

¹⁾ In Abhängigkeit vom Kornanteil; ²⁾ 130 – 150 g/kg TM bei Ackergrassilage; ³⁾ ein möglichst geringer Proteinabbau ist anzustreben, um hohe sidP-Werte zu gewährleisten; ⁴⁾ 1. Schnitt bzw. Folgeschnitte; aNDFom und ADFom - NDF bzw. ADF nach Amylaseaufschluss (a) und Veraschung (om); OMD – Verdaulichkeit der organischen Masse; k. A. – keine Angabe

Im Ackerfutterbau werden verstärkt auch Klee gras- und Luzernesilagen für die Milchkuhfütterung erstellt. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf den Rohproteingehalten und den Proteinwerten. Zu beachten ist, dass insbesondere Luzerneprodukte im Vergleich zur OMD und den ME-Gehalten relativ gut gefressen werden. Ein Grund liegt in der vergleichsweise schnelleren Passagerate. Dies ist bei der Rationsplanung zu beachten.

Tab. 3: Vorläufige Orientierungswerte für gute Klee gras- und Luzernesilagen in der Milchkuh- und Rinderfütterung

Parameter	Einheit	Klee grassilage	Luzernesilage
Trockenmasse (TM)	g/kg TM	300 – 400	
Rohasche	g/kg TM	< 105	
Rohprotein (CP)	g/kg TM	155 – 175	170 – 190
Protein ¹⁾	% des CP	> 50	
aNDFom	g/kg TM	400 – 460	400 – 460
ADFom	g/kg TM	260 – 300	300 – 350
Gasbildung	ml/200 mg TM	≥ 45	≥ 39
ME	MJ/kg TM	≥ 11,0 bzw. ≥ 10,0²⁾	≥ 10,0 bzw. ≥ 9,0²⁾
OMD	%	≥ 75 bzw. ≥ 70,0 ²⁾	≥ 70 bzw. ≥ 65,0 ²⁾
sidP	g/kg TM	≥ 83	≥ 82
RMD	g N/kg TM	< + 7	< + 10

¹⁾ ein möglichst geringer Proteinabbau ist anzustreben, um hohe sidP-Werte zu gewährleisten; ²⁾ 1. Schnitt bzw. Folgeschnitte; aNDFom und ADFom - NDF bzw. ADF nach Amylaseaufschluss (a) und nach Veraschung (om); k. A. – keine Angabe; OMD – Verdaulichkeit der organischen Masse

Für die Umstellung in Forschung und Praxis ist folgender Weg angedacht: Die Ernte 2025 soll nach GfE (2023) bewertet werden. Die Umstellung der Rationsplanung und Deklaration der Handelsfutter soll zu einem Stichtag im Herbst 2025 erfolgen. In der Versuchstätigkeit sollte sobald als möglich die Umsetzung etabliert werden. Dies gilt für den Pflanzenbau, die Futterwirtschaft und die Tierernährung.

Schlussfolgerungen

Die neuen Normen der GfE (2023) erfordern eine grundlegende Umstellung der Futterbewertung. Als Vorteil ergibt sich die Bewertung der Energie auf Basis des dreistufigen Systems für alle Wiederkäuer. Als neue Kenngröße tritt die Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD) in den Vordergrund. Erste Auswertungen (Rodehutsord 2024) zeigen, dass insbesondere bei hohen OMD die Energiewerte erheblich höher liegen als bei Anwendung von GfE (2001). Dies eröffnet erhebliche Perspektiven für hochwertige Grobfutter, die es im Interesse einer nachhaltigen Erzeugung von Milch und Fleisch zu nutzen gilt. Mit dem neuen System ist die internationale Anschlussfähigkeit gegeben und die Bewertung der Grobfutter auf dem aktuellen wissenschaftlichen Stand.

Literatur

GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen und Aufzuchttrindern. Heft 8: Energie- und Nährstoffbedarf Landwirtschaftlicher Nutztiere. DLG-Verlag Frankfurt a.M..

GfE (2023): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. Nr. 12: Energie- und Nährstoffbedarf Landwirtschaftlicher Nutztiere. DLG-Verlag Frankfurt a.M..

Rodehutscord M. (2024): Die neuen Versorgungsempfehlungen der GfE für Milchkühe: Was auf die Branche zukommt. in: Tagungsband 51. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2024, 1 – 5, ISBN: 978-3903452-08.

Rodehutscord M., Spiekers H. (2024): Neue Versorgungsempfehlungen der GfE: Sachstand und Vorgehen bei der Praxiseinführung. FeedMagazine/Kraftfutter 3-4/2024: 13 – 18.

Solar grazing: Der Effekt von hochaufgeständerten PV-Modulen auf Rinderbeweidung und Grünland auf Moorböden

D. Hamidi¹, L. Karrasch², L. Wilms¹, C. Siede¹, F. Sieve³, H. Gerken²,
M. Hamidi⁴, A. Krause², M. Kleyer⁵, J. Isselstein¹

¹Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Graslandwissenschaften,
Georg-August Universität Göttingen

²Grünlandzentrum Niedersachsen/Bremen, Albrecht-Thaer-Str 1, 26939 Ovelgönne

³Geo-Lab Universität Vechta, Driverstr. 22, 49377 Vechta

⁴Heisterholz-Mühle 1, 30916 Isernhagen

⁵Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Caroline.siede@uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Die Milchviehhaltung erwirtschaftet aktuell über ihren Deckungsbeitrag den größten Anteil der landwirtschaftlichen Wertschöpfung der Region Wesermarsch (Niedersachsen). Weidehaltung ist eine verbreitete Nutzungsform auf den hier vorherrschenden kohlenstoffreichen Böden. Überlegungen zur Wiedervernässung dieser Böden als Klimaschutzmaßnahme müssen alternative Wertschöpfungspotenziale für die dortigen Betriebe beinhalten (Jansen-Minßen et al. 2022). Eine Anhebung der Wasserstände unter Flur und damit verbunden die Nutzungsanpassung in Form von z.B. innovativem Weidemanagement, Reduktion der Tierzahlen und/oder der Nutzung dieser Flächen mit angepassten Rassen ist möglich, bedeutet gleichzeitig aber auch einen deutlichen agronomischen Verlust. Als eine ökonomisch interessante Option der fortgesetzten landwirtschaftlichen Nutzung von wiedervernässten Moorflächen wird die Kombination von Photovoltaik (PV) mit landwirtschaftlicher Weidenutzung diskutiert. Dabei kommen nicht nur extensive Weideverfahren in Frage, auch der Weidegang von Milchkühen in solchen Anlagen wird erwogen. Bisher liegen aber kaum wissenschaftliche Untersuchungen vor, um die agronomischen und ökologischen Effekte hochaufgeständerter PV-Module auf Grünland an einem Moorstandort mit Beweidung besser einordnen zu können. Hier wurden insbesondere die Auswirkungen auf die Vegetation, die Chlorophyllgehalte der oberirdischen Biomasse und die Tieraufenthalte untersucht.

Material und Methoden

Wir untersuchten Vegetation (Arten und Vegetationsdichte), Chlorophyllgehalte, komprimierte Grasnarbenhöhe (CSH) und das Verhalten von weidenden Kühen (Holstein-Friesian) in zwei Behandlungen. Die Messungen wurden unter als Weideunterstände nutzbaren, hochaufgeständerten PV-Modulen (n=zwei Bereiche; 10 x 5 m je PV-Modul; Unterkante ca. 210 cm, errichtet im August 2023) sowie in zwei Kontrollbereichen (jeweils 10 x 5 m) auf derselben Moorweidefläche (1,63 ha) in Elsflath (Niedersachsen, Nordwestdeutschland) während einer Weideperiode (14.05.2024 – 27.05.2024) durchgeführt. Vor und nach der Untersuchung wurden alle Tiere tierärztlich begutachtet und die PV-Module auf eventuelle Beschädigungen untersucht, um die grundsätzliche Weideeignung zu überprüfen. Auf der Fläche befindet sich eine Wetterstation, die durchschnittliche Temperaturen von $17,3 \pm 4,0$ (Mittelwert und Standardabweichung) und eine Niederschlagssumme von 42 mm für die untersuchte Weideperiode aufzeichnete. Die zwei Kontrollbereiche wurden in 50 m Distanz zu den Außenstützen des jeweiligen PV-Moduls in Nordrichtung auf der Weide eingemessen und für die Vegetations- und Datenaufnahme mit Stäben markiert. Die Messungen der Chlorophyllgehalte erfolgten mithilfe eines SPAD-Handgerätes (SPAD-502, Konica Minolta). Um eine Vergleichbarkeit der SPAD-Werte zu gewährleisten, erfolgten die Chlorophyllmessungen ausschließlich an voll ausgebildeten Blättern des Grases *Lolium perenne*. Um eventuelle Effekte der PV-Module in Abhängigkeit zur Entfernung zur Außenkante bzw. der Distanz zum Boden untersuchen zu können, wurden sowohl die CSH-Messungen als auch die Messungen der Chlorophyllgehalte an drei unterschiedlichen Positionen je Modul (hoch (Norden), Mitte, tief (Süden)) durchgeführt (n=20 je Position): Die nach Norden ausgerichtete Modulaußenkante ist mit ca. 350 cm am höchsten, während die nach Süden ausgerichtete Modulaußenkante mit 210 cm Höhe deutlich niedriger ist. Die Messungen in den beiden Kontrollbereichen wurden identisch dazu durchgeführt. Danach wurden 10 mit GPS-Halsbändern (® Nofence, AS, Batnfjordsøra Norway) ausgerüstete Kühe und Färsen (Alter: $4,4 \pm 0,7$ und $2,1 \pm 0,3$ (jeweils Mittelwert $\pm$ Standardabweichung)) auf die Weidefläche gebracht.

Die GPS-Halsbänder liefern im Intervall von einer Minute Positionsdaten der Tiere, die in aktive Zeit und Liegezeit unterteilt werden können (Hamidi et al. 2023). Für die Auswertungen der räumlichen Aufenthaltsdaten der Tiere konnten nur acht Tiere berücksichtigt werden, da zwei der GPS-Halsbänder keine Daten lieferten. Nach dem Weideabtrieb wurde eine Vegetationsaufnahme und eine Deckungsgradschätzung vorgenommen. Alle statistischen Analysen wurden mit der Software R durchgeführt (© 2023 The R Foundation for Statistical Computing). SPAD- und CSH-Werte wurden mithilfe eines generalisierten gemischten Modells (Paket 'glmmTMB') mit den festen Effekten Behandlung und Position sowie Probennummer genestet in Bereich als Zufallseffekt untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Unter den PV-Modulen wurden signifikant ($p = 0,002$) höhere SPAD-Werte gemessen (PV-Module: $41,6 \pm 0,84$; Kontrollbereiche: $35,0 \pm 0,84$ (Mittelwert $\pm$ Standardfehler)). Die Messungen an den unterschiedlichen Positionen (hoch, Mitte, tief) unterschieden sich dagegen nicht signifikant (Abb. 1).

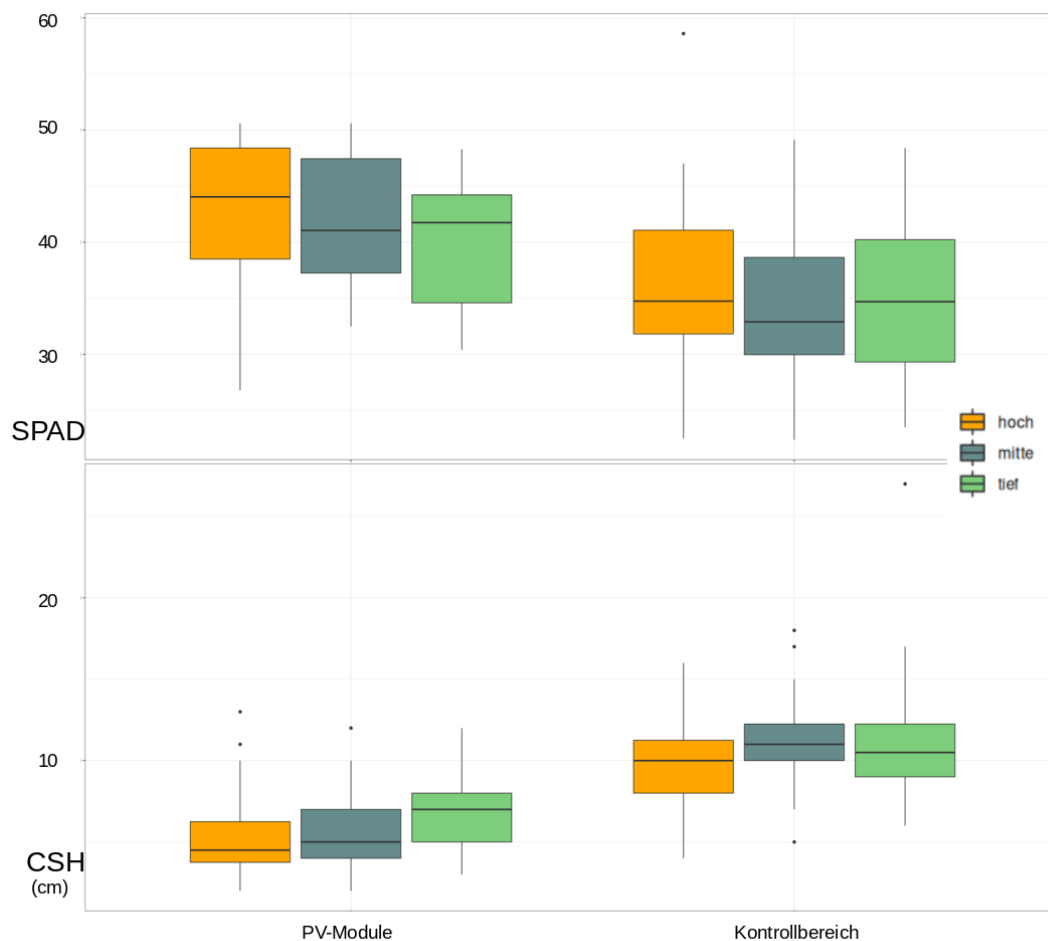


Abb. 1: Boxplots der Behandlungen (PV-Module, Kontrollbereiche) für Chlorophyllgehalte (SPAD) und Grasnarbenhöhen (CSH) an den unterschiedlichen Positionen (hoch, Mitte, tief) vor Beginn der Weideperiode (03.05.2024).

In einer Studie von Sieve et al. (2024) wurden unter niedrig aufgeständerten PV-Modulen ebenfalls signifikant höhere Chlorophyllgehalte von *Holcus lanatus* im Vergleich zu den Bereichen ohne PV-Module gemessen. In verfügbaren Studien (z.B.: Brand, 1997; Van Huylenbroeck and Van Bockstaele, 2001) wurde bereits für verschiedene Futterpflanzen nachgewiesen, dass Beschattung zu höheren Chlorophyllgehalten in Blättern unterschiedlicher Arten führt. Unter den PV-Modulen wurden signifikant ($p = 0,023$) niedrigere CSH Werte gemessen (Abb.1). Die Messungen an den unterschiedlichen Positionen wiesen keine signifikanten Unterschiede auf. Da die Fläche bereits vor der untersuchten Weideperiode beweidet wurde, kann man jedoch nicht mit Sicherheit sagen, ob die niedrigeren CSH-Werte ein Effekt der PV-Module oder der vorangegangenen Weideperiode sind. Zinken et al. (2024) berichten über eine leicht reduzierte Biomasseproduktion in Bereichen mit (niedrig aufgeständerten) PV-Modulen.

Die Vegetationsanalyse wies *Lolium perenne* und *Poa trivialis* als Hauptbestandbildner in beiden Behandlungen aus. Insgesamt kamen neun Arten nur in den Kontrollbereichen vor, drei Arten nur im Bereich der PV-Module und fünf Arten in beiden Behandlungen (Tab. 1). Da unter den PV-Modulen deutlich höhere Trittschäden aufgenommen wurden und somit weniger Vegetation bestimmt werden konnte, lässt sich nicht genau sagen, ob es durch die PV-Module zu einer Reduzierung der Arten gekommen ist oder die vermehrten Tieraufenthalte dazu geführt haben. Hervorzuheben ist, dass drei Arten trotz der Reduzierung der Vegetationsbedeckung um 45 % im Vergleich zu den Kontrollbereichen nur im Bereich der PV-Module vorkamen (Tab. 1). Dabei handelt es sich um trittverträgliche bzw. Ruderalarten.

Tab. 1: Vegetationsbestimmung nach dem Abtrieb der Kühe und Färsen. Aufgenommen wurden der Anteil offenen Bodens und der Deckungsgrad (%) sämtlicher Arten.

	PV-Module	Kontrollbereiche
Offenbodenanteil	50,0	5,0
Krautschichtanteil	50,0	95,0
<i>Lolium perenne</i>	25,0	55,0
<i>Poa trivialis</i>	20,0	20,0
<i>Holcus lanatus</i>	0,5	10,0
<i>Plantago major</i>	1,5	0,0
<i>Stellaria media</i>	1,0	5,0
<i>Polygonum aviculare</i>	1,0	0,0
<i>Taraxacum sect. ruderalia</i>	0,5	0,0
<i>Rumex crispus</i>	0,5	0,5
<i>Dactylis glomerata</i>	0,0	1,0
<i>Achillea millefolium</i>	0,0	1,0
<i>Polygonum amphibium</i>	0,0	1,0
<i>Glechoma hederacea</i>	0,0	1,0
<i>Ranunculus repens</i>	0,0	1,0
<i>Rumex obtusifolius</i>	0,0	1,0
<i>Trifolium repens</i>	0,0	0,5
<i>Lamium purpureum</i>	0,0	0,5
<i>Urtica dioica</i>	0,0	0,5

Sowohl aktive Zeit als auch Liegezeit wurde unter den PV-Modulen verbracht. Hohe Standardabweichungen lassen auf starke tierindividuelle Unterschiede schließen. PV-Modul 1 wurde während der aktiven Zeit bevorzugt aufgesucht (Tab. 2). Insgesamt betrug die unter den PV-Modulen verbrachte Zeit (Liegezeit und aktive Zeit) 1,1 % der täglichen Gesamtzeit pro Tier, während die in den Kontrollbereichen verbrachte Zeit einen Anteil von 0,6 % an der täglichen Gesamtzeit je Tier ausmachte. Diese niedrigen Anteile an der Gesamtzeit je Tag und Tier ergaben sich, da sich die Tiere zusätzlich zu den beiden untersuchten Behandlungen auf der Fläche frei bewegen konnten. Trotz dieser Einschränkungen lässt sich sagen, dass die Tiere die beiden Bereiche mit PV-Modulen nicht gemieden haben im Vergleich zu den beiden Kontrollbereichen, sondern eher bevorzugten.

Tab. 2: Durchschnittliche verbrachte Zeit (min) je Tier, Tag und Bereich. Gezeigt werden Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung.

	PV-Modul 1	PV-Modul 2	Kontrolle 1	Kontrolle 2
Aktive Zeit	13,8 $\pm$ 16,1	5,9 $\pm$ 6,7	3,5 $\pm$ 3,9	5,0 $\pm$ 8,7
Liegezeit	5,6 $\pm$ 14,8	4,3 $\pm$ 16,1	4,7 $\pm$ 14,7	5,0 $\pm$ 15,4

In einer Studie von Sharpe et al. 2021 konnte ein positiver Effekt von PV-Modulen als Schattenspende für grasende Milchkühe gezeigt werden. Die Körpertemperatur der Kühe, die in der Fläche mit PV-Modulen grasten, konnte deutlich reduziert werden.

In der vorliegenden Untersuchung konnten weder Verletzungen an den Tieren noch Beschädigungen an den Modulen festgestellt werden.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass weder Verletzungen an den Tieren noch Beschädigungen an den Modulen auftraten, was für eine grundsätzliche Eignung von hochaufgeständerten PV-Modulen zur Nutzung mit Kühen spricht. Deutliche Unterschiede in den vegetationsbezogenen Daten zwischen den Behandlungen wurden festgestellt. Obwohl weitere Forschung mit größeren PV-Anlagen notwendig ist, um das räumliche Verhalten von Kühen und Färsen abschließend zu klären, liefert diese Untersuchung erste Erkenntnisse über die Auswirkungen hochaufgeständerter PV-Module auf die darunterliegende Vegetation und die grasenden Tiere und ebnet damit den Weg für eine multifunktionale Landnutzung.

Literatur

- Brand, M.H. (1997): Shade influences plant growth, leaf color, and chlorophyll content of *Kalmia latifolia* L. cultivars. *HortScience* 32: 206–208.
- Hamidi, D., Hütt, C., Komainda, M., Grinnell, N. A., Horn, J., Riesch, F., Hamidi, M., Traulsen, I., Isselstein, J. (2023): Grid grazing: A case study on the potential of combining virtual fencing and remote sensing for innovative grazing management on a grid base. *Livestock Science* 278: 105373.
- Jansen-Minßen, F., Klinck, L. & Krause, A. (2022): Zukunft der Moorstandorte in der Küstenregion Niedersachsen, Fakten, Fragen, Handlungsansätze, Grünlandzentrum Niedersachsen/Bremen e.V., Ovelgönne. https://www.naturschutz-energiewende.de/wp-content/uploads/KNE_Photovoltaiik_auf-wiedervernaessten_Moorboeden.pdf
- Sharpe, K. T., Heins, B. J., Buchanan, E. S. & Reese, M. H. (2021): Evaluation of solar photovoltaic systems to shade cows in a pasture-based dairy herd. *Journal of dairy science*, Vol. 104:3: 2794-2806.
- Sieve, F., Hamidi, D., Siede, C., Wilms, L., Zinken, L., Kunz, F., Isselstein, J., Hamidi, M., Kayser, M. (2024): Grün oder Grüner? Variabilität der Chlorophyllkonzentration in einer beweideten Freiflächen-Photovoltaik-Anlage. *Internationale Weidetagung in Ravensburg*: 89-93.
- Van Huylenbroeck, J.M., Van Bockstaele, E. (2001): Effects of shading on photosynthetic capacity and growth of turfgrass species. *Int. Turfgrass Soc. Res. J* 9: 353–359.
- Zinken, L., Hamidi, D., Tegtmeyer, P., Kayser, M., Isselstein, J. (2024): Microclimate, grass growth and herbage quality of peat grassland under free field photovoltaic modules. "Why grassland" General Meeting of the European Grassland Federation, 9– 13 June 2024, Netherlands.

Satellitengestützte KI-Bildauswertung zur Erfassung von Schnittzeitpunkten im Dauergrünland

D. Stäblein, S. Hartmann

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,
Am Gereuth 4, 85354 Freising
David.Staeblein@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Dauergrünland stellt in den letzten Jahren ca. 30 Prozent der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche in Bayern dar und unterscheidet sich durch seine Artenvielfalt und Nutzungsmaßnahmen deutlich vom Ackerland- bzw. rotierenden Feldfrüchteanbau (Heinz 2020). Insbesondere diese teilweise sehr unterschiedlichen Maßnahmen, wie Schnitt, Beweidung oder Düngung haben einen starken Einfluss auf Ertrag, Futterqualität und Artenvielfalt auf der Grünfläche (Gruber 2006). Eine länderweite Erfassung dieser heterogenen Landnutzung hinsichtlich ihres Beitrages beispielsweise zur Grundfuttersicherung gestaltet sich in der Praxis meist als nicht durchführbar, da der Ertrag als Tierfutter auf dem Hof verbleibt und folglich kaum eine qualitative und quantitative Datenaufnahme stattfindet.

In Betracht klimatischer Veränderung, Verlust von landwirtschaftlicher Fläche, Bestrebungen zu mehr Biodiversität in der Landwirtschaft, Sortenberatung, wie auch langfristiger Grundfuttersicherung der Vieh- und Milchwirtschaft wird es in Zukunft immer wichtiger, konkrete und regionale wie auch überregionale Aussagen über den Zustand des Grünlandes und deren Nutzungsintensitäten treffen zu können.

Insbesondere die Schnitthäufigkeit und deren Zeitpunkte können als Grundlage und zur Ableitung weiterer Informationen der Fläche verstanden werden, wodurch diese Informationen oftmals als entscheidende Parameter betrachtet werden (Tälle 2018).

Diese Problematik kann jedoch durch das inzwischen etablierte Satellitenprogramm Copernicus mit seinen Sentinel Daten durch regelmäßige Aufnahmen in einem überregionalen Kontext bei zeitgleich guter Qualität gelöst werden. Ziel ist daher, eine bayernweite Erfassung der Schnittzeitpunkte und deren Anzahl während der gesamten Schnittperiode zu generieren. Der im Folgenden vorgestellte äußerst rechenintensive Forschungsansatz dient primär der Validierung von Daten privater Akteure anhand KI-basierter Einzelbildauswertung und hat den Fokus, ein möglichst genaues Bild der jeweiligen Fläche und ihrer Nutzung in Bezug auf Zeit und Art zu erfassen.

Material und Methoden

Nach erfolgreichen Vorgängerprojekten, deren Ziel die Machbarkeit und später die Erfassung von Schnitten in einzelnen Anbauswerpunkten Bayerns war, wurde mit dem Projekt MasterGras im Jahr 2020 das Ziel einer bayernweiten Schnitt- und Ertragserfassung anvisiert. Hauptaufgabe der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft im Kooperationsprojekt mit der GAF-AG ist neben der Datenakquise auch die Validierung und Bewertung der Schnitt- und Ertragserfassung der GAF-AG. Auf Grund der äußerst geringen Datenverfügbarkeit von Schnittterminen zur Bereitstellung und Validierung, wurden über WebCam-Aufnahmen Schnitttermine visuell erfasst und den entsprechenden Flächen zugeordnet. Die teilweise geringe WebCam Dichte (insbesondere in Franken) erfordert jedoch einen zusätzlichen Ansatz für die Validierung.

Als Datengrundlage dienen hierbei Landsat 8 und Sentinel 2 Daten, deren Aufnahmen zu einem wöchentlichen Raster verrechnet werden. Für die Auswertung wird primär mit den Bändern zur Berechnung des NDVI gearbeitet, da hiermit ein gleiches bzw. ähnliches Aufnahmespektrum der Satellitensysteme möglich ist. Durch die Kombination beider Systeme können die Landsat Daten (mittels resampling) auf Rasterzellengröße von Sentinel 2 (10 x 10 m) reduziert werden und folglich die Aufnahmedichte erhöht werden.

Die Verrechnung beider Systeme, wie auch ein Bewölkungsfilter, erfolgt über Google Earth Engine, wodurch die lokale Vorprozessierungszeit auf ein Minimum reduziert wird. Aufnahmen mit einem Bewölkungsgrad von über 65 % werden grundsätzlich zur Prozessbeschleunigung ignoriert. Anschließend werden die Rasterzellen auf die Dauergrünlandflächen (InVeKoS Nummer 451) zugeschnitten, wobei die äußeren fünf Meter des Schlages ignoriert werden, um Beeinflussung durch benachbarte Flächen und Artefakte zu unterbinden.

Die starke Heterogenität des Grünlandes, selbst im kleinräumigen Maßstab, verhindert einen generellen Kennwert zur Schnittdetektion mittels Schwellwert, weshalb mit einem individuellen Differenzwert zum langjährigen Mittelwert jeder einzelnen Fläche gearbeitet werden muss.

Die Auswertung der einzelnen Aufnahmen bzw. deren Differenzwerte zum langjährigen Mittel erfolgt in vier Kategorien (*Schnitt*, *Kein Schnitt*, *Teilschnitt*, *Bewölkung*) und wird mittels eines neuronalen Netzes basierend auf der Library von Keras und Tensorflow in R-Studio berechnet. Dazu wird ein Modell zur automatischen Eingruppierung der Aufnahmen mittels Trainingsdaten angelernet und anhand von Validierungsdaten bewertet. Als Trainings- und Validierungsdaten dienen Satellitenaufnahmen von 690 Flächen, die mittels WebCam-Aufnahmen aus den Regionen Berchtesgaden, Marquartstein, Garmisch-Partenkirchen, Raum Deggendorf und Hohenpeißenberg abgeglichen wurden und auf denen *Kein Schnitt*, ein *Schnitt*, ein *Teilschnitt* oder *Bewölkung* erfasst wurde. Der gesamte Datensatz besteht aus 16.560 Einzelaufnahmen, wovon 45 Prozent zu Validierungszwecken des Modells zurückgehalten wurden.

Der Differenzwert einer jeden Rasterzelle entspricht bei einer Abweichung folglich einer Veränderung der Vegetation der Grünfläche. Eine konstante Zunahme des Wertes entspricht einem Vegetationszuwachs, während eine rapide Absenkung (größer 0,3) auf einen Schnitt schließen lässt, solange in den darauffolgenden zwei bis drei Aufnahmen wieder eine leichter Erholung zu erkennen ist.

Der Rasterzellen basierte Ansatz ermöglicht eine kleinräumige Erfassung von Veränderungen innerhalb der gesamten Fläche, wodurch auch Teilschnitterfassung und Teilbewölkung ermöglicht wird. Durch das Ziel der Validierung der Ergebnisse der Kooperationspartner ist eine vollständige Erfassung aller Flächen nicht zwingend notwendig. Vielmehr steht eine möglichst genaue Detektion im Vordergrund, weshalb Flächen unter einem halben Hektar bei der Detektion nicht beachtet wurden. Aus diesem Grund werden im Postprocessing auch logische Fehler korrigiert, bzw. Flächen aus dem Datensatz gelöscht, wenn eine Bewölkung bei über 50 Prozent aller Aufnahmen vorlag. Logische Fehler liegen insbesondere vor, wenn nach einem Schnitt- bzw. Teilschnitt in den folgenden ein bis zwei Aufnahmen wieder ein Schnitt oder Teilschnitt festgestellt wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Das trainierte Modell zeigt anhand der Validierungsdaten (7.452 Aufnahmen) eine sehr gute Erfassung der Klassen *Bewölkung* und *Kein Schnitt*. Größere Abweichungen gibt es im Bereich der *Teilschnitterfassung*, bei der das Modell häufiger keinen Schnitt feststellen kann. Bei der klassischen *Schnitterfassung* der gesamten Fläche zeigt das Modell gute Ergebnisse mit einer 10-prozentigen Falschzuordnung der Klasse *Kein Schnitt*. Diese Falschzuweisung kann nicht auf ein Übertraining zurückgeführt werden, sondern zeigt vielmehr, dass einige Flächen nach dem Schnitt nur einen langsamen Zuwachs des NDVI aufweisen und daher noch ein bis zwei Wochen nach dem eigentlichen Schnitttermin fälschlicherweise als geschnitten detektiert werden (siehe Abb. 1).

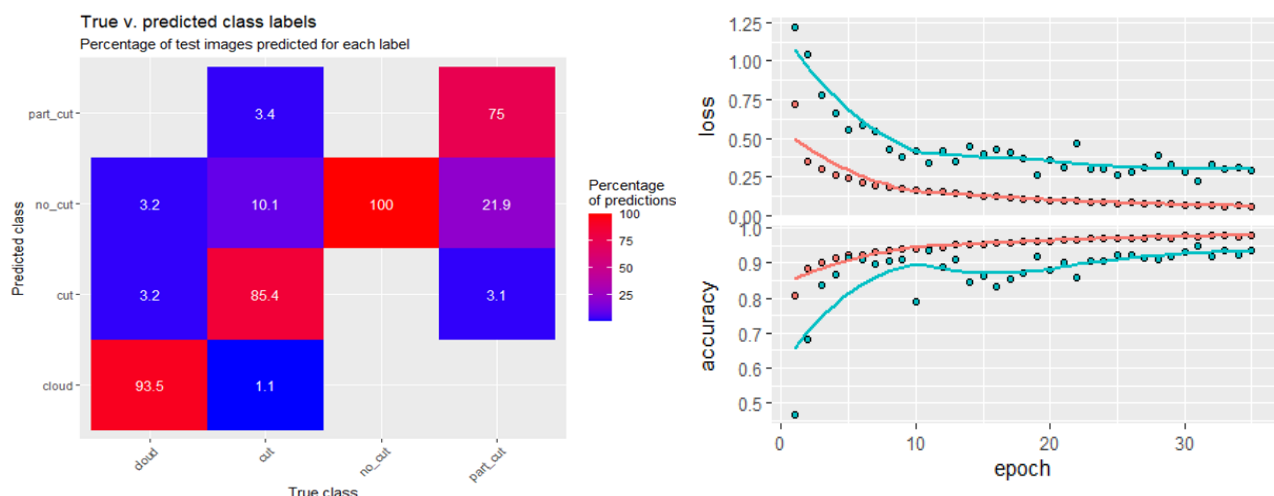


Abb. 1: Vergleich der modellierten und tatsächlichen Ereignisse Schnitt, Teilschnitt, Kein Schnitt und Bewölkung.

Die Anwendung des gewählten Ansatzes inklusive Preprocessing, trainiertem KI-Modell und Postprocessing auf das gesamte Dauergrünland in Bayern zeigt für das Jahr 2022, dass die Gesamtzahl der Wiesen, auf denen eine vollständige Auswertung möglich war, sich auf 301.344 Dauergrünlandflächen in Bayern halbiert hat. Besonders die dauerhafte Bewölkung in Franken führte zu einer erheblichen Reduzierung der Gesamtmenge in dieser Region.

In ganz Bayern wurde das Dauergrünland im Jahr durchschnittlich 3,2-mal geschnitten. Die Verteilung der erfassten Schnitte pro Fläche entspricht den erhofften Ergebnissen, auch wenn die Zahl der Wiesen ohne einen Schnitt zu hoch sein dürfte und die Menge der zwei- und fünf-schnittigen Wiesen etwas zu gering ausfällt. Perspektivisch dürfte der Gesamtdurchschnittswert daher zu gering sein (s. Abb. 2). Die Erfassung der Teilschnitte zeigt, dass auf ca. 20 Prozent des gesamten Dauergrünlandes in Bayern mindestens ein Teilschnitt durchgeführt wird und diese Maßnahmen in bestimmten Regionen Bayerns häufiger vorkommen als in anderen Regionen. Obwohl mehrere Teilschnitte innerhalb von drei Wochen in der Statistik als ein Schnitt erfasst werden, gibt es wenige Wiesen, auf denen ausschließlich Teilschnitte durchgeführt werden. Oftmals ist der erste bzw. zweite Schnitt ein Teilschnitt und die späteren Schnitte werden auf der ganzen Fläche vollzogen.

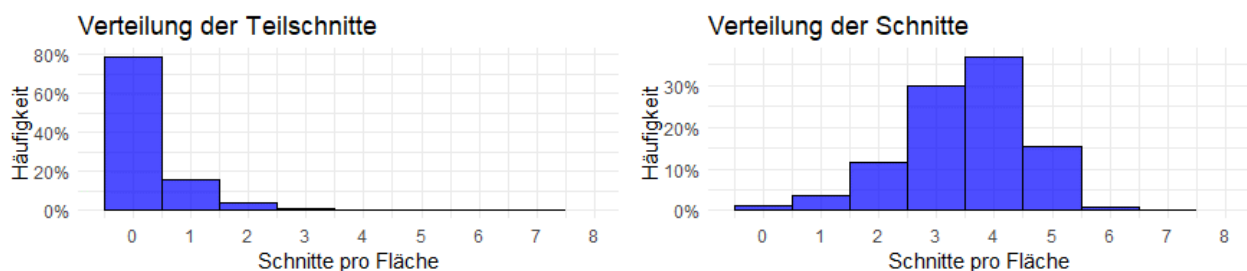


Abb. 2: Verteilung der Teilschnitte (links) und Schnitte (rechts) pro Fläche im Dauergrünland in Bayern im Jahr 2022.

Die Verteilung der Anzahl der Schnitttermine auf Landkreisebene liegt zwischen 2,8 bis 3,5 Schnitten und zeigt, dass im voralpinen Raum die höchsten Durchschnittswerte erreicht werden. Landkreise mit alpinerem Charakter hingegen zeigen etwas niedrigere Werte auf. Neben dem Grünlandgürtel im Voralpinen Raum werden auch im Osten Bayerns hohe Durchschnittswerte erreicht, während der Norden und Nord-Westen die geringsten Durchschnittswerte aufweist (s. Abb. 3).

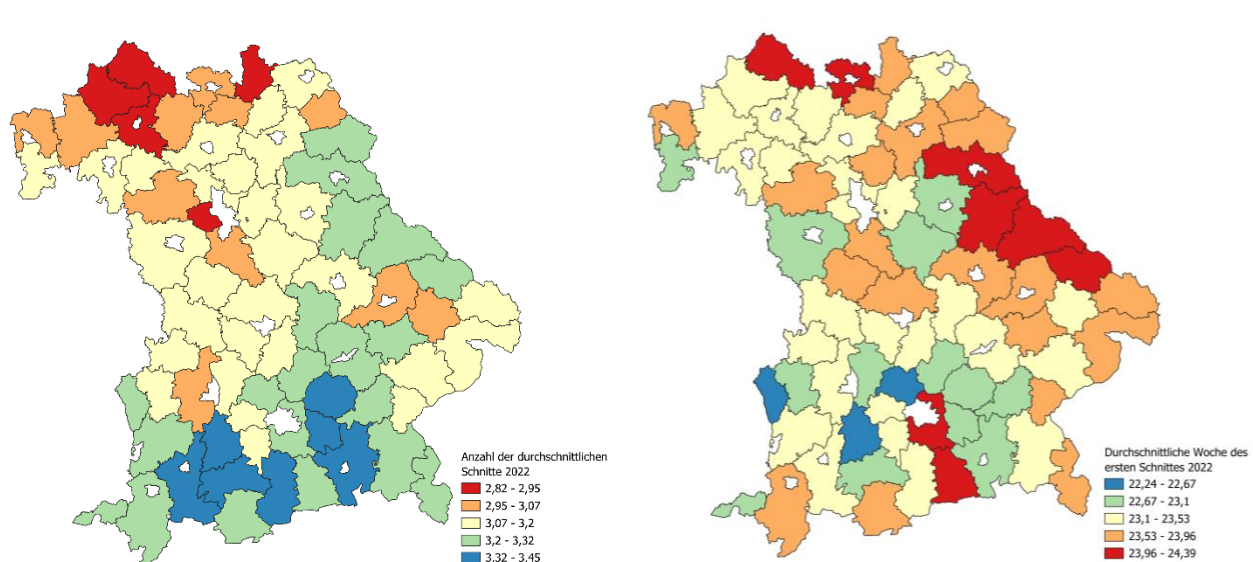


Abb. 3: Regionale Verteilung der durchschnittlichen Schnitte pro Fläche (links) und des Termins des ersten Schnittes (rechts) im Jahr 2022 im bayerischen Dauergrünland.

Die Verteilung des ersten Grünschnittes ist etwas heterogener, liegt jedoch in allen Landkreisen zwischen der Kalenderwoche 22 bis 24. Interessanterweise gibt es keinen klaren Zusammenhang zwischen der Anzahl der Schnitttermine und dem Termin des ersten Schnittes. Gründe für einen späteren Erstschnitt sind wahrscheinlich vielfältig und nicht anhand eines Parameters erklärbar. Dennoch zeigen (besonders im Alpinen Raum) niedrigere Durchschnittstemperaturen wie auch bestimmte Fördermaßnahmen, die in einzelnen Regionen (u.a. Miesbach) besonders beliebt sind, einen sichtbaren Einfluss auf den Schnitttermin.

Schlussfolgerungen

Die grundsätzliche Möglichkeit, landwirtschaftlich genutztes Dauergrünland zu monitoren und die Erkenntnisse zu Validierungszwecken zu verwenden ist durch den Einsatz von Satellitendaten mittels KI-Bildauswertung für Behörden und Forschung möglich. Insbesondere die Fragestellung bezüglich der Erfassung der Schnitttermine, wie auch die Gesamtmenge der Schnitte auf einer Fläche kann mit diesem Ansatz beantwortet werden. Dennoch gibt es auf Grund fehlender Daten insbesondere durch Bewölkung und der Rasterauflösung von 10 m mit diesem Ansatz etliche Flächen, auf denen eine qualitative Aussage zu Validierungszwecken nicht möglich ist. Durch zusätzliche Satellitendaten, wie auch längere Beobachtungszeitreihen über mehrere Vegetationsperioden könnten in Zukunft jedoch Ableitungen etabliert werden, die eine Schätzung der Schnittfrequenz anhand der gemittelten Anzahl an Schnitten der Einzelfläche, wie auch Schnittmuster benachbarter/ ähnlicher Flächen ermöglichen.

Literatur

Gruber, L., Häusler, J., Steinwider, A., Schauer, A., Maierhofer, G. (2006): Influence of cutting frequency in Alpine permanent grassland on nutritive value, DM yield and agronomic parameters. In: Slovak J. Anim. Sci., 39: 26-42.

Heinz, S., Mayer, F., Kuhn, G. (2020): Artenreiches Grünland, Ergebnisorientierte Grünlandnutzung. Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Auflage 6.

Tälle, M., Deák, B., Poschlod, P., Valkó, O., Westerberg, L., Milberg, P. (2018): Similar effects of different mowing frequencies on the conservation value of semi-natural grasslands in Europe. In: Biodiversity and Conservation 27: 2451–2475.

Nettoproteinerzeugung und Klimagasemissionen von graslandbasierten Milchviehbetrieben

S. Ineichen, N. Elmiger, J. Grenz, B. Reidy
BFH-HAFL, Länggasse 85, CH-3052 Zollikofen
beat.reidy@bfh.ch

Einleitung und Problemstellung

Milch und Fleisch von Wiederkäuern spielen eine bedeutende Rolle in globalen Nahrungsmittelsystemen (FAO und GDP, 2019). Werden allerdings zur Fütterung von Wiederkäuern statt Raufutter Futtermittel verwendet, die auch direkt durch den Menschen verwertbar wären, entsteht Nahrungsmittelkonkurrenz. Dies trifft insbesondere auf Milchviehrationen mit einem hohen Anteil an Mais, Getreide oder Körnerleguminosen zu (Ineichen et al. 2023). Bei Wiederkäuern ist die Nettonahrungsmittelerzeugung speziell in graslandbasierten Systemen hoch, wenn viel Raufutter verfüttert wird, welches nicht direkt vom Menschen verwertet werden kann.

Neben vielfältigen positiven Ökosystemleistungen werden Wiederkäuer auch mit bedeutenden negativen Umweltexternalitäten, wie etwa lokalen Nährstoffüberschüssen oder Treibhausgasemissionen (THGE), in Verbindung gebracht (Beal et al. 2023). Letztere sind - bezogen auf ein kg Milch als funktionale Einheit - in kraftfutterbetonten Milchproduktionssystemen meist tiefer als in raufutterbasierten. Dies einerseits, weil kraftfutterbetonte Rationen mehr Milch pro kg Futtermittelverzehr ermöglichen und die Emissionen aus enterischer Fermentation so über eine höhere Milchmenge «verdünnt» werden. Andererseits fallen die Methanemissionen pro kg TM aus stärkereichen Futtermitteln geringer aus als aus faserreichen (Hristov et al, 2013).

Im Rahmen des Projektes KlimaStaR Milch sollen sowohl THGE als auch die Nahrungsmittelkonkurrenz von Milchviehbetrieben in der Schweiz gesenkt werden. Es stellt sich deshalb die Frage, inwiefern Zielkonflikte zwischen der Rolle der Wiederkäuer als Verwerter von für den Menschen nicht verdaulicher Biomasse und der Reduktion des CO₂-Fussabdrucks bestehen. Wie die beiden Perspektiven kombiniert werden können, soll im vorliegenden Beitrag aufgezeigt werden.

Material und Methoden

Für das Jahr 2021 wurden auf 227 Milchviehbetrieben in der Schweiz betriebsspezifische Daten zu Fütterung, Hofdüngerlagerung und Herdenmanagement erhoben, um deren THGE und die Nahrungsmittelkonkurrenz zu berechnen. Die Betriebe befinden sich in verschiedenen Produktionszonen vom Tal- bis ins Berggebiet. Der TM-Verzehr pro Kuh wurde anhand der Schweizer Fütterungsempfehlungen (Jans et al. 2015), basierend auf dem Lebendgewicht (LG) und der Milchleistung der Kühe, berechnet. Milchmengen und -gehalte wurden der Schweizer Milchhandelsdatenbank (Treuhandstelle Milch) entnommen, während Angaben zum Tierbestand sowie Reproduktionskennzahlen (wie Erstkalbealter, Nutzungsdauer oder Zwischenkalbezeit) aus der Schweizerischen Tierverkehrsdatenbank bezogen wurden. Nicht zum Ersatz abgehender Milchkühe benötigte Jungtiere wurden vor der Mast als Fleischoutput betrachtet, ebenso die Schlachtkühe selbst. Alle Berechnungen folgen einem Ökobilanzierungsansatz und die Systemgrenze wurde als «von der Rohstoffgewinnung bis zum Hoftor» definiert. Die THGE wurden mittels dem Modell KLIR (Köke et al., 2021) berechnet. Dieses orientiert sich an den Vorgaben des IPCC. Die drei Klimagase (CO₂, CH₄, N₂O) werden mittels der GWP-100 Metrik als CO₂-Äquivalente (CO₂-äq) berechnet. Werden die THGE auf ein kg Milch als funktionale Einheit bezogen, erfolgt eine Allokation auf das Hauptprodukt Milch und das Koppelprodukt Fleisch mittels eines erneuerten biophysikalischen Ansatzes (Ineichen et al., 2022).

Die Nahrungsmittelkonkurrenz wird als Quotient des menschlich verwertbaren Rohproteins (RP) in Futtermitteln (Dividend) und den tierischen Erzeugnissen (Milch und Fleisch, Divisor) auf Betriebsebene ausgedrückt (Ineichen et al. 2023). Die Nettoproteinerzeugung beschreibt die Differenz zwischen menschlich verwertbarem RP in Erzeugnissen und den Futtermitteln. Die Verwertbarkeit der Proteine von Futtermitteln und tierischen Erzeugnissen in der Humanernährung orientiert sich an Ertl et al. (2015) und Anpassungen gemäss Ineichen et al. (2024). Es wurden keine Korrekturen für die unterschiedliche Aminosäurezusammensetzung von pflanzlichen und tierischen Proteinquellen bzw. deren Eignung für die menschliche Ernährung vorgenommen.

Krafftuttermittel werden gemäss Schweizer Direktzahlungsverordnung (Bundesrat, 2023) definiert. Die lineare Korrelation wurde mittels des Pakets 'Hmisc' (Harell, 2023) in der R studio version 4.2.1 (R Core Team, 2022) geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Die untersuchten Betriebe können als graslandbasiert charakterisiert werden, wenngleich die Anteile der verfütterten Wiesenfuttermittel (Frischgras, Weide, Heu und Silage) zwischen 0.28 und 1 liegen (Abb. 1). Die Hälfte der Betriebe verfütterte zwischen 61 und 87% Wiesenfutter. Die mittleren Gehalte der Jahresration lagen bei 161 (± 12.3) g RP und 6.1 (± 0.23) MJ NEL pro kg TM. Bei einer mittleren Krafftutterintensität von 110 (± 55.9) g TM/kg energiekorrigierter Milch (ECM) lag die durchschnittliche Jahresmilchleistung pro Kuh bei 7 754 (± 1677.1) kg ECM.

Pro Kuh wurden im Mittel 246 (± 47.7) kg menschlich verwertbares RP in Form von Milch und Fleisch erzeugt. Von total 1 307 (± 209) kg verfüttertem RP pro Kuh (inkl. Jungviehaufzucht) waren nur 115 (± 69.8) kg menschlich verwertbar. Das führte zu einer Nahrungsmittelkonkurrenz von 0.44 (± 0.224) bzw. einer Nettoproteinerzeugung von 131 (± 49.9) kg RP pro Kuh. Zu beachten ist, dass drei Betriebe negative Werte für die Nettoproteinerzeugung aufwiesen. Das bedeutet, dass sie mehr für den Menschen verwertbares Protein verfütterten, als sie in Form von Milch und Fleisch generierten.

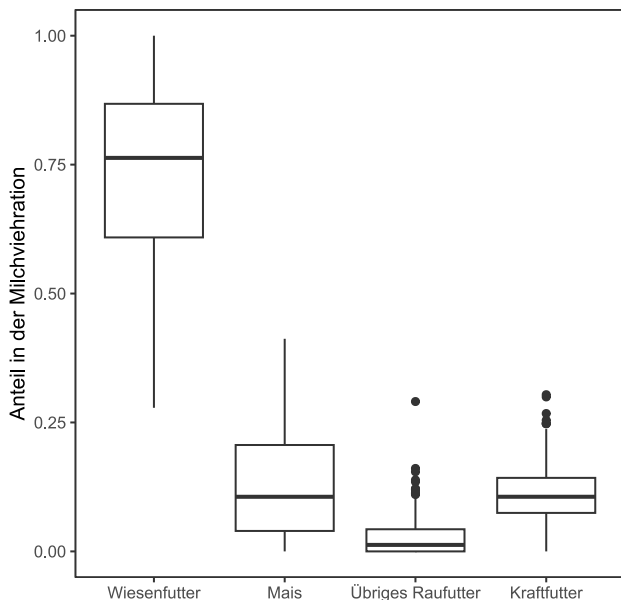


Abb. 1: Zusammensetzung der Ration der untersuchten 227 Schweizer Milchviehbetriebe.

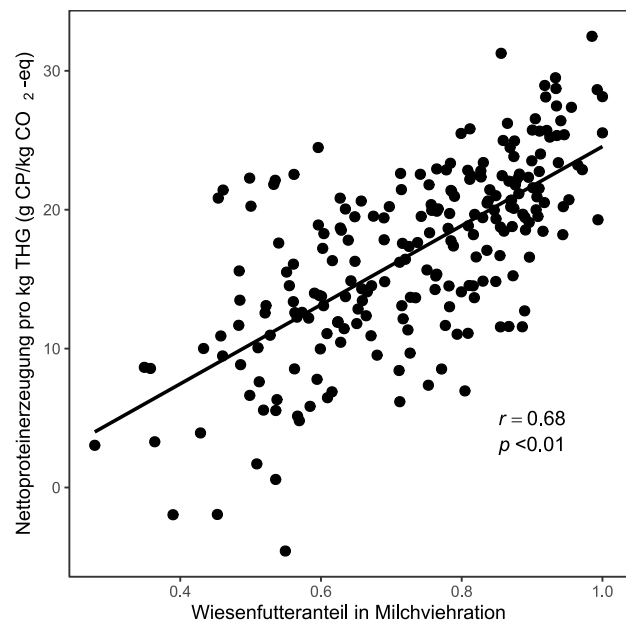


Abb. 2: Nettoproteinerzeugung pro kg Treibhausgase (THG) im Verhältnis zum Wiesenfutteranteil der Milchviehration.

Die THGE aus der Milch- und Fleischproduktion lagen im Mittel bei 7 898 (± 1207.0) kg CO₂-eq pro Kuh. Rund 86% der Emissionen werden auf die Milchproduktion alloziert, was einer THGE-Intensität von 0.882 (± 0.361) kg CO₂-eq/kg ECM entspricht.

Unseres Wissens wurde das Verhältnis von THGE und der Nettoproteinerzeugung von Milchviehbetrieben in der Literatur bis anhin nicht diskutiert. In einem Konferenzbeitrag (Ineichen et al. 2024) haben wir eine schwache, aber signifikant negative Korrelation zwischen der THGE-Intensität und der Nahrungsmittelkonkurrenz beschrieben. Die Integration beider Zielvariablen in einen Indikator ist möglich, allerdings muss dann die funktionale Einheit angepasst werden. Da die Kernaufgabe von landwirtschaftlichen Prozessen die Erzeugung von Nahrungsmitteln ist, beziehen sich Ökobilanzen meist auf Produkteinheiten, wie etwa kg ECM oder kg RP. Es bietet sich deshalb ein Bezug auf kg Nettoproteinerzeugung an. Da aber auch unter einer graslandbasierten Fütterung eine negative Nettoproteinerzeugung möglich ist, führt dies in der vorliegenden Untersuchung zu Werten von -515 bis 1 725 kg CO₂-eq/kg Nettoprotein. Negative Werte suggerieren hier negative Klimagasemissionen. Tatsächlich handelt es sich aber um eine negative Nettoproteinerzeugung. In diesem Sinne schlagen wir vor, für die Integration der beiden Zielvariablen die funktionale Einheit kg CO₂-eq zu wählen.

Dies führt zu Werten zwischen -4.5 und 32.5 g Nettoprotein pro kg CO₂-eq (Abb. 2), bei einem Mittelwert von 17.0. Betriebe mit hohen Wiesenfutteranteilen in der Milchviehration erzeugten signifikant mehr Nettoprotein pro kg CO₂-eq.

Schlussfolgerungen

Um die Zielvariablen Nettoproteinerzeugung und Klimagasemissionen in einem Indikator zu verknüpfen, schlagen wir vor, die Nettoproteinerzeugung pro kg CO₂-eq als funktionale Einheit zu wählen. Dieser bietet Orientierung bei der Herausforderung der Milchproduktion gleichzeitig die THGE zu senken und effizient Proteine für die menschliche Ernährung bereit zu stellen. Betriebe mit graslandbasierter Fütterung erzeugen viel Nettoprotein im Verhältnis zu den von ihnen emittierten Klimagasen.

Literatur

Beal, T., Gardner, C.D., Herrero, M., Iannotti, L.L., Merbold, L., Nordhagen, S. & Mottet, A. (2023): Friend or foe? The role of animal-source foods in healthy and environmentally sustainable diets. *The Journal of Nutrition* 153: 409-425.

Bundesrat (2023): Direktzahlungsverordnung SR910.13 vom 14. März 2023. URL: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2013/765/de>

Ertl, P., Klocker, H., Hörtenhuber, S., Knaus, W. & Zollitsch, W. (2015): The net contribution of dairy production to human food supply: The case of Austrian dairy farms. *Agricultural Systems* 137, 119-125.

FAO and GDP (2019) Climate change and the global dairy cattle sector - The role of the dairy sector in a low-carbon future. FAO, Rome, IT, pp 36.

Harell, Jr. F. (2023): `_Hmisc: Harrell Miscellaneous_`. R package version 5.1-0, <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>.

Hristov, A.N., Ott, T., Tricarico, J., Rotz, A., Waghorn, G., Adesogan, A., Dijkstra, J., Montes, F., Oh, J., Kebreab, E., Oosting, S.J., Gerber, P.J., Henderson, B., Makkar, H.P. & Firkins, J.L. (2013): Special topics--Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: III. A review of animal management mitigation options. *Journal of Animal Science* 91: 5095-5113.

Ineichen, S., Schenker, U., Nemecek, T. & Reidy, B. (2022): Allocation of environmental burdens in dairy systems: Expanding a biophysical approach for application to larger meat-to-milk ratios. *Livestock Science* 261, 104955.

Ineichen, S., Zumwald, J., Reidy, B. & Nemecek T. (2023): Feed-food and land use competition of lowland and mountain dairy cow farms. *Animal* 17, 101028.

Ineichen, S., Elmiger, N., Flachsmann, T., Grenz, J. & Reidy, B. (2024): Greenhouse gas emissions and feed food competition on Swiss dairy farms. In: Kloowijk, C.W., Bruinenberg, M., Cougnon, M., Hoekstra, N.J., Ripoll-Bosch, R., Schelfhout, S., Schils, R.L.M., Vanden Nest, T., van Eekeren, N., Voskamp-Harkema, W., van den Pol-van Dasselaar, A. (ed.): *Why grasslands? Proceedings of the 30th General Meeting of the European Grassland Federation*. EGF, Hedingen, Switzerland. 9-13 June 2024.

IPCC (2021): Climate change 2021: The physical science basis. In: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R. and Zhou, B. (ed.): *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, pp 2391.

Jans, F., Kessler, J., Münger, A. & Schlegel, P. (2015): Fütterungsempfehlungen für die Milchkuh. Agroscope, Posieux, CH, pp. 23.

Köke, T., Ineichen, S., Grenz, J. & Reidy, B. (2021): KLIR: Modell zur Berechnung von Treibhausgasemissionen auf Milchviehbetrieben. *Agrarforschung Schweiz* 12, 8.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, AT. URL: <https://www.R-project.org/>.

Management von Jakobskreuzkraut im artenreichen Grünland am Beispiel der Versuchsregion Hoher Westerwald

J. Lill¹, P. Ströde², T. Kleinebecker¹

¹ Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, Justus-Liebig-Universität, Gießen

² Professur für Ökologischen Landbau mit dem Schwerpunkt nachhaltige Bodennutzung, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Justus-Liebig-Universität Gießen

johanna.lill@umwelt.uni-giessen.de

Einleitung und Problemstellung

Die einheimische Pflanze *Jacobaea vulgaris* Gaertn. (Jakobskreuzkraut) tritt häufig im artenreichen Grünland und an Wegrändern auf und kann dort stellenweise Dominanzbestände etablieren (Bosshard et al. 2003, Huckauf 2017). Zumeist handelt es sich dabei um Flächen, die extensiv bewirtschaftet werden (Suter et al. 2007) und Spätmahdprogrammen unterliegen. Jedoch können auch Flächen mit einem früheren Schnittzeitpunkt betroffen sein. Die Pflanze enthält Pyrrolizidinalkaloide (PA), die für viele Tierarten (einschließlich der meisten Nutztiere) hochgiftig sind (Jung et al. 2020, Wiedenfeld & Edgar 2011). Auf einigen Flächen hat sich ein derart hohes Aufkommen der Giftpflanze etabliert, dass eine Nutzung des Aufwuchses zur Futterproduktion nicht mehr möglich ist. Gemäß dem Tierschutzgesetz und dem Futtermittelgesetz darf PA-belastetes Futter weder verkauft noch betriebsintern verfüttert werden. Schwere Vergiftungsfälle durch verunreinigtes Heu oder Silage treten dennoch immer wieder auf (BfR 2022). Wenn einem zeitaufwändigen Ausreißen nicht mehr nachgekommen werden kann, gehen landwirtschaftliche Betriebe häufig dazu über, die standortspezifische Bewirtschaftung zu intensivieren, Herbizide einzusetzen oder die Flächen aufzugeben. Diese Maßnahmen sind jedoch ungünstig für den Schutz und Erhalt der artenreichen Mähwiesen. Derzeit gibt es nur wenige Optionen, um Jakobskreuzkraut verlässlich auf ein aus Bewirtschaftungssicht akzeptables Minimum zu reduzieren und zugleich den ökologisch wertvollen Zustand der Flächen zu erhalten.

Ziel dieser Studie ist daher (1) Test einer Monitoringmethode und Populationsanalyse 2) Überprüfung von Ansätzen zur pflanzenspezifischen Bekämpfung, sowie 3) Erprobung neuer Methoden in der Versuchsregion.

Material und Methoden

Das EIP-Agri Projekt „Antago Senecio“ wird durch einen transdisziplinären Ansatz umgesetzt, bei dem WissenschaftlerInnen und 8 landwirtschaftliche Betriebe in Form einer operationellen Gruppe (OG) gemeinsam praktische Ansätze und Lösungen für das Management von Jakobskreuzkraut im Wirtschaftsgrünland entwickeln.

Die Versuchsregion liegt im Mittelgebirge „Hoher Westerwald“ (200-625 m ü.N). Bei der Region handelt es sich um eine grünlandgeprägte Kulturlandschaft mit einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von etwa 1.000 mm und einer mittleren Jahresdurchschnittstemperatur von 6 °C (BFN 2024). Faunistisch besondere Artenvorkommen sind der Blauschillernder Feuerfalter, Skabiosenscheckenfalter, Großer Heufalter, Raubwürger, Braunkehlchen, Schwarzfleckiger Grashüpfer und Warzenbeißer (BFN 2024). Einen hohen Anteil des Grünlands machen Mähwiesen aus. Diese sind extensiv bewirtschaftet, mit in der Regel zwei Schnitten pro Jahr und ohne oder mit nur geringer Düngung (BFN 2024).

Die Umsetzung der Maßnahmen im Rahmen des EIP-Projekts begann mit einer Kreuzkraut-Bestandsaufnahme in der Versuchsregion, gefolgt von einer detaillierten Untersuchung der pflanzenbiologischen Interaktionen, der Erforschung biologischer Gegenspieler (Müller et al. 2022), dem Testen landtechnischer Verfahren und der Evaluierung industrieller Lösungsansätze. In mehrjährig angesetzten Versuchen wurden die Maßnahmen anhand natürlicher Populationen auf Effektivität geprüft. Parallel dazu wurden Gewächshausversuche durchgeführt, um spezifische Fragen zu beantworten und dabei Umgebungsparameter zu kontrollieren.

Vorläufige Ergebnisse und Diskussion

Monitoring und Populationsanalyse Eine Bestandsaufnahme von *J. vulgaris* Individuen veranschaulichte die hohe Relevanz des Themas in der Versuchsregion. Bei der Kartierung wurde auf allen Parzellen eine Präsenz von *J. vulgaris* festgestellt (34 Bewirtschaftungseinheiten, Fläche = 110.24 ha, MW Schlagfläche = 3.24 ha, 4 Betriebe). Auch Heulage / Silageflächen waren betroffen. Bei einem Versuch zur Bodensamenbank wurden auf der Mehrzahl der beprobten Standorte (11 von 18) keimfähige *J. vulgaris* Samen im Boden festgestellt, teilweise in Schichten ab 5 cm und tiefer. Auf 33 % der beprobten Flächen lag *J. vulgaris* in Form einer persistenten Bodensamenbank vor.

Ansätze zur pflanzenspezifischen Behandlung *J. vulgaris* besitzt mehrere Eigenschaften, die die Verbreitung begünstigen und eine erfolgreiche Regulierung erschweren. Ein zentraler Aspekt ist neben den flugfähigen Samen das Regenerationsvermögen der Wurzeln, die bereits bei einer Länge von nur 1.5 cm erneut austreiben konnten. Ein Topfexperiment legte die Bedeutung einer konkurrenzstarken Grasnarbe dar. Ausgesäte *J. vulgaris* Individuen konnten sich unter Anwesenheit einer etablierten Grassaatmischung nur verzögert entwickeln und blieben bis zum Versuchsende im Rosettendurchmesser deutlich kleiner. Darüber hinaus zeigte sich, dass eine Düngegabe für das Kreuzkrautwachstum förderlich sein kann, wenn keine interspezifische Konkurrenz vorliegt. Ohne Anwesenheit der Grassaatmischung profitierte die Giftpflanze von der Nährstoffzufuhr und reagierte in Form eines stärkeren vegetativen Wachstums.

Erprobung neuer Methoden Die Ansätze wurden in Integrierte Maßnahmen / Halb-Selektive oder Selektive Maßnahmen eingeteilt. 1) Integrierte Maßnahmen: Insgesamt reduzierte sich die *J. vulgaris* Abundanz im Verlauf der zwei Jahre, jedoch konnte die Abnahme bisher nicht von der Behandlungsform (Schnittfrequenz, Düngung, Saatmischung) abgeleitet werden. Dies deutet möglicherweise darauf hin, dass der Schnitzeitpunkt zu phänologisch 30 % offener Blüte von größerer Bedeutung war als die variierende Schnitthäufigkeit. *J. vulgaris* Individuen traten auch nach einem phänologisch angepassten Schnitttermin, höherer Schnittfrequenz und Düngung in den Versuchsplots auf (siehe auch Wiggering et al. 2022). Die Maßnahmen sollten daher länger durchgeführt oder durch weitere ergänzt werden (siehe auch Augustin et al. 2018). Bei den 2) Halb-selektiven Versuchen wurde eine Hochmahd getestet. Hierbei wurden *J. vulgaris* Blütendolden durch eine Hochmahd entfernt und somit das Samen- und Giftpotential verringert. Mehrere Kappungsschnitte in Folge waren nötig, um auf erneuten Wiederaustrieb zu reagieren. Eine Studie zu langfristigen Effekten einer Hochmahd befindet sich derzeit in Bearbeitung, zudem wird eine Kombination aus Hochmahd und Antagonisten getestet. 3) Selektive Maßnahmen: Eine Behandlung im vegetativen Stadium bei niedrigem Aufwuchs erscheint erstrebenswert, da bei diesem Ansatz weder wiesenbrütende Vögel gestört noch der Pflanzenbestand geschädigt wird. Eine Laserbehandlung, die auf das Apikalmeristem der Rosette gerichtet war, zeigte bei Topfexperimenten eine wachstumshemmende, nicht jedoch letale Wirkung. Auch eine elektrothermische Behandlung durch eine Stromlanze führte unter optimalen Bedingungen im Gewächshaus nach wenigen Wochen zu einem (mehrfachen) Wiederaustrieb. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass die Wirkung unter Konkurrenzbedingungen im Freiland eine deutlich nachhaltigere ist. Der Versuch wird daher im Feld wiederholt und es werden zusätzlich weitere Werkzeuge (Unkrautstecher, Heißwasserdüse, Stromlanze) nebeneinander getestet.

Schlussfolgerungen

Nur durch ein an die spezifischen Gegebenheiten der Region angepasstes und ganzheitliches Konzept können Erfolge bei der Regulierung der Giftpflanze *J. vulgaris* erzielt werden. Weil die Pflanze frequentiert in der Versuchsregion auftritt, ist das Risiko zur Wiedereinwanderung von benachbarten Flächen hoch. Dies spricht für betriebsübergreifende / kommunale / regionale Konzepte, die gegebenenfalls in Form von Kooperativen umgesetzt werden können. Frühzeitiges Handeln sehen wir als notwendig an, um eine Ausbildung persistenter Samenbänke zu verhindern. Wichtig ist es zudem, Bodenverletzungen zu vermeiden, sodass keimfähige Samen nicht an die Oberfläche geraten und Keimlinge daraus entstehen können. Die Versuchsergebnisse zur Wirksamkeit von Unkrautstecher, Stromlanze, Laser und Heißwasser können in Kombination mit der Neu- und Weiterentwicklung von Maschinen neue Wege für eine selektive Behandlungsform jenseits von Herbiziden bereiten (Schauer et al. 2023).

Danksagung

Die Operationelle Gruppe „Antago Senecio“ wird durch die EU im Rahmen der Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP-Agri) und den Entwicklungsplan für den ländlichen Raum des Landes Hessen 2014 - 2020 (EPLR) für 3.5 Jahre gefördert. Wir danken allen beteiligten Personen und Institutionen, die die Ergebnisse ermöglicht haben. Besonders bedanken wir uns bei J. Milnikel (Projektinitiator, Landwirt), M. Lautenschläger und T. Schmidt (Laser Zentrum Hannover e. V.), T. Mann (Wurzel-Killer GmbH), B. Bossmann (Kersten Arealmaschinen GmbH), M. Heerema (Lyckegård), F. Löckle (Zürrn).

Literatur

Augustin, B., Oehme, S., Mattern, G., & Roth, W. (2018): Maßnahmen gegen Jakobskreuzkraut *Senecio jacobaea*—Langfristige Aspekte auf Wirksamkeit und biologische Vielfalt. *Jul. Kühn Arch*, 458: 47-53.

BFN Bundesamt für Naturschutz (2024): Landschaftssteckbriefe. <https://www.bfn.de/landschaftssteckbriefe/hoher-westerwald>. Abgerufen am 28.06.2024.

BfR (2022) Fragen und Antworten zu Pyrrolizidinalkaloiden in Lebensmitteln, Aktualisierte FAQ des BfR vom 16. Dezember 2022.

Bosshard, A., Joshi, J., Lüscher, A., & Schaffner, U. (2003): Tansy ragwort and other ragwort species in Switzerland: an overview. *Agrarforschung (Switzerland)*, 10: 231-235.

Jung, S., Lauter, J., Hartung, N. M., These, A., Hamscher, G., & Wissemann, V. (2020): Genetic and chemical diversity of the toxic herb *Jacobaea vulgaris* Gaertn. (syn. *Senecio jacobaea* L.) in Northern Germany. *Phytochemistry*, 172, 112235.

Müller, S., Herz, A., Ströde, P., & Kleinebecker, T. (2022): Antago-Senecio: local and specialized biological control agents against poisonous tansy ragwort (*Jacobaea vulgaris*, syn. *Senecio jacobaea*) in grasslands. *Julius-Kühn-Archiv*, (471).

Huybrechts, B., & Callebaut, A. (2015): Pyrrolizidine alkaloids in food and feed on the Belgian market. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 32(11): 1939-1951.

Huckauf, A., Rabe, I., Aboling, S., Böbling, E., Ehlers, B., Kassebeer, C., Lütt, S. et al. (2017): Umgang mit dem Jakobs-Kreuzkraut. Meiden-dulden- bekämpfen. 4. Revised edition. Flintbek, Ansbach: Landesamt für Landwirtschaft Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR); Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein (Schriftenreihe LLUR SH Natur, 25).

Siegrist-Maag, S., Lüscher, A., & Suter, M. (2008): Reaktion von Jakobs-Kreuzkraut auf Schnitt. *Agrarforschung (Switzerland)*, 15(7): 338-43.

Suter M., Siegrist-Maag S., Connolly J., Lüscher A. (2007): Can the occurrence of *Senecio jacobaea* be influenced by management practice? *Weed Res* 47: 262–26.

Wiedenfeld, H. (2011): Plants containing pyrrolizidine alkaloids: toxicity and problems. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 28:3: 282-292.

Wiggering, H., Diekötter, T., & Donath, T. W. (2022): Regulation of *Jacobaea vulgaris* by varied cutting and restoration measures. *Plos one*, 17(10), e0248094.

Schauer, M., Hohl, R., Vaupel, D., Bienhaus, D., & Ghobadi, S. E. (2023): Towards Automated Regulation of *Jacobaea Vulgaris* in Grassland using Deep Neural Networks. In: *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*: 702-711).

Maisuntersaat-easy – Untersaaten ertragsneutral, einfach und kostengünstig in Maisanbau integrieren

D. Menskes, H. Spitz, H. Laser
Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Lübecker Ring 2, 59494 Soest
d.menskes@freudenberger.net

Einleitung und Problemstellung

Untersaaten können einen wertvollen Beitrag leisten, negative Umweltwirkungen des intensiven Maisanbaus abzufedern. Besonders relevant ist dies in allen Anbaugebieten, in denen die Anbauflächen und -konzentrationen von Mais hoch ausfallen. Auf rund 30 % der knapp über 2 Mio. ha großen Silomaisanbaufläche in Deutschland steht Mais in Selbstfolge (KleffmannDigital 2021; Statistisches Bundesamt 2023). Aufgrund des zumeist späten Erntetermins von Silomais bereitet eine erfolgreiche Etablierung von Zwischenfrüchten Schwierigkeiten, auch weil die verbleibende Vegetationszeit meist kurz ist (Manevski et al. 2015).

Vorteil der im Projekt Maisuntersaat-easy zur Anwendung kommenden Untersaat ist, dass diese in einem Arbeitsgang mit dem Mais angelegt wird. Dadurch sind diese Untersaaten in der Lage, für ihre Entwicklung die gesamte Vegetationszeit des Maises zu nutzen und schon früh Erosion zu mindern (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2014). Bei Mais mit Untersaaten kann im Gegensatz zu Zwischenfrüchten nach Mais auf jegliche Bodenbearbeitung nach der Ernte, welche einen Risikofaktor für Nährstoffmobilisierung und winterliche Auswaschung darstellt, verzichtet werden (Romundt 2013). Herausforderungen ergeben sich bei der Unkrautregulierung: Durch die zeitgleiche Aussaat müssen die eingesetzten Pflanzenschutzmittel eine gute Unkrautwirksamkeit und zugleich eine geringe Toxizität gegenüber Mais und Rotschwingel aufweisen. Zur Ernte wirkt sich zudem eine Straßenverschmutzung-eindämmende Tragschicht durch die etablierte Untersaatnarbe vorteilhaft aus (Pickert 2008).

Material und Methoden

Um die relevanten Maisanbauggebiete in Deutschland abbilden zu können, wird das Projekt an fünf verschiedenen Standorten in NRW und Rheinland-Pfalz durchgeführt (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Übersicht und Einordnung der fünf gewählten Versuchsstandorte (eigene Darstellung nach Graf et al. 2009 und Roßberg et al. 2007)

Standort	Boden-Klima-Raum	Zuordnung zu Mais-Anbauggebiet
Borken	144 Münsterland/ Niederungslagen, trocken	Südliches Weser-Ems
Merklingsen	144 Münsterland/ Niederungslagen, trocken	Niederrhein, Mittelrhein
Reichshof	143 Übergangslagen mäßig feucht	Übergangslage West
Montabaur	128 Hunsrück, Westerwald	Übergangslage West
Wesseling	142 oberer Mittelrhein, Niederrhein	Niederrhein, Mittelrhein

Dabei untersucht das vom BLE geförderte, dreijährige Verbundprojekt Maisuntersaat-easy folgende Parameter:

- Wachstumsverhalten verschiedener Rotschwingelsorten und Untersaatmischungen
- Wirkung verschiedener Herbizide auf Untersaaten und Unkräuter
- Auswirkungen der Untersaaten auf Maiserträge und -qualitäten
- Stickstoffspeichervermögen der Untersaaten über Winter (Gewässerschutz)
- Veränderung von Boden-Humusgehalten durch Untersaaten

Praktiker-Befragungen zeigen, dass eine Bereitschaft zur Implementierung von Untersaaten umso eher gegeben ist, wenn diese ertragsneutral im Vergleich zum reinen Mais angebaut werden können. Vor diesem Hintergrund greift das Projekt auf trockentolerante und sich langsam etablierende Rasenrotschwingelsorten zurück (Deutsche Rasengesellschaft (DRG) 2023). Die zum Einsatz kommende Genetik des Horstrotschwingels (*Festuca rubra commutata*) und des Härlichen Schwingels (*Festuca trachyphylla*) bringen alle geforderten Eigenschaften mit, um als konkurrenzarme, trocken- und schattentolerante Untersaat eingesetzt zu werden. Die Untersuchung

der Boden-Humusleistung der eingesetzten Untersaaten leitet sich aus deren sehr fein verzweigtem und dichtem Wurzelwerk ab (Hartmann und Lunenberg 2013).

Die über pneumatisch angetriebene Prallteller ausschließlich in einer 35 cm breiten Kernzone zwischen den Maisreihen (75 cm Reihenabstand) verrieselte Untersaat ist konkurrenzmindernd und schonend für die Deckfrucht. Für das System wurde ein europäisches Patent vergeben. Die Untersaatkosten betragen, auch weil Saatstärken zwischen 4 und 6 kg*ha⁻¹ ausreichend sind, im Schnitt 15 bis 20 €*ha⁻¹ und damit rund 20 bis 30 % der üblichen Anlagekosten für eine breitflächige Maisuntersaat. Das Versuchsdesign folgt einem zweifaktoriellen Ansatz in split-plot-Anlage (siehe Tab. 2; vgl. Schuster und von Lochow 1978).

Tab. 2: Überblick über Einflussfaktoren und Ausprägungsstufen im zweifaktoriellen Versuchsdesign von Maisuntersaat-easy

Einflussfaktoren	Ausprägungsstufe	Saatstärke (kg*ha ⁻¹)	Herbizid & Aufwandmenge (l*ha ⁻¹)	Anwendungs- zeitraum (EC ¹⁾ Mais)
Untersaat	RAISA	6	--	00
	FILIUS	6	--	00
	HumusPlus	6	--	00
	HOMESTAR NS	6	--	00
	HOMESTAR MS	7,2	--	00
	Kontrolle	--	--	00
Herbizid	H1	--	0,3 <i>Merlin Flexx</i> + 1,5 <i>Laudis OD</i>	VA ²⁾ 00-09 NA ³⁾ 18
	H2	--	0,4 <i>Merlin Flexx</i> + 1,5 <i>Laudis OD</i>	VA 00-09 NA 18
	H3	--	0,4 <i>Merlin Flexx</i>	NA 11

¹⁾ EC-Stadium = Entwicklungsstadium; ²⁾ VA = Voraufbau; ³⁾ NA = Nachaufbau

Ergebnisse und Diskussion

Nach Abschluss von zwei der drei geplanten Versuchsjahre lassen sich folgende Kernergebnisse ableiten:

- Eine ertragsneutrale Integration von Untersaaten im Mais ist möglich.
 - o Im ersten, trocken-heißen Versuchsjahr 2022 sind ohne Beregnung an keinem der Standorte weder Mais noch Untersaat vertrocknet. Die Maiserträge fielen in den Varianten mit Untersaaten tendenziell etwas höher als in der Kontrolle ohne Untersaaten aus. Diese Unterschiede waren mit einer Ausnahme in Montabaur nicht signifikant (Zweistichproben-t-Test; vgl. Abb. 1). Große Unterschiede zwischen der Leistungsfähigkeit der getesteten Untersaatvarianten ergeben sich nicht. Im Vergleich aller Untersaatvarianten zur Kontrolle (einfaktorielle ANOVA mit Tukey Post-hoc-Test an fünf Standorten) zeigen sich nur in vier Konstellation signifikante Ertragsunterschiede. In Reichshof ist der Maisertrag der Kontrolle signifikant höher als der Maisertrag in der Variante FILIUS. In Montabaur fallen die Maiserträge in allen Untersaatvarianten höher als der Maisertrag der Kontrolle aus. Aus diesem Ergebnis lassen sich keine Sortenempfehlungen ablesen, zu ähnlich fällt die Leistung der getesteten Untersaaten standortübergreifend aus. Der niedrige Maisertrag am Standort Reichshof im Bergischen Land im ersten Versuchsjahr lässt sich auf einen lokal sehr hohen Unkrautdruck durch Erdrauch (*Fumaria officinalis*) zurückführen.
 - o Im zweiten, feucht-warmen Versuchsjahr ließen sich trotz sechs-wöchiger Blitzdürre zur Maisaussaat Deckfrucht und Untersaat sicher etablieren. 2023 wurden in der Kontrolle ohne Untersaat tendenziell etwas höhere Maiserträge ermittelt, in Soest und Montabaur fiel der Unterschied signifikant aus (Zweistichproben-t-Test; vgl. Abb. 2). Grundsätzlich lag das Ertragsniveau des Maises im Vergleich zum ersten Versuchsjahr 18 % höher, ein höchst signifikanter Unterschied (Mann-Whitney-Test für nicht normalverteilte Daten bei p = 0,0001). Wie im ersten Versuchsjahr fielen auch 2023 die Leistungsunterschiede zwischen den verschiedenen Untersaaten gering aus. Mit Ausnahme der Maiserträge in den Untersaatvarianten RAISA in Montabaur und HumusPlus Vorsaat in Wesseling, waren die Erträge der Untersaatvarianten gemäß einfaktorieller ANOVA mit Tukey Post-hoc-Test) nicht signifikant geringer als die Maiserträge in der Kontrolle. Bei den Untersaaten präsentieren sich

standortübergreifend HOMESTAR Nacktsaat und die Mischung HumusPlus Vorsaat am stärksten. Der geringe Maisertrag im zweiten Versuchsjahr am Standort Wesseling lässt sich betriebsbedingt auf die späte Maisaussaat nach spätem Umbruch der vorjährigen Untersaat und auf fehlende Düngung zurückführen.

- In beiden Versuchsjahren konnte eine N-Aufnahme durch die Untersaaten bereits 6 bis 8 Wochen nach der Maisernte nachgewiesen werden. Die N_{min} -Werte der Untersaatvarianten lagen im Durchschnitt aller Orte im späten Herbst in beiden Versuchsjahren rund $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ unter denen der Kontrolle (vgl. Abb. 1 & 2).

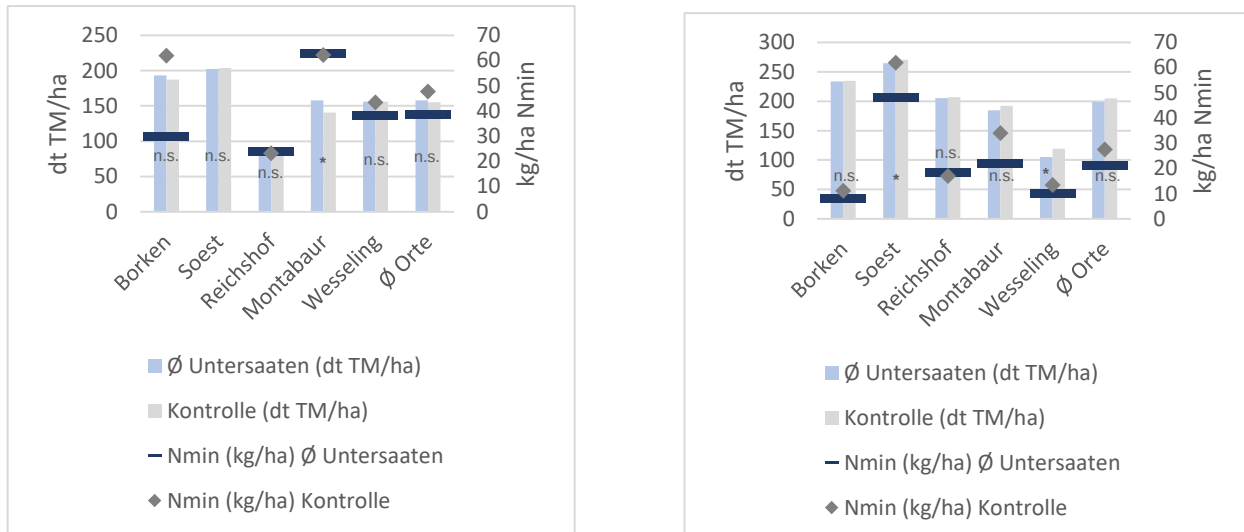


Abb. 1 und 2: Verhältnis zwischen Mais-TM-Erträgen und Herbst-Nmin-Werten (0-60 cm) im Durchschnitt der Untersaaten und in der Kontrolle an allen Versuchsstandorten 2022 (links) und 2023 (rechts); n.s. = nicht signifikant; * = signifikant bei $p \leq 0,05$.

- Bodenschutz, Humusanreicherung und verbessertes Bodenleben: Über alle Untersaatvarianten hinweg konnten an einem humusarmen Versuchsstandort rund 0,1 % erhöhte Boden-Humusgehalte im Vergleich zur Kontrolle nachgewiesen werden (vgl. Abb. 3). In der Variante ohne Untersaat (= Kontrolle) wurde ein minimaler Abfall der Boden-Humusgehalte gemessen. Alle Unterschiede waren nicht signifikant (zweifaktorielle Varianzanalyse mit Fisher's LSD Post-hoc-Test). Ferner ließen sich in den Untersaatparzellen viele Regenwurmlöcher beobachten, in den Kontrollparzellen ohne Untersaat fast keine. An den Standorten mit Hanglage (v. a. Reichshof) wurde zudem die Erosions-verhindernde Wirkung der Untersaaten deutlich.

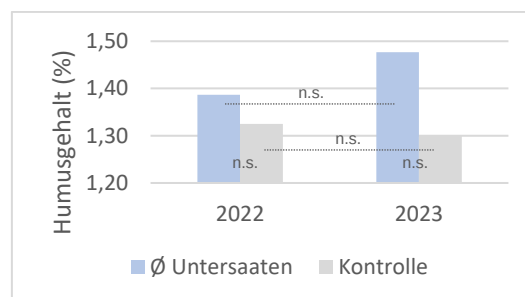


Abb. 3: Veränderung des Boden-Humusgehalts an einem humusarmen Standort zwischen 2022 auf 2023; n.s. = nicht signifikant; * = signifikant bei $p \leq 0,05$.

- Herbizid-Maßnahmen: In beiden Versuchsjahren war auf allen Standorten auch bei stärkerem Hirsevorkommen eine sichere Unkrautkontrolle durch die drei getesteten Herbizid-Varianten H1 bis H3 möglich. Unkrautdeckungsgrade unter 10 % waren bereits mit einer Soloanwendung des neu entwickelten Herbizides *Merlin Flexx* (Wirkstoff Isoxaflutole mit Safener) zu erzielen. Die beiden Herbizid-Varianten H1 und H2 mit *Merlin Flexx*-Applikation im Voraufbau und *Laudis OD*-Applikation im Nachaufbau ermöglichten eine Unkrautkontrolle mit Unkrautdeckungsgraden von $< 5 \%$.

Schlussfolgerungen

Nach zwei von drei Versuchsjahren zeichnet sich deutlich ab: Es ist möglich, Untersaaten ertragsneutral unter der Deckfrucht Mais zu platzieren. Voraussetzung ist, dass die Anlage im Idealfall zeitgleich und ausschließlich im Kernbereich zwischen den Maisreihen erfolgt. Die Sicherheit für einen ertragsneutralen Anbau im Vergleich zum reinen Mais steigt, wenn auf konkurrenzschwache, sich langsam entwickelnde, sowie trocken- und schattentolerante Gräser zurückgegriffen wird. Verschiedene Rasensorten des Horstrotschwingels und des Härthlichen Schwingels haben sich dafür als besonders geeignet erwiesen. Alle getesteten Herbizid-Strategien führen zu einer sicheren Unkrautkontrolle, auch auf Hirsestandorten und ohne Phytotoxizität auf Mais und Untersaat. Weiterhin sind die Untersaaten in der Lage, schon anderthalb Monate nach der Maisernte rund 10 kg*ha⁻¹ Stickstoff aufzunehmen. Die Untersaaten leisten ferner einen positiven Beitrag für den Boden- und Erosionsschutz sowie die Humusbilanz auf der Fläche.

Literatur

- Deutsche Rasengesellschaft (DRG) (2023): Rotschwingel (*Festuca rubra*). Online verfügbar unter <https://www.rasengesellschaft.de/>, zuletzt geprüft am 19.05.2023.
- Graf, Rudolf; Michel, Volker; Roßberg, Dietmar; Neukampf, Ralf (2009): Definition pflanzenartspezifischer Anbaugelände für ein regionalisiertes Versuchswesen im Pflanzenbau. In: *Journal für Kulturpflanzen* 61 (7): 247–253.
- Hartmann, S., Lunenberg, T. (2013): Schafschwingel - *Festuca ovina* L. Hg. v. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Online verfügbar unter <https://www.lfl.bayern.de/>, zuletzt geprüft am 02.01.2024.
- KleffmannDigital (2021): CropRadar® Fruchtfolge - Mais nach Mais in Deutschland. Online verfügbar unter <https://cropradar.digital/>, zuletzt aktualisiert am 30.06.2023, zuletzt geprüft am 07.04.2023.
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2014): Kurzbericht Untersaaten und Bodenbearbeitung. Online verfügbar unter <https://www.duengebehoerde-niedersachsen.de/>, zuletzt geprüft am 13.05.2023.
- Manevski, K., Børgesen, C. D., Andersen, M., N.; Kristensen, Ib S. (2015): Reduced nitrogen leaching by intercropping maize with red fescue on sandy soils in North Europe: a combined field and modeling study. In: *Plant Soil* 388 (1-2): 67–85. DOI: 10.1007/s11104-014-2311-6.
- Pickert, J. (2008): Mais - Produktionstechnik zur Integration in das Ökosystem des Standortes und betriebliche Aspekte. In: Robert Keller, Hans Hanus und Klaus-Ulrich Heyland (Hg.): Getreide und Futtergräser, Bd. 2. 4 Bände. Stuttgart: Eugen Ulmer KG (Handbuch des Pflanzenbaus, 2): 496–582.
- Romundt, H. (2013): Untersaaten in Mais – so gelingen sie. In: *top agrar* 41 (4/2023), S. 104–107.
- Roßberg, D., Michel, V., Graf, R., Neukampf, R. (2007): Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. In: *Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst* 59 (7): 155–161.
- Schuster, W., von Lochow, J. (1978): Anlage und Auswertung von Feldversuchen. Anleitungen und Beispiele für die Praxis der Versuchsarbeit. 2., erweiterte Auflage. Frankfurt am Main: DLG Verlag.
- Statistisches Bundesamt (2023): Anbauflächen, Hektarerträge und Erntemengen ausgewählter Anbaukulturen im Zeitvergleich. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/>, zuletzt aktualisiert am 25.03.2019, zuletzt geprüft am 07.06.2024.

Biodiversitätsfördernde Maßnahmen bei Anhebung der Wasserstände im Niedermoorgrünland

F. Birr, F. Wenzl, V. Luthardt

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde
friedrich.birr@hnee.de

Einleitung und Problemstellung

Der fortschreitende Verlust der Biodiversität ist eine der größten globalen Bedrohungen für die Menschheit (Butchart et al. 2010, Drenckhahn et al. 2020). Durch die landwirtschaftliche Nutzung von Mooren und der damit verbundenen Entwässerung, Bodenbearbeitung sowie Düngung ist ein erheblicher Verlust der Artenvielfalt zu verzeichnen (Lamers et al. 2015). Dabei sind Moore von globaler Wichtigkeit für den Erhalt der Biodiversität auf genetischer, Art- und Ökosystemebene (Minayeva et al. 2017). Die in naturnahen Mooren lebenden Arten zeichnen sich durch eine starke Spezialisierung aus und haben hohen Charakterwert (Luthardt & Zeitz 2014). Zudem entweichen durch die Entwässerung deutschlandweit jährlich ca. 53,4 Mio. t CO₂-Äq. und somit etwa 7,1 % der deutschen THG-Emissionen (nach UBA 2023).

Wiedervernässung von Mooren als „nature-based solution“ wirkt der Biodiversitäts- und Klimakrise entgegen (Abel et al. 2019, Tanneberger et al. 2020, UNEP 2022, Thonicke et al. 2024). Wichtige Ökosystemdienstleistungen werden durch die Wiederherstellung von Feuchtgebietszuständen wieder initiiert. THG-Emissionen können um bis zu 30 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Hektar und Jahr vermieden werden (Närmann et al. 2021). Nach Wiedervernässung können Moorstandorte weiterhin genutzt werden. Die nasse Nutzung von Moorböden wird als Paludikultur bezeichnet (Wichtmann et al. 2016). Neben dem gezielten Anbau vielversprechender Feuchtgebietsarten (Schilf, Rohrkolben, Seggen, Rohrglanzgras sowie auf Hochmoorstandorten Torfmoose) können die Flächen als Nassgrünland (Wiese, Weide) genutzt werden (Närmann et al. 2021). Verwertungsmöglichkeiten für die Biomasse werden derzeit intensiv erforscht und erprobt.

Nach Wiedervernässung entstehen neue Standortbedingungen. Pflanzenbestände, deren Bewirtschaftung und weitere Wertschöpfung sind daran anzupassen. Neben Klimaschutz sollten der Erhalt und die Entwicklung der einheimischen Biodiversität mitgedacht werden. Einstige Zustände naturnaher Moore sind aufgrund der vielfältigen Veränderungen der Böden, des Landschaftswasserhaushalts und der Nutzungseinflüsse nicht zu erreichen (Kreyling et al. 2021, Beckert & Rodríguez 2023). Dagegen können in Abhängigkeit der lokalen Gegebenheiten, Initiale für die Entwicklung neuartiger Feuchtgebietsbiozönoson gesetzt werden.

Viele moortypische Arten sind in der Lage sich auch auf genutzten Flächen zu etablieren. Allerdings gibt es bisher noch wenige Erfahrungen mit den Wirkungen einer dauerhaften Nutzung nach Wiedervernässung auf die Biodiversität (Närmann et al. 2021). In diesem Beitrag werden einige vorläufige Ergebnisse - mit Schwerpunkt auf die Biodiversitätsentwicklung und -förderung im nass genutzten Moor-Grünland - des vom BfN geförderten und vom BMUV finanzierten F+E-Projekts „PaluDivers“ vorgestellt und diskutiert.

Material und Methoden

Mittels systematischer Literaturrecherche wurden die Auswirkungen verschiedener Nutzungen (Mahd, Weide) selbstbegründeter Grünlandbestände auf die Biodiversität (v.a. Ebene der Arten) ausgewertet. Daraufhin wurden Maßnahmen aus der Literatur und durch einen Expert*innen-Workshop abgeleitet, die den Erhalt bzw. die Entwicklung von Biodiversität im Nassgrünland befördern können. Die Analysen bauen auf den Erkenntnissen des F+E-Projekts KLİBB (Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden, 2018-2019) auf (Närmann et al. 2021).

Ergebnisse und Diskussion

Auswirkungen der Wiedervernässung

Wird (tief) entwässertes Moor-Grünland wiedervernässt, kommt es erwartungsgemäß zu einem Verlust an Pflanzenarten frischer bis trockener Standorte zugunsten von Arten, die an Nässe und hohe Nährstofffrachten angepasst sind. Neben moortypischen Arten siedeln sich durchaus auch seltene und gefährdete Arten wieder neu an (Närmann et al. 2021). Die Avifauna reagiert auf die Wasserstandsanehebung je nach Habitatangebot differenziert: es kehren Vogelarten der Röhrichte, offener Wasserflächen oder Seggenriede zurück (Herold 2012). Amphibien und Libellen profitieren generell von Wiedervernässungen. Funktionsprofile der Bodenfauna wiedervernässter Standorte weisen Ähnlichkeiten zu naturnahen Mooren auf (Emsens et al. 2020).

Auswirkungen nasser Grünlandbewirtschaftung

Mahd bzw. Beweidung nasser/wiedervernässter Grünländer kann generell Habitate für angepasste Pflanzen- und Tierarten schaffen bzw. erhalten. Durch Mahd werden die Habitatbedingungen schlagartig verändert, was licht- und wärmeliebende Arten befördert. Ebenso werden Tierarten gefördert, die sich von frischem Aufwuchs ernähren. Auf der anderen Seite werden solche Tierarten in ihrer Entwicklung gehemmt, die auf eine Streuschicht oder ausgeprägte vertikale Habitatstruktur angewiesen sind. Eine extensive Beweidung mit angepassten Nutztierassen führt zu einer größeren Standortheterogenität und bietet daher auf kleinem Raum verschiedene Habitate an (Närmann et al. 2021).

Mahd

Gemähte Nasswiesen sind insgesamt ein wichtiges Habitat stenotoper Insekten-Artengruppen und Kleinsäuger. Je höher der Wasserstand und je extensiver die Mahdnutzung, umso größer wird der Anteil moortypischer Insektenarten. Bei Brutvögeln zeigt sich ein differenziertes Bild: während Wiesenvögel kurzrasige Strukturen bevorzugen, benötigen Arten wie Bekassine, Braunkehlchen oder Wiesenpieper extensiv oder überjährig gemähte Bereiche. Der Mahdvorgang an sich wirkt jedoch hemmend (Humbert et al. 2010). Die Wahl der Mahd- und Bergungstechnik sowie die Schnitthöhe haben Einfluss auf die Mortalitätsrate, insbesondere bei Insekten und Amphibien (van de Poel & Zehm 2014). Hierbei zeigt sich auch, dass oszillierende (schneidende) Mahdtechnik gegenüber rotierender eine geringe Mortalitäts- und Verletzungsrate aufweisen. Zusätzlich kann die Mortalität, vor allem bei Insekten, durch den Verzicht auf Aufbereiter verringert werden.

Beweidung

Beweidetes Nassgrünland führt bei extensiver Besatzdichte (0,3-0,8(-1,5) GVE/ha) zu einem Vegetationsmosaik. Der Verbiss erfolgt zeitlich und räumlich unregelmäßig. Schmackhafte Süßgräser werden zunächst dezimiert, Binsen, Seggen und Stauden werden später oder nicht abgefressen. Durch Dunghaufen entstehen Geilstellen. Durch die Tritteinwirkung der Weidetiere entstehen potentielle Keiminitiale für konkurrenzschwache Pflanzenarten. Bestimmte Nutztierarten (Wasserbüffel, Rotwild) legen Suhlen an, was Habitate für Libellen darstellt (Walter & Enge 2010). Insgesamt ist der Einfluss von Beweidung auf die Phytodiversität förderlich und differenziert sich abhängig von Besatzdichte und Nutztierart (verschiedene Vertritt- und Verbissmuster). Auch die Fauna kann insgesamt von einer extensiven Beweidung nasser Moorgrünländer profitieren. Hemmende Einflüsse sind Trittschäden an Vogelgelegen und Bodenverdichtungen (v.a. Bodenfauna) (Steidl 2002). Mit zunehmender Intensivierung der Beweidung steigt auch der hemmende Effekt auf Insekten (Radlmair & Dolek 2002). Koprophage Organismen als wesentliches Glied der Nahrungskette sind ein herausragendes Alleinstellungsmerkmal von Weiden – wichtig ist daher die Parasitenbehandlung der Weidetiere (Bunzel-Drüke et al. 2019).

Maßnahmen für biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung im Moorgrünland

Die hier vorgestellten Maßnahmen sollen einerseits hemmende Effekte auf die Biodiversität abmildern, andererseits soll aufgrund von noch fehlenden Erfahrungen bei einer großflächigen, langzeitigen Bewirtschaftung von nassen Moorböden ein „Hinterherlaufen“ des Naturschutzes, wie es bei anderen neu eingeführten Landnutzungssystemen (z.B. Energiemaisanbau, Kurzumtriebsplantagen) zutage trat, vermieden werden.

Das Maßnahmenkonzept weist drei Ebenen auf: (1) Gesetzliche Grundlagen, (2) verpflichtende biodiversitätsfördernde Standards in Förderprogrammen und (3) freiwillige naturschutzfachliche Empfehlungen.

Als gesetzliche Grundlagen gelten bereits heute:

- keine Stickstoff- und Phosphatdüngung (§ 5 Abs. 1 DüV)
- kein Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (§ 13 Abs. 1 PflSchG)
- kein bzw. genehmigungs- und ausgleichspflichtiger Umbruch von Grünland auf Moorstandorten (§ 5 Abs. 2 Satz 5 BNatSchG)

Als biodiversitätsfördernde Standards kommen eine Biodiversitätsberatung bei Nutzungsumstellung, die biodiversitätsfördernde Pflege und Gestaltung von Gräben, mind. 10% Flächenanteil jährlicher Rotationsbrachen, mind. 10cm Hochschnitt sowie eine extensive Beweidung mit Besatzdichten von 0,3-0,7(-1,5) GVE/ha in Betracht.

Als naturschutzfachliche Empfehlungen werden vorgeschlagen: Verzicht bzw. Einschränkung von Schleppen und Walzen, Mahd und Ernte mit faunaschonender Technik, Staffelmahd, Einschränkung der Mahdtermine, gezieltes Parasitenmanagement sowie die Anlage oder das Belassen von Hecken, Baumreihen und weiteren Strukturen (Blänken, Fehlstellen).

Im Rahmen der in den Bundesländern differenzierten Grünlandförderung bestehen bereits heute Möglichkeiten, biodiversitätsfördernde Standards und Empfehlungen im nassen Moorgrünland umzusetzen (Luthardt et al. in prep.). Der Maßnahmenkatalog spiegelt den derzeitigen Stand wider und wird in Zukunft durch Anwendung und Adaptation der Maßnahmen geändert bzw. erweitert werden. Es ist zu betonen, dass über die Maßnahmen auf der Einzelfläche hinausgehend auf Landschaftsebene ein Mosaik verschiedener Nutzungen und Nutzungsintensitäten zum Erhalt und zur Entwicklung der Biodiversität unverzichtbar ist (Tscharntke et al. 2009, Närmann et al. 2021, Martens et al. 2023). Dies könnte über kooperative Ansätze in Förderprogrammen verankert werden.

Schlussfolgerungen

Wiedernässung von Moorböden als Klimaschutzmaßnahme und die weitere Nutzung, die als Paludikultur bezeichnet wird, kann zum Erhalt bzw. zur Entwicklung moortypischer Biodiversität beitragen. Aufgrund der großen hydrologischen Zusammenhänge von Mooregebieten besteht das Potential, dass ein Nutzungs mosaik auf Landschaftsebene geschaffen wird. Neben überwiegend positiven Effekten von Paludikultur auf die Biodiversität können aber auch hemmende Effekte der Nutzung auf Artengruppen auftreten. Hierzu wurden Maßnahmen abgeleitet, die die hemmenden Effekte abmildern bzw. Biodiversität noch weiter befördern können. Die Entwicklung der Biodiversität und die Maßnahmen selbst müssen in Zukunft weiter beobachtet, evaluiert und ggf. angepasst werden. Hierzu braucht es kontinuierliche Begleitforschung mit Bezug zur Biodiversität, die auf verschiedene Vergleichsebenen (Vorher-Nachher, Mit-Ohne) abzielt und die die Effektivität biodiversitätsfördernder Maßnahmen mit untersucht.

Literatur

- Abel, S., Barthelmes, A., Gaudig, G., Joosten, H., Nordt, A. & Peters, J. (2019): Klimaschutz auf Moorböden: Lösungsansätze und Best-Practice-Beispiele. Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe 03/2019 (Selbstverlag, ISSN 2627-910X). 84 S.
- Beckert, M. & Rodríguez, A.C. (2023): Auswirkungen von Revitalisierungsmaßnahmen auf die Biodiversität von Mooren in der gemäßigten Klimazone - eine Metaanalyse. *Natur und Landschaft* 98 (3): 141-148.
- Butchart, S.H.M. et al. (2010): Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328 (5982): 1164-1168.
- Bunzel-Drüke, M. et al. (2019): Ganzjahresbeweidung im Management von Lebensraumtypen und Arten im europäischen Schutzgebietssystem NATURA 2000: Naturnahe Beweidung und NATURA 2000. 2. Aufl. Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest e.V., Bad Sassendorf-Lohne.
- Drenckhahn, D. et al. (2020): Globale Biodiversität in der Krise – Was können Deutschland und die EU dagegen tun? 39 S. Halle (Saale), Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V.
- Emsens, W.-J. et al. (2020): Recovery of fen peatland microbiomes and predicted functional profiles after rewetting. *The ISME Journal*, Volume 14, Issue 7: 1701-1712.
- Herold, B. (2012): Neues Leben in alten Mooren. 200 S. Haupt, Bern.
- Humbert, J.-Y., Richner, N., Sauter, J., Ghazoul, J. & Walter, T. (2010 b): Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna. *ART-Bericht* 724: 1-12.
- Kreyling, J. et al. (2021): Rewetting does not return drained fen peatlands to their old selves. *Nature communications* 12 (1): 1-8.
- Lamers, L.P.M. et al. (2015): Ecological restoration of rich fens in Europe and North America: from trial and error to an evidence-based approach. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 90 (1): 182-203.

- Luthardt, V. & Zeitz, J. (Hrsg.) (2014): Moore in Brandenburg und Berlin. 384 S. Natur+Text, Rangsdorf.
- Luthardt, V. et al. (in prep.): Entwicklung und Begleitung der Erprobung naturschutzfachlicher Mindeststandards für den Erhalt und die Förderung der Biodiversität bei künftigen Paludikulturen auf landwirtschaftlichen Flächen. BfN-Schrift „PaluDivers“ in Vorb.
- Martens, H. R. et al. (2023): Paludiculture can support biodiversity conservation in rewetted fen peatlands. *Sci Rep* 13, 18091 (2023): 1-10.
- Minayeva, T., Bragg, O.M. & Sirin, A.A. (2017): Towards ecosystem-based restoration of peatland biodiversity. *Mires and Peat* 19: 1-36.
- Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Nerger, M., Luthardt, V., Zeitz, J. & Tanneberger, F. (Hrsg.) (2021): Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. BfN-Skripten 616. 342 S. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- Radlmair, S. & Dolek, M. (2002): Auswirkung der Beweidung auf die Insektenfauna von Feuchtgrünland unter besonderer Berücksichtigung von Tagfaltern und Heuschrecken. In: *Beweidung in Feuchtgebieten* (hrsg. v. Bay. Akad. f. Naturschutz und Landschaftspflege): 23-34. ANL, Laufen.
- Steidl, I. (2002): Beweidung von Feuchtgrünland – Ökologische, naturschutzfachliche und betriebsökonomische Aspekte im Landschaftspflegekonzept Bayern. In: *Beweidung in Feuchtgebieten* (hrsg. v. Bay. Akad. f. Naturschutz und Landschaftspflege): S. 67-83. ANL, Laufen.
- Tanneberger, F., Appulo, L., Ewert, S., Lakner, S., Ó Brolcháin, N., Peters, J. & Wichtmann, W. (2020): The Power of Nature-Based Solutions: How Peatlands Can Help Us to Achieve Key EU Sustainability Objectives. *Advanced Sustainable Systems* 1: 1-10.
- Thonicke, K. et al. (2024): 10 Must-Knows aus der Biodiversitätsforschung 2024. 72 S. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (Hrsg.), Potsdam.
- Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. & Thies, C. (2005): Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology letters* 8: 857-874.
- Umweltbundesamt (UBA) (2023): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2023: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2021. 981 S. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- UNEP (2022): Global Peatlands Assessment – The State of the World's Peatlands: Evidence for action toward the conservation, restoration, and sustainable management of peatlands. Main Report. Global Peatlands Initiative. 418 S. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- van de Poel, D. & Zehm, A. (2014): Die Wirkung des Mähens auf die Fauna der Wiesen - Eine Literaturschau für den Naturschutz. *Anliegen Natur* 36 (2): 36-51.
- Walter, J. & Enge, D. (2010): Wasserbüffel: Ethologie und Beweidungsauswirkungen im Feuchtgrünland. 138 S. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. (Hrsg.) (2016): Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore. 272 S. Schweizerbart, Stuttgart.

Notwendigkeit und Verfügbarkeit von angepasster Landtechnik und Spezialmaschinen für eine moorschonende Grünlandnutzung

P. Mosebach, V. Luthardt, I. Schleip

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

Einleitung und Problemstellung

In Deutschland werden mehr als eine Million Hektar organischer Böden als Grünland genutzt. Hinzu kommen rund 360.000 Hektar derzeit als Ackerland genutzte Flächen. Auf Grund der hohen Klimarelevanz sollten diese Flächen auf eine torferhaltende bzw. schwach torfzehrende Grünlandnutzung oder auf den Anbau von Paludikulturen umgestellt werden. Mit einer Fläche von 243.300 Hektar organischen Böden – davon 155.000 Hektar Niedermoore – kann Brandenburg maßgeblich zum Gelingen der Umstellung hin zu einer zukunftssicheren Moorbewirtschaftung beitragen (Wittnebel et al. 2023).

Insbesondere Landwirtschaftsbetriebe stehen hier vor großen Herausforderungen. Dies betrifft unter anderem die Bewirtschaftungstechnik. Moorgrünland besitzt eine durchwurzelte Schicht an der Oberfläche mit hoher Festigkeit, während darunterliegende mehr oder minder stark zersetzte Torfe und Mudden deutlich geringere Festigkeiten aufweisen (Schmidt 1981, Prochnow 1994, Kraschinski 2001). Die landwirtschaftliche Nutzung solcher Flächen ist unter feuchten bis nassen Bedingungen in der Regel nur mit angepasster Landtechnik oder Spezialmaschinen möglich. Werden bei der Bewirtschaftung nicht hinreichend die standörtlichen Besonderheiten berücksichtigt, ist die Befahrung der Flächen mit hohen Risiken verbunden. So können bei nicht standortgerechter Bewirtschaftungstechnik Schäden der Grasnarbe auftreten, welche die Befahrbarkeit über einen langen Zeitraum herabsetzen und zudem die Erträge deutlich mindern. Schäden an der eingesetzten Technik oder ein Festfahren haben unter Umständen kostenintensive Bergungs- und Reparaturmaßnahmen zur Folge.

In Brandenburg werden Moorbewirtschaftler beim Erwerb und dem Einsatz standortangepasster Bewirtschaftungstechnik durch entsprechende Förderangebote des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) unterstützt. Die erstmalig 2019 angebotene Förderung im Rahmen der EFRE-Richtlinie „ProMoor“ haben sieben Landwirtschaftsbetriebe in Anspruch genommen.

Die Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE) begleitete 2020-2023 den neuen Technikeinsatz mit wissenschaftlichen Untersuchungen zu dessen Wirkung auf den Standort und die Vegetation sowie der Praktikabilität für die Nutzer. Im Folgenden werden die aus den Erkenntnissen der wissenschaftlichen Begleitung abgeleiteten Empfehlungen vorgestellt.

Material und Methoden

Um die Tragfähigkeit von Niedermoorstandorten qualitativ und quantitativ beschreiben zu können, wurden im Sommerhalbjahr 2022 auf Niedermoorstandorten Messungen von Indikatoren zur Bewertung der Tragfähigkeit vorgenommen. Dabei wurden die Scherfestigkeit (Scherflügel: 14 x 7,6 cm) in einer Bodentiefe von 0-15 cm gemessen, der Pflanzenbestand, die Bewuchsdichte (Deckung der verbliebenen Stoppel in %), die Bodenfeuchte (Theta-Sonde Typ ML3 von Delta-T mit einer Elektrodenlänge von 60 mm), der Bodenzustand sowie der Grundwasserstand erfasst.

Die Wirkung der Technik auf den Boden wurde 2021 im Rahmen von Befahrungsversuchen untersucht. Während der Befahrungsversuche wurden entlang von Teststrecken unterschiedliche Kombinationen aus Reifeninnendruck, Fahrgeschwindigkeit und Anzahl der Überfahrten getestet. Zur Kennzeichnung der Standorteigenschaften wurden unmittelbar neben den Teststrecken ungestörte Bodenproben mittels Stechzylinder (100 cm³) aus zwei Tiefen (0-10 und 20-30 cm) zur Bestimmung von Trockenrohdichte, Substanzvolumen und Bodenfeuchte entnommen. Die Spurtiefe gilt als geeignetes Kriterium zur Beurteilung der Befahrbarkeit (u.a. Prochnow 1994, Schmidt 1995, Kraschinski 2001). Sie fasst die Wirkung aller relevanten Kräfte in der Kontaktfläche Reifen/Boden zusammen und ist damit das Ergebnis der Interaktion zwischen der aktuellen Tragfähigkeit der Fahrbahn und maschinenspezifischen Parametern. Als Befahrbarkeitsgrenze gilt demnach eine Spurtiefe von 7 cm (Prochnow 1994, Kraschinski 2001). Im Zuge der Befahrungsversuche wurden daher ebenfalls die Spurtiefen erfasst. Dazu wurde ein Brett quer über die Fahrspur gelegt, Grasstoppeln und seitliche Aufwallungen durch leichten Druck flach gedrückt, und der Abstand von Brettunterkante und tiefstem Punkt in der Spur gemessen.

Zur Bewertung der Landtechnik wurden die erforderlichen Maschinenparameter, wie die Masse von Zugmaschinen und Arbeitsmaschinen, Reifendaten etc. von den Betrieben erfragt. Direkte Messungen von Maschinengewichten wurden nicht von den Autor*innen dieser Studie vorgenommen. Berechnungen des mittleren Kontaktflächendrucks der eingesetzten Technik wurden mit dem online-Simulationsmodell „Terranimo®“ unter Auswahl des Standardbodens „Moorboden“ und der Feuchtigkeitsstufe „Feucht“ durchgeführt. Um die Vergleichbarkeit der Maschinenkombinationen zu wahren, wurde ein zur Grünlandbefahrung empfohlener Reifeninnendruck von 0,8 bar gewählt.

Die Ergebnisse aller Untersuchungen wurden mit Abfragen bei den teilnehmenden Betrieben ergänzt und Empfehlungen für den konkreten Technikeinsatz abgeleitet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Messungen der Scherfestigkeit auf vierzehn Standorten belegen einen hoch signifikanten Einfluss von Bodenfeuchte, Bewuchsdichte und Vegetation. Dabei nimmt die Scherfestigkeit im Durchschnitt aller Standorte mit steigender Bodenfeuchte ab, während sie mit höherer Bewuchsdichte zunimmt. Diese Zusammenhänge sind jedoch bei Betrachtung der einzelnen Standorte unterschiedlich stark ausgeprägt, in Einzelfällen auch gegenläufig. Eine geschlossene Grasnarbe aus nässeangepassten Arten – insbesondere Seggen – ist essentiell für die Befahrbarkeit, da die Torfe und Mudden unterhalb des durchwurzelter Bereichs einen geringen Eindringwiderstand besitzen und keine schweren Maschinenlasten abstützen können (MLUK in Vorb.).

Zur Bewirtschaftung von sehr feuchtem und nassem Moorgrünland ist demnach geeignete Technik einzusetzen, die sich durch angepasste Radlast, niedrigen Kontaktflächendruck, geringen Zugkraftbedarf und reduzierte Überrollhäufigkeit auszeichnet. Werden die Erfordernisse an die Erntelogistik und Technik berücksichtigt, sind so auch unter sehr feuchten bis nassen Bedingungen ein- bis mehrstufige Verfahren zur Werbung frischer oder getrockneter Biomasse möglich. Die verschiedenen Technikvarianten werden üblicherweise nach folgenden Kategorien klassifiziert (Wichmann et al. 2016):

1. Kleintechnik (fahrerbasiert, ferngesteuert, handgeführt),
2. Angepasste Standardtechnik,
3. Spezialtechnik (raupenbasiert, radbasiert).

Kleintechnik zeichnet sich durch eine geringe Gesamtmasse aus und ist daher besonders narbenschonend. Traditionell kommen derartige Geräte in der Landschaftspflege, z.B. bei der Mahd von Feuchtwiesen im Rahmen des Vertragsnaturschutzes zum Einsatz. Einachsgeräteträger sind mit breiten Stachelwalzen mit großer Aufstandsfläche kombinierbar und daher besonders gut für wenig tragfähige Böden geeignet. Aufgrund einer großen Bandbreite von Anbaugeräten (u.a. Doppelmesser-/Scheibenmäherwerk, Schwader, Ballenpresse, Ballengabel, Heuschieber) sind sie vielseitig einsetzbar. Verfügbar sind auch funkferngesteuerte Trägerfahrzeuge, die wahlweise mit Raupenlaufwerken, Reifen oder Stachelwalzen ausgestattet werden können. Auch hier sind diverse Anbaugeräte für vielseitige Einsatzmöglichkeiten vorhanden.

Angepasste Standardtechnik umfasst herkömmliche Landtechnik – wie Traktoren, Pressen, Ladewagen, Anhänger – die mit verschiedensten Maßnahmen für die Moorbewirtschaftung unter angehobenen Wasserständen modifiziert wird. Eine gängige Variante ist die Ausstattung mit möglichst breiter Bereifung. Möglich sind auch Doppel- oder sogar Drillingsbereifungen, durch die der Kontaktflächendruck nochmals erheblich verringert werden kann. Bei Nachrüstung der Traktoren und Anbaugeräte mit Mehrfach- oder Breitbereifung muss die Dimensionierung der Achsen für die gesteigerte Beanspruchung ausgelegt sein und entsprechend umsichtig gefahren werden. Weitere, in der Grünlandnutzung jedoch bisher nicht in breitem Umfang etablierte Möglichkeiten sind Delta-Laufwerke, der Einsatz von Bogie-Bändern, wie sie auch bei Forstmaschinen zum Einsatz kommen, sowie die früher häufiger genutzten eisernen Gitterräder (Schulte 1955).

Tab. 1: Vor- und Nachteile verschiedener Technikvarianten (ergänzt nach Wichmann et al. 2016) und ihre Einsatzbereiche zur Ernte im Sommerhalbjahr.

Vorteile (+) / Nachteile(-)	Einsatzbereiche
Kleintechnik	
+ geringe Gesamtmasse und daher besonders narben- und bodenschonend + geringer Transportaufwand (bspw. mittels Anhänger am Geländewagen) + geringe Arbeitsbreite und hohe Wendigkeit (Einsatz z.B. zwischen Agri-PV) + je nach Gerät vergleichsweise niedrige Investitions- und variable Maschinenkosten - geringe Flächenleistung bei der Biomasseberäumung - erhöhtes Risiko des Festfahrens in Störstellen (z.B. alte Fahrspuren) bei kleiner Aufstandsfläche (insbesondere bei Einachsgeräteträgern) - dichte, hochwüchsige Bestände aufgrund geringer Bodenfreiheit problematisch (Mahdgut kann ggf. nicht überfahren werden)	• flurnahe Wasserstände möglich (0-20 cm unter Flur) • Stellen mit verringerter Tragfähigkeit ggf. umfahren (z.B. Bestandeslücken, alte Fahrspuren) • vorzugsweise Kleinflächen • große Flächen möglich (Pressen/Beräumung dann jedoch mit leistungsstärkeren Maschinen)
Angepasste Standardtechnik (Masse <8 t, KFD max. 450-500 g/cm²)	
+ hohe Flächenleistung + hohe Auslastung auch durch Einsatzmöglichkeiten abseits des Moorgrünlandes + vergleichsweise geringe Investitionskosten bei Nachrüstung des Fuhrparks + Technik i.d.R. bekannt + Hangtechnik: vergleichsweise leicht aber leistungsstark - Zwillingsreifen: Aufwand für Montage/Demontage am Feldrand - Erhöhte Belastung der Achsen durch Breit-/Doppelbereifung - Komplizierte Bergung festgefahrter Maschinen bei hohen Maschinenmassen	• Wasserstände von 20-45 cm unter Flur und tragfähiger Grasnarbe möglich • vorzugsweise größere Flächen
Delta-Laufwerke:	Leichte Maschinenkombinationen mit Masse <4 t, KFD bis 300 g/cm ² :
- bei Durchbruch der Grasnarbe/Fahrspuren ggf. Probleme aufgrund geringem Böschungswinkel - erhöhter Verschleiß bei Straßenfahrten	• flurnahe Wasserstände bei tragfähiger Grasnarbe möglich (0-20 cm unter Flur) • Flächenzuschnitt erfordert häufige Wendemanöver und Überfahrten (narbenschonende Bereifung wählen, opt. mit Allradlenkung)
Raupenbasierte Spezialtechnik (KFD <200 g/cm²)	
+ äußerst geringer Kontaktflächendruck + mittlerweile breites Angebot am Markt + auch bei Überstau einsetzbar - Investitionskosten und Erntekosten vergleichsweise hoch (Dahms et al. 2017) - hoher Transportaufwand (z.B. mittels Tieflader) - gesteigertes Risiko von Narbenschäden bei Kurvenfahrten (Schröder et al. 2015) - ggf. Probleme aufgrund geringem Böschungswinkel	• Wasserstände in Flur bis Überstau möglich • auch bei verringerter Tragfähigkeit einsetzbar (kleinere Störstellen können i.d.R. überfahren werden) • vorzugsweise größere Flächen bzw. Flächen mit günstiger Spurplanung (bei engen Kurvenradien und Manövrieren auf engem Raum hohe Belastung der Grasnarbe durch die Ketten)

Die angegebenen Spannen der Wasserstände entsprechen den Wasserstandsmedianen im Sommerhalbjahr. Berechnungen des mittleren Kontaktflächendrucks (KFD) erfolgten mit dem online-Simulationsmodell „Terranimo®“ unter Auswahl des Standardbodens „Moorboden“, der Feuchtigkeitsstufe „Feucht“ und einem Reifeninnendruck von 0,8 bar.

Raupenbasierte Spezialtechnik wird mittlerweile von mehreren Herstellern angeboten. Dies sind Pistenraupen, die für den landwirtschaftlichen Einsatz umgebaut werden. Aber auch eigens dafür entwickelte Trägerfahrzeuge werden angeboten. Je nach Ernteverfahren (ein- oder mehrstufig) und Biomasseprodukt (Ballen, Häcksel oder Bunde) können beispielsweise Mähraupen oder Mäh-Laderaupen mit aufgesetztem oder angehängtem Bunker beziehungsweise Ballenpresse zum Einsatz kommen.

Radbasierte Spezialtechnik, wie die Seiga-Maschinen mit großvolumigen Reifen eines dänischen Herstellers, wurden speziell für den Einsatz auf nassen Flächen entwickelt. Der Vorteil des Aufschwimmens aufgrund der „Ballonreifen“ vermindert zwar das Risiko des Einsinkens, doch wird dadurch bei höherem Überstau die Manövrierfähigkeit eingeschränkt und der Radschlupf auf ein narbenschädigendes Maß erhöht. Die Produktion solcher Maschinen wurde bereits eingestellt. Dennoch sind sie beziehungsweise Nachbauten weiterhin, insbesondere für die Schilfwerbung, im Einsatz (Wichmann et al. 2016).

Einen Überblick zur Eignung der vorgenannten Technikvarianten ist der Tab. 1 zu entnehmen.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen bestätigen, dass eine Anhebung der Wasserstände mit einer Verminderung der Tragfähigkeit der Fahrbahn einhergeht. Landwirtschaftsbetriebe müssen darauf mit einer Anpassung des Bewirtschaftungsmanagements sowie der einzusetzenden Landtechnik reagieren. Neu entwickelte Kleintechnik, Anpassungen von Standardtechnik und Spezialtechnik ist bereits verfügbar. Die Möglichkeiten zur Anpassung von Standardtechnik reichen von Breit- und Doppelbereifung, Tandemachsen, Delta Tracks bis hin zu Gitterrädern oder Bogiebändern. Ausgesprochen narbenschonend sind Reifen mit hohem Positiv-Anteil der Stollen, abgerundeten Schultern und niedrigem Reifendruck. Raupenbasierte Spezialtechnik bringt hohe Investitionskosten mit sich, weshalb eine ausreichende Auslastung gewährleistet sein sollte.

Über die Richtlinie „Klima-/Moorschutz-investiv“ wird die Förderung von moorbodenschonender Technik und Nutzungsverfahren in Brandenburg fortgeführt.

Literatur

- Berner Fachhochschule (BFH): Terranimo® expert. Online verfügbar unter <https://ch.terranimo.world/expert>
- Dahms, T., Oehmke, C., Kowatsch, A., Abel, S., Wichmann, S., Wichtmann, W., Schröder, C. (2017): Paludi-Pellets-Broschüre. Halmgutartige Festbrennstoffe aus nassen Mooren. 2. Auflage. Universität Greifswald. Greifswald.
- Kraschinski, S. (2001): Ein verfahrenstechnischer Beitrag zum angepassten Befahren von Niedermoorgrünland. Dissertation, Humboldt Universität Berlin.
- MLUK (in Vorb.): Biodiversitätsfördernde Maßnahmen und Bewirtschaftungstechnik für eine standortgerechte Niedermoornutzung. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde im Auftrag für Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Brandenburg (MLUK), Potsdam.
- MLUK: Investitionen in eine klimagerechte Landnutzung und Entwicklung von organischen Böden – Klima-/Moorschutz-investiv. Online unter: <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/service/foerderung/fachuebergreifend/rl-klima-moorschutz-investiv/>
- Prochnow, A. (1994): Verfahrenstechnische Grundlagen für die großflächige Landschaftspflege am Beispiel der Nuthe-Nieplitz-Niederung. Dissertation, Forschungsbericht Agrartechnik der MEG, Nr. 265.
- Schmidt, W. (1981): Kennzeichnung und Beurteilung der Bodenentwicklung auf Niedermoor unter besonderer Berücksichtigung der Degradierung. Leistung des Institutes für Futterproduktion Paulinenaue der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR.
- Schröder, C., Dahms, T., Paulitz, J., Wichtmann, W., Wichmann, S. (2015): Towards large-scale paludiculture: addressing the challenges of biomass harvesting in wet and rewetted peatlands. *Mires and Peat*, Volume 16 (2015), Article 13, 1–18.
- Schulte, K. H. (1955): Prüfung von Gitterrädern auf Dauerfestigkeit. Teil I. Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim, Agrartechnik Heft 10: 409-412.
- Wichmann, S., Dettmann, S. & Dahms, T. (2016): Landtechnik für nasse Moore. In: Wichtmann et al. (Hrsg.): Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 63-70.
- Wittnebel, M., Frank, S., Tiemeyer, B. (2023): Aktualisierte Kulisse organischer Böden in Deutschland Thünen Working Paper 212. doi: 10.3220/WP1683180852000.

Posterbeiträge

Anpassung an den Klimawandel



Abbildungen: P. Mosebach (links oben, rechts unten), H. Nematollahi (rechts oben), C. Ertel (links unten)

Dikotyle Pflanzen für multifunktionales Grünland im Klimawandel: Eine Pilotstudie zu minoren und exotischen Arten

D. Thielecke¹, J. Isselstein^{1,2}, M. Komainda¹

¹Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Graslandwissenschaft,
Georg-August-Universität Göttingen

²Zentrum für Biodiversität und nachhaltige Landnutzung
dietrun.thielecke@uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Artenreiches Grünland erfüllt verschiedene Ökosystemleistungen (Bengtsson et al. 2019). Im Gemenge mit Leguminosen erhöhen dikotyle Nicht-Leguminosen die Stickstoffaufnahme aus dem Boden (Dhamala et al. 2016) und sind durch ihre tief reichenden Wurzeln widerstandsfähiger gegen Trockenheit (Hoekstra et al. 2015). Dikotyle Arten erhöhen zudem die Bereitstellung eines Blütenangebots für Bestäuber (Cong et al. 2020). Angesichts des fortschreitenden Klimawandels sind in Zukunft alternative trockenheits- und hitzetolerante Arten erforderlich, um die Funktionen des Grünlands und dessen Phytodiversität zu erhalten. Wir haben in einer Pilotstudie mehrere, bisher nicht weitläufig genutzte (minore) und „exotische“ dikotyle Arten untersucht, um spezifische Informationen über ihre Produktivität, Futterqualität und funktionellen Eigenschaften verfügbar zu machen, die bisher kaum vorhanden sind.

Material und Methoden

Zur Bewertung der Arten wurde ein Topfexperiment unter kontrollierten Bedingungen in einer Vegetationshalle über einen Zeitraum von 61 Tagen durchgeführt. Funktionelle Pflanzenmerkmale, Ertrag und Futterqualität von insgesamt 21 minoren dikotylen leguminösen und nicht-leguminösen Arten (ein bis drei verschiedene Herkünfte pro Art) wurden im randomisierten Blockdesign mit $n=4$ Wiederholungen untersucht. Der Versuch bestand aus Töpfen (Länge x Breite x Höhe = 10.5cm x 10.5cm x 11cm) mit je einer Pflanze, sodass keine Konkurrenz zwischen den Individuen bestand. Als Substrat wurde eine Mischung aus Blumenerde und Sand (Verhältnis 3:4) verwendet. Das verwendete Bodensubstrat enthielt 3,0 g kg^{-1} Phosphor (Calcium-Acetat-Laktat-Extraktionsmethode (CAL)), 9,1 g kg^{-1} Kalium (CAL-Methode) und 3,7 g kg^{-1} Magnesium (CaCl_2 -Extraktion). Die Bewässerung erfolgte während der gesamten Studie manuell mit normalem Leitungswasser, basierend auf visueller Beurteilung, so dass der Boden stets feucht war. Unter den genutzten Arten befanden sich vier „Exoten“ z.B. aus dem mediterranen Raum, die in Deutschland derzeit nicht etabliert sind. Alle Arten wurden basierend auf einer Literaturrecherche und eigenen Erfahrungen ausgewählt. Die Arten wurden funktionellen Pflanzengruppen zugeteilt. Die Pflanzen wurden in einem überdachten, offenen Gewächshaus mit natürlichem Licht, aber erhöhten Temperaturbedingungen angebaut. Temperaturmessungen erfolgten stündlich (iButtons, Thermochrom). Alle Pflanzen wurden am gleichen Tag ausgesät und hatten die gleiche Wachstumszeit. Es wurden keine Düngemittel, Herbizide oder Pestizide ausgebracht. Die Tageslänge während des Untersuchungszeitraums betrug stets >14 Stunden (Abbildung 1). Die Datenerhebung fand zwischen April und Juli 2022 statt. Messungen zur Erhebung funktioneller Pflanzenmerkmale erfolgten wöchentlich. Die Ernte erfolgte per Hand mit einer herkömmlichen Schere, wobei der oberirdische Aufwuchs in Höhe von 4cm zum Zeitpunkt der Blüte beerntet wurde. Es wurden stets alle vier Wiederholungen einer Art am selben Tag beerntet, wenn mindestens drei der vier Wiederholungen geblüht haben. Pflanzen, die das Blühstadium nicht erreichten, wurden nach 61 Tagen beerntet. Zur Ermittlung der Futterqualität wurden die Pflanzenproben laboranalytisch untersucht. Hierbei ist mittels ANKOM Fibre Tec (A200 Fiber Analyser) die NDF-Konzentration in der organischen Masse bestimmt worden. Eine Unterprobe der Biomasse wurde verascht, um die Rohasche zu bestimmen. Die Bestimmung der Stickstoff(N)konzentration in der Gesamtpflanze erfolgte mittels Elementaranalyse. Durch Umrechnung ($\text{Nx}6.25$) wurde die Konzentration an Rohprotein (CP) ermittelt. Folgende weitere Zielwerte wurden ausgewertet: Trockenmasseertrag (TM), Blatt-Trockenmassegehalt (=LDMC „Leaf Dry Matter Content“) des jüngsten voll entwickelten Blattes (Harzé et al. 2016) und die Tage bis zur Blüte. Statistische Analysen wurden in R Version 4.2.1 (R Core Team 2022) durchgeführt, wobei eine Varianzanalyse (ANOVA) verwendet wurde, um den Einfluss des Faktors *Art* auf alle Zielvariablen zu testen. Die verschiedenen Herkünfte wurden als Wiederholungen der jeweiligen Art berücksichtigt. Als Zufallsgröße wurden Block und Topf herangezogen.

Folgende Arten mussten von der Qualitätsanalyse ausgeschlossen werden: *Achillea millefolium*, *Carum carvi*, *Cichorium intybus*, *Lotus pedunculatus*, *Medicago lupulina*, *Melissa officinalis*, *Pimpinella saxifraga*, *Sanguisorba minor*, *Thymus pulegioides* und *Trifolium tumens* (exotische Leguminose). Diese Arten wurden nicht für die statistische Auswertung genutzt. Alle anderen Arten sind in Tabelle 1 gezeigt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Temperatursumme im Gewächshaus war im Vergleich zur Umgebungstemperatur außerhalb der Vegetationshalle (Wetterstation Göttingen 2023) um 32% höher. Es wurden starke Temperaturschwankungen während des Experiments verzeichnet und durchschnittliche Tagestemperaturen bis zu 43°C gemessen (Abb. 1).

Der Einfluss des Faktors *Art* war bei allen betrachteten Zielgrößen hoch signifikant ($p < 0,001$). Insbesondere die exotischen Leguminosen (mit Ausnahme von *T. tumens*) zeigten unter den gegebenen Bedingungen eine gute Leistung. Die exotischen Leguminosen produzierten im Durchschnitt die höchste Biomasse mit im Mittel 2,7 g Topf⁻¹. Die minoren Leguminosen produzierten im Durchschnitt 22% weniger und die nicht-leguminosen Kräuter erreichten im Durchschnitt 29% weniger Biomasse als die Leguminosen. Die bessere Anpassung der exotischen Leguminosen an höhere Temperaturen verdeutlichen, dass diese in Zukunft vermehrt in Erwägung gezogen werden könnten (Europäische Umweltagentur 2012).

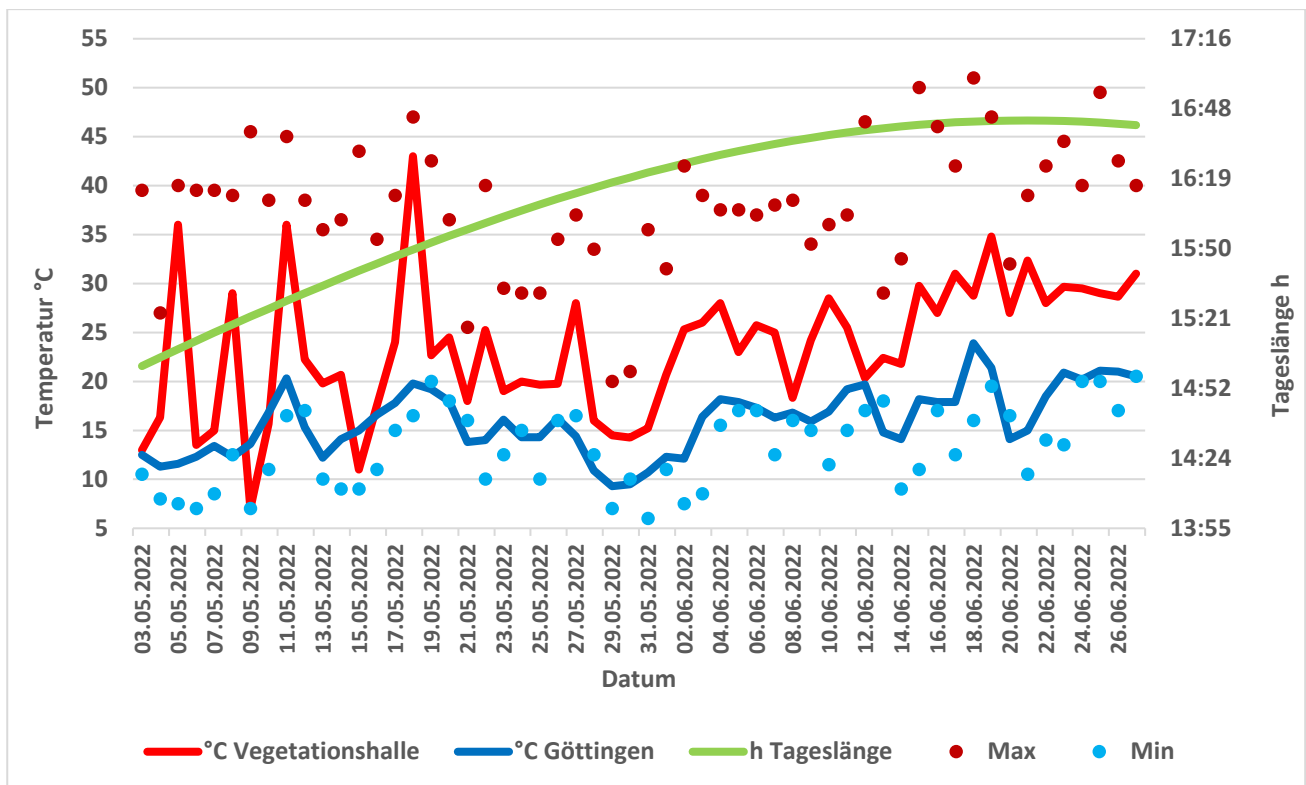


Abb. 1: Gemessene Temperatur und Tageslänge während des Experiments: Mittelwerte der Tagestemperatur pro Tag in der Vegetationshalle (rote Linie) und der Wetterstation Göttingen (blaue Linie), Tageslänge in Stunden (grüne Linie). Max = höchste absolute Tagestemperatur (rote Punkte), Min = niedrigste absolute Tagestemperatur (blaue Punkte) in der Vegetationshalle.

Im Gegensatz zu einem niedrigen LDMC impliziert ein hoher LDMC eine größere Widerstandsfähigkeit gegenüber physischem Stress (Guo et al. 2022). In unserer Studie erreichte *S. minor* den höchsten LDMC und *P. lanceolata* den niedrigsten. Die kürzeste Zeitdauer bis zur Blüte benötigten *P. lanceolata*, *P. anisum* und *T. michelianum*. Diese Arten können folglich frühzeitig im Jahr Blütenressourcen für Bestäuber bereitstellen. Um eine kontinuierliche Bereitstellung von Blüten über die gesamte Vegetationsperiode zu erreichen, sollten Arten mit einem breiten Spektrum an Tagen bis zur Blüte kombiniert werden, die bestenfalls komplementäre funktionale Merkmale beispielsweise im Ertrag, der Qualität oder der Trockenheitstoleranz aufweisen, um die Multifunktionalität von Grünland zu erhöhen (Blesh 2018). Hierfür sind *P. lanceolata*, *L. corniculatus*

und *T. michelianum* potentiell geeignete Partner (Tab. 1). Für die Futterbewertung für Wiederkäuer sollten spezifische Anforderungen erfüllt sein. In der vorliegenden Untersuchung erreichten die minoren Nicht-Leguminosen eine CP-Konzentration von 112,7 g kg⁻¹ TM. Die minoren Leguminosen erreichten einen Durchschnittswert von 130 g kg⁻¹ TM und die exotischen Leguminosen von 106,7 g kg⁻¹ TM (Tab. 1). Hochleistende Milchkühe benötigen mindestens 140 g CP kg⁻¹ TM in ihrer Ration (Kalscheur et al. 1999). Diese Anforderungen werden von *L. corniculatus*, *P. lanceolata* und *T. michelianum* zum Zeitpunkt der Blüte erfüllt (Tab. 1). Die Vergleichsbasis beruht auf den Erträgen zum Zeitpunkt der Blüte. Der Zeitpunkt der Blüte variierte aufgrund der unterschiedlichen phänologischen Entwicklungsgeschwindigkeit der Arten. Die NDF-Konzentrationen waren im Allgemeinen niedrig, obwohl die Ernte um die Blüte herum stattfand, was den Futterwert der dikotylen Arten unterstreicht.

Tab. 1: Arithmetische Mittel und Standardfehler der Mittelwerte (in Klammern) für den Trockenmasseertrag (g TM Topf⁻¹), den LDMC (%), die Zeitdauer bis zur Blüte (Tage), die NDF-Konzentration (g kg⁻¹ organische Substanz) und das Rohprotein (CP) (g kg⁻¹ TM). k.B. bedeutet keine Blüte während des Versuchs.

Funktionale Gruppe	Pflanzenarten	TM	LDMC	Tage bis Blüte	NDF	CP
Minore Leguminosen	<i>Astragalus cicer</i> L.	3.6 (0.56)	27.3 (0.56)	59.5 (0.01)	322.0 (12.)	93.9 (4.8)
	<i>Lotus corniculatus</i> L.	2.7 (0.74)	26.5 (0.74)	42.3 (0.02)	368.8 (15.9)	150.2 (12.2)
	<i>Trifolium ambiguum</i> M. Bieb.	1.2 (0.22)	27.5 (0.22)	k.B.	358.8 (4.6)	94.2 (8.9)
	<i>Trifolium subterraneum</i> L.	2.4 (0.34)	30.8 (0.34)	38.0 (0.01)	371.5 (7.7)	117.8 (6)
Nicht-leguminöse Kräuter	<i>Pimpinella anisum</i> L.	5.9 (1.70)	25.8 (1.7)	26.8 (0.02)	350.1 (8.3)	121.9 (10)
	<i>Plantago lanceolata</i> L.	2.4 (0.69)	19.2 (0.69)	21.6 (0.02)	381.5 (12.0)	175.0 (14.4)
	<i>Rumex acetosa</i> L.	1.2 (0.329)	20.0 (0.32)	k.B.	353.7 (5.6)	103.1 (11.8)
	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	2.6 (0.75)	35.2 (0.75)	k.B.	356.5 (4.6)	104.1 (8.5)
Exotische Leguminosen	<i>Bituminaria bituminosa</i> (L.) C.H. Stirt	5.0 (0.90)	34.6 (0.9)	56.8 (0.02)	475.3 (20.1)	58.8 (4)
	<i>Hedysarum coronarium</i> L.	3.6 (0.58)	21.2 (0.58)	k.B.	325.7 (7.1)	89.2 (4.7)
	<i>Trifolium michelianum</i> Savi	1.7 (0.33)	21.3 (0.33)	26.9 (0.01)	377.3 (11.0)	172.1 (10.2)

P. lanceolata erweist sich als vielversprechende Art mit Blick auf die Multifunktionalität von Grünland. Diese Leistung geht einher mit einer Reduktion von Stickstoffverlusten im Produktionssystem (Pinxterhuis et al. 2024). Bislang fehlt in Deutschland eine offizielle Empfehlung zur Ansaat. Es sind auch bisher keine Sorten von *P. lanceolata* in der Bundessortenliste geführt.

B. bituminosa zeigte eine gute Produktivität bei hohem LDMC (Tab. 1). Diese Art könnte somit aufgrund von Wetterextremen, die in Zukunft vermehrt auftreten werden (Trnka et al. 2020), bei weiterhin steigenden Temperaturen (Deutscher Wetterdienst 2021) in Betracht gezogen werden. Dafür sind Tests zur Futterproduktion unter hiesigen Bedingungen notwendig.

Schlussfolgerungen

Unsere Pilotstudie verdeutlicht, dass die hier untersuchten Arten Potential für die Pflanzenzucht mit sich bringen und mit Blick auf den Klimawandel die Phytodiversität und Multifunktionalität von Grünland erhöhen können. Im feucht-gemäßigten Klima Deutschlands sind für die prognostizierten Temperaturerhöhungen und die vermehrt auftretenden Wetterextreme möglicherweise auch mediterrane Exoten erwägbar. Es bedarf in Zukunft Feldversuchen, um zu untersuchen, wie sich diese dikotylen Arten etablieren und nutzen lassen.

Diese Arbeit konnte mit Förderungen von EU Horizon 2020 (FKZ 101059626) und Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft, aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, umgesetzt durch die Bundesanstalt Ernährung und Landwirtschaft (FKZ 281C702A21), bearbeitet werden.

Literatur

- Bengtsson, J., Bullock, J.M., Egoh, B., Everson, C., Everson, T., O'Connor, T., O'Farrell, P.J., Smith, H.G. & Lindborg R. (2019): Grasslands—more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere* 10(2):e02582.
- Blesh, J. (2018): Functional traits in cover crop mixtures: Biological nitrogen fixation and multifunctionality. *Journal of Applied Ecology*, 55: 38-48.
- Cong, W., Dupont, Y.L., Sørensen, K. & Eriksen, J. (2020): Optimizing yield and flower resources for pollinators in intensively managed multi-species grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 302: 107062.
- Deutscher Wetterdienst (2021): Klimawandel - ein Überblick. Die Klimaentwicklung in Deutschland. Temperatur.
https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/klimawandel_node.html#doc344940bodyText4.
- Dhamala N.R., Rasmussen, J., Carlsson, G., Sørensen, K., Eriksen, J. (2016): N transfer in three-species grass-clover mixtures with chicory, ribwort plantain or caraway. *Plant and Soil*, 413: 217-230.
- Europäische Umweltagentur (2012): Climate change: what do models predict for Europe?
<https://www.preventionweb.net/news/climate-change-what-do-models-predict-europe>.
- Guo, A., Zuo, X., Zhang, S., Hu, Y., Yue, P., Lv, P., Li, X., Zhao, S. & Yu, Q. (2022): Contrasting effects of plant inter- and intraspecific variation on community trait responses to nitrogen addition and drought in typical and meadow steppes. *BMC Plant Biology*, 22.
- Harzé, M., Mahy, G. & Monty, A. (2016): Functional traits are more variable at the intra- than inter-population level: a study of four calcareous dry-grassland plant species. *Tuexenia*, 36: 321-336.
- Hoekstra, N.J., Suter, M., Finn, J.A., Husse, S. & Lüscher A. (2015): Do belowground vertical niche differences between deep- and shallow-rooted species enhance resource uptake and drought resistance in grassland mixtures? *Plant and Soil*, 394: 21-34.
- Kalscheur, K.F., Vandersall, J.H., Erdman, R.A., Kohn, R.A. & Russek-Cohen, E. (1999): Effects of dietary crude protein concentration and degradability on milk production responses of early, mid, and late lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82(3): 545-554.
- Pinxterhuis, J.B., Judson, H.G., Peterson, M.E., Navarrete, S., Minnée, E., Dodd, M.B. & Davis, S.R. (2024): Implementing plantain (*Plantago lanceolata*) to mitigate the impact of grazing ruminants on nitrogen losses to the environment: A review. *Grass and Forage Science*, 79: 144-157.
- Trnka, M., Balek, J., Semenov, M.A., Semerádová, D., Bělinová, M., Hlavinka, P., Olesen, J. E., Eitzinger, J., Schaumberger, A., Zahradníček, P., Kopecký, D. & Žalud, Z. (2020): Future agroclimatic conditions and implications for European grasslands. *Biologia Plantarum*, 64: 865-880.
- Wetterstation Göttingen (2023): Wetterarchiv 2020-2023, Monatsanalysen. <https://www.wetterstation-goettingen.de/wetterarchiv-2020.html>

Climate Farm Demo

Durch landwirtschaftliche Demo-Betriebe die Anpassung an den Klimawandel beschleunigen

D. Kloecker, R. Lioy
CONVIS, 4, ZAC L-9085 Ettelbruck,
dorothee.kloecker@convis.lu

Einleitung

Über ein Netzwerk von Pilotbetrieben sollen praktikable Lösungen zur Anpassung landwirtschaftlicher Betriebe an den Klimawandel gefunden und individuell umgesetzt werden. Insgesamt sollen europaweit 1500 Pilot-Demo-Betriebe zusammen mit Forschungs- und Beratungsunternehmen auf nationaler und europäischer Ebene über Wissens- und Erfahrungsaustausch die Anpassung an den Klimawandel beschleunigen. Über Bewertungstools wird zuerst der Ist-Zustand festgestellt. Anschließend sollen über die gleichen Tools die Anpassungsmaßnahmen überprüft werden.

Material und Methoden

In Luxemburg nehmen 25 landwirtschaftliche Betriebe an diesem Projekt teil. Die Anzahl der Betriebe pro Land richtet sich nach dem Gesamtausstoß an Treibhausgasen des jeweiligen Landes. Größere Länder haben dementsprechend eine höhere Anzahl an Pilotbetrieben. Die Bewertung der Betriebe erfolgt über das von CONVIS entwickelte Tool zur Durchführung eines Nachhaltigkeitsmonitorings. Die Betriebe werden hier nach ihrem derzeitigen Ausstoß an Treibhausgasen (THG) und der Fähigkeit zur Kohlenstoffbindung bewertet. Die THG-Daten stammen aus dem Betriebsmitteleinsatz sowie der Tier- und Pflanzenproduktion. Alle wesentlichen Produktionsabläufe auf dem landwirtschaftlichen Betrieb werden so erfasst.

Tab. 1: Climate Farm Demo Betriebe aus Luxemburg und deren Produktionsintensität

Betriebsausrichtung	Anzahl Betriebe	Produktionsintensität	Anzahl Betriebe
Milchrinderhaltung	19	intensiv	5
		mittelintensiv	6
		mittelintensiv eher effizient	3
		mittelintensiv weniger effizient	3
		extensiv	2
Fleischrinder- und Mutterkuhhaltung	4	intensiv	2
		extensiv	2
Milchrinder- und Mutterkuhhaltung	2	mittelintensiv weniger effizient	1
		extensiv	1

Zusammen mit jedem Landwirt wird nach der Bewertung ein Anpassungs- und Verbesserungsplan erstellt, der insgesamt 12 Themenbereiche umfassen kann.

Das Climate Farm Demo Projekt hat eine Laufzeit von 7 Jahren und begann im Oktober 2022.

Monitoring

Das Monitoring erfolgt über eine von CONVIS entwickelte Anwendung zur Erfassung des ökologischen und ökonomischen Einflusses eines landwirtschaftlichen Betriebs.

Anhand der Ergebnisse werden Schwächen und Stärken des Betriebs analysiert und klimarelevante Verbesserungsmaßnahmen zusammen mit dem Landwirt in einem «Anpassungs- und Verbesserungsplan» festgelegt.

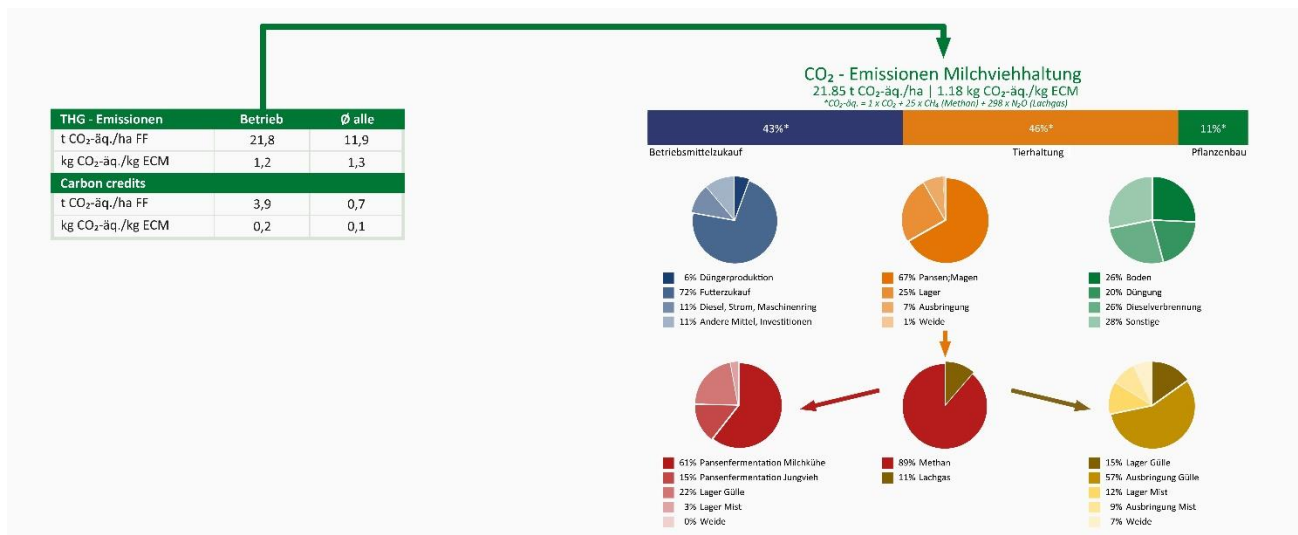


Abb. 1: Darstellung der CO₂ Emissionen eines landwirtschaftlichen Betriebs

Anpassungs- und Verbesserungsplan

Die Verbesserungsmaßnahmen werden 12 Themenbereichen zugeordnet, welche die wichtigsten Aspekte des Klimawandels behandeln. Die festgelegten Maßnahmen werden veröffentlicht und diskutiert. Die Veröffentlichung erfolgt über Veranstaltungen (Demo-Events) auf den Betrieben. Insgesamt sind während der Projektlaufzeit pro Betrieb 3 Veranstaltungen geplant.

- Veranstaltung 1: Vorstellen des Betriebs mitsamt Festlegen der notwendigen Maßnahmen,
- Veranstaltung 2: Umsetzen der Maßnahmen und Darstellung der Umsetzung
- Veranstaltung 3: Bewertung der Maßnahme

Tab. 2: Themenbereiche der Verbesserungsmaßnahmen und mögliche Maßnahmen

Themenbereiche	Maßnahmen
Grünlandmanagement	Grünlandpflege Nutzung Düngung
Grundfutterproduktion	Art des Grundfutters Nutzungszeitpunkt Konservierung
Pflanzenbauoptimierung	Fruchtfolge Bodenbearbeitung Düngung
Bodengesundheit und Biodiversität	Bodenbearbeitung Humusanreicherung vielfältige Fruchtfolge
Agroforstsysteme	Kurzumtriebsplantagen Baumreihen auf Ackerflächen zur Erosionsminderung und Förderung der Biodiversität Agroforstsysteme auf Grünland
Energiemanagement	Maßnahmen zur Energiegewinnung Maßnahmen zum Energiesparen Maßnahmen zur Energiespeicherung
Biogasproduktion	Erzeugung von Carbon credits Optimierung des Biogasertrages Anbau von Biogaskulturen

Wassermanagement	Maßnahmen zur Reduzierung des Wasserbedarfs
	Bewässerungsmethoden
	Entwässerungsmethoden
Herdenführung	Stallhygiene
	Fütterung
	Tiergesundheit
Wirtschaftsdünger Management	Aufbereitung
	Ausbringung
	Lagerung
Methoden zur Methanreduzierung	Futterzusätze
	Futterart
	Genetik
Belohnungsmechanismen	CO2 Kredite
	Kohlenstoffspeicherung im Boden
	regenerative Energien

Da in Luxemburg mehr als 50 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche aus Grünland besteht und über 60 % der landwirtschaftlichen Betriebe Rinder halten, sind für Luxemburg besonders Grünland, Futterbau und fütterungsbasierte Maßnahmen wichtig. Hierzu zählen die Erhaltung von biodiversem und Extensivgrünland, aber auch die Optimierung von Wirtschaftsgrünland zur Steigerung der Futterautarkie sowie Reduzierung der Zukauffuttermittel. Ein weiterer Fokus wird auf die Verbesserung der Wirtschaftsdüngerausbringung, sowie die Optimierung der Verwertung der Wirtschaftsdünger gelegt. Neben den pflanzenbaulichen Themen spielt in Luxemburg auch die Anpassung in der Tierproduktion über die Themenpunkte Herdenführung und Methoden zu Methanreduzierung eine wichtige Rolle.

Weniger interessante Themenbereiche für Luxemburg sind Wassermanagement oder auch die Biogasproduktion. Anders als in anderen Ländern wird dies dort nur geringfügig staatlich unterstützt.

Diskussion

Mit dem Anwerben landwirtschaftlicher Betriebe zur Teilnahme am Climate-Farm-Demo-Projekt wurde erst im Oktober 2023 begonnen, nachdem zuvor interne Planungen liefen.

Landwirte werden in ihrem Arbeitsalltag mit den Folgen des Klimawandels konfrontiert. Trotzdem war es eine Herausforderung, sie für dieses Thema zu sensibilisieren und sie davon zu überzeugen, freiwillige Maßnahmen im Sinne des Klimawandels auf dem eigenen Betrieb umzusetzen.

Ausblick

Weiterhin ist in der Landwirtschaft viel Überzeugungsarbeit nötig, um die Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen und Änderungen im Hinblick auf sich ändernde Klimabedingungen zu verdeutlichen. Im Projekt Climate Farm Demo sollen dazu Sensibilisierungskampagnen durchgeführt werden.

Durch die Vielzahl teilnehmender Länder und landwirtschaftlicher Betriebe in dem Projekt werden neue Impulse, Ideen und Anreize für die Landwirtschaft erfolgen. So können entsprechende klimaschonende Änderungen verbreitet und umgesetzt werden.

Literatur

Lioy, R., Reding, R., Dusseldorf, T., Meier, A. (2012): CO₂-emissions of 63 Luxembourg livestock farms: a combined environmental and efficiency analysis approach. EMILI-Congress (Emission of Gas and Dust from Livestock) – Saint-Malo, France – June 10-13, 2012, Proceedings.

Lioy, R., Reding, R., Dusseldorf, T. Meier, A., Turmes, S. (2014): Carbon footprint and energy consumption of Luxembourgish dairy farms. 11. IFSA symposium, Berlin 1-4 April 2014, Proceedings.

Lioy, R., Meier, A., Dusseldorf, T., Reding, R., Thirifay, C. (2016): Sustainability assessment in Luxembourgish dairy production by CONVIS: A tool to improve both environmental and economical performance of dairy farms. The 12th IFSA Symposium 2016 Harper Adams University, UK on 12-15 July 2016, Proceedings.

Lioy R., Battheu-Noirfalise, C., Lehnen, A., Reding, R., Dusseldorf, T. (2019): Is environmental efficiency compatible with economic competitiveness in dairy farming? A case study of 80 Luxembourgish farms. The 9th International Conference on Life Cycle Management 2019—Poznań, Poland, 1-4 September 2019, Proceedings.

N.N. (s.a.): Climate Farm Demo – Thematic Areas. www.climatefarmdemo.eu (Zugriff am 06.08.2024).

Nachhaltige Almwirtschaft im Klimawandel

M. Hofmann^{1,2}, B. Panassiti¹

¹Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät für Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme,
Am Staudengarten 1, 85354 Freising,

²Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Institut für Ökologie & Landschaft,
Am Hofgarten 1, 85354 Freising
martina.hofmann@hswt.de

Einleitung und Problemstellung

Der voranschreitende Klimawandel bedingt einen früheren Beginn des Vegetationswachstums, eine verlängerte Vegetationsdauer, höhere Temperaturen und somit ein erhöhtes Produktivitätspotenzial von Almen; dieser Effekt wird vermutlich besonders in den nördlichen Alpen noch weiter zunehmen (Jäger et al. 2020). Damit einher geht die Gefahr der Unterbeweidung und nachfolgender Vergrasung, Verkrautung und Verbuschung von Almweiden. Für eine Erhaltung der agronomischen Leistungsfähigkeit der Almen ist daher ein angepasstes Weidemanagement nötig. In dem hier vorgestellten Beitrag wird der Einfluss des Zeitpunkts des Weideauftriebs hinsichtlich Ertragsfähigkeit und Futterqualität verglichen. Es wird geprüft, ob ein früherer Weideauftrieb agronomische Leistungsfähigkeit verbessert gegenüber einem bisher praktizierten späteren Weideauftrieb. In weiteren – hier nur zum Teil vorgestellten Erhebungen – wird auch der Einfluss des Zeitpunkts des Weideauftriebs auf die Zusammensetzung und Phänologie der Vegetation sowie auf die Insektenvielfalt untersucht.

Material und Methoden

Zur Untersuchung eines früheren Weideauftriebs wurden acht Almen im Berchtesgadener Land zwischen 780 und 1.740 m Höhenlage ausgewählt (Tab. 1). Diese Almen wurden in den Weideperioden 2021 und 2022 in Koppeln mit einem frühen Auftrieb und einem späten Auftrieb unterteilt. Als dritte Variante wurde noch eine vollständig unbeweidete Parzelle eingerichtet, in der einmal zu Vegetationsende Ertrag und Futterqualität beprobt wurden. Der frühe Auftriebszeitpunkt orientiert sich am jahresaktuellen Vegetationsaufwuchs, der späte Auftrieb am forstrechtlichen Auftriebsdatum, da es sich überwiegend um Berechtigungsalmen handelt (Tab. 2). Die Almen werden im Umtriebsweide-System genutzt.

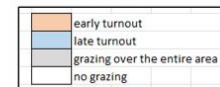
Tab. 1: Höhenlage, Exposition, Tiefgründigkeit und Vegetationszuordnung der acht untersuchten Almen (# die pflanzensoziologische Zuordnung erfolgte nach Mucina et al. (1993))

Alm	Höhenlage (m ü NN)	Exposition	Tiefgründigkeit (in cm)	Vegetation #
A001	780-840	SO	17,5	Rotschwingel-Straußgrasweide/Subalpine Milchkrautweide
A002	1.400-1.500	W	35,9	Alpenlattich-Borstgrasmatte
A003	1.100-1.340	SO	13,4	Blaugras-Horstseggenhalde
A004	1.320-1.380	N	11,3	Rostseggenhalde
A005	600-700	N	6,8	Rotschwingel-Straußgrasweide
A006	1.300-1.540	SW	27,0	Goldpippau-Kammgrasweide
A007	1.620-1.740	S	18,4	Alpenlattich-Borstgrasmatte
A008	1.440-1.580	SW	38,4	Alpenlattich-Borstgrasmatte

Das Ertragspotenzial der Flächen wurde innerhalb von fünffach wiederholten Auszäunungen in Ertragsplots von jeweils 1 m² erhoben. Die Beerntung der Biomasse in den Ertragsplots wurde parallel zu jedem Auftrieb der Tiere auf die Koppeln durchgeführt. Zusätzlich wurde nach Ende der Weidesaison die erneut aufgewachsene Biomasse beerntet, um das Jahres-Ertragspotenzial vollständig zu erfassen.

Tab. 2: Auftriebs- und Umtriebsdaten in Parzellen mit frühem Weideauftrieb (early turnout, orange Farbe) und mit spätem Weideauftrieb (late turnout, blaue Farbe) in den beiden Versuchsjahren 2021 und 2022. Im zweiten Aufwuchs wurden die Parzellen „früh“ und „spät“ zum Teil gemeinsam beweidet (graue Farbe) oder die Tiere waren zwischenzeitlich auf einer Weide außerhalb des Versuches (weiße Farbe).

	site_id	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
2021	A001	07.05.	17.05.	22.05.	02.06.					01.07.	15.07.	21.07.	28.07.		16.08.	26.08.							04.10.	12.10.
	A002							19.06.				24.07.				30.08.					18.09.	25.09.		
	A003			21.05.				18.06.				16.07.											02.10.	
	A004							26.06.			19.07.				19.08.			03.09.						
	A005			21.05.				20.06.		11.07.			01.08.			30.08.								09.10.
	A006					14.06.		28.06.	06.07.							30.08.					20.09.			
	A007							19.06.	03.07.	11.07.										11.09.				
	A008					12.06.	24.06.		02.07.												18.09.			
2022	A001	- excluded from experiment -																						
	A002					15.06.					09.07.				15.8.		16.09.							
	A003			21.05.				17.06.			15.07.												01.10.	
	A004							25.06.			15.07.				09.08.			09.09.						
	A005		14.05.				13.06.			10.07.			12.08.			08.09.		17.09.					02.10.	
	A006				03.06.		15.06.		01.07.						24.08.			01.10.						
	A007				29.05.		19.06.		07.07.							03.09.		11.09.						
	A008					04.06.		23.06.		02.07.											14.09.			



Jahreserträge von Trockenmasse, Energie und Protein können daraus abgeschätzt werden. Um die aktuelle Futterqualität, während jeder Beweidung zu ermitteln, wurden zusätzlich pluck-sample-Proben im beweideten oberen Narbenhorizont genommen und hinsichtlich der Futterqualität analysiert.

Zusätzlich zum Ertrag und Futterqualität wurden in den Jahren 2021 und 2022 Vegetationserhebungen zweimal pro Jahr durchgeführt. Die erste Vegetationserhebung fand zwischen Mitte April und Mitte Juni vor dem Viehauftrieb statt, die zweite zwischen Mitte Juli und Anfang August auf dem Höhepunkt des Vegetationswachstums. Die Größe der Vegetationsplots war 3 x 3 m. In den Parzellen mit frühem und spätem Weideauftrieb wurden drei und in der unbeweideten Parzelle ein Vegetationsplot zufällig ausgewählt. Es wurden alle Gefäßpflanzenarten erfasst und ihre Deckung gemäß Londo (1976) geschätzt.

Zur Erfassung der Fluginsekten wurde je eine Malaisefalle pro Parzelle zum Weideauftrieb aufgestellt. Die Leerung erfolgte alle zwei Wochen bis zum Weideabtrieb. Die Bestimmung der Malaisefallenfänge erfolgte mittels Metabarcoding. Als Bestäuberinsekten wurden Art und Individuenzahlen von Tagfaltern, Widderchen, Hummeln und Wildbienen sowie des Blütenangebots auf allen Parzellen entlang von Transekten in den Jahren 2021 und 2022 erfasst. Als phytophage Gruppe wurden zusätzlich Zikaden entlang von Transekten 2021 erfasst. Die Erhebungen von Bestäubern und Zikaden fanden vor Weideauftrieb sowie zur Hauptvegetationszeit statt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Jahres-TM-Ertrag variierte zwischen 0,5 und 3,2 t/ha/a (Abb. 1). Die große Variation der fünf Ertragplots je Parzelle spiegelte die große Heterogenität auf den Weideparzellen wider.

In den Parzellen mit frühem und spätem Weideauftrieb war der Jahres-TM-Ertrag signifikant höher als in den unbeweideten Kontrollen. Dies zeigt, dass für die Erhaltung der Produktivität eine mehrmalige Entblätterung auch auf Almen notwendig ist. Es konnte kein eindeutiger Effekt der Höhenlage auf die Ertragshöhe ermittelt werden. Offenbar sind Exposition, Bodentiefe und Pflanzenbestand bedeutsamer als die Höhenlage für den Jahresertrag. Vier Almen hatten einen tendenziell höheren Ertrag bei frühem Weideauftrieb verglichen mit spätem Weideauftrieb, eine Alm mit ähnlichem Ertrag und drei Almen mit tendenziell höherem Ertrag bei spätem Weideauftrieb. Im Jahr 2022 war der Jahresertrag niedriger, aber die Varianteneffekte waren vergleichbar mit 2021. Die Jahres-Energie-Erträge im Jahr 2021 variierten zwischen 3 und 17 GJ NEL/ha/a. Die Abstufungen des Jahres-Energie-Ertrages zwischen den Almen und den Varianten waren in beiden Versuchsjahren vergleichbar zu denen der Jahres-TM-Erträge. Ähnlich waren die Abstufungen in den Jahres-Protein-Erträgen, die zwischen 0,08 und 2,7 t Rohprotein/ha/a variierten.

Insgesamt waren die hier ermittelten TM-, Energie- und Rohprotein-Erträge im mittleren bis oberen Bereich, der für Magerweiden von Almweiden beschrieben ist (Aigner et al. 2003). In den pluck-sample-Proben aus dem oberen beweideten Horizont variierte die Energiedichte zu Beginn des ersten Weidedurchgangs zwischen 4,9 und 6,2 MJ NEL/kg TM. Die Energiedichte war auf allen Almen im frühen Auftrieb höher als im späten Auftrieb. Der Rohproteingehalt der pluck-sample-Proben zu Beginn des ersten Weidedurchgangs variierte zwischen 107 und 208 g Rohprotein/kg TM. Auch bei diesem Parameter war auf allen Almen der Wert bei frühem Weideauftrieb höher als bei spätem. Die pluck-sample-Proben zeigen das Potenzial der Almweiden, wenn die Tiere selektieren können und nicht gezwungen sind die Grasnarbe bis zur Stoppel runter zu beweiden.

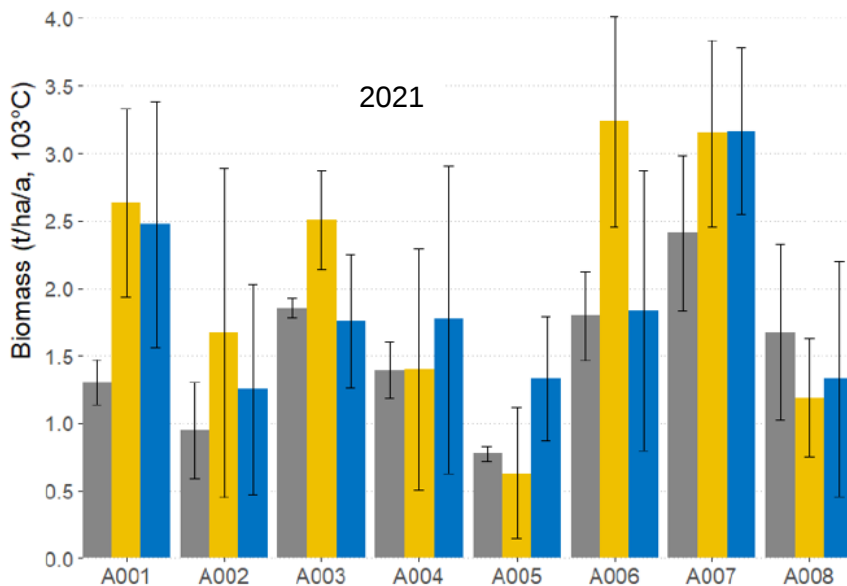


Abb. 1: Jahres-Trockenmasse-Ertrag (in t TM/ha/a) der acht Almen in Parzellen mit frühem (orange Farbe) und spätem Weideauftrieb (blaue Farbe) sowie ohne Beweidung (graue Farbe). In den frühen und späten Parzellen zeigt die Säulenhöhe den kumulierten Ertrag von zwei Weidedurchgängen plus Beerntung zum Vegetationsende, in der Kontrollparzelle wurde nur zum Vegetationsende beerntet.

Insgesamt wurden 324 Gefäßpflanzenarten mit durchschnittlich 64,9 ($\pm 20,8$) Pflanzenarten pro Vegetationsplot bestimmt. Entlang zweier 25 m $\times$ 1 m großer Transekte wurden im Durchschnitt 548 (± 365) Blütenstände gezählt. Der Pflanzenartenreichtum war in der 1. Aufnahme im Frühsommer geringfügig geringer als in der 2. Aufnahme im Juli/August, unterschied sich jedoch nicht zwischen dem frühen und späten Weideauftrieb in den beiden Aufnahmezeiträumen. Die Zahl der gezählten Infloreszenzen war im Frühsommer um 8 % niedriger als im Mittel-/Spätsommer. Obwohl statistisch nicht signifikant, fanden wir heraus, dass die Anzahl der Infloreszenzen in Parzellen mit frühem Weideauftrieb höher war als bei spätem Auftrieb. Im Vergleich zur unbeweideten Parzelle wiesen beide beweideten Parzellen (früher und später Weideauftrieb) eine deutlich geringere Anzahl von Infloreszenzen auf. Die Grasnarbenhöhe war im Frühsommer um 14 % höher als im Mittel-/Spätsommer. Nur im Frühsommer war die Grasnarbenhöhe bei der frühen Behandlung deutlich höher als bei der späten Behandlung. Die Grasnarbenhöhe war bei beiden beweideten Parzellen immer niedriger als bei der unbeweideten, außer in der Parzelle mit frühem Weideauftrieb im Frühsommer, wo die Grasnarbenhöhe nicht nennenswert unterschiedlich von der unbeweideten Parzelle war.

Wir fanden einen positiven Effekt von früher Beweidung auf die Anzahl an Wildbienenarten im Juli/August. In diesem Beprobungszeitraum wurden im Vergleich zur unbeweideten Fläche 31 % mehr Wildbienen gefunden, während es keinen Unterschied von der späten zur unbeweideten Fläche gab. Für Tagfalter und Zikaden haben wir jedoch keine eindeutigen Hinweise darauf gefunden, dass ein unterschiedlicher Weideauftrieb einen direkten Einfluss auf deren Artenvielfalt hat. Darüber hinaus fanden wir einen nennenswerten (nicht signifikanten) indirekten positiven Effekt von frühem Weideauftrieb über die Vegetation auf die Anzahl an Wildbienenarten. Besonders im Juli/August bewirkte eine frühe Beweidung eine höhere Anzahl an Infloreszenzen, welche sich fördernd auf die Anzahl an Wildbienenarten auswirkte.

Schlussfolgerungen

Ausgehend von den Versuchsjahren 2021 und 2022 konnten in den pluck sample-Proben auf allen Almen bei frühem Weideauftrieb qualitativ höherwertiges Futter als bei spätem Weideauftrieb ermittelt werden.

Darüber hinaus fanden wir einen nennenswerten (nicht signifikanten) indirekten positiven Effekt von frühem Weideauftrieb über die Vegetation auf die Anzahl an Wildbienenarten. Besonders im Wiederaufwuchs nach dem ersten Weidedurchgang im Juli/August konnte in den früher beweideten Parzellen eine höhere Anzahl an Infloreszenzen als in den später beweideten ermittelt werden, welche sich fördernd auf die Anzahl an Wildbienenarten auswirkte.

Literatur

Mucina, L., Grabherr, G. & T. Ellmauer (eds.) (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Aigner, S., Egger, G., Gindl, G. & K. Buchgraber (2003): Almen bewirtschaften. Pflege und Management von Almweiden. Stocker Verlag.

Londo, G. (1976): The decimal scale for releves of permanent quadrats. Vegetatio 33: 61–64. <https://doi.org/10.1007/BF00055300>.

Grasland im Kontext von Klima-, Nutzungs- und Wasserhaushaltsveränderungen – Ergebnisse der Ökosystemaren Umweltbeobachtung im Biosphärenreservat Spreewald

S. F. Wachtel, R. Probst, V. Luthardt, S. Julich
Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde
Robert.Probst@hnee.de

Einleitung und Problemstellung

Gemäß UNESCO (1996) müssen Biosphärenreservate (BR) drei Hauptfunktionen erfüllen:

1. Schutz des Naturhaushalts der Landschaften und Ökosysteme sowie der genetischen Ressourcen,
2. Förderung einer nachhaltigen wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung und
3. Förderung von Forschung und Bildung für eine nachhaltige Entwicklung.

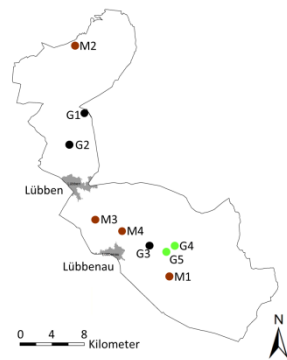
Die Erfüllung dieser Funktionen ist in jedem Biosphärenreservat zu überwachen und wird in zyklischen Evaluierungsberichten für die UNESCO dokumentiert. Teil dessen ist die langfristige ökosystemare Umweltbeobachtung (ÖUB) der Biosphärenreservate des Landes Brandenburg. Ziel dieses Monitoringprogramms ist es, die Entwicklung ausgewählter Ökosysteme in den Hauptgruppen Wald, Grasland, Acker, Seen, Fließgewässer zu erfassen und Ableitungen für die Gestaltung zukünftiger Nutzungen zu ziehen sowie Grundlagen für die Erfolgskontrollen von Managementmaßnahmen bereitzustellen. Neben Parametern zur Bodenentwicklung und zum Wasserhaushalt werden Vegetationsdaten und ausgewählte faunistische Artengruppen wie Laufkäfer und Heuschrecken erhoben. Im Spreewald wurde die Beobachtung 1999/2000 begonnen und wird seitdem in einem dreijährigen Turnus durchgeführt.

Standorte und Methoden

Für die ÖUB wurden im BR Spreewald (SW) insgesamt 32 Untersuchungsstandorte, davon 9 Graslandstandorte ausgewählt. Der Spreewald ist ein natürliches Feuchtgebiet, das eine lange kleinteilige Nutzungstradition aufweist. In den 70er Jahren wurden im Spreewald komplexe Meliorationsmaßnahmen durchgeführt und die landwirtschaftliche Nutzung intensiviert. Auch die Absenkung des Grundwasserspiegels durch Tagebaue rund um das Feuchtgebiet führte seit Mitte des 20. Jahrhunderts zu veränderten ökologischen Bedingungen. Seit den 1990er Jahren änderte sich die Landnutzungsintensität vor allem in Grünlandökosystemen hin zu extensiv bewirtschafteten Weiden oder Wiesen. Das Ende der meisten Tagebaue führte zu einem Anstieg des Grundwasserspiegels auf das natürliche Hochniveau.

Tab. 1: Untersuchungsstandorte der ÖUB mit Bodentyp und Nutzung sowie Lage der Standorte im BR Spreewald

Standort	Bodentyp	Nutzung
G1	Gley	Mähweide/aktuell Mahd
G2	Gley	Mähweide
G3	Gley	Mähweide/aktuell Mahd
G4	Anmoor	Mähweide
G5	Anmoor	Aufgelassen/aktuell Mähweide
M1	Moor	Mahd
M2	Moor	Mähweide
M3	Moor	Mahd
M4	Moor	Mahd



Die Untersuchung der Vegetation (Gefäßpflanzen und Moose) der terrestrischen Standorte erfolgt in unterschiedlichen räumlichen Ebenen. Die hier vorgestellten Ergebnisse beruhen auf den Daten der Vegetationstransecte (Aufnahmeplots entlang eines Transektes durch die Beobachtungsfläche mit Angabe des Deckungsgrades (5-stufige Skala, Luthardt et al. 2017). Es wird der Bauwert der einzelnen Arten nach Schmiedeknecht (1995) genutzt. Der Bauwert ist ein berechneter Wert der Kombination aus mittlerer Deckung und Frequenz (Häufigkeit im Transekt) der Arten (Fischer 1986, Schmiedeknecht 1995). Die erfassten Arten werden Pflanzenartengruppen bzw. basierend auf den

ökologischen Zeigerwerten nach Ellenberg (Feuchtezahl, Nährstoffzahl) Gilden zugeordnet. Die Graslandstandorte der ÖUB werden für die Auswertung zudem in drei Gruppen (Gley, Anmoor und Moor) basierend auf den Humusgehalten des Oberbodens separiert (Luthardt et al. 2011). Für den Vergleich der Artengemeinschaften an einem Standort zu unterschiedlichen Zeitpunkten wird der Sörensenindex verwendet. Der Sörensenindex gibt die Ähnlichkeit von Artengemeinschaften wieder. Er liegt zwischen 0 und 100 %, je höher der Wert, desto ähnlicher sind sich die Gemeinschaften.

Ergebnisse und Diskussion

Alle Standorte werden seit Beginn der Beobachtung im Jahr 1999/2000 extensiv genutzt (Tab.1). Die Wasserstände der Beobachtungsflächen weisen für die Moorflächen M1-M4 jeweils ansteigende Pegelstände bis etwa 2012/13 auf. Seitdem ist ein Rückgang und einpegeln auf niedrigerem Niveau erkennbar. Auf den mineralischen Graslandflächen ist ein Maximum der Wasserstände ebenfalls für den Zeitraum 2010-2012/13 festzustellen. Anschließend sanken die Pegel wieder auf das vorherige Niveau ab (G1, G2, G4, G5), z.T. auf einen niedrigeren Stand als vor dem Anstieg (G3) (Abb.1).

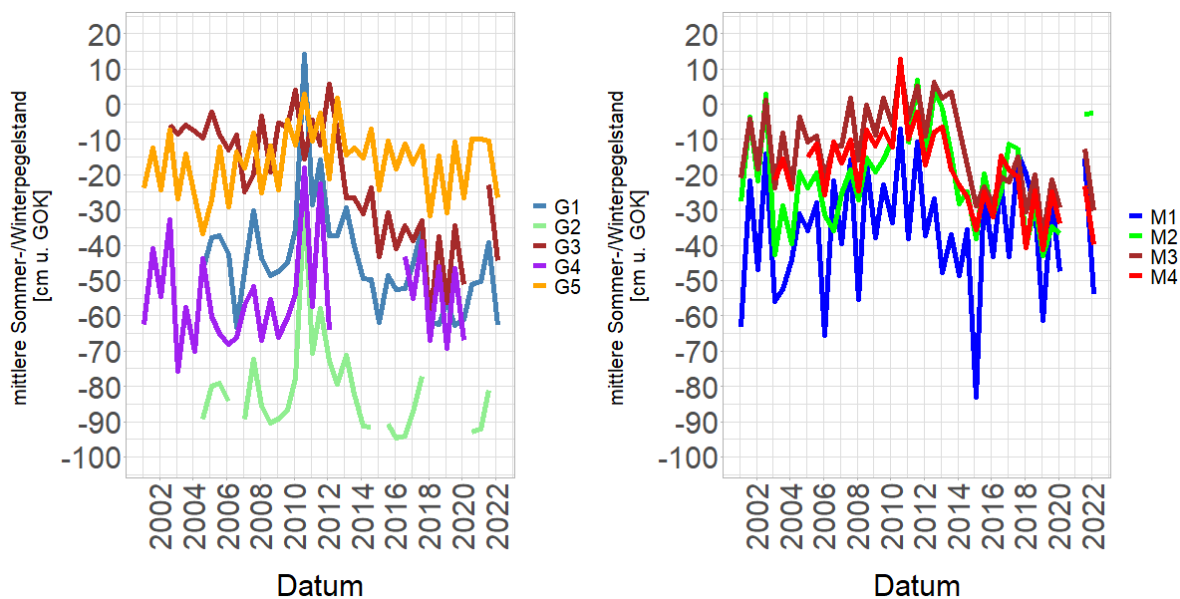


Abb. 1: Mittlere Winter- (Oktober-März) und Sommerwasserstände (April-September) der einzelnen mineralischen Graslandflächen (links) und der Moorgraslandflächen (rechts) der ÖUB im Zeitraum 2001-2022

Im Beobachtungszeitraum blieb die Pflanzenartenzahl im Transekt auf allen Standorten relativ konstant (Abb.2). Die mineralischen Standorte wiesen die höheren Artenzahlen um 70 im Vergleich zu den Anmooren und Mooren mit etwa 60 Arten auf. Die mittlere Artenzahl pro Transektspunkt nahm auf den mineralischen und Anmoorflächen zu, so dass von einer gleichmäßigeren Verteilung der Arten auf der Fläche ausgegangen werden kann (Abb.2).

Der Sörensenindex gibt für die drei Standortgruppen unterschiedliche Ähnlichkeiten bezogen auf die Erstaufnahme wieder. Die mineralischen Standorte weisen nach 25 Jahren Beobachtung die höchsten Ähnlichkeiten der Artengemeinschaft mit Werten zwischen 65-75 % auf. Die Anmoor- und Moorstandorte zeigen dagegen nur noch zwischen 50-65 % Ähnlichkeit (Abb.2).

Die Veränderung hinsichtlich der Artenzusammensetzung geht auf einigen Standorten einher mit der Verschiebung von Anteilen einzelner Artengruppen. Hier ist vor allem für die Moorstandorte ein Rückgang des Bauwertanteils der Süßgräser und Krautigen bei gleichzeitiger deutlicher Zunahme der Sauergräser zu beobachten (Abb.3). Diese Verschiebung ist den höheren Wasserständen, vor allem im Zeitraum 2007-2012, sowie der extensiven Nutzung zuzuschreiben. Trotz leicht rückläufiger Pegelstände auf den Moorflächen seit 2015 ist der Anteil der Sauergrasanteile am Gesamtbauwert weiterhin leicht gestiegen. Die Anmoor- und mineralischen Standorte zeigten dagegen keine deutlichen Veränderungen der Anteile von Süß- und Sauergräsern (Abb.3). Die Abnahme der krautigen Arten auf den Anmoorstandorten wird durch die Zunahme von Binsen kompensiert (siehe Poster).

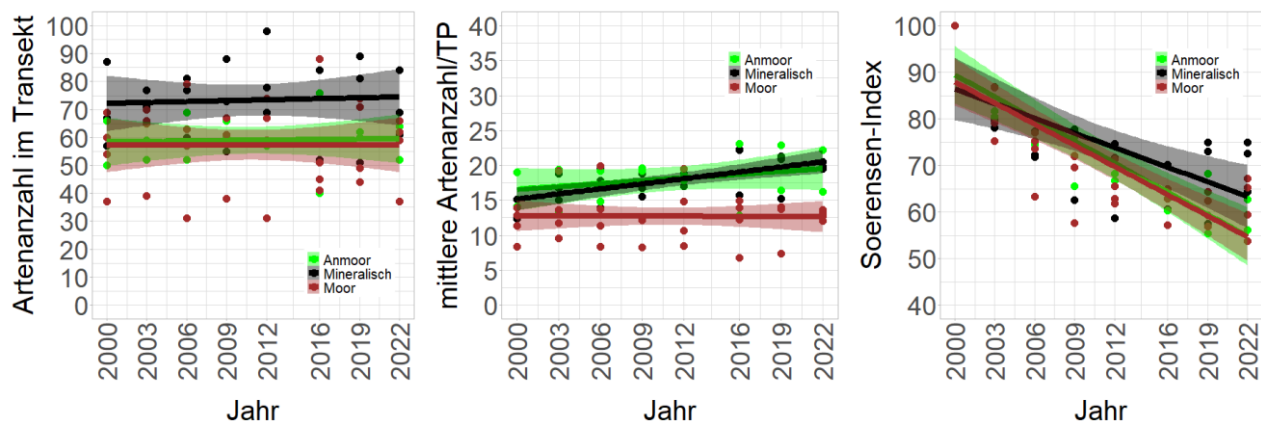


Abb. 2: Gesamtartenzahl der Transekte der 9 Graslandstandorte je Aufnahmejahr (links), mittlere Artenzahl/Transekttyp (Mitte) und Sørensenindex zur Ähnlichkeit der Artengemeinschaft bezogen auf die Erstuntersuchung (rechts)

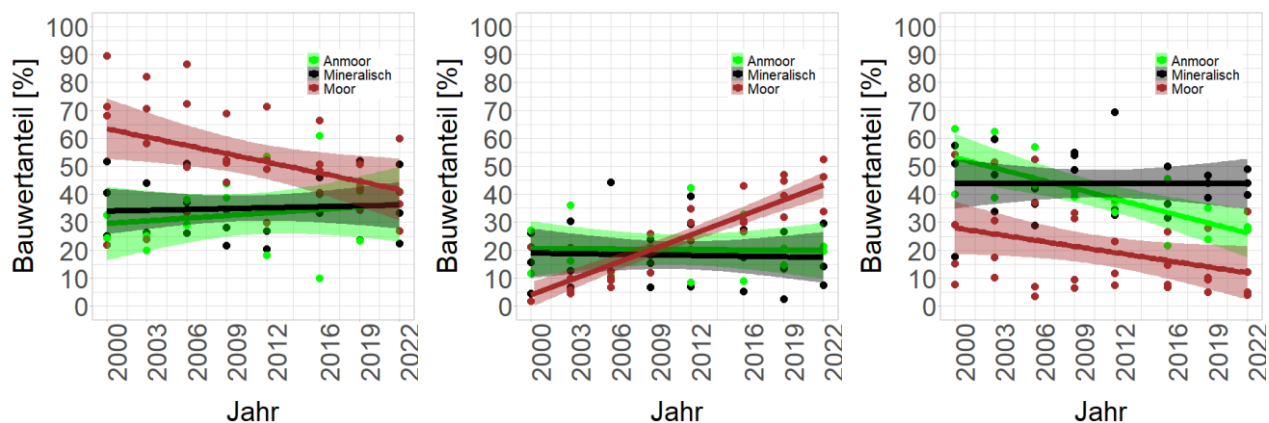


Abb. 3: Bauwertanteile von Süßgräsern (links), Sauergräsern (Mitte), krautigen Arten (rechts) an den Gesamtartenzahlen der Transekte der 9 Graslandstandorte der ÖUB im BR SW

Hinsichtlich der extensiven Nutzung zeigten die Anmoor- und Moorflächen eine deutliche Zunahme der Anteile von Extensivierungszeigern ($N\text{-Zahl} < 5$) über den Beobachtungszeitraum (Abb.4). Diese Zunahme ist für jede Anmoor- und Moorgraslandfläche festzustellen. In der letzten Aufnahme lag der Bauwertanteil der Extensivzeiger zwischen 21-40 % auf den Anmoorflächen und zwischen 36-58 % bei den Moorflächen. Sie nehmen somit ein Drittel bis die Hälfte des gesamten Bauwertes ein und weisen damit die Flächen als deutlich extensiv genutzt aus. Alle mineralischen Standorte wiesen dagegen konstante bis leicht abnehmende Tendenzen der Anteile von Extensivzeigern auf, wobei die Abnahme hauptsächlich auf die Fläche G3 zutrifft. Die Bauwertanteile lagen hier zwischen 18-34 % in der letzten Aufnahme.

Der Anteil der Feuchtezeiger (Arten mit einer $F\text{-Zahl} > 7$) nahm auf den Moorgraslandflächen bis 2012 zu, in den folgenden Aufnahmen fand keine weitere Zunahme statt (Abb.4). Die Anteile blieben aber trotz leicht abnehmenden Pegelständen (Abb.1) konstant (Abb.4). Der Anstieg der Bauwertanteile der Feuchtezeiger ist sowohl durch die Witterungsbedingungen im Zeitraum 2007-2012 erklärbar, wurden aber noch durch unterschiedliche Maßnahmen auf den Einzelflächen unterstützt, wie Wiedervernässungsprojekte (M1 und M2) oder höhere Stauhaltungen (M4). Parallel führte die Nutzungsextensivierung zu einer Erhöhung der Wasserstufe um eine Stufe, wie bereits Petersen (1953) beschreibt. Die Extensivierung begünstigte die Ausbreitung der Sauergräser, was auch zu höheren Anteilen von Feuchtezeigern führte.

Die mineralischen Standorte zeigten keine Veränderungen hinsichtlich der Feuchtezeiger. Sie wiesen relativ konstant hohe Bauwerte von Frischezeigern ($F\text{-Zahl} 5-6$) auf. Nur die Fläche G3 wies leicht zunehmende Bauwertanteile der Feuchtezeiger auf. Die Anmoorflächen zeigten nach einem leichten Anstieg der Feuchtezeiger bis 2012 einen deutlichen Rückgang (Abb.4).

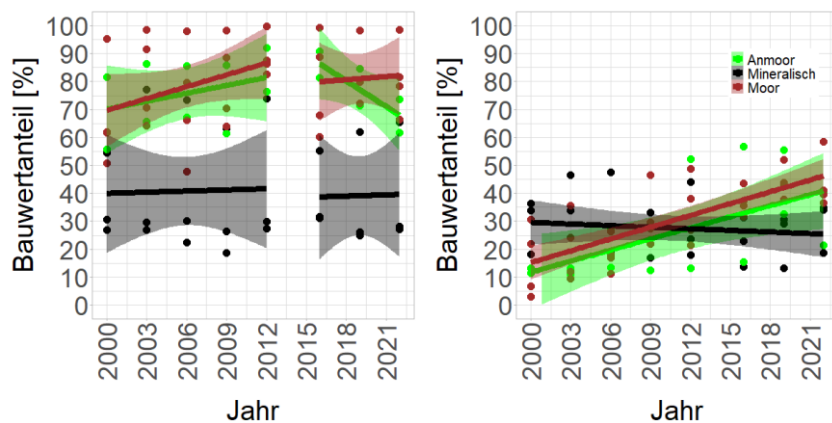


Abb. 4: Bauwertanteile von Feuchtezeigern mit F-Zahl > 7 (links) mit Regressionsgraden für den Zeitraum 2000-2015 und 2015-2022 und Extensivzeigern N-Zahl < 5 (rechts) an den Gesamtartenzahlen der Transekte der 9 Graslandstandorte

Zusammenfassung und Fazit

Die im Rahmen der ÖUB ausgewählten Graslandflächen im BR SW zeigten seit Beginn der Beobachtung unterschiedliche Entwicklungen ihrer Pflanzenbestände. Die etwas trockeneren mineralischen Graslandflächen blieben hinsichtlich der Artenzahl und der Ähnlichkeit der Artengemeinschaft relativ konstant. Das spiegelt sich auch in der ökologischen Anzeige für Feuchte und Nährstoffangebot nach Ellenberg wider. Die Moorgraslandflächen dagegen zeigten deutliche Veränderungen, die sich weniger in der Artenzahl als deren ökologischen Ansprüchen darstellt. Sie zeigen eine Verschiebung der Bauwertanteile auf der Fläche von süßgras- zu stärker sauergrasgeprägten Beständen. Ebenso stiegen die Bauwertanteile der Feuchte- und Extensivzeiger. Die Veränderungen sind größtenteils auf die langfristige Nutzungsänderung (Extensivierung) und Veränderungen des Wasserhaushalts zurückzuführen. Neben dem Einfluß der Witterung wird der Wasserhaushalt im Spreewald anthropogen gesteuert, so dass durch Maßnahmen wie höhere Stauhaltung und Wiedervernässung aktuell noch klimatische Einflüsse überlagert werden. Leicht sinkende Pegelstände in den trockenen Jahren seit 2015 zeigen möglicherweise die zukünftigen Rahmenbedingungen für die Flächen auf. Deren Wirkung wird in den nächsten Beobachtungsperioden sichtbar werden.

Literatur

- Dierschke, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. Ulmer Verlag, Stuttgart, 684 S.
- Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulissen, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18. 2. Aufl., Erich Goltze, Göttingen, 258 S.
- Fischer A (1986) Feinanalytische Sukzessionsuntersuchungen in Grünlandbrachen. Veröffentlichungen Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 61, 349-390.
- Luthardt, V., Brauner, O., Hoffmann, C., Hagenmüller, K., Wolff, B., Hornschuch, F., Riek, W., Bielefeldt, J., Lange, M., Heim, S., Kabus, T. & Meisel J. (2011): Lebensräume im Wandel: Ergebnisse der ökosystemaren Umweltbeobachtung im Biosphärenreservat Spreewald", Fachbeiträge des LUGV, Heft Nr. 122, i.Auftr. des LUA Brandenburg, 158 S.
- Luthardt, V., Brauner, O., Dreger, F., Friedrich, S., Garbe, H., Hirsch, A.-K., Kabus, T., Krüger, G., Mauersberger, H., Meisel, J., Schmidt, D. †, Täuscher, L., Vahrson, W.-G., Witt, B., Zeidler, M. (2017): Methodenkatalog zum Monitoring - Programm der Ökosystemaren Umweltbeobachtung in den Biosphärenreservaten Brandenburgs, 5. akt. Ausgabe, unveröff., im Auftrag des Landesumweltamt Brandenburg, FH-Eberswalde, Teil A 177 S. + Anhang; Teil B 134 S.+ Anhang.
- Petersen, A. (1953): Die Gräser als Kulturpflanzen und Unkräuter auf Wiese, Weide und Acker. Berlin: Akademie Verlag Berlin, 289 S.
- Schmiedeknecht, A. (1995): Untersuchungen zur Auswirkung von Flächenstilllegungen auf die Vegetationsentwicklung von Acker- und Grünlandbrachen im Mitteldeutschen Trockengebiet. Dissertationes Botanicae Band 245, Gebrüder Bornträger Verlag, S. 175 + XVIII Anhang

Einfluss des Einsatzes von Rohrschwingelsilage in der Fütterung hochleistender Milchkühe auf Futteraufnahme und Milchproduktion

C. Böttger¹, H. Kivelitz², L. Hoffmann¹, G. Janknecht³, S. Braam³, M. Otten³, K. Heimann¹

¹Landwirtschaftskammer NRW, Ostinghausen, Haus Düsse, 59505 Bad Sassendorf

²Landwirtschaftskammer NRW, Gartenstr. 11, 50765 Köln-Auweiler,

³Landwirtschaftskammer NRW, VBZL Haus Riswick, Elsenpaß 5, 47533 Kleve

hubert.kivelitz@lwk.nrw.de

Einleitung und Problemstellung

Die vier extrem trockenen Vegetationsjahre seit 2018 haben deutlich gemacht, wie sehr insbesondere das Grünland von einer guten Wasserversorgung abhängt, um hohe Erträge und Futterqualitäten zu erreichen. Ertragseinbußen von 30 bis 50 Prozent gegenüber dem Mittel der Jahre waren in den Dürrejahren in NRW keine Seltenheit. Vor dem Hintergrund, dass Trockenheit und Hitzewellen künftig häufiger als bisher auftreten können, gelangen trockenheitsresiliente Gräser wie der Rohrschwengel (*Festuca arundinacea*) stärker in den Diskussions- und Wahrnehmungshorizont. Diese Grasart zeigt gegenüber den sonstigen wichtigen Kulturgräsern wie Deutschem Weidelgras, Wiesenschwingel, Wiesenlieschgras oder Wiesenrispe eine höhere Trockenheitsverträglichkeit. Rohrschwengel hat im Vergleich zu anderen Futtergräsern ein sehr ausgeprägtes und bis zu 2 Meter tief reichendes Wurzelwerk. Daher kann dieses Gras Wasser und Nährstoffe auch unter trockenen Witterungsverhältnissen noch aus tieferen Bodenschichten erschließen. Während die agronomischen Eigenschaften des Rohrschwengels in den letzten Jahren sehr intensiv untersucht wurden, bestand ein Erkenntnisdefizit im Hinblick auf die tatsächlichen, am Wiederkäuer verifizierten Verdaulichkeitswerte. Ebenso interessierte vor allem die Milchviehhalter wie die Fütterungseigenschaften (z. B. Schmackhaftigkeit, Futteraufnahme) und letztlich die Milchleistungsparameter bei der Verfütterung von Grassilagen mit Rohrschwengel einzuordnen sind. Um beide Fragen zu beantworten, wurden in den vergangenen Jahren am Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Riswick in Kleve Fütterungsversuche mit Hammeln (Verdaulichkeitsmessung) sowie mit der Milchviehherde durchgeführt. Gerade für die Rohrschwengelernte ist das Zeitfenster, hohe Futterqualitäten als Grundlage für hohe Futteraufnahmen und tierische Leistungen beim Wiederkäuer zu realisieren, relativ klein, wie Schnittreifepfahrungen am Standort Riswick dokumentieren (Tab. 1).

Tab. 1: Entwicklung der Erträge sowie Nährstoff- und Energiekonzentrationen von Rohrschwengel und Deutschem Weidelgras dominiertem Grünland, Standort Riswick, 2022.

Nutzungsart	Datum	TM dt/ha	Rohprotein, % TM	Rohfaser, % TM	NEL, MJ/kg TM
Dauergrünland mit Deutschem Weidelgras	04.04.	16,55	20,0	16,0	7,31
	11.04.	20,95	19,0	16,7	7,22
	19.04.	32,96	18,5	17,8	7,13
	25.04.	41,19	17,0	19,3	6,86
Rohrschwengel	04.04.	15,97	18,2	18,2	6,92
	11.04.	19,67	17,0	19,1	6,83
	19.04.	25,89	16,2	19,4	6,81
	25.04.	33,87	15,3	22,1	6,48

TM = Trockenmasse, NEL = Nettoenergie-Laktation

Material und Methoden

In dem Fütterungsversuch mit Milchkühen wurden zwei Mischrationen geprüft, die sich lediglich in der Grasart der Silage unterschieden. Neben einer Rohrschwingelsilage wurde die Silage eines von Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) dominierten Dauergrünlandbestandes eingesetzt. Die Silagen wurden im Betrieb Haus Riswick erzeugt. Die eingesetzte Rohrschwingelsorte „Bardoux“ wurde im September 2020 gesät. Die Deutsche Weidelgrassorte, Typ „High Sugar“, „Aberavon“ wird seit 2013 auf der für die Grassilageerzeugung für den Fütterungsversuch genutzten Dauergrünlandfläche nachgesät. Der Anteil an Deutschem Weidelgras in der Dauergrünlandfläche betrug 75 - 80 %. Die Grasbestände wurden am 30.04.2022 zeitgleich zur Schnittreife des Rohrschwengels geerntet und zur Silierung in Wickelballen gelagert.

In der Schnittreifeprüfung hat sich gezeigt, dass der Rohrschwengel früher höhere Rohfasergehalte aufwies als das Deutsche Weidelgras dominierte Grünland (Tab. 1).

Der Fütterungsversuch wurde im Cross-Over Design mit 2 × 24 Kühen der Rasse Deutsche Holsteins durchgeführt. Die Gruppeneinteilung erfolgte nach den Kriterien Laktationsnummer, Laktationstag und den Milchleistungsparametern.

Für die Rationskalkulation wurden von jeweils sechs Wickelballen Bohrstockproben entnommen und analysiert. In Tab. 2 sind die chemische Zusammensetzung sowie der geschätzte Energiegehalt beider Grassilagen dargestellt. Im Vergleich zu der Deutschen Weidelgrassilage wies die Rohrschwengelsilage niedrigere Gehalte an Rohprotein und Nettoenergie-Laktation (NEL, geschätzt nach GfE 2001, 2008) sowie höhere Fasergehalte auf.

Tab. 2: Chemische Zusammensetzung und geschätzte Energiegehalte der Grassilagen

	Einheit	Rohrschwengel	Dt. Weidelgras
Trockenmasse	g/kg	456	385
Rohprotein	g/kg TM	156	186
aNDFom	g/kg TM	470	384
ADFom	g/kg TM	263	217
Zucker	g/kg TM	122	124
nXP	g/kg TM	142	155
Ruminale Stickstoff-Bilanz	g/kg TM	2,5	5,4
Nettoenergie-Laktation ¹	MJ/kg TM	6,5	7,1

aNDFom = Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung, ADFom = Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung, nXP = nutzbares Rohprotein am Duodenum

¹geschätzt nach GfE (2001, 2008)

In Tab. 3 sind die Rationszusammensetzung und die kalkulierten Nährstoffgehalte der Mischrationen dargestellt. Zum Ausgleich der ruminalen Stickstoff-Bilanz wurde der Mischration mit Rohrschwengelsilage Futterharnstoff zugesetzt. Die kalkulierten NEL-Gehalte wurden nicht ausgeglichen.

Tab. 3: Mittlere gewichtete Komponentenanteile sowie kalkulierte Nährstoff- und Energiegehalte der vorgelegten Mischrationen

	Einheit	Mischration Rohrschwengel	Mischration Dt. Weidelgras
Maissilage	% Anteil TM	32,0	32,0
Grassilage Rohrschwengel	% Anteil TM	28,0	-
Grassilage Dt. Weidelgras	% Anteil TM	-	28,3
Luzerneheu	% Anteil TM	4,1	4,0
Rapsextraktionsschrot	% Anteil TM	14,5	14,5
Energiekonzentratfutter	% Anteil TM	19,4	19,4
Mineralfuttermischung	% Anteil TM	1,8	1,8
Futterharnstoff	% Anteil TM	0,2	-
Rohprotein	g/kg TM	155	159
aNDFom	g/kg TM	367	342
ADFom	g/kg TM	212	199
Stärke	g/kg TM	205	206
Nicht-Faser-Kohlenhydrate	g/kg TM	374	390
nXP	g/kg TM	155	158
Nettoenergie-Laktation ¹	MJ/kg TM	6,84	7,02

TM = Trockenmasse, aNDFom = Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung, ADFom = Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung, nXP = nutzbares Rohprotein am Duodenum geschätzt nach GfE (2001, 2008)

Während des Versuchs wurden täglich die Futteraufnahmen, die Lebendmasse, die Wiederkauaktivität sowie die Milchmenge erfasst. Die Milchinhaltsstoffe wurden wöchentlich im Rahmen der Milchleistungsprüfung ermittelt. Die Berechnung der energiekorrigierten Milchleistung (ECM) erfolgte nach Susenbeth (2018). Der Body Condition Score nach Edmonson et al. (1989) wurde insgesamt dreimal über den Versuchszeitraum bonitiert.

Die Verdaulichkeiten der Mischrationen und Silagen wurden nach Vorgaben der GfE (1991) an Hammeln ermittelt. Nach einer zweiwöchigen Anfütterungsphase wurden Kot und Futter über sieben Tage quantitativ erfasst. Auf Basis der verdaulichen Rohnährstoffe wurden die Gehalte an umsetzbarer Energie (ME) und NEL kalkuliert (GfE 2001).

Ergebnisse und Diskussion

Die Einhaltung des optimalen Reifestadiums bei der Ernte des Pflanzenmaterials für den Fütterungsversuch spiegelte sich in den hohen Verdaulichkeiten der organischen Masse bei den Silagen wider (Tab. 4). Dabei war die Deutsche Weidelgrassilage etwas höher verdaulich. Der Effekt der Grassilagen wurde in den Mischrationen nicht mehr deutlich. Hier lagen die Verdaulichkeiten sowie die Energiegehalte auf einem vergleichbaren Niveau.

Tab. 4: Verdaulichkeit der organischen Masse und aus den verdaulichen Rohnährstoffen abgeleitete Energiegehalte der Silagen und Mischrationen (Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen)

	Einheit	Silage	Mischration
Rohrschwengel			
Anzahl Hammel		4	5
OMD	%	80,5 $\pm$ 0,6	79,8 $\pm$ 1,0
ME	MJ/kg TM	11,0 $\pm$ 0,1	11,4 $\pm$ 0,1
NEL	MJ/kg TM	6,7 $\pm$ 0,1	7,0 $\pm$ 0,1
Deutsches Weidelgras			
Anzahl Hammel		5	5
OMD	%	82,3 $\pm$ 0,7	79,4 $\pm$ 0,9
ME	MJ/kg TM	11,4 $\pm$ 0,1	11,4 $\pm$ 0,1
NEL	MJ/kg TM	7,0 $\pm$ 0,1	7,0 $\pm$ 0,1

TM = Trockenmasse, OMD = Verdaulichkeit der organischen Masse, ME = umsetzbare Energie, NEL = Nettoenergie-Laktation

In Tab. 5 sind die Nährstoffaufnahmen des Fütterungsversuchs mit Milchkühen dargestellt. In der Rohrschwengel-Fütterungsvariante wurden signifikant höhere Trockenmasseaufnahmen erzielt. Entsprechend der Gehalte in den Mischrationen sowie den Trockenmasseaufnahmen wies die Deutsches Weidelgras-Variante signifikant höhere Energie- und Proteinaufnahmen sowie niedrigere Faseraufnahmen auf. Die Wiederkauaktivität war in beiden Fütterungsvarianten trotz des augenscheinlich gröber strukturierten Rohrschwengel-Materials vergleichbar. In beiden Fütterungsvarianten wurde kein Futterselektionsverhalten nachgewiesen.

Die Grassilageart beeinflusste die Milchmenge sowie die Milchinhaltsstoffe signifikant (Tab. 6). Höhere Energie- und nXP-Aufnahmen in der Deutsches Weidelgras-Fütterungsvariante führten zu signifikant höheren täglichen Milchmengen sowie signifikant höheren Milcheiweißgehalten. In der Rohrschwengel-Fütterungsvariante wurden signifikant höhere Milchfettgehalte durch höhere Faseraufnahmen erzielt. Die ECM-Leistung unterschied sich nicht zwischen den Fütterungsvarianten.

Tab. 5: Einfluss der Grassilageart in der Mischration auf die tägliche Futter-, Nährstoff- und Energieaufnahme sowie Lebendmasse und Körperkondition

	Einheit	F-Test	Rohrschwengel	Dt. Weidelgras
Futtermaterialeinnahme	kg TM	0,0001	23,7 ^a	23,4 ^b
Rohprotein	g	0,0001	3585 ^a	3639 ^b
aNDFom	g	0,0001	8738 ^a	8108 ^b
ADFom	g	0,0001	5133 ^a	4790 ^b
nXP	g	0,0001	3629 ^a	3676 ^b
NEL	MJ	0,0001	160 ^a	163 ^b
Lebendmasse	kg	0,0001	680 ^a	678 ^b
Body Condition Score		0,2823	3,18	3,14
Wiederkaudauer	min	0,3715	568	569

TM = Trockenmasse, aNDFom = Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung, ADFom = Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung, nXP = nutzbares Rohprotein am Duodenum, NEL = Nettoenergie-Laktation; Least Square-Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (nach Bonferroni-Korrektur)

Tab. 6: Einfluss der Grassilageart in der Mischration auf die tägliche Milchleistung und die Milchinhaltsstoffe

	Einheit	F-Test	Rohrschwengel	Dt. Weidelgras
Milchmenge	kg	0,0001	35,3 ^a	35,7 ^b
Fettgehalt	%	0,0001	3,98 ^a	3,86 ^b
Eiweißgehalt	%	0,0001	3,43 ^a	3,47 ^b
Laktosegehalt	%	0,0067	4,81 ^a	4,82 ^b
Harnstoff	mg	0,7970	193	193
ECM	kg	0,3034	34,4	34,5

ECM = energiekorrigierte Milchmenge, Least Squares-Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (nach Bonferroni-Korrektur)

Schlussfolgerungen

Das Leistungspotential des Rohrschwengels ist aufgrund seines Abreifeverhaltens von einem rechtzeitigen Erntetermin abhängig. Mit dem Einsatz von Rohrschwengelsilage in einer Mischration konnte in dem vorliegenden Versuch eine vergleichbare ECM-Leistung zu der Fütterung mit einer Deutschen Weidelgrasbetonten Mischration erzielt werden.

Literatur

Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., Webster, G. (1989): A body condition scoring chart for Holstein dairy cows, J. Dairy Sci. 72: 68-78.

GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (1991): Leitlinien zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohrnährstoffen an Wiederkäuern. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 65: 229-234.

GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder 2001, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2008): New equations for predicting metabolisable energy of grass and maize products for ruminants. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17: 191-198.

Susenbeth, A. (2018): Der Energiebedarf von Milchkühen heutiger Rassen. *Tagungsband Abschlussveranstaltung Verbundprojekt optiKuh* am 30/31.01.2018 in Braunschweig, Hrsg.: Spiekers, H., Hertel-Böhnke, P., Meyer, U., LfL-Schriftenreihe 2/2018: 40-43.

Mob Grazing mit Milchkühen – Das Potenzial einer alternativen Weidestrategie

S. Hertel, H. Kivelitz, A. Verhoeven, G. Janknecht, C. Böttger
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft
Haus Riswick (VBZL), Elsenpaß 5, 47533 Kleve
anne.verhoeven@lwk.nrw.de

Einleitung und Problemstellung

Vor dem Hintergrund der klimatischen Veränderungen, insbesondere im Hinblick auf mögliche zunehmende Trockenphasen, sind resiliente Weidesysteme zu entwickeln bzw. anzupassen, um die Verfügbarkeit qualitativ und quantitativ hochwertigen Futters auch während kritischer Witterungsphasen sicherzustellen. Insbesondere intensiv genutzte Kurzrasenweidesysteme können aufgrund des geringen Wurzeltiefgangs bei Sommertrockenheit tiefer liegende Wasserreserven nicht mehr erreichen. Sie kommen daher schneller an ihre Produktivitätsgrenzen als Umtriebsweidesysteme. Als potenziell geeignete Weidestrategie wird das Weideverfahren „Mob Grazing“ diskutiert. In dem „holistischen“ Weidekonzept werden gezielt natürliche Ökosystemleistungen und Stoffkreisläufe genutzt, um Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung, der Bodenfruchtbarkeit sowie der Tiergerechtigkeit zu vereinen. Mob Grazing ist eine Weidestrategie innerhalb des Systems der Rotations- bzw. Umtriebsweide mit einem ganzheitlichen Ansatz. Im Öko-Betrieb des Versuchs- und Bildungszentrums Landwirtschaft (VBZL) Haus Riswick der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen werden seit 2021 umfangreiche Praxisversuche und Untersuchungen mit ca. 45 Milchkühen (Deutsche Holsteins) im Rahmen des Mob Grazings durchgeführt. Nachfolgend werden erste Ergebnisse der Jahre 2022 und 2023 vorgestellt. Die Grundidee der Mob bzw. Holistic Grazing Weidestrategie ist entlehnt aus Regionen afrikanischen Savannenklimas (Südafrika, Kenia, Zimbabwe), die mit dem Prinzip der geregelten Rotationsweide arbeitet (Lalampaa et al. 2016). Auf diese Weise soll es möglich sein, degradiertes Weideland mit domestizierten Weidetieren wieder nachhaltig weidefähig zu entwickeln und so der Desertifikation entgegenzuwirken (Savory Institut 2013, Nordborg und Rööß 2016). In diesem Weidesystem soll über Weidereste und Ausscheidungen der Tiere ein kontinuierlicher Humusaufbau stattfinden. In der Folge wird die Fähigkeit des Bodens, Wasser zu infiltrieren und zu speichern, erhöht. Das verstärkte Wachstum der Weidepflanzen wiederum führt dazu, dass mehr Kohlenstoff aus der Atmosphäre im Boden gebunden wird (Nordborg und Rööß 2016 nach Savory 2011). In diesem Weidesystem wird mit sehr hohen Besatzdichten gearbeitet. Damit soll erreicht werden, dass Weidepflanzen weniger stark selektiert werden. Im Fokus dieser Weidestrategie steht primär die Pflanzenentwicklung. Dabei wird erst bei hoher Wuchshöhe (über 20 cm) beweidet. Somit steht den Weidepflanzen mehr Zeit für das Wurzelwachstum zur Verfügung (Winter und Starz 2021). Mehr oder weniger hohe Weidereste werden einkalkuliert und sind systembedingt erwünscht. Auf diese Weise soll auf der Weide ein Mikroklima entstehen, in dem einerseits der Boden mehr Wasser speichern kann und andererseits durch eine zunehmende Mulchschicht aus abgestorbenem Pflanzenmaterial ein wirkungsvoller Verdunstungsschutz generiert wird. Die höhere Restaufwuchshöhe (über 7 bis 10 cm) sorgt für eine gute Photosyntheseleistung. Kurze Fress- bzw. Weidezeiten und lange Ruhe- bzw. Regenerationszeiten kennzeichnen diese Weidestrategie.

Material und Methoden

Die im Versuchsbetrieb praktizierte Mob Grazing-Weidestrategie ist im Prinzip ein Umtriebsweidesystem mit sehr kurzen Umtriebszeiten von 1 - 2 Tagen je Koppel. Die Weidesaison startet obligatorisch mit einer frühen Vorweide kurz nach Vegetationsbeginn. Die gesamte Mob Grazing-Fläche umfasste 10,7 ha bei einer durchschnittlichen Herdengröße von 45 Tieren. Täglich wurde die Herde auf eine neue Weideparzelle getrieben. Die Flächenzuteilung und –abgrenzung erfolgte mit einer mobilen Weidespinne. Die Parzellengröße betrug im Jahr 2022 im Durchschnitt des Jahres etwa 5.000 m²; im Jahr 2023 wurde mit halbiertem Weideareal von ca. 2.500 m² gearbeitet. Je nach Wachstumsvermögen der Fläche weideten die Kühe im Jahr 2022 auch 2 Folgetage bzw. –nächte auf einer Parzelle. Die Besatzdichte lag damit bei 90 bzw. 180 GV/ha. Bei einem durchschnittlichen Gewicht der Kühe über die Weidesaison von 667 kg (2022) bzw. 682 kg (2023) lag das Herdengewicht bei rd. 60.000 kg/ha (2022) bzw. bei rd. 123.000 kg/ha (2023). Die unterschiedlichen Flächengrößen resultieren aus den unterschiedlichen niederschlagsabhängigen Wachstumsraten der Untersuchungsjahre.

Die Aufwuchshöhe zum Weideauftrieb lag meist zwischen 12 und 15 cm. Dabei sollten sich die Pflanzen im vegetativen Stadium befinden, um eine ausreichende Energiedichte und Nährstoffkonzentration zu gewährleisten. Ziel war das Abfressen des oberen Drittels bis höchstens der oberen Hälfte des Aufwuchses.

Um Futterüberschüsse abzuschöpfen, wurde im Jahr 2023 der erste Aufwuchs einer Teilfläche zusätzlich zur Beweidung gemäht und siliert. Betriebsüblich wurde aufgrund des genetisch hoch veranlagten Herdenleistungspotenzials von über 9.000 kg energiekorrigierte Milchmenge (ECM)/Kuh/Jahr die Halbtagsweide mit einer angepassten Mischration im Stall durchgeführt. Im Anschluss an die Vorweide während der Frühjahrsweidephase wurde den Milchkühen tagsüber acht Stunden Weidegang angeboten. Während der Sommermonate bei entsprechenden Tageslängen erfolgte ein nächtlicher Weidegang. Dabei weidete die Herde besonders während der Abendstunden sehr effizient, so dass bei 12 Stunden Nachtweide mit vergleichbaren Weidefutteraufnahmen wie bei 8 Stunden Tagweide kalkuliert werden kann (Weideversuch Ökobetrieb Haus Riswick 2012: GPS-gestützte Messung des Weideverhaltens von Milchkühen).

Während der Vegetationsperiode wurde zweimal wöchentlich die komprimierte Aufwuchshöhe der Weidefläche mit einem Herbometer gemessen. Zusätzlich wurde diese auch beim Auf- und Abtrieb der Herde auf den Weideparzellen erfasst. Mit Hilfe von Weidekörben wurden der Ertragszuwachs und die Qualität des Aufwuchses an fünf Terminen in der Vegetationsperiode ermittelt. Dabei wurde auch der Ertragsanteil an Gräsern, Leguminosen und Kräutern im Bestand visuell geschätzt. Ebenfalls visuell geschätzt wurde der Anteil an Weideresten nach der Beweidung eines Weideareals/einer Weideparzelle.

Die Futteraufnahme im Stall wurde täglich als Gruppenmittel der Herde erfasst. Über die Waage am Futtermischwagen wurde der Anteil der Rationskomponenten sowie die Gesamtfuttermenge der Mischration bestimmt; anfallende Futterreste wurden zurückgewogen. Die Menge an aufgenommenem Kraftfutter an der Abrufstation konnte mittels Transponder automatisiert und tierindividuell festgestellt werden. Von jeder Rationskomponente lagen die Ergebnisse der Futtermitteluntersuchung vor. Ebenfalls erfasst wurden Lebendmasse, Body Condition Score (BCS) sowie die Daten der wöchentlichen Milchleistungsprüfung.

Die Differenz des Bedarfs für Milchleistung und Erhaltung sowie der über die Stallfütterung aufgenommenen Energie ergab die Energieaufnahme aus der Weide. Mittels der Anteilsmethode wurde daraus die Weideleistung bestimmt (Leisen et al. 2013).

Ergebnisse und Diskussion

Die Niederschlagsmengen der Monate April bis Oktober betrugen 286 mm im Jahr 2022 und 573 mm im Jahr 2023. Damit herrschten in beiden Versuchsjahren sehr unterschiedliche Wachstumsbedingungen für die Weideflächen vor. Dies spiegelt sich auch in den Trockenmasse- und Energieerträgen wider (Tab. 1).

Tab. 1: Erträge, Energie- und Rohproteingehalte der Aufwüchse der beiden Mob Grazing-Flächen „Renzkath“ und „Lenzen“ in den Jahren 2022 und 2023

Untersuchungsparameter	2022		2023	
	Renzkath	Lenzen	Renzkath	Lenzen n
Energiegehalt, MJ NEL kg TM ⁻¹	6,0 - 7,1	60	5,9 – 6,3	6,0 – 6,6
Rohproteingehalt, % der TM	12,2 – 20,4		11,1 – 19,5	
Trockenmasseertrag, dt TM ha ⁻¹	83	74	108	105
Energieertrag, MJ NEL ha ⁻¹	54.000	48.000	66.000	66.000

TM = Trockenmasse, NEL = Nettoenergie-Laktation

Die angestrebte Aufwuchshöhe von 12 bis 15 cm zum Weideauftrieb konnte im Jahr 2022 aufgrund sehr geringer Niederschlagsmengen und -verteilungen und dem daraus resultierenden geringen Pflanzenwachstum zeitweise nicht erreicht werden. Im Jahr 2023 lag die Aufwuchshöhe beim Auftrieb der Herde meist zwischen 10 und 14 cm (Abb. 1). Der geschätzte prozentuale Weiderest lag in beiden Jahren zwischen 5 % und 45 % (Abb. 1).

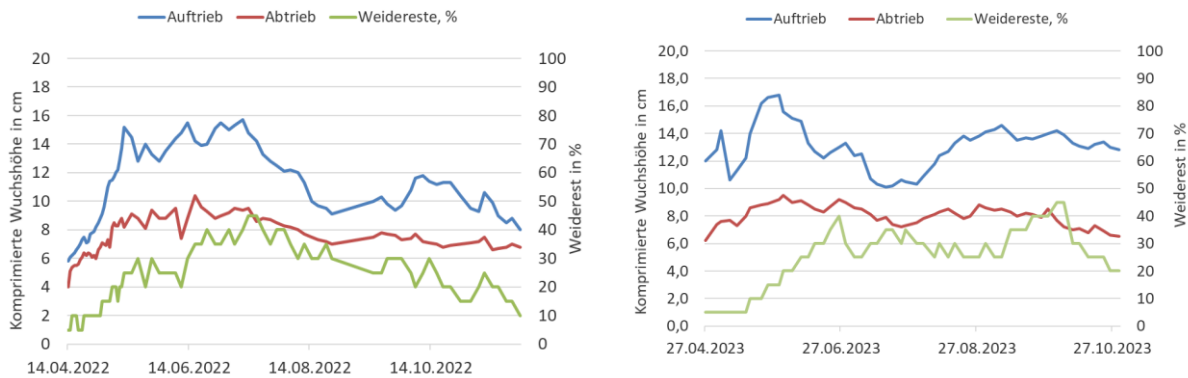


Abb. 1: Komprimierte Wuchshöhe vor Auftrieb und nach Abtrieb sowie geschätzter Weiderest in den Weidejahren 2022 und 2023

Die visuelle Ertragsanteilsschätzung von Gräsern, Klee und Kräutern ergab einen Anstieg des Gräseranteils, jedoch einen Rückgang des Weißkleeanteils im Jahr 2023, deutlicher als im Weidejahr 2022. Die Ruhe- bzw. Regenerationszeit der Teilstücke lag im Untersuchungszeitraum zwischen 20 und 75 Tagen. Die sehr langen Ruhezeiten wurden vor allem in Zeiträumen mit witterungsbedingtem Aufstallen der Tiere erreicht.

Abbildung 2 zeigt den täglichen ECM-Verlauf je Kuh sowie die anteilige Energieaufnahme aus Weide und Mischration im Stall beispielhaft für das Weidejahr 2023.

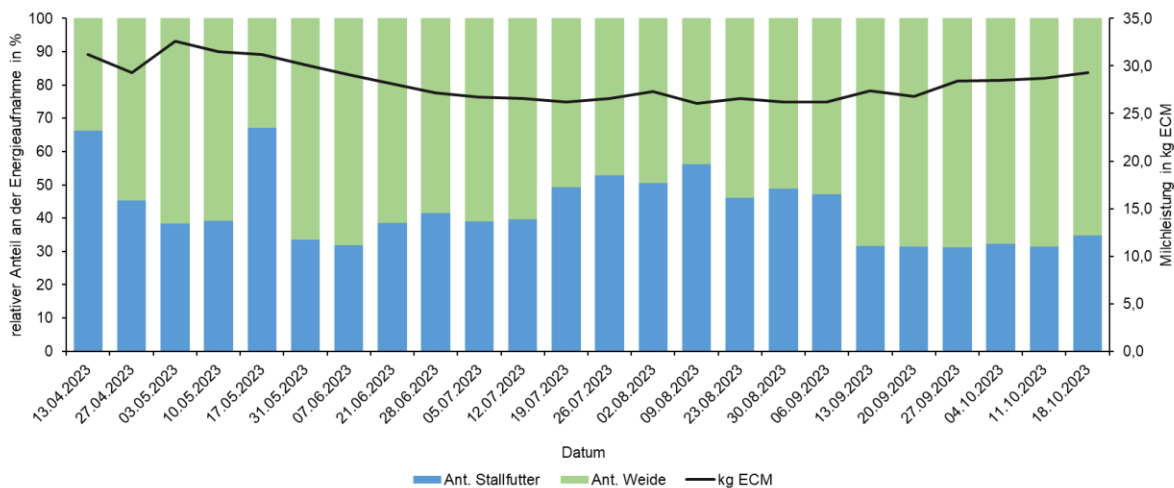


Abb. 2: Anteil der Energieaufnahme aus Stallfutter und Weide sowie die Milchleistung in kg ECM Tier⁻¹ Tag⁻¹ 2023

In beiden Jahren wurden vergleichbare Weideleistungen erreicht (Tab. 2). Durch die zusätzliche Schnittnutzung im Jahr 2023 erweitert sich rechnerisch die flächenbezogene Milchleistung um die aus der Erntemenge erzeugbare Milchmenge in der Stallfütterung. Daraus ergibt sich eine deutlich höhere Flächenleistung in 2023 im Vergleich zum Vorjahr. Da die Weideperiode im Jahr 2023 mit 174 Weidetagen deutlich kürzer ausfiel als die im Vorjahr mit 204 Tagen, wurde zusätzlich die Weidetagleistung berechnet, die im Jahr 2023 um 1,3 kg pro Tag höher lag als im Jahr 2022. Die Erträge der Weidekörbe ließen auf eine potenzielle Weideleistung von 15.400 kg ECM ha⁻¹ Jahr⁻¹ im Jahr 2022 und 20.000 kg ECM ha⁻¹ Jahr⁻¹ im Jahr 2023 schließen. Bei dieser Hochrechnung wurden allerdings keine Weidereste berücksichtigt, die ein wichtiger Bestandteil des Mob Grazing sind.

Tab. 2: Weide- und Flächenleistung der Jahre 2022 und 2023

Leistungsmerkmale	2022	2023
Weideleistung kg ECM Kuh ⁻¹ Jahr ⁻¹	1470	1489
Weideleistung kg ECM ha ⁻¹ Jahr ⁻¹	6176	6107
Flächenleistung kg ECM ha ⁻¹ Jahr ⁻¹	6176	11.643
Weidetagleistung kg ECM Kuh ⁻¹ Tag ⁻¹	7,2	8,5

Schlussfolgerungen

Bislang gibt es mit der Mob Grazing Weidestrategie mit Milchvieh in Deutschland kaum einschlägige Erfahrung. Ergebnisse und Erfahrungen mit dieser Weidestrategie von einzelnen Betrieben mit Mutterkuhhaltung lassen sich kaum auf die Milchviehhaltung übertragen, da andere Anforderungen an den Futterwert und die tierischen Leistungen, insbesondere im Hinblick auf die Energie- und Nährstoffversorgung, bestehen. Auch Erfahrungen und Ergebnisse zu tierischen Leistungsmerkmalen anderer Klimaregionen und Wiederkäuer (z. B. Milchziegen) liefern kaum weiterführende und vergleichende Hinweise zur Einordnung der Ergebnisse.

Die Einordnung der bisherigen Ergebnisse von tierischen Leistungsmerkmalen (Milchleistung/Herde und Hektar, BCS), die hier dargestellt und diskutiert werden, muss auf Basis bisheriger "konventioneller" und bewährter Weidesysteme erfolgen, auch wenn ein direkter Vergleich mit dem langjährigen Kurzrasenweidesystem im Rahmen des vorliegenden Versuches nicht möglich ist. Vor dem Hintergrund der langjährig erhobenen Leistungsdaten im System der Kurzrasenweide im Ökobetrieb Haus Riswick (2009 – 2020), scheint Mob Grazing auf der Basis der bisherigen Ergebnisse vergleichbare Leistungen zu ermöglichen. Der Weideaufwuchs entsprach während der gesamten Weideperiode bezüglich der chemischen Zusammensetzung im Grunde den Orientierungswerten (Spiekers 2008; Hoffmann 2021). Eine abschließende Bewertung des Mob Grazing Systems kann nach bisher zweijähriger Auswertung noch nicht vorgenommen werden. Hier sind zwingend weitere Untersuchungsjahre erforderlich, um neben Kennzahlen der tierischen Leistung auch die pflanzenbauliche Entwicklung des Grünlandes sowie diverser Ökosystemleistungen (Bodenparameter, faunistische, floristische Biodiversität, C-Akkumulation etc.) hinreichend erfassen, einordnen und interpretieren zu können.

Literatur

- Hoffmann, M. (2021): Zur Weidehaltung der Milchkühe. Sächsischer Landeskontrollverband e.V., Online verfügbar unter: https://www.lkvsachsen.de/fileadmin/Redaktion/LKSLabor/Blog/KW_20_Weide_Hoffmann.pdf (abgerufen am 07.07.2024).
- Lalampaa, P., Wasonga, O., Rubenstein, D.I., Njoka, J.T. (2016): Effects of holistic grazing management on milk production, weight gain, and visitation to grazing areas by livestock and wildlife in Laikipia County, Kenya. *Ecological Processes*, 5, 17.
- 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. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hg.): Mehr Eiweiß vom Grünland und Feldfutterbau. Potenziale, Chancen und Risiken. 57. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. Triesdorf, 29.-31. August. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. 1. Aufl.: 185-189.
- Nordborg, M., Rös, E. (2016): Holistic management – a critical review of Allan Savory's grazing method. SLU/EPOK – Centre for Organic Food & Farming & Chalmers. SLU, Swedish University of Agricultural Sciences & Chalmers, https://orgprints.org/id/eprint/34330/1/holisticmanagement_review.pdf (abgerufen 07.07.2024).
- Savory Institute (2013): Restoring the climate through capture and storage of soil carbon through holistic planned grazing – White paper, Online verfügbar unter: <https://savory.global/wp-content/uploads/2017/02/restoring-the-climate.pdf> (abgerufen, 07.07.2024).
- Spiekers, H. (2008): Ansprüche der Milchviehhaltung an das Grundfutter vom Grünland. Hg. v. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Institut für Tierernährung. Online verfügbar unter: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/dt_by_gl_tag_2008_spiekers.pdf (abgerufen am 14.07.2024).
- Winter, M., Starz, W. (2021): Mob Grazing – die Weidestrategie wenn es trocken wird? *Wochenblatt für Landwirtschafts und Landleben*, 25/2021: 38-39.

Visual Evaluation of Soil Structure (VESS): The Effect of Different Grazing Regimes on the Soil Structure on Sandy Soils

C. Johrden¹, N. H. Zahn², E. George¹, R. Schwienhorst², I. Schleip²

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, Unter den Linden 6, 10099 Berlin

² Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Schicklerstr. 5, 16225 Eberswalde,
inga.schleip@hnee.de

Introduction and Problem Statement

Brandenburg is among the driest regions in Germany, evident by comparatively low annual average rainfall levels. Soils in Brandenburg are characterized by high sand content often resulting in low water holding capacity, low nutrient retention, and often low contents of organic matter (OM). With anthropogenic climate change, prolonged periods without precipitation and increasing temperatures during the vegetation period are likely to occur more often (Stanley et al. 2023). Sandy soils are more sensitive to climate change, compromising forage yield stability in Brandenburg. Mob grazing (MG) is a grazing strategy introduced for dry regions to increase soil fertility and carbon storage (Roberts & Johnson 2021, Wagner et al. 2023). However, many processes especially regarding soil-carbon-dynamics and the influence of MG are complex (Roberts & Johnson 2021). Core principles include a high stocking density, short intensive grazing intervals, followed by a long resting period (Gurda et al. 2018). Vegetation growth is usually much taller than what is known from more traditional forms of grazing and the aim is to trample about 50% of the forage and to leave behind a mulch layer. Besides the positive aspects that can be achieved with mob grazing, it could also negatively affect the physical soil quality, namely in the form of topsoil compaction (Byrnes et al. 2018). Whether mob grazing can be an efficient and ecological form of grazing in drought-prone regions, is the core question of the EIP-Project "Mob grazing in arable forage production". For this purpose, mob grazing is compared to the reference grazing regime rotational grazing (German: Umtriebsweide). The effect of mob grazing on soil structure and soil health plays a crucial role to determine whether mob grazing can be considered a sustainable and profitable grazing strategy.

Visual soil evaluation techniques provide a simple and cost-effective approach to monitor soil structural quality. The VESS method (Ball et al. 2007, Guimaraes et al. 2011) was selected to assess the effects of the two different grazing regimes on the soil structure. Here, the first question to be answered was, to which extent the VESS method is suitable for the given site conditions. The VESS assessment was complemented with bulk density (BD) measurements to evaluate whether MG leads to a decline in physical soil quality. In addition, the correlation between VESS scores and BD was analyzed to evaluate if the VESS method can be effectively applied to the sandy soils prevalent in Brandenburg. This article is based on the results of the bachelor thesis by Johrden (2024).

Materials and Methods

The VESS method was applied in May 2023 at the research site of the EIP-Project which is located at Gut Temmen (Stegelitz Agrar GmbH) in the Uckermark in Brandenburg at 53°N 13°E and encompasses 11.82 ha. The long-term precipitation average for Brandenburg is 566.48 mm (DWD 2024). The site is certified organic in accordance with the "Bioland" guidelines. The soil type is a loamy sand (German: schwach lehmiger Sand) with <4 %, 5-12 %, and <50 % OM, clay, and silt, respectively (own investigation, data not shown). Prior to the start of the experiment, a grass-legume mix was established in 2021 (60 % *Medicago sativa*/ x *varia*, 10 % *Trifolium pratense*, 30 % DSV 2214).

Tab. 1: Details of the grazing treatments in 2023 (LW = live weight)

	Paddock size [ha]	Compressed sward height [cm]	Stocking density [kg LW / ha]	Residual herbage [%]
MG	0.25	25-30	400.000	30-50
UW	2.97	15	30.000	8

The experimental site is divided into four 296.82 m x 100 m corridors. Within each corridor, two 1 ha plots are embedded, which are used for data collection. Treatments include the two grazing regimes mob grazing (MG) and rotational grazing (German: Umtriebsweide) (UW) which are arranged in a

split-plot design. However, only whole-plot level treatments exist (MG and UW), which alternate between the corridors, resulting in four replicates each.

Details regarding the two grazing treatments can be found in Tab. 1. The grazing regimes are described in detail in Zahn et al. (2022) and Johrden (2024). In 2023, the grazing treatment was applied per corridor for the UW regime and per plot for the MG regime. The same herd (“Uckermärker”) is used for both treatments. The compressed sward height, measured with the “Grasshopper” (TrueNorth Technologies, Ireland) at 150-200 points on every plot, and the developmental stage of alfalfa and the main grasses determine the timing for grazing.

The VESS method was applied in each of the eight treatment plots at nine GPS-marked measuring points. VESS samples were taken 1 m to the north of the measuring points to avoid overlap with the repeated implementation of the method. The VESS₂₀₂₀ scoring sheet (Johannes et al. 2020) was used for the assessment. After digging the “pre-hole” a 25x20x17cm soil block was extracted with a spade and evaluated following the VESS₂₀₂₀ methodology and a soil quality score (Sq) ranging from 1 (very good) to 5 (very poor) was assigned. Bulk density was determined for undisturbed soil cores (100 cm³), collected at a depth of 15 cm at the backside of the “pre-hole”, according to VDLUFA methodology.

Results and Discussion



Fig. 1: Sample from UW_1. The picture was rotated 90° degrees. The top of the sample is at the left-hand side. The sample presents with very little recognizable structure.

Applying the VESS method was simple and quick to learn. It took 15-20 minutes to complete the assessment for each sample. This could potentially take longer if the soil is not as saturated and/or of another soil type with higher clay content and/or includes more rocks. Preparing the “pre-hole” a few centimetres wider than the VESS sample improved the extraction considerably. Despite the expected low cohesion due to the high sand content, the extraction of the VESS sample blocks provided no difficulties. Large differences between VESS samples were easily recognized and scored. If samples presented with more complex differences, such as including traits from two Sq scores and being scored in between (e.g. 2.5), it was more difficult to assure that samples scored with 2.5 are equal to one another. All VESS samples except for one were identified with one single layer to the depth of 25 cm.

On the UW_1 plot, the observed soil structure for some samples was very fine and crumbly with almost no visible aggregation (Fig. 1). These samples were assigned to Sq score 1 and lead to the overall lower (better) Sq score for the UW_1 plot (Fig. 2). However, while scoring these samples with hardly any visible pedal structure, the descriptions and visible cues from the VESS₂₀₂₀ scoring sheet seemed to be unable to fully resemble the samples that were attempted to be scored. The main issue was the almost entirely absent aggregation and single sand grain structure. Samples of that origin were also found on other plots as well. After personal communication with Dr. Alice Johannes of Agroscope it became clear that Sq score 3 should have been assigned to these samples. This was not evident by using the VESS₂₀₂₀ scoring sheet and not indicated in the literature. It calls for a revision of the VESS method, especially for sandy soils, where low aggregation can be expected, as their OM content is low. This discrepancy between the scoring sheet and the samples without visible pedal structure led to inconsistent scoring.

No effect on VESS scores and BD was observed for the two grazing regimes (Fig. 3). Statistical analysis confirmed the non-significance of the grazing effect. Soil structural quality was good in the top 25 cm if a VESS score of ≤ 2 is considered good structural quality (Ball et al. 2007). The lack of a difference in soil structural qualities, despite the great differences in the grazing regimes, may be due to the short duration of the experiment at the time of sampling, which happened prior to the second grazing period. Additionally, the site is not grazed during the winter. It is possible, that an effect would have been visible shortly after the first grazing period in fall, and that effects were reduced over the winter due to natural processes affecting the soil structure (Drewry 2006).

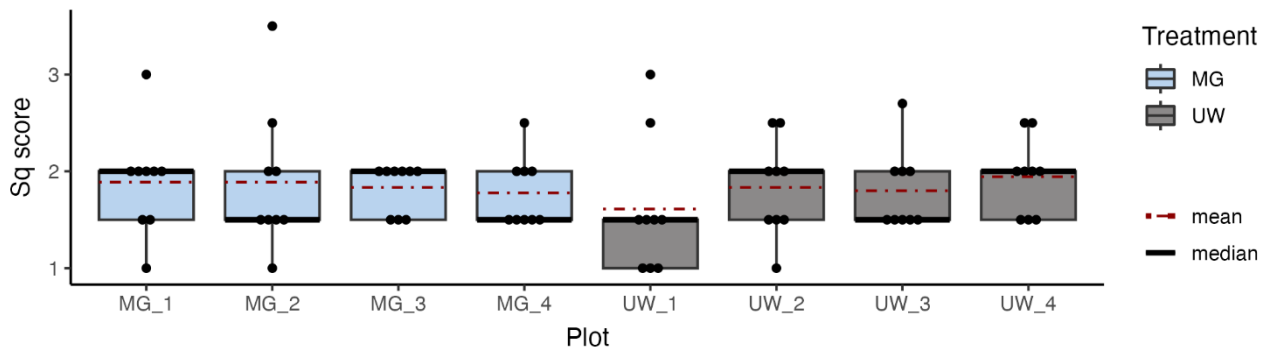


Fig. 2: Visualization of VESS scores across all individual treatment plots. UW_1 exhibits a lower (better) overall Sq score possibly due to scoring difficulties. Each recorded score is shown.

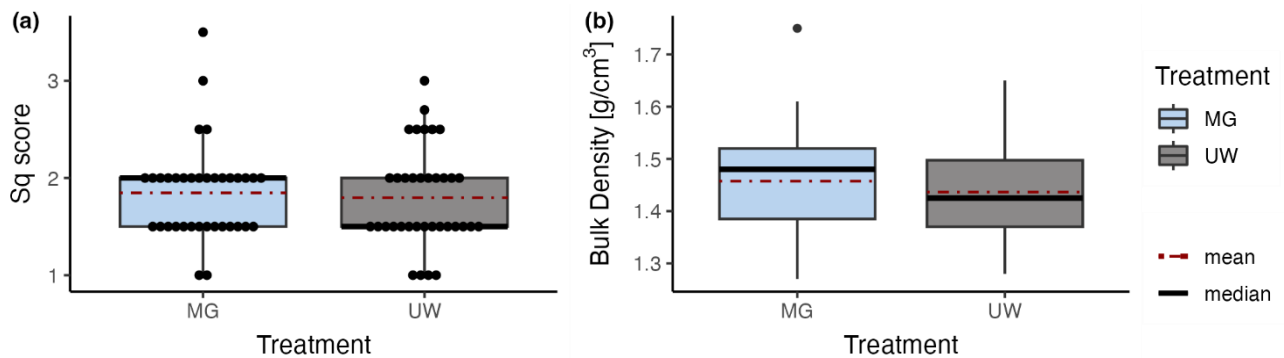


Fig. 3: Visualization of VESS scores (a) and BD (b). Each recorded VESS score is shown. Mean values for VESS scores and BD do not differ statistically significant ($p=0.675$ (a), $p=0.332$ (b), Mann-Whitney U Test).

The lack of decline in soil structural quality observed for the MG regime, despite high stocking densities, may be due to the frequent rotation associated with MG-like systems. Frequent rotation has previously led to improved soil physical quality indicators such as bulk density and VESS scores, compared to longer grazing periods (Byrnes et al. 2018, Teutscherová et al. 2021a, Teutscherová et al. 2021b). The resting period appears particularly important, as it allows for natural structural recovery (Drewry 2006) of the soil. However, Teutscherová, et al. (2021a) highlight the multi-faceted interdependence of natural structural recovery, soil micro- and macrofauna, and carbon and nutrient input in high stocking density and more conventional grazing systems.

VESS scores and bulk density showed no significant correlation ($R^2=0.032$), though a slight positive relationship was observed (Fig. 4). VESS scores and BD are often correlated, but this was not the case here, possibly due to operator subjectivity, methodological constraints, and the specific influence of soil texture on the VESS method.

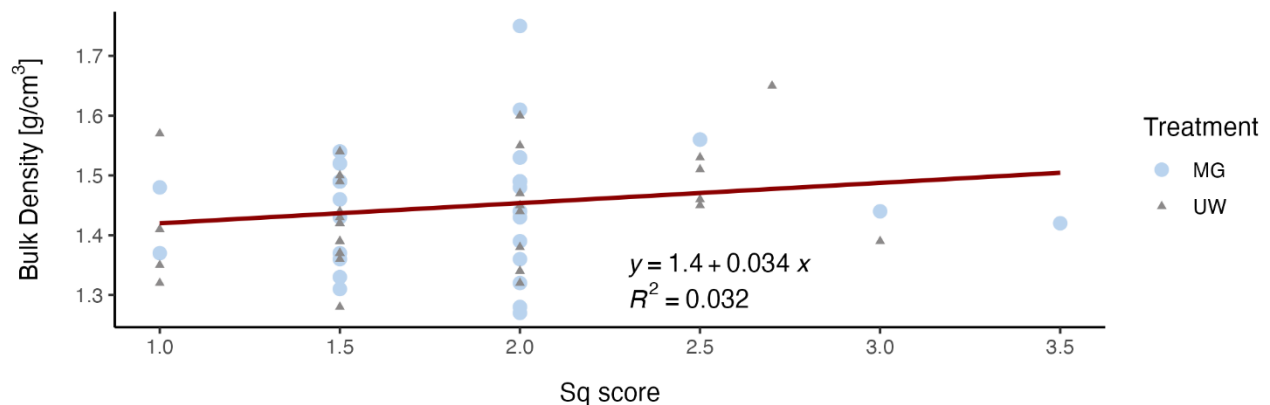


Fig. 4: Correlation between VESS scores (Sq score) and bulk density

The VESS method, being semi-quantitative, is inherently influenced by the subjective judgment of the operator, particularly in detecting soil layers. Inconsistent scoring in samples lacking visible pedal structure may also contribute to this lack of correlation. Additionally, in sandy soils, the relationship between quantitative parameters like BD and VESS scores appears less certain, compared to finer textured soils (Johrden 2024). Therefore, relying solely on BD as an indicator may not adequately validate the applicability of the VESS method, especially in coarse-textured soils. It has been highlighted repeatedly that the soil texture exerts an influence on visual soil evaluation criteria (e.g. van Leeuwen et al. 2018) and this appeared to be true in this study as well.

Conclusion

This study suggests that improvements in the VESS methodology are necessary. The applicability of the VESS method seemed to be influenced by the sandy texture of the soil, as indicated by difficulties in scoring samples lacking visible pedal structures. This highlights the need to carefully integrate the influence of the soil texture into the VESS assessment criteria. Improvements in the methodological approach will determine the applicability of the method under the given conditions at the experimental site. Apart from the methodological limitations, no significant influence of the grazing regimes on soil structure has been found so far.

Literature

- Ball, B. C., Batey, T. & Munkholm, L. J. (2007): Field assessment of soil structural quality – a development of the peerkamp test. *Soil Use and Management*, 23: 329-337.
- Byrnes R. C., Eastburn, D. J., Tate, K. W., & Roche, L. M. (2018): A global meta-analysis of grazing impacts on soil health indicators. *Journal of Environmental Quality*, 47(4): 758–765.
- Drewry, J. J. (2006): Natural recovery of soil physical properties from treading damage of pastoral soils in new zealand and australia: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(2): 159–169.
- DWD Climate Data Center (CDC) (2024): Annual regional averages of precipitation height (annual sum) in mm. Deutscher Wetterdienst.
- Guimaraes, R. M. L., Ball, B. C., & Tormena, C. A. (2011): Improvements in the visual evaluation of soil structure. *Soil Use and Management*, 27: 395–403.
- Gurda, A., Renz, M., & Brink, G. (2018): Defining mob grazing in the upper midwestern united states. *The Journal of Extension*, 56(4).
- Johannes, A., Weisskopf, P., Boivin, P., Gondret, K., Leopizzi, P., Lamy, F., Füllemann, F., Boizard, H., Baize, D., Ball, B., Cloy, J., Munkholm, L., & Guimarães, R. (2020): VESS2020 visual evaluation of soil structure. *Agroscope*.
- Johrden, C. (2024): The Visual Evaluation of Soil Structure (VESS): The Effect of Different Grazing Regimes on the Soil Structure on Sandy Soils. Bachelor-Thesis, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Roberts, A. J. & Johnson, N. C. (2021): Effects of mob-grazing on soil and range quality vary with plant species and season in a semiarid grassland. *Rangeland Ecology & Management*, 79: 139–149.
- Stanley, K., Leps, N., Hänsel, S., Klippel, L., Imbery, F., & Walter, A. (2023). Recent hot and dry summers in germany in comparison to climate projections. *Meteorologische Zeitschrift*, 32: 113–142.
- Teuchtescherov, N., Vázquez, E., Baquero, D., Velasquez-Ruiz, N., Pulleman, M., & Arango, J. (2021a): Visual assessment of soil structure as an early indicator of soil quality in response to intensive rotational grazing. *IGC Proceedings*, (2001-2021).
- Teuchtescherov, N., Vázquez, E., Sotelo, M., Villegas, D., Velásquez, N., Baquero, D., Pulleman, M., & Arango, J. (2021b): Intensive short-duration rotational grazing is associated with improved soil quality within one year after establishment in colombia. *Applied Soil Ecology*, 159.
- Van Leeuwen, M. M. W. J., Heuvelink, G. B. M., Wallinga, J., de Boer, I. J. M., van Dam, J. C., van Essen, E. A., Moolenaar, S. W., Verhoeven, F. P. M., Stoorvogel, J. J., & Stoof, C. R. (2018): Visual soil evaluation: Reproducibility and correlation with standard measurements. *Soil and Tillage Research*, 178: 167–178.
- Wagner, M., Waterton, C., & Norton, L. R. (2023): Mob grazing: A nature-based solution for british farms producing pasture-fed livestock. *Nature-Based Solutions*, 3: 100054.
- Zahn, N. H., Ertel, C., Hener, R., Franke, S., Beck, A., Westphal, J., & Schleip, I. (2022). Mob Grazing als Weidestrategie im Grünland und Ackerfutter bei zunehmende n Trockenheiten in Nordostdeutschland. *Grünland im Spannungsfeld Forschung, Wissenstransfer und öffentliche Wahrnehmung*. AGGF der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften eV, Soest, 46-49.

Moorgrünlandbewirtschaftung



Abbildungen: P. Hübner (links oben), P. Mosebach (rechts oben, links unten), F. Birr (rechts unten)

WetNetBB – Vorstellung des neuen Projekts zur Bewirtschaftung und Biomasseverwertung von nassen Niedermooren in Brandenburg

P. Mosebach, F. Birr, I. Schleip

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

Einleitung und Problemstellung

Das Projekt WetNetBB ist im September 2023 gestartet und wird über eine Laufzeit von neun Jahren bis 2032 vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) mit Mitteln aus dem Sondervermögen des Klima- und Transformationsfonds gefördert. Projektträger ist die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR).

Die ausgedehnten Niedermoorflächen in Brandenburg werden nahezu flächendeckend entwässert und unterliegen einer fortschreitenden Degradierung. Es bestehen Vorarbeiten zur Wiedervernässung in mehreren moorreichen Regionen des Landes, langjährige Forschungsaktivitäten zur stofflichen und energetischen Biomasseverwertung und Interesse von verarbeitenden Unternehmen. WetNetBB soll als Katalysator für eine großflächige Transformation zu einer nachhaltigen Moornutzung fungieren, indem es diese Entwicklungen aufnimmt und zusammenführt, auf typischen Standorten torferhaltende Wasserstände realisiert, Verfahren für die Flächenbewirtschaftung und Biomassenutzung demonstriert und damit über die Projektflächen und -gebiete hinaus ausstrahlt. Gesamtziel des Vorhabens ist die Schaffung eines Verbundes von Modell- und Demonstrationsvorhaben für die Nutzung nasser Niedermoore mit repräsentativen Moorflächen, Biomasseverwertungspfaden und relevanten Akteuren in Brandenburg.

Das Projekt gliedert sich in die Module (1) Flächenmanagement, (2) Biomasseverwertung, (3) Transfer und Öffentlichkeitsarbeit und (4) Wissenschaftliche Begleitung. Bearbeitet werden die Module von einem Forschungsverbund gebildet vom Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), dem Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU), dem Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V. (ZALF) und dem Deutschen GeoForschungsZentrum (GFZ). Die Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE) ist beteiligt am Wissenstransfer und der Öffentlichkeitsarbeit sowie dem Monitoring im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung.

Der vorliegende Beitrag informiert über die geplanten Erhebungen im Biodiversitätsmonitoring und möchte zum gemeinsamen, fachlichen Austausch anregen.

Material und Methoden

Hinsichtlich der Wirkung alternativer nasser Bewirtschaftung auf die Biodiversität kann zwischen den Effekten der Wiedervernässung und den Effekten der Bewirtschaftung unterschieden werden. Einen Überblick zum aktuellen Wissensstand geben zum Beispiel Närmann et al. (2021). Die Wiedervernässung eines degradierten Niedermoors bedeutet nicht die Wiederherstellung einstiger Zustände, sondern die Entwicklung neuer Biozönosen in Abhängigkeit von den konkreten standörtlichen Gegebenheiten. So führt eine dauerhafte Wiedervernässung zu einer unter Umständen drastischen Änderung der Vegetation mit einem Anstieg der charakteristischen und wertgebenden Arten der Niedermoore. Die resultierenden Habitatstrukturen haben wiederum das (Wieder-)Ansiedeln von Tierarten mit Bindung an feuchte bis nasse, offene Lebensräume zur Folge. Arten trockener Lebensräume scheiden dagegen aus.

Das Monitoring der Biodiversität hat zum Ziel, die Veränderungen der landwirtschaftlich genutzten Niedermoore bei Anhebung der Wasserstände mit Blick auf Lebensraumeignung, Biotopverbund und Landschaftsbild zu erfassen. Dies soll einer ökosystemaren Beurteilung der Standortgerechtigkeit und Nachhaltigkeit der Nutzung dienen.

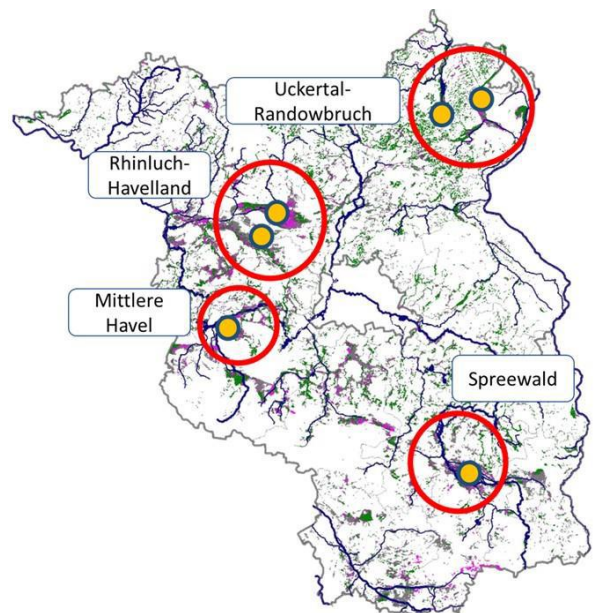


Abb. 1: Projektregionen in WetNetBB

Mit dem Erreichen von dauerhaft hohen Wasserständen soll die weitere Degradierung der Moorböden gestoppt und die Flächen dadurch langfristig als Räume der landwirtschaftlichen Primärproduktion erhalten werden. Folgerichtig wird im Projekt auch die Biodiversität nicht entkoppelt von der landwirtschaftlichen Nutzung betrachtet. Auswirkungen von sich ändernden ökologischen Standortbedingungen auf die Bewirtschaftung und Verwertungsoptionen werden in dem komplexen Monitoringprogramm ebenfalls berücksichtigt und analysiert.

Diese übergeordneten Fragestellungen sollen untersucht werden:

1. Wie verändern sich die abiotischen Standortfaktoren nach Wiedervernässung?
2. Wie entwickelt sich die Vegetation in Abhängigkeit der abiotischen Standortfaktoren und Bewirtschaftung?
3. Welchen Effekt haben ökologische Standortfaktoren und Bewirtschaftung auf die Fauna?
4. Welchen Effekt hat die Wiedervernässung auf die Quantitäten, Qualitäten und Stabilität der Erträge?
5. Welchen Effekt hat die Wiedervernässung auf die Befahrbarkeit?

Die Gebietskulisse bildet standörtliche Bedingungen wie hydrogenetische Moortypen, Trophiestufen, Wasserregimetypen und Vegetation sowie betriebliche Voraussetzungen für die Biomasseverwertung in repräsentativer Weise ab und umfasst die moorreichen Regionen Rhin-luch/Havelland, Mittlere Havel, Uckertal/Randowbruch und Spreewald (Abb. 1).

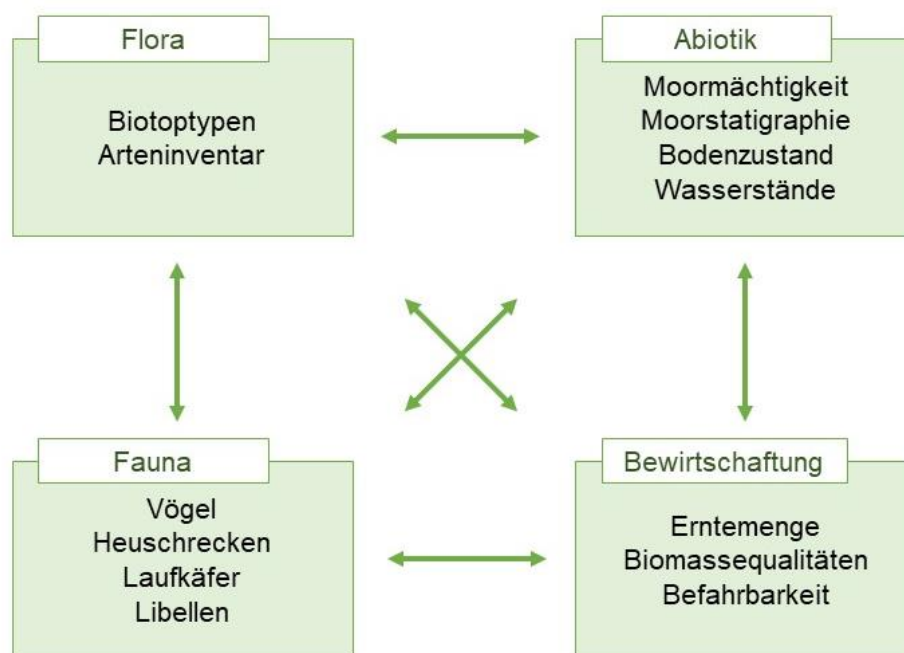


Abb. 2: Standortfaktoren, deren Entwicklungen sowie Wechselbeziehungen zueinander im Rahmen von WetNetBB untersucht werden.

Das Untersuchungsdesign des Monitoringprogramms wird nach dem BACI-Ansatz (Before-After-Control-Impact) erstellt. In den Projektregionen werden Demonstrationsflächen eingerichtet, auf denen aktive Wiedervernässungsmaßnahmen umgesetzt werden. Zusätzlich werden Referenzflächen mit Beibehaltung der entwässerungsbasierten Landnutzung eingerichtet. Dies ermöglicht einen Vergleich der Standortfaktoren einer Fläche vor und nach der Wasserstandsanhebung sowie über die gesamte Projektlaufzeit den Vergleich mit gleichartigen Flächen ohne Wasserstandsanhebung. In Abb. 2 werden die in das Monitoring eingebundenen Standortfaktoren dargestellt. Auf den ersten Demonstrations- und Referenzflächen wird das Messprogramm im Jahr 2025 starten.

Schlussfolgerungen

Mit dem Projekt WetNetBB sollen die Synergiepotenziale einer torferhaltenden Wasserstandsanehebung von Mooren für die regionale Wertschöpfung aufgezeigt und damit Akzeptanz und Interesse für eine zukunftsfähige Moornutzung in den ausgewählten Regionen und darüber hinaus geschaffen werden. Das Monitoring der Biodiversität kann dabei positive Wirkungen für die im Rückgang befindliche standortangepasste Artenvielfalt aufzeigen und mögliche nachteilige Entwicklungen identifizieren, um mit entsprechenden Maßnahmen frühzeitig intervenieren zu können.

Neben WetNetBB sind vier weitere Modell- und Demonstrationsvorhaben zum Moorbodenschutz gestartet. Gemeinsam mit den vier vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) geförderten Pilotvorhaben bilden diese das PaludiNetz. Dessen Koordination obliegt der PaludiZentrale, einem Verbund aus dem Thünen Institut, der Universität Greifswald und der Michael Succow Stiftung. Dies ermöglicht die Abstimmung der Untersuchungsmethoden und somit letztlich die übergreifende Auswertung aller erhobenen Daten.

Literatur

Närmann, F. & Tanneberger, F. (2021): Biodiversität. In: Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Nerger, M., Luthardt, V., Zeitz, J. & Tanneberger, F. (Hrsg.): Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. BfN-Skripten 616: 154-182.

Nassgrünlandnutzung auf wiedervernässten Niedermoorstandorten – Versuchsergebnisse aus Bayern

B. Zwack, D. Weiß, E. Schmidt, T. Koller, M. Diepolder, S. Hartmann, L. Gosch, A. Freibauer
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising
david.weiss@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Grünland stellt mit etwa 59 % die flächenmäßig bedeutendste landwirtschaftliche Nutzungsform von Moorböden in Bayern dar (Abb. 1), wobei sich dieser Anteil im sogenannten „Grünlandgürtel“ am Alpenrand auf über 85 % erhöht. Im Jahr 2022 wurden in Bayern für rund ein Drittel der Grünlandfläche auf Moorböden Agrarumweltmaßnahmen in Anspruch genommen, welche eine Reduzierung der Nutzungsintensität beinhalten. Zudem erhielten 11 % der Flächen eine Prämie für die Nutzung als Feucht-, Nass- oder Streuwiesen. Daher ist anzunehmen, dass der Großteil der Grünlandflächen auf bayerischen Moorböden derzeit für die intensive Futterproduktion genutzt und dabei entwässert wird.

Im Rahmen des Projekts „Entwicklung moorverträglicher Bewirtschaftungsmaßnahmen für landwirtschaftlichen Moor- und Klimaschutz“ (kurz: MoorBewi) wurde untersucht, ob und wie solche Flächen auch bei erhöhtem Grundwasserstand für die Nutzung durch Wiederkäuer geeignet sind. Hierbei wurden folgende Fragestellungen in den Versuchen aufgegriffen:

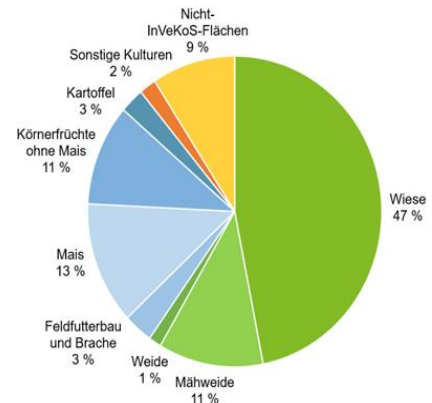


Abb. 1: Anteile der für das Jahr 2022 gemeldeten Nutzungen von Flächen in der bayerischen Moorbodenkulturreise (Basis GLÖZ 2)

- Wie beeinflusst die Anhebung des Grundwasserstandes die Artenzusammensetzung und den Ertrag unterschiedlicher Pflanzenbestände?
- Welche Futtergräser sind in der Lage, hohe Grundwasserstände zu tolerieren?
- Sind die Aufwüchse nach der Anhebung des Grundwasserstandes hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe weiterhin als Futter nutzbar?
- Hat die Artenzusammensetzung des Pflanzenbestandes einen Einfluss auf die Tragfähigkeit der Grasnarbe?
- Wie verändert sich die Futterqualität bei einer Verkürzung des Schnittintervalls im Sommer?

Material und Methoden

Im Herbst 2019 wurden sechs verschiedene Saatgutmischungen auf einem langjährig als Acker genutzten Niedermoorstandort an der Versuchsstation Karolinenfeld bei Rosenheim ausgesät (siehe Tab. 1). Die von den nordostdeutschen Landwirtschaftskammern empfohlenen regionalen Grünlandmischungen (RG) wurden durch eine vom Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der LfL Bayern speziell für nasse Moorstandorte zusammengestellte Mischung (LfL-M) ergänzt. Details zum Versuchsaufbau, den Mischungen und deren Etablierung unter entwässerten Bedingungen können im Tagungsbeitrag zur 65. Jahrestagung der AGGF (Zwack et al. 2022) eingesehen werden. Der Versuch „Bestandsentwicklung“ wurde von 2021 bis 2023 dreimal jährlich gemäht und beprobt. Gedüngt wurde rein mineralisch nach dem ersten Schnitt mit: 40 N; 35 P₂O₅; 100 K₂O; 15 MgO; 12,5 S (Angaben in kg/ha). Um die Futterqualität möglicherweise zu erhöhen, wurde der Bestandstyp LfL-M in den Jahren 2022 und 2023 auch viermal pro Saison gemäht und beprobt. Der Vergleich der unterschiedlichen Schnitthäufigkeiten und Schnittzeitpunkte wird im Folgenden „Schnittregime“ genannt. Hier wurde nach dem ersten Schnitt im Jahr 2022 aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen wie oben genannt gedüngt. Dagegen wurden im Jahr 2023 25 m³/ha Milchviehgülle (5 % TM) ausgebracht (Nährstoffgehalte / m³: 2,9 N_{gesamt}; 1,2 P₂O₅; 3,8 K₂O; 1,0 MgO; 0,3 S). Aufgrund hoher Grundwasserstände konnte der erste Schnitt jeweils erst zwei Wochen später als zum geplanten Zeitpunkt des Ähren- bzw. Rispschiebens erfolgen.

Tab. 1: Saatstärke und Gewichtsanteile der geprüften Saatgutmischungen

Bezeichnung der Saatgutmischung	LfL-M	RG6	RG7	RG9	RG10	RG11
Saatstärke in kg/ha	30	30	15	17	20	28
Art	Gewichtsanteil in %					
Wiesenschwingel	05	50				
Deutsches Weidelgras		20	13		10	
Wiesenlieschgras	25	30	34	29		25
Weißes Straußgras	05		40	12		07
Rohrglanzgras	10			59		
Wiesenrispe	10				15	11
Wiesenfuchsschwanz	10				75	
Rohrschwingel	35					57
Weißklee			13			

Die Parzellen wurden mit Doppelmessermähbalken beerntet und die Frisch- bzw. Trockenmassen bestimmt. Im Labor für Futtermittelqualität der LfL wurden die Proben auf ihre Inhaltsstoffe untersucht (Weender Analyse mittels NIRS, Mineralstoffgehalte mittels RFA). Vor dem ersten Schnitt wurden die Ertragsanteile aller Pflanzenarten geschätzt.

Nach jedem Schnitt und im Frühjahr wurde die Scherfestigkeit mit einer 15,2 cm langen und 7,6 cm breiten Flügelsonde (H70, GEONOR Inc.) an drei zufälligen Stellen pro Parzelle gemessen. Sie dient als Indikator für die Tragfähigkeit der Grasnarbe (Tölle et al., 2000).

Der Grundwasserstand der Untersuchungsfläche konnte ab Frühsommer 2021 durch einen Einstauchsacht im bestehenden Rohrdränsystem angehoben werden. Dabei stellte sich bereits im hydrologischen Jahr 2021 ein deutlich höherer Grundwasserstand von 40 bis 50 cm unter Geländeoberkante im Jahresmittel als unter entwässerten Bedingungen ein. In den Jahren 2022 und 2023 wurde ein Grundwasserstand im Mittel von 20 bis 30 cm unter Geländeoberkante erreicht. Dabei wirkten ein über viele Tage oberflächennaher Grundwasserstand im hydrologischen Winterhalbjahr und ein zeitweiser Überstau als Stressfaktoren auf die Bestände.

Die Versuchsparzellen wiesen unterschiedliche Standortbedingungen auf, wobei die Parzellen in einer Bodensenke mit feuchten bis mäßig feuchten Bedingungen (Wasserstufe F) eindeutig von den Parzellen mit frischen bis mäßig trockenen Bedingungen (Wasserstufe T) in den Randbereichen der Untersuchungsfläche unterscheidbar waren. Räumlich nahegelegene Versuchsparzellen derselben Faktorkombination (*Bestandstyp* x *Wasserstufe* bzw. *Schnittregime* x *Wasserstufe*) wurden zu einem Versuchsglied zusammengefasst. Somit lag für den Versuch "*Bestandsentwicklung*" eine vollständig randomisierte Verteilung der Versuchsglieder mit zwei bis vier Wiederholungen vor. Der Versuch "*Schnittregime*" wurde als Spaltanlage mit zwei Wiederholungen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Bestandsentwicklung der verschiedenen Saatgutmischungen

Die infolge der Wasserstandsanhhebung deutlichste Veränderung der Pflanzenbestände wurde bei der Saatgutmischung LfL-M beobachtet, deren Ertragsanteile der Arten sich unter feuchten bis mäßig feuchten Bedingungen nach drei Jahren um rund 70 % veränderten (Abb. 2, links unten). Bei einem Grundwasserstand von etwa 30 bis 50 cm unter der Geländeoberkante kamen Rohrglanzgras und Wiesenfuchsschwanz in ähnlichen Anteilen vor, während Rohrglanzgras in feuchten Bereichen die mit Abstand größte Konkurrenzskraft besaß. Daraus folgt, dass auf Rohrglanzgras in Saatgutmischungen verzichtet werden sollte, falls unter feuchten Bedingungen eine dauerhafte Präsenz anderer Futtergräser, wie z.B. dem Rohrschwingel, Wert gelegt wird. Die Bestandstypen RG6 und RG7 veränderten sich ebenfalls stark, da Weißklee, Wiesenrispe, Deutsches Weidelgras und Weißes Straußgras unter dem Einfluss von Grund- und Stauwasser fast vollständig ausfielen und offene Bodenstellen schnell von nicht futtermittelverwertbaren Arten wie der Flatter-Binse besiedelt wurden. Wenig veränderten sich dagegen die Pflanzenbestände von RG9, RG10 und RG11 (Abb. 2). Der Versuch zeigte, dass nur Saatgutmischungen, die auf hohe Grundwasserstände abgestimmt sind, für die futterbauliche Nutzung von Moorstandorten geeignet sind.

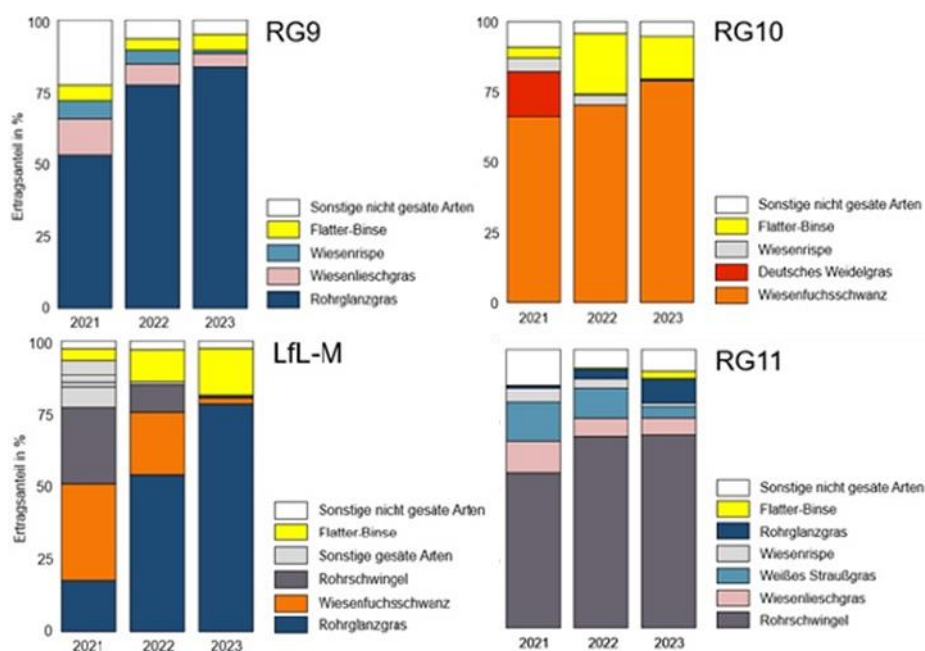


Abb. 2: Entwicklung der Pflanzenbestände mit nassetoleranten Leitgräsern in feuchten Bereichen

Erträge und Futterqualitäten im Versuch „Bestandsentwicklung“

In der von der Wasserstandsanhebung betroffenen Bodensenke (Wasserstufe F; Tab. 2) war der Ertrag im Mittel der Bestandstypen um rund 16 % geringer (lückigere Bestände) als in den trockeneren Randbereichen (Wasserstufe T, Tab. 2). Unter feuchten bis mäßig feuchten Bedingungen erreichten LfL-M und RG9 mit hohem Rohrglanzgrasanteil tendenziell die meiste Trockenmasse. Der zweite Schnitt trug bei allen Varianten etwa zur Hälfte des Jahresertrags bei. Der Rohrschwengel blieb unter feuchten bis mäßig feuchten Bedingungen niedrigwüchsiger und daher ertragsschwächer als in frischen bis mäßig trockenen Bereichen.

Tab. 2: Jahresertrag der Bestandstypen in dt TM/ha in Abhängigkeit der Wasserstufe und Inhaltsstoffe in feuchten bis nassen Bereichen (Mittelwerte der Jahre 2022 und 2023 $\pm$ Standardfehler des Mittelwerts). GD = Grenzdifferenz zwischen den Bestandstypen und Wasserstufen (LSD-Test 5 %). Kein signifikanter Unterschied zwischen den Bestandstypen mit Markierung “-“

Wasserstufe	Aufwuchs	LfL-M	RG6	RG7	RG9	RG10	RG11	GD
T	Σ	103 $\pm$ 4	98 $\pm$ 4	108 $\pm$ 6	114 $\pm$ 7	92 $\pm$ 5	109 $\pm$ 6	16
	1	36 $\pm$ 1	37 $\pm$ 2	37 $\pm$ 4	41 $\pm$ 5	34 $\pm$ 2	34 $\pm$ 2	-
	2	42 $\pm$ 1	39 $\pm$ 3	51 $\pm$ 5	49 $\pm$ 5	37 $\pm$ 1	50 $\pm$ 3	9
	3	25 $\pm$ 4	21 $\pm$ 3	20 $\pm$ 4	23 $\pm$ 3	22 $\pm$ 4	24 $\pm$ 4	-
F	Σ	98 $\pm$ 4	88 $\pm$ 3	85 $\pm$ 10	95 $\pm$ 4	82 $\pm$ 13	77 $\pm$ 3	18
	1	33 $\pm$ 3	27 $\pm$ 3	26 $\pm$ 3	26 $\pm$ 3	24 $\pm$ 5	23 $\pm$ 3	-
	2	45 $\pm$ 7	42 $\pm$ 3	43 $\pm$ 2	50 $\pm$ 3	37 $\pm$ 5	39 $\pm$ 3	-
	3	21 $\pm$ 5	19 $\pm$ 2	16 $\pm$ 5	19 $\pm$ 3	20 $\pm$ 5	15 $\pm$ 3	-
Inhaltsstoffe bei feuchten bis nassen Bedingungen (Wasserstufe F)								
Rohprotein [g/kg TM]	1	80 $\pm$ 6	97 $\pm$ 6	85 $\pm$ 6	84 $\pm$ 3	80 $\pm$ 5	74 $\pm$ 5	12
	2	81 $\pm$ 10	121 $\pm$ 6	101 $\pm$ 11	81 $\pm$ 6	106 $\pm$ 18	86 $\pm$ 5	39
	3	120 $\pm$ 11	134 $\pm$ 6	129 $\pm$ 7	121 $\pm$ 5	111 $\pm$ 6	87 $\pm$ 5	31
Zucker [g/kg TM]	1	132 $\pm$ 8	130 $\pm$ 9	179 $\pm$ 33	116 $\pm$ 10	124 $\pm$ 6	240 $\pm$ 15	63
	2	177 $\pm$ 23	103 $\pm$ 15	123 $\pm$ 13	193 $\pm$ 17	94 $\pm$ 10	195 $\pm$ 26	69
	3	188 $\pm$ 16	155 $\pm$ 24	149 $\pm$ 18	218 $\pm$ 10	112 $\pm$ 18	220 $\pm$ 34	57
Energiedichte [MJ NEL/kg TM]	1	4,9 $\pm$ 0,1	5,1 $\pm$ 0,1	5,4 $\pm$ 0,1	5,0 $\pm$ 0,1	4,7 $\pm$ 0,1	5,6 $\pm$ 0,1	0,4
	2	4,8 $\pm$ 0,1	5,0 $\pm$ 0,1	4,9 $\pm$ 0,2	4,8 $\pm$ 0,1	4,8 $\pm$ 0,2	5,3 $\pm$ 0,1	-
	3	5,8 $\pm$ 0,1	5,6 $\pm$ 0,1	5,5 $\pm$ 0,2	5,8 $\pm$ 0,1	5,2 $\pm$ 0,1	5,9 $\pm$ 0,1	0,5
Kalium [g/kg TM]	1	18 $\pm$ 0,3	16 $\pm$ 0,5	15 $\pm$ 1,3	18 $\pm$ 0,4	17 $\pm$ 0,5	16 $\pm$ 0,5	-
	2	16 $\pm$ 1,2	18 $\pm$ 1,0	16 $\pm$ 1,1	14 $\pm$ 0,8	19 $\pm$ 1,2	18 $\pm$ 1,2	1
	3	17 $\pm$ 0,9	16 $\pm$ 0,7	15 $\pm$ 0,6	15 $\pm$ 0,6	19 $\pm$ 0,7	14 $\pm$ 0,5	2

Ein durch die geringere Wuchshöhe größeres Blatt-Stängel-Verhältnis von RG11 führte in feuchten Bereichen zu Aufwüchsen mit (zumindest tendenziell) höherem Zuckergehalt bzw. höherer Energiedichte (Tab. 2). Die erforderlichen Zielwerte für Grassilage zum Einsatz als Grundbestandteil in Milchviehrationen (6,0 NEL MJ/kg TM) wurden jedoch nicht erreicht. Alle Bestandstypen hatten niedrige Rohproteingehalte. Die geringe Kaliumverfügbarkeit auf Moorböden führte zu niedrigen K-Gehalten in den Aufwüchsen, geeignet zur Verbesserung des Mineralstoffhaushalts bei Jungvieh- oder Trockensteherrationen. In einem Nachbarbetrieb der Versuchsstation konnten die Aufwüchse erfolgreich als Strukturergänzung bei der Milchviehfütterung eingesetzt werden.

Auswirkungen der Schnitthäufigkeit auf Ertrag und Futterqualität

Durch kürzere Schnittintervalle konnte die hohe Stickstoffnachlieferung im Sommer bei niedrigen Grundwasserständen genutzt werden, was zu höheren Eiweißgehalten führte (Ausnahme: 1. Schnitt bei Wasserstufe F). Im Vergleich zu den trockeneren Randbereichen reagierten die Bestände in dauerhaft feuchten bis mäßig feuchten Bereichen auf einen zusätzlichen Schnitt mit einem um insgesamt ca. 15 % verringerten Jahresertrag, wobei der Ertrag des vierten Schnitts unter 10 dt TM/ha lag. Eine Energiedichte von 6,0 MJ NEL/kg TM konnte insbesondere bei feuchten Bedingungen, auch bei viermaliger Nutzung, bei Weitem nicht erreicht werden. Die mittleren Werte lagen im Bereich von 5,2 bis 5,5 MJ NEL/kg TM.

Tragfähigkeit der Grasnarbe

Die Artenzusammensetzung beeinflusste die Tragfähigkeit der Grasnarbe. Bei steigenden Anteilen von Wiesenfuchsschwanz oder Rohrglanzgras nahm die Scherfestigkeit zu (Abb. 3). Andere Futtergräser (z. B. Rohrschwingel, Abb. 3 rechts) zeigten diesen Zusammenhang nicht. In der Messkampagne 2023 hatten demnach die Bestandstypen RG10, LfL-M und RG9 (67, 66, 64 kPa) höhere Scherfestigkeiten als RG6 und RG7 (55, 53 kPa). Die für einen Standardtraktor erforderliche Scherfestigkeit von 29–31 kPa wurde fast immer erreicht, jedoch auch bedingt durch den am Standort degradierten und verdichteten Oberbodenhorizont.

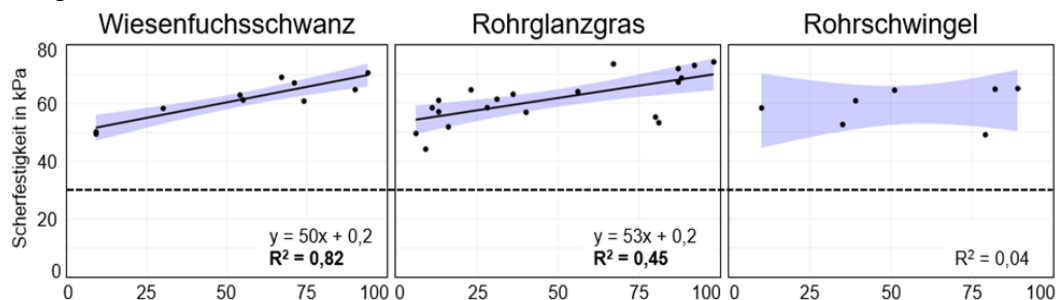


Abb. 3: Zusammenhang zwischen der gemessenen Scherfestigkeit und dem Ertragsanteil der als nassetolerant bewerteten Futtergräser.

Schlussfolgerungen

Um stabile Pflanzenbestände auf Nassgrünland mit konstanten Erträgen zu gewährleisten ist die Etablierung von ausdauernden, nassetoleranten Futtergräsern wie z. B. Rohrglanzgras oder Rohrschwingel essenziell. Die Aufwüchse können futterbaulich als Strukturergänzung bei der Milchkühhütterung oder bei der Fütterung von Trockenstehern und Jungvieh eingesetzt werden. Für Betriebe mit einem hohen Anteil an intensiv genutzten Flächen bzw. hohen Maisanteil in der Fütterung könnten gerade die niedrigen Kaliumgehalte der Aufwüchse interessant sein. Durch eine Verkürzung des Schnittintervalls im Sommer lässt sich die Futterqualität der Aufwüchse etwas verbessern.

Weitere Informationen finden sich auf der Webseite des Projekts „Moorverträgliche Bewirtschaftungsmaßnahmen“ unter www.lfl.bayern.de/moorbewirtschaftung.

Literatur

Zwack et al. (2022): Nassgrünlandnutzung auf wiedervernässten Niedermoorstandorten mit Steuerung des Grundwasserstandes und der Etablierung von nässeangepassten Saatgutmischungen zur Raufutterproduktion, Tagungsbeitrag zur 65. Jahrestagung der AGGF, abrufbar unter <https://www.lfl.bayern.de/iab/kulturlandschaft/240564/index.php>

Tölle, R., Prochnow, A. & Kraschinski, S. (2000): Measuring Techniques for the Assessment of the Trafficability of Fen Grasslands. Agrartechnische Forschung, 6(3), E 54-E 6

Gefügesanierung verdichteter Bodenschichten durch Pflanzenwurzeln im Niedermoorgrünland und Nutzungsoptionen

J. Bastian¹, V. Luthardt¹, J. Zeitz²

¹Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde,

²Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer-Institut, FG Bodenkunde und Standortlehre, Albrecht-Thaer Weg 2, 14195 Berlin

Julia.Bastian@hnee.de

Einleitung und Problemstellung

Durch den Einsatz von schwerer Agrartechnik, die Verlagerung vermulmter Bodenpartikel und den Wechsel von Auftauen und Gefrieren können sich in landwirtschaftlich genutzten Niedermooren oberflächennah Verdichtungsschichten ausbilden. Diese schränken die Wasserleitfähigkeit ein, weswegen es u. a. zu einem saisonalen Überstau der Flächen kommen kann, wodurch die Ertragsleistung verringert wird (Zeitz 2014). Geräte für eine mechanische Tieflockerung sind im Niedermoorgrünland aufgrund des Umbruchverbots nicht anwendbar und sollten aus Umwelt- und Klimaschutzgründen (Belüftung des Bodens, Mineralisation des Torfes) auch nicht eingesetzt werden. Es stellt sich daher die Frage, ob das bisher nur in verdichteten Mineralböden untersuchte Konzept des „bio-tillage“ bzw. „biological drilling“, d. h. der Einsatz von Pflanzenwurzeln zur Lockerung und Regeneration der Bodenstruktur (Zhang & Peng 2021), auch im Niedermoorgrünland einen neuen und nachhaltigen Lösungsansatz darstellt. Dieses Konzept fußt auf den Erkenntnissen, dass Wurzeln den Boden u. a. durch die Bewegung von Bodenaggregaten und das Erschaffen von Wurzelgängen verändern (Helal 1991). Zugleich beeinflusst das Bodengefüge über Größe und Lagerungsdichte der Aggregate maßgeblich das Wurzelwachstum (Nievergelt et al. 2002), wobei das Penetrationsvermögen artspezifisch ist (Dannowski & Werner 1997). Im Rahmen einer Bachelorarbeit von Bastian (2023) wurde untersucht, welche Pflanzenarten für eine Gefügesanierung im Niedermoorgrünland eingesetzt werden könnten. Dieser Beitrag ergänzt die erzielten Ergebnisse um eine Betrachtung der Nutzungsoptionen anhand der Nutzungswertzahlen nach Briemle et al. (2002).

Material und Methoden

Anhand von Stauwasserbeobachtungen durch die Bewirtschaftenden und/oder Mitarbeitenden aus Forschungsprojekten wurden drei Niedermoorgrünlandflächen im Rhinluch, im Havelländischen Luch und auf den Hammerfließwiesen bei Templin ausgewählt. Die Aufnahmen erfolgten vom 15. Juni bis 20. Juli 2022. Bei der Auswahl der Untersuchungspunkte wurden Vorkommen von Zeigerpflanzen für Staunässe, Wechsellüsse, Wechselfeuchtigkeit, Verdichtung und Narbenstörung durch Überstauung und/oder Vermulmung nach Gall (2007) berücksichtigt. Je Untersuchungsfläche (Rhinluch, Havelluch, Hammerfließ) wurden drei Untersuchungspunkte (A, B, C) in jeweils verschiedenen Vegetationsbeständen festgelegt (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Erfasste Vegetationsbestände auf den Untersuchungsflächen

Untersuchungs- fläche	Rhinluch	Havelländisches Luch	Hammerfließ
Punkt A	Ackerkratzdistel- Flutterbinsen-Bestand	Schlankseggen- Dominanzbestand	Gelbe Wiesenraute- Flutterbinsen-Wolliges Honiggras-Bestand
Punkt B	Knickfuchsschwanz- Bestand	Sumpfseggen-Bestand	Kriechender Hahnenfuß- Wiesenrispengras- Flutterbinsen-Bestand
Punkt C	Gänsefingerkraut- Ackerkratzdistel-Bestand	Rasenschmielen- Bestand	Sumpfseggen-Bestand

Je Untersuchungspunkt wurde zuerst ein 4 m x 4 m großes Quadrat für eine Vegetationsaufnahme nach Braun-Blanquet abgegrenzt (Dierschke 1994). In das 16 m² große Quadrat wurde das 1 m x 1 m kleine Untersuchungsquadrat gelegt, in dem alle weiteren Aufnahmen erfolgten (siehe Abb. 1 links). Diese umfassten eine weitere Vegetationserfassung mit den Deckungsangaben nach Londo (1976).

Die ein bis drei Gefäßpflanzenarten mit den höchsten Deckungsgraden finden sich in der Bezeichnung des Untersuchungspunktes wieder, da diese Arten aufgrund ihrer Dominanz in den Fokus der Wurzelaufnahmen gestellt wurden. Die Durchwurzelung wurde in Anlehnung an Luthardt (1987) erfasst und um fotografische Beobachtungen ergänzt. Zur Verortung der Wurzeln an der Profilwand kam ein Holzrahmen mit einem Gitternetz zum Einsatz, das die 60 cm x 60 cm große Aufnahme­fläche durch einen roten Faden in 5 cm x 5 cm große Quadrate unterteilte (siehe Abb. 1 rechts). Die Wurzellänge wurde je 5 cm x 5 cm-Rasterfeld in 5 mm-Einheiten erfasst, um die Wurzellängendichte (in mm/cm³ Boden) je 5 cm-Tiefenschicht zu berechnen. Lebert et al. (2004) benennen die Wurzellängendichte als „ideale[n], qualitative[n] Indikator von Schadverdichtungen“ (ebd.: 26), da dieser Parameter gut mit der Wasser- und Nährstoffaufnahmefähigkeit korreliert und damit auch eine ökologische Aussagekraft inkludiert.

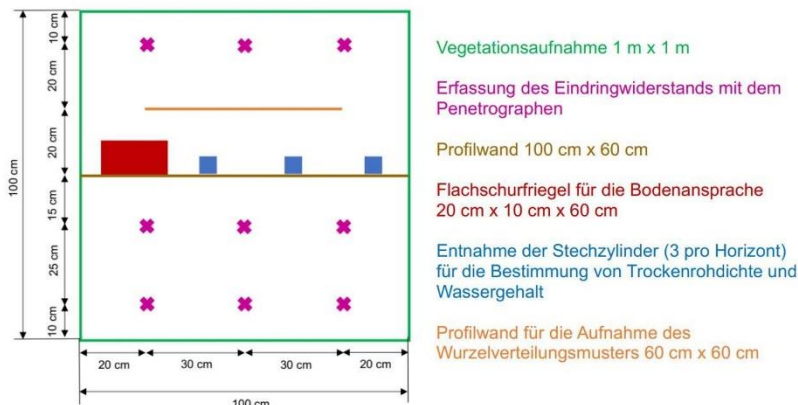


Abb. 1: Aufbau eines Untersuchungspunktes mit Verortung der Aufnahmen im 1 m x 1 m Untersuchungsquadrat (links) und Wurzelprofil mit Holzrahmen (rechts)

Ergebnisse und Diskussion

An allen Untersuchungspunkten zeigte sich ein gehäuftes und nahezu ungestörtes, senkrecht nach unten gerichtetes Wurzelwachstum in den Aggregatzwischenräumen. Allerdings wurden auch abknickende Wurzeln und Verdickungen festgestellt. Wo Wurzeln verschiedener Arten vorkamen, war der Boden intensiver erschlossen. Die Abb. 2 zeigt die Wurzellängendichte der neun erfassten Vegetationsbestände im Vergleich. Die intensivste Durchwurzelung wurde in einem Rasenschmielen-Bestand festgestellt.

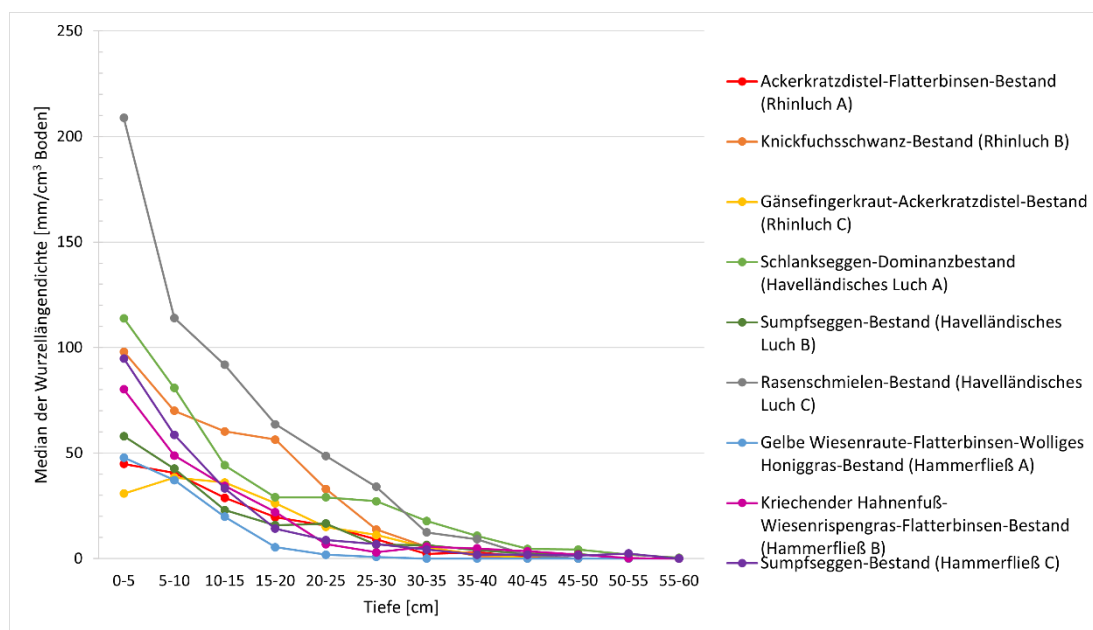


Abb. 2: Median der Wurzellängendichte je 5 cm-Tiefenschicht der erfassten Vegetationsbestände

Unter Hinzuziehung der anatomischen und morphologischen Beschreibungen von Kutschera & Lichtenegger (1982, 1992) und Kutschera & Sobotik (1992) wurde das Potenzial der untersuchten Arten für eine Lockerung verdichteter Bodenschichten eingeschätzt (siehe Tab. 2). Von den elf erfassten Arten erscheinen acht geeignet zu sein. Bspw. stimmt die bei den Geländeaufnahmen festgestellte intensive Durchwurzelung durch die Rasen-Schmiele mit den Angaben bei Kutschera & Lichtenegger (1982) überein. Die starke Verdickung des ausdauernden Außen- und Innenrindenparenchyms begründet, warum die Art große Unterschiede in der Bodenfeuchte erträgt. Das Wiesen-Rispengras ist für eine Gefügesanierung nicht geeignet, da es stauende Wechselfeuchte nicht verträgt (ebd.). Aufgrund fehlender Literaturangaben konnte die Eignung der Gelben Wiesenraute und des Kriechenden Hahnenfuß nicht beurteilt werden.

Um einen Anreiz für die Umsetzung einer Gefügesanierung durch Wurzeln im Niedermoorgrünland zu schaffen, ist die Untersuchung von Nutzungsmöglichkeiten für die Landbewirtschaftenden interessant. Dazu wurden die Nutzungswertzahlen von Briemle et al. (2002) mit in die Betrachtung der Tab. 2 einbezogen. Die Futterwertzahl ist ein Maß dafür, wie hoch die Akzeptanz und Beliebtheit einer Pflanzenart bei Nutztieren, v. a. Rindern, ist. Mahd-, Weide- und Trittsverträglichkeitszahlen sind ein Hinweis für die Toleranz bei einer mechanischen Belastung durch Schnitt, Fraß und Tritt. Es fällt auf, dass das Wiesen-Rispengras zwar den besten Futterwert von 9 ebenso wie eine hohe Weide-, Tritt- und Mahdverträglichkeit besitzt, allerdings nicht für eine Gefügesanierung geeignet ist. Unter den potenziell geeigneten Arten besitzen der Knick-Fuchsschwanz und das Wollige Honiggras den höchsten Futterwert, der jedoch einen mittleren Wert von 5 nicht übersteigt. Der Futterwert der weiteren Arten wird als sehr gering bis gering beurteilt. Die Gelbe Wiesenraute ist für Nutztiere giftig. Bei Betrachtung der Weideverträglichkeit fällt auf, dass sieben von elf Arten als gut bis überaus weideverträglich beurteilt werden. Knick-Fuchsschwanz und Wolliges Honiggras, die beide einen mittleren Futterwert besitzen, sind dagegen bei einem Wert von 4 eher weideempfindlich bis mäßig weideverträglich. Die Trittempfindlichkeit zeigt ein differenziertes Bild.

Tab. 2: Einschätzung des Potenzials der untersuchten Arten für eine Gefügesanierung auf Basis eigener Beobachtungen sowie anatomischer und morphologischer Beschreibungen von Kutschera & Lichtenegger (1982, 1992) und Kutschera & Sobotik (1992) ergänzt um Nutzungswertzahlen nach Briemle et al. (2002) und Feuchtezahl nach Ellenberg & Leuschner (2010)

Deutscher Artnamen	Wissenschaftl. Artnamen	Eignung	FW	W	TV	M	F
Acker-Kratzdistel	<i>Cirsium arvense</i>	Ja	2	7	4	5	x
Flatter-Binse	<i>Juncus effusus</i>	Ja	2	7	6	4	7
Gänse-Fingerkraut	<i>Potentilla anserina</i>	Ja	2	9	9	8	6~
Gelbe Wiesenraute	<i>Thalictrum flavum</i>	k. A.	1	7	2	3	8~
Knick-Fuchsschwanz	<i>Alopecurus geniculatus</i>	Ja	5	4	5	4	8=
Kriechender Hahnenfuß	<i>Ranunculus repens</i>	k. A.	3	7	7	8	7~
Rasen-Schmiele	<i>Deschampsia cespitosa</i>	Ja	2	7	4	5	7~
Schlank-Segge	<i>Carex acuta</i>	Ja	2	3	3	5	k. A.
Sumpf-Segge	<i>Carex acutiformis</i>	Ja	2	6	3	5	9~
Wiesen-Rispengras	<i>Poa pratensis</i>	Nein	9	8	8	9	5
Wolliges Honiggras	<i>Holcus lanatus</i>	Ja	5	4	4	6	6

Eignung = Eignung zur Gefügesanierung, FW = Futterwertzahl, W = Weideverträglichkeitszahl, TV = Trittsverträglichkeitszahl, M = Mahdverträglichkeitszahl, F = Feuchtezahl, k. A. = keine Angabe

Aufgrund des geringen Futterwerts erscheint eine futterbauliche Nutzung nicht zielführend. Mit Ausnahme des Wiesen-Rispengrases korreliert die hohe Weideverträglichkeit mit einem geringen Futterwert, sodass diese Einstufung weniger auf das Regenerationsvermögen der Pflanze als auf die Vermeidung durch Nutztiere zurückzuführen ist. Die Mahdverträglichkeit ist überwiegend mäßig, weswegen eine extensive Mahd mit ein bis zwei Schnitten pro Jahr und eine Aufwuchsverwertung als Energiebiomasse, ökologischer Baustoff, Einstreu oder Verpackungsmaterial möglich wäre. Vor dem Hintergrund der angestrebten Wiedervernässung von entwässerten Mooren ist der Anbau als Paludikultur eine nachhaltige Option (Birrr et al. 2021) und mit Blick auf die hohen Feuchtezahlen (siehe Tab. 2) möglich.

Schlussfolgerungen

Das Konzept des „bio-tillage“ ist eine vielversprechende Alternative für die Gefügesanierung von verdichteten Bodenschichten im Niedermoorgrünland. Jedoch besteht noch weiterer Forschungsbedarf zu den geeigneten Pflanzenarten einschließlich der hier nicht betrachteten Arten wie Rohrglanzgras, Wasserschwaden oder Rohrschwinkel. Ergänzende Untersuchungen der Wurzelanatomie sind nötig, um die Anpassung an wechselnde Bodenfeuchten zu verstehen. Ebenso bedarf es einer Betrachtung der räumlichen Wurzelverteilung im Boden aus ökologischer Sicht, bspw. inwiefern Wurzeln bei einem gehäuften Vorkommen in wenigen Grobporen und/oder zu weiten Spalten noch ausreichend Wasser und Nährstoffe aufnehmen können (Passioura 1991). Außerdem ist die zusätzliche Wirkung der Bodentiere auf die Bodenlockerung zu untersuchen. Auch die Verwertungsmöglichkeiten des Aufwuchses bedürfen einer weiteren Erforschung ebenso, wie die Gefügesanierung in die nasse Moorbewirtschaftung integriert werden kann.

Literatur

- Bastian, J. (2023): Wurzelverteilungsmuster im stauwassergeprägten Niedermoorgrünland. Analyse der Stauschichtvorkommen in den Mooren des Landes Brandenburg und Möglichkeiten einer Gefügesanierung durch Wurzeln. *Bachelorarbeit*, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. 317 S.
- Birr, F., Abel, S., Kaiser, M., Närmann, F., Oppermann, R., Pfister, S., Tanneberger, F., Zeitz, J. & Luthardt, V. (2021): Zukunftsfähige Land- und Forstwirtschaft auf Niedermoores – Steckbriefe für klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftungsverfahren (=Auszug aus den BfN-Skripten 616). 148 S.; Eberswalde, Greifswald (Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde und Greifswald Moor Centrum).
- Briemle, G., Nitsche, S. & Nitsche, L. (2002): Nutzungswertzahlen für Gefäßpflanzen des Grünlandes. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 38: 203–225.
- Dannowski, M. & Werner, A. (1997): Die Bedeutung von Pflanzenwurzeln bei der ökologischen Beurteilung des Bodengefüges im Labor und in der Landschaft. *Die Bodenkultur*, Jg. 48, Nr. 2: 73–88.
- Dierschke, H. (1994): Pflanzensoziologie. 683 S.; Stuttgart (Verlag Eugen Ulmer).
- Ellenberg, H. & Leuschner, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 6. vollst. neu bearb. u. stark erw. Aufl. 1333 S.; Stuttgart (Verlag Eugen Ulmer).
- Gall, B. (2007): Sicherung und Entwicklung von Böden und ihren Funktionen in Niederungen durch Naturschutzmaßnahmen. Anhang I. *Dissertation*, Universität Potsdam.
- Helal, H. M. (1991): Bodengefüge, Wurzelentwicklung und Wurzelfunktionen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, Jg. 154, Nr. 6: 403–407.
- Kutschera, L. & Lichtenegger, E. (1982): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 1: Monocotyledoneae. 516 S.; Stuttgart, New York (Gustav Fischer Verlag).
- Kutschera, L. & Lichtenegger, E. (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 2: Pteridophyta und Dicotyledoneae (Magnoliopsida), Teil 1: Morphologie, Anatomie, Ökologie, Verbreitung, Soziologie, Wirtschaft. 851 S.; Stuttgart, Jena, New York (Gustav Fischer Verlag).
- Kutschera, L. & Sobotik, M. (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 2: Pteridophyta und Dicotyledoneae (Magnoliopsida), Teil 2: Anatomie. 261 S.; Stuttgart, Jena, New York (Gustav Fischer Verlag).
- Lebert, M., Brunotte, J. & Sommer, C. (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden/Regelungen zur Gefahrenabwehr. 122 S.; Berlin (Umweltbundesamt).
- Londo, G. (1976): The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio*, Vol. 33, No. 1: 61–64.
- Luthardt, V. (1987): Ökologische Untersuchungen an landwirtschaftlich genutzten tiefgründigen Niedermoorstandorten unterschiedlicher Bodenentwicklung. *Dissertation*, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik.
- Nievergelt, J., Petrasek, M. & Weisskopf, P. (2002): Bodengefüge. Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln (=Schriftenreihe der FAL 41). 93 S.; Zürich (Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau).
- Passioura, J. B. (1991): Soil Structure and Plant Growth. *Australian Journal of Soil Research* 29: 717–728.
- Zeitz, J. (2014): Prozesse und Auswirkungen einer entwässerungsbedingten Moornutzung. In: Luthardt, V. & Zeitz, J. (Hrsg.): *Moore in Brandenburg und Berlin*: 113–122; Rangsdorf (Verlag Natur+Text GmbH).
- Zhang, Z. & Peng, X. (2021): Bio-tillage: A new perspective for sustainable agriculture. *Soil and Tillage Research* 206: 104844.

Einfluss von Solarmodulen auf Mikroklima, Graswachstum und Futterqualität von Moorgrasland

L. Zinken¹, D. Hamidi¹, P. Tegtmeyer¹, M. Kayser^{1,2}, J. Isselstein^{1,3}

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

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

³Zentrum für Biodiversität und nachhaltige Landnutzung, Büsgenweg 1, 37077 Göttingen

lars.zinken@uni-goettingen.de

Einleitung

Die Erforschung der Integration von Solarenergie und Grasproduktion auf Moorgrasland ist von entscheidender Bedeutung, um nachhaltige Lösungen für die Energieversorgung und landwirtschaftliche Landnutzung zu identifizieren (Weselek et al. 2019). In Norddeutschland wurde hierzu ein Feldexperiment auf Moorgrasland durchgeführt, auf dem zwei Jahre zuvor ein Freiflächen-Photovoltaiksystem installiert wurde. Die Studie untersuchte die Auswirkungen der Solarmodule (SM) auf mikroklimatische Bedingungen und die Futterproduktion.

Material und Methoden

Das Experiment wurde im 'Solarpark Lottorf' in Schleswig-Holstein durchgeführt. Die Solarmodule rotieren einachsrig mit der Sonne und sind 2000 mm lang, mit Randhöhen von 640 mm bis 2170 mm über der Oberfläche und einem Abstand von 4000 mm zwischen den Reihen. In zwei Versuchsblöcken wurden drei verschiedene Transekte analysiert: ein benachbarter freier Bereich ohne Solarmodule (Frei), unter den Solarmodulen (Module) und der Gang zwischen den Solarmodulen (Gang) (Abb. 1).

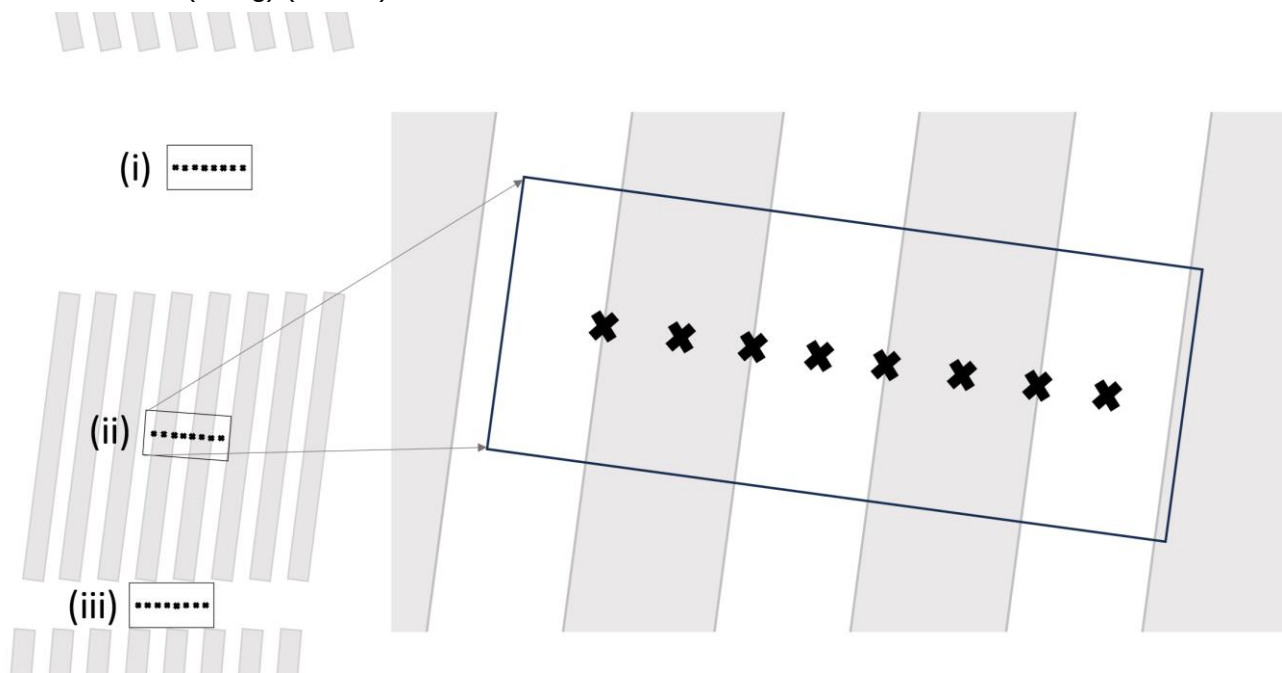


Abb. 1: Schematische Ansicht eines Versuchsblocks mit (i) Frei, (ii) unter SM, (iii) Gang; Zoom auf die Sensorplatzierung unter SM

In jedem Transekt wurden Bodenfeuchte, Bodentemperatur und oberflächennahe Lufttemperatur kontinuierlich gemessen. Parallel zu den Sensormessungen wurden Grasproben in einem Drei-Schnitt-System an drei verschiedenen Terminen (24. Mai, 26. Juli und 28. September) innerhalb eines 30 cm x 60 cm Rahmens östlich jedes Sensors in jedem Transekt geschnitten. Insgesamt wurden 48 Grasproben pro Schnitttermin entnommen. Nach dem Trocknen der Proben wurde die Futterqualität mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) bestimmt.

Zur Analyse der Unterschiede zwischen den Behandlungen wurden Boxplots (Abb. 2) und der Variationskoeffizient (CV, Tab. 1) verwendet. Die Ergebnisse konzentrieren sich auf Oberflächentemperatur, Bodenfeuchte, Trockenmasse, Rohprotein und Rohzucker.

Ergebnisse und Diskussion

Die Beobachtungen der ersten vollständigen Vegetationsperiode zeigten deutliche Unterschiede in den mikroklimatischen Bedingungen zwischen den Transekten. Unter den Solarmodulen waren die Oberflächentemperaturen und die Bodenfeuchte niedriger als in den anderen Bereichen. Die Biomasseproduktion war unter den Solarmodulen ebenfalls geringer, während der Proteingehalt höher und der Zuckergehalt niedriger war.

Im Detail war die Oberflächentemperatur am ersten Schnitttermin sichtbar niedriger als an den späteren Terminen. Die Schwankungen innerhalb eines Schnitttermins waren besonders beim dritten Schnitt gering. Die direkte Sonneneinstrahlung im freien Transekt dürfte für die höheren Temperaturen verantwortlich sein (Vervloessem et al., 2022). Die Bodenfeuchte war im freien Bereich höher, aber die Werte streuten stark. Besonders im zweiten Versuchsblock war der Boden im Vergleich deutlich nasser, was die breite Spanne der Werte erklärt. Außerdem war unter den Solarmodulen die Bodenfeuchte unterschiedlich, wobei die Randbereiche durch die vermehrte Bewässerung der schräg gestellten SM feuchter waren als die Bereiche direkt unter den Modulen. Die Biomasseproduktion war unter den Solarmodulen niedriger als im freien Bereich oder im Gang. Armstrong et al. (2016) zeigten, dass die Pflanzenbiomasse in unbedeckten Bereichen bis zu viermal höher ist. Der freie Bereich wies einen höheren Variationskoeffizienten auf, was auf eine größere Heterogenität der natürlichen Bedingungen hinweist. Die Rohproteingehalte waren unter den Solarmodulen höher und erreichten am dritten Schnitttermin 20 %. Der Gehalt an Rohzucker war an allen drei Schnittterminen unter den Solarmodulen mit 5-6 % (Median) niedriger als in den anderen Transekten.

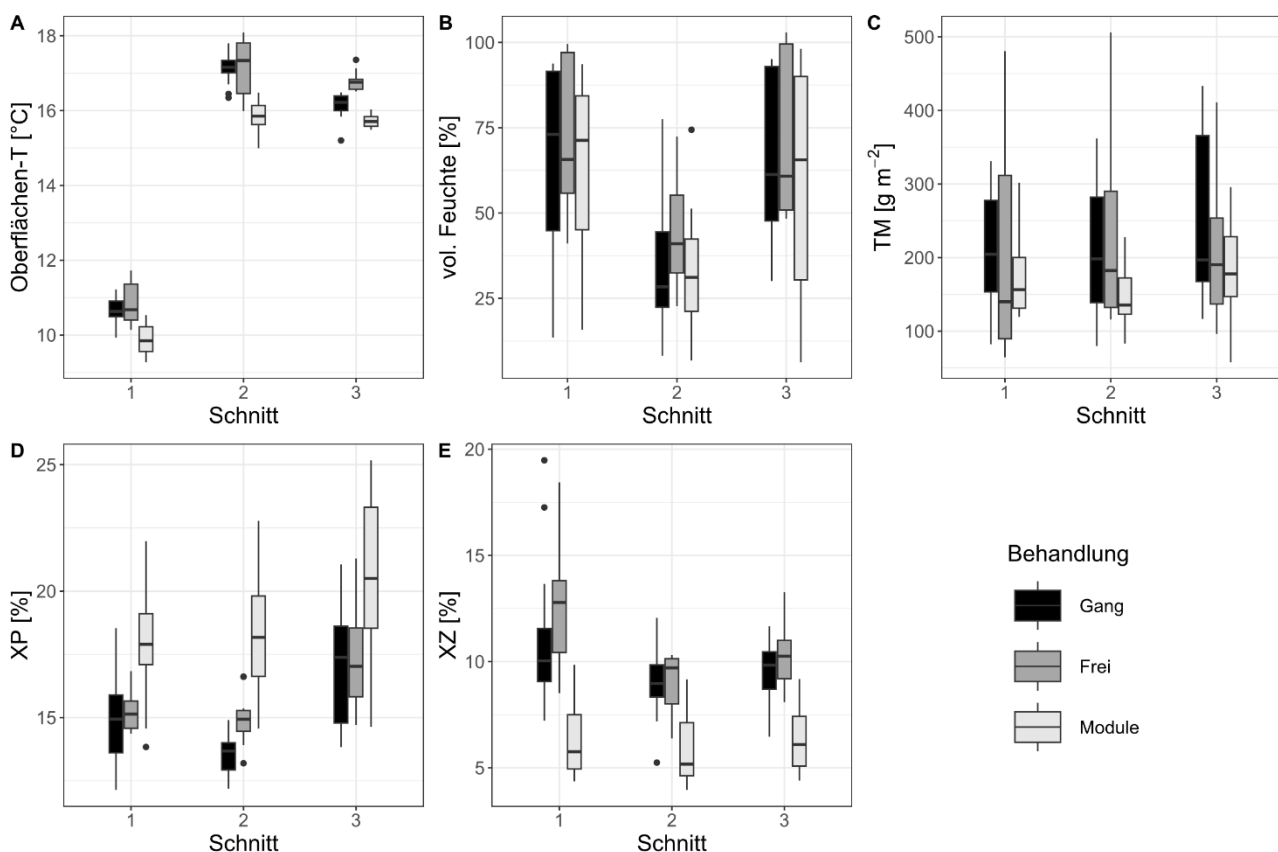


Abb. 2: Boxplots der Behandlungen (Gang, Frei, Module) für A: durchschnittliche Oberflächentemperatur (Oberflächen-T), B: durchschnittliche volumetrische Feuchtigkeit (vol. Feuchte), C: Trockenmasse (TM), D: Rohprotein (XP), E: Rohzucker (XZ) an jedem Schnitttag (1: 24. Mai, 2: 26. Juli, 3: 28. September).

Tab. 1: Variationskoeffizient für Oberflächentemperatur (T), vol. Feuchte (vF), Trockenmasse (TM), Rohprotein (XP) und Rohzucker (XZ) für jede Behandlung an jedem Schnitttag (1: 24. Mai, 2: 26. Juli, 3: 28. September).

	Gang 1	Frei 1	Module 1	Gang 2	Frei 2	Module 2	Gang 3	Frei 3	Module 3
T	0.031	0.051	0.041	0.022	0.043	0.025	0.021	0.014	0.011
vF	0.411	0.309	0.407	0.549	0.332	0.488	0.373	0.328	0.526
TM	0.373	0.625	0.328	0.485	0.519	0.299	0.425	0.441	0.359
XP	0.121	0.046	0.122	0.055	0.058	0.138	0.143	0.112	0.154
XZ	0.308	0.210	0.271	0.178	0.144	0.275	0.157	0.150	0.236

Diese Ergebnisse zeigen, dass Solarmodule die mikroklimatischen Bedingungen und die chemische Zusammensetzung des Grases beeinflussen können. Die Studie legt nahe, dass die Kombination von Solarenergieerzeugung und landwirtschaftlicher Produktion potentiell vorteilhaft sein könnte. Allerdings ist weitere Forschung notwendig, um die zugrunde liegenden Mechanismen und langfristigen Auswirkungen besser zu verstehen. Weitere Untersuchungen sollten die Unterschiede zwischen den beiden Versuchsblöcken und innerhalb jeder Behandlung berücksichtigen, um die Ursachen und ihre potentiellen Auswirkungen auf die Umwelt und die landwirtschaftliche Produktion, besonders auf die mögliche veränderte Vegetationszusammensetzung, zu verstehen.

Danksagung

Wir möchten allen danken, die dieses Experiment unterstützen. Besonderer Dank geht an Dag Frerichs und Holger Reimer für die allgemeine Hilfe vor Ort.

Literatur

- Armstrong, A., Ostle N. J., Whitaker J. (2016): Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environmental Research Letters*, Volume 11, Number 7.
- Vervloesem, J., Marcheggiani, E., Choudhury, M. A. M., Muys, B. (2022): Effects of Photovoltaic Solar Farms on Microclimate and Vegetation Diversity. *Sustainability*, 14, 7493.
- Weselek, A., Ehman, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., Högy, P. (2019): Agrophotovoltaic systems: applications, challenges and opportunities. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 39, 35.

Wissenschaftliche Begleitung der Förderrichtlinie "Klima- /Moorschutz - investiv" des Landes Brandenburg

A. Haub¹, P. Mosebach¹, F. Birr¹, I. Schleip¹, R. Pecenka², K. Michalska², M. Heiermann²

¹Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde

²Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

almut.haub@hnee.de

Einleitung und Problemstellung

In Deutschland wird insbesondere seit den vergangenen beiden Jahrhunderten ein Großteil der Moore und weiterer kohlenstoffreicher Böden zum Abbau von Torf, vor allem aber zur Gewinnung landwirtschaftlicher Produktionsflächen, entwässert. Mehr als eine Million Hektar dieser organischen Böden werden als Grünland, weitere rund 360.000 Hektar als Ackerland genutzt (Wittnebel et al., 2023). Aus den entwässerten Moorböden Deutschlands werden jährlich rund 53 Mio. Tonnen CO₂ Äquivalente freigesetzt, was etwa 7% der gesamten Treibhausgas (THG) - Emissionen in Deutschland entspricht (UBA, 2024). Neben der Reduzierung der THG-Emissionen spielen Moore eine wichtige Rolle bei der Regulierung des Landschaftswasserhaushalts und dienen als Lebensraum für zahlreiche hoch spezialisierte Pflanzen- und Tierarten, die z.T. ausschließlich in diesem einzigartigen Ökosystem vorkommen (Hammerich et al., 2022; Kreyling et al., 2021).

Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) der Bundesregierung hat die Erreichung der Treibhausgasneutralität für Deutschland bis zum Jahr 2045 zum Ziel (KSG, 2019, §3, Abs. 2). Um dieses Ziel zu erreichen, sollen unter anderem mithilfe des „Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz“ (ANK) natürliche Kohlenstoff-Senken gestärkt und wiederhergestellt werden. Zu den Handlungsfeldern des ANK zählt auch der „Schutz intakter Moore und Wiedervernässungen“ (BMUV, 2023). Mit einem Anteil der gesamten organischen Böden Deutschland von rund 13 Prozent besitzt das Land Brandenburg hierbei eine besondere Verantwortung.

Zur Verringerung der THG-Emissionen aus Moorböden ist eine Anhebung der Wasserstände erforderlich (Bockermann et al., 2024; Tiemeyer et al., 2020). Aus den damit einhergehenden standörtlichen Veränderungen ergibt sich die Notwendigkeit, die Verwertung der Aufwüchse sowie die Bewirtschaftungstechnik anzupassen, um die Flächen weiterhin landwirtschaftlich nutzen zu können (Pecenka et al., 2024). Eine Bewertung des Einsatzes geeigneter Technik wurde bereits für die vorherige Förderrichtlinie „ProMoor“ im Zeitraum 2020-2023 durchgeführt und wird ebenfalls in diesem Tagungsband vorgestellt (Mosebach et al., 2024).

Ziel der aktuellen Förderrichtlinie "Klima - /Moorschutz - investiv" des Landes Brandenburg, die am 1. Juli 2023 in Kraft trat, ist die Unterstützung von Maßnahmen zur Nutzungsumstellung auf organischen Böden auf klimagerechte, moorschonende Bewirtschaftungsverfahren. Zu den Förderschwerpunkten zählen die Renaturierung von Mooren und Anpassung des Staumanagements, die Einführung/Verbreitung moorschonender Bewirtschaftungstechnik sowie Verwertungsverfahren für moorschonend erzeugte Biomasse und die Erprobung moorangepasster Nutztierassen und Pflanzensorten (MLUK, 2023).

Mit diesem Beitrag wird über die wissenschaftliche Begleitung der Förderrichtlinie informiert und erste Zwischenergebnisse vorgestellt.

Material und Methoden

Die Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE) sowie das Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB) wurden vom Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) mit der wissenschaftlichen Begleitung der Zuwendungsempfänger*innen der Förderrichtlinie beauftragt. Die wissenschaftliche Begleitung umfasst in Abhängigkeit des vom Zuwendungsempfänger gewählten Förderschwerpunkts das ökologische Monitoring der Flächen (Vegetation, Boden, Wasserstände), Untersuchungen zu den bodenphysikalischen Auswirkungen der Nutzung moorangepasster Technik sowie das betriebswirtschaftliche Monitoring der moorangepassten Bewirtschaftungsverfahren. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Arbeiten, die im Zuge des ökologischen Monitorings geplant sind. Die Arbeiten können je nach Gebietskulisse und individuellen Betriebserfordernissen variieren. Jährlich sollen 2-3 Zuwendungsempfänger*innen wissenschaftlich begleitet werden. Zusätzlich erfolgen Untersuchungen zu den Rohstoffeigenschaften und Verwertungsmöglichkeiten der Biomasse durch das ATB.

Tab. 1: Übersicht über die im Rahmen des ökologischen und ökonomischen Monitorings geplanten Arbeiten.

Ökologisches Monitoring		
Boden	Vegetation	Wasser
○ Oberboden - und Gesamtprofilansprache (Moorklappsonde) ○ Scherfestigkeit (Scherflügel) ○ Kegeleindringwiderstand (Penetrologger)	○ Vegetationszonierung ○ Artenzusammensetzung (nach Braun-Blanquet mit angepasster Skala nach Londo (1976)) ○ Strukturparameter ○ Biomassecharakterisierung (ATB) ○ Biodiversitäts-Indizes	○ Erfassung der Grundwasserstände mittels Grundwasserpegeln und Datenloggern
○ Schätzung der THG-Emissionen (GEST-Ansatz, (Joosten et al., 2013))		
Ökonomisches Monitoring		
○ Erfassung der Arbeitszeiten bei Verwendung moorangepasster Technik (Feldtagebuch und Zeitmessung vor Ort) ○ Ermittlung der Leistungen und Kosten des Produktionsverfahrens bei Verwendung moorangepasster Technik ○ Entwicklung betriebswirtschaftlicher Szenarien für alternative Produktionsverfahren auf Moorstandorten		

Ergebnisse und Diskussion

Im ersten Projektjahr 2024 werden zwei Landwirtschaftsbetriebe wissenschaftlich begleitet. Die begleiteten Betriebe haben über die Richtlinie die Förderung der Anschaffung moorangepasster Technik bzw. die Anpassung bereits im Betrieb vorhandener Technik beantragt. Dazu zählen unter anderem ein Traktor mit Reifendruckregelanlage, ein Viehanhänger mit Luftfahrwerk und Zwillingsbereifung, ein Rundballenwickler mit Zwillingsbereifung, eine breitere Bereifung für eine vorhandene Rundballenpresse sowie ein Feldhäcksler mit Raupenlauffahrwerk. In einem der begleiteten Betriebe wurden bereits Vegetationsaufnahmen und Abfragen zu den Arbeitszeiten für das moorangepasste Beweidungsverfahren durchgeführt. Erste qualitative Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen im Folgenden dargestellt werden.

Die Projektfläche des ersten Betriebes befindet sich im Zentrum einer Niederungslandschaft mit ausgedehnten Niedermoorflächen und dichtem Bewuchs von Schilfröhricht. In den zentralen Bereichen des eiszeitlich geformten Tals befinden sich Verlandungsmoore. Dieser Bereich war etwa 30 Jahre lang ungenutzt und wurde erst im Jahr 2023 gemulcht und als Rinderweide mit einer Robustrasse (Galloways) rekultiviert. Die ersten Ergebnisse der Vegetationskartierungen zeigen, dass sich die Vegetationszusammensetzung des zentralen Teils nach der Rekultivierung von einem fast homogenen Schilfbestand (*Phragmites australis*) zu einem heterogeneren Bestand verschoben hat, der sich hauptsächlich aus Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*), Sumpf-Reitgras (*Calamagrostis canescens*) und Gewöhnlichem Gilbweiderich (*Lysimachia vulgaris*) zusammensetzt (Abb. 1).



Abb. 1: Grenzbereich zwischen ungenutzter Fläche (alter Schilfbestand) und gemulchter Fläche (Abb. links) sowie gemulchter und einmalig beweideter Fläche (Abb. rechts) (Fotos: A. Haub)

Aufgrund der im Vergleich zu den Vorjahren deutlich erhöhten Niederschlagsmengen insbesondere im Winterhalbjahr 2023/2024 (DWD, 2024) und der damit verbundenen hohen, flurnahen Wasserstände war die Befahrbarkeit der Flächen stark eingeschränkt und die Einrichtung der Koppeln für die Rinderbeweidung verzögert (Ende Juni). Die Weideeinrichtung ist darüber hinaus in dieser Gebietskulisse mit einem erheblichen Arbeitsmehraufwand verbunden, da aufgrund der hohen Bewuchsdichte und des weichen Untergrundes das Mähen von Schneisen und das Mulchen zum Stellen der Weidezäune deutlich mehr Zeit in Anspruch nimmt. Zusätzlich kommen die regelmäßige Kontrolle und das Freihalten der Weidezäune von aufwachsender Vegetation, die Tränkeeinrichtung und -pflege sowie die Tierkontrolle hinzu.

Neben der Weide- bzw. Futternutzung werden insbesondere für den zweiten derzeit untersuchten Landwirtschaftsbetrieb auch stoffliche und energetische Nutzungspfade für Grünlandbiomasse aus Mischbeständen vernässter Flächen untersucht. Aufgrund der im Betrieb vorhandenen Technikausstattung (Feldhäcksler mit Raupenlauffahrwerk, Silierkette, Biogasanlage) wird hier die Rohstoffbereitstellung als Feuchtkonservat favorisiert. Die hiermit ganzjährig bereitgestellte Biomasse kann sowohl als Substrat für die Biogaserzeugung genutzt werden aber beispielsweise auch zu Faserpellets für den Einsatz in der Papierindustrie weiterverarbeitet werden.

Schlussfolgerungen

Auf Basis der Untersuchung verschiedener Nutzungsverfahren und Verwertungsmöglichkeiten sowie des Einsatzes unterschiedlicher, moorangepasster Technik in verschiedenen Gebietskulissen, die jeweils andere Anforderungen an das Management der Flächen stellen, können im Rahmen des Projekts neue Erkenntnisse generiert werden, auf deren Grundlage Handlungsempfehlungen für die Umstellung auf eine standortangepasste und zukunftsfähige Niedermoorbewirtschaftung abgeleitet werden sollen.

Die Ergebnisse stellen eine Ergänzung zu den vom BMUV geförderten Pilotprojekten (ZUG, 2024) und den vom BMEL geförderten Modell- und Demonstrationsvorhaben (FNR, 2023) dar. Die Synergieeffekte der laufenden Projekte zum Themenkomplex Moorschutz und -nutzung können einen wichtigen Beitrag zur Anpassung der Landwirtschaft auf Moorböden leisten.

Literatur

BMUV (2023): Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz: Kabinettsbeschluss vom 29. März 2023. https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/ank_publikation_bf.pdf

Bockermann, C., Eickenscheidt, T. & Drösler, M. (2024): Adaptation of fen peatlands to climate change: rewetting and management shift can reduce greenhouse gas emissions and offset climate warming effects. *Biogeochemistry*, 167(4), 563–588. <https://doi.org/10.1007/s10533-023-01113-z>

DWD (2024, 28. Juni): Durchschnittlicher Niederschlag pro Monat in Brandenburg von Juni 2023 bis Juni 2024 (in Liter pro Quadratmeter) [Graph]. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/576836/umfrage/durchschnittlicher-niederschlag-pro-monat-in-brandenburg/>

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (2023, 12. September): Bewirtschaftung und Biomasseverwertung von nassen Niedermooren in Brandenburg: Großflächige Transformation zu einer nachhaltigen Moornutzung (Akronym: WetNetBB). Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. <https://www.fnr.de/projektfoerderung/ausgewaehlte-projekte/projekte/wetnetbb>.

Hammerich, J., Damman, C., Schulz, C., Tanneberger, F., Zeitz, J. & Luthardt, V. (2022): Assessing mire-specific biodiversity with an indicator based approach. *Mires and Peat* 28: 1-29. <https://doi.org/10.19189/MaP.2021.SJ.StA.2205>

Joosten, H., Brust, K., Couwenberg, J., Gerner, A., Holsten, B., Permien, T., Schäfer, A., Tanneberger, F., Trepel, M. & Wahren, A. (2013): MoorFutures®: Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate - Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. BfN-Skripten: Bd. 350. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:b219-4451>

Kreyling, J., Tanneberger, F., Jansen, F., van der Linden, S., Aggenbach, C., Blüml, V., Couwenberg, J., Emsens, W.-J., Joosten, H., Klimkowska, A., Kotowski, W., Kozub, L., Lennartz, B., Liczner, Y., Liu, H., Michaelis, D., Oehmke, C., Parakenings, K., Pleyl, E., . . . Jurasinski, G. (2021): Rewetting does not return drained fen peatlands to their old selves. *Nature communications*, 12(1), 5693. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25619-y>

MLUK (2023, 1. Juli): Richtlinie des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz zur Förderung von Investitionen in eine klimagerechte Landnutzung und Entwicklung von organischen Böden - Klima-/Moorschutz - investiv. <https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Richtlinie-Klima-Moorschutz-investiv.pdf>

Mosebach, P., Luthardt, V. & Schleip, I. (2024): Notwendigkeit und Verfügbarkeit von angepasster Landtechnik und Spezialmaschinen für eine moorschonende Grünlandnutzung [Manuskript]. Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE).

Pecenka, R., Lühr, C., & Heiermann, M. (2024): Biomass potentials, reduction of greenhouse gas emissions and required process chains for biomass from rewetted peatland. In: EUBCE - 32nd European Biomass Conference & Exhibition, Marseille, France.

Tiemeyer, B., Freibauer, A., Borraz, E. A., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Ebli, M., Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Gensior, A., Giebels, M., Glatzel, S., Heinichen, J., Hoffmann, M., Höper, H., Jurasinski, G., Laggner, A., . . . Drösler, M. (2020): A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators*, 109, 105838. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>

Umweltbundesamt (UBA) (2024, 6. Mai): Emissionen der Landnutzung, -änderung und Forstwirtschaft: Moore (organische Böden). Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland/emissionen-der-landnutzung-aenderung#moore-organische-boden>

Wittnebel, M., Frank, S. & Tiemeyer, B. (2023): Aktualisierte Kulisse organischer Böden in Deutschland. Johann Heinrich von Thünen-Institut. <https://doi.org/10.3220/WP1683180852000>

Zukunft-Umwelt-Gesellschaft (ZUG) (2024): Pilotvorhaben Moorbodenschutz. Zukunft - Umwelt - Gesellschaft. <https://www.z-u-g.org/foerderung/pilotvorhaben-moorbodenschutz/>

Leguminosen und Kräuter



Abbildungen: A. Birkmann

Luzerne – Screening von deutschen und ausländischen Sorten unter Schnitt- und Weidenutzung

E. Leisen, S. Glowacki
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Nevinghoff 40, 48147 Münster,
edmund.leisen@lwk.nrw.de

Einleitung und Problemstellung

Vor dem Hintergrund des Klimawandels gewinnt Luzerne zunehmend an Bedeutung. Ein Problem dabei ist, nicht nur für den Öko-Anbau, dass viele der auf dem Markt angebotenen Sorten aus Südeuropa stammen. Diese wurden in Deutschland bisher nicht geprüft und werden deshalb nicht von offizieller Seite empfohlen. Im Extrem waren auf [organicxseeds.de](https://www.organicxseeds.de) im Mai 2020 und Februar 2022 ausschließlich ausländische Sorten gelistet. Landwirte und Berater benötigen dringend Anhaltspunkte zu den Eigenschaften der bisher nicht in Deutschland geprüften Sorten. Ein Sortenscreening auf verschiedenen Standorten kann hier Abhilfe schaffen.

Material und Methoden

Ab 2019 wurden in einem Sortenscreening in Deutschland empfohlene, sowie 2018 in [organicxseeds.de](https://www.organicxseeds.de) eingetragene Luzernesorten auf 5 Standorten verglichen. Die Standorte waren I) DN: Wetterau, Hessen, auf Lehm Boden von 2019 bis 2023; II) HR: Warstein auf der Haar, Nordrhein-Westfalen, auf Lehm Boden von 2020 bis 2021; III) Dornstadt, Baden-Württemberg, auf Lehm Boden von 2022 bis 2024; IV) Oberweis, Rheinland-Pfalz, auf Lehm Boden in 2023 und V) Uckermark, Brandenburg, auf einem trockenheitsgefährdeten lehmigen Sand von 2023 bis 2024. Die Sorten wurden unter der Praxisüblichen Schnittnutzung getestet und in der Uckermark wurde eine Teilfläche auch als Weide (holistic grazing) genutzt. Entsprechend den Praxisbedingungen wurden die Sorten als Bestandteil einer Luzernegrasmischung getestet: 17 % Wiesenschwingel, 17 % Lieschgras, 66 % Luzerne. Die Anlage erfolgte mit 2 - 3 Wiederholungen. Festgehalten wurden Wuchshöhe, Lagerbildung, Frostschäden und Luzerne-/Grasanteile. Ertragserhebungen für Trockenmasse und Rohprotein wurden getrennt für Luzerne, Gräser und Unkräuter in DN ab 2020 3 Jahre mit jeweils 4 Schnitten, sowie in HR in 2020 3 Schnitte und 2021 nur 2 Schnitte aufgrund von Mäuseschäden durchgeführt. Im weiteren bezieht sich "deutsche Sorten" auf Sorten die in Deutschland vom Bundessortenamt geprüft wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Trockenmasse- und Rohproteinерtrag

Italienische Sorten brachten im Mittel aller Ernten im ersten Aufwuchs geringere und im 3. und 4. Aufwuchs höhere Rohproteinерträge als die deutschen Sorten (Tab. 1).

Tab. 1: Relative Rohproteinерträge (%) von italienischen im Vergleich zum Mittel der deutschen Sorten (=100%) auf den Standorten Warstein auf der Haar (HR) und Wetterau (DN).

	Standorte, Erntejahr und Hauptnutzungsjahr (HNJ)					
	HR 2020	HR 2021	DN 2020	DN 2021	DN 2022	Mittelwert
	1. HNJ	2. HNJ	2. HNJ	3. HNJ	4. HNJ	DN
1. Aufwuchs	88	82	93	96	97	96
2. Aufwuchs	82	100	93	96	117	101
3. Aufwuchs	110		108	94	138	108
4. Aufwuchs			101	105	113	106
Jahresertrag	93		98	97	111	101

Standortspezifische Effekte

Die meisten Sorten zeigten auf beiden Standorten vergleichbare Relativverträge für Trockenmasse und Rohprotein. Sorten mit mehr als 10 % Abweichung Unterschied im Relativvertrag bei Rohprotein im Mittel von 1. und 2. Schnitt (3. und 4. Schnitt wurden am Standort HR nur im 1. Jahr erhoben):

Höherer Relativvertrag am Standort DN (wärmerer Standort), Standort HR zum Vergleich:

- Guilia (IT): Am Standort HR 77 %, am Standort DN 98 %
- Nardian (IT): Am Standort HR 85 %, am Standort DN 99 %
- Eugenia (IT): Am Standort HR 90 %, am Standort DN 102 %
- Paola (IT): Am Standort HR 82 %, am Standort DN 94 %
- Hunter River (IT): Am Standort HR 84 %, am Standort DN 95 %
- Emiliana (IT): Am Standort HR 98 %, am Standort DN 106 %

Höherer Relativvertrag am Standort HR (kühlerer Standort), Standort DN zum Vergleich:

- Hybriforce (DE): Am Standort HR 118 %, am Standort DN 98 %
- Europe (DK): Am Standort HR 110 %, am Standort DN 98 %
- Anna (HU): Am Standort HR 113 %, am Standort DN 101 %
- Gea (IT): Am Standort HR 110 %, am Standort DN 98 %
- Planet (DE): Am Standort HR 110 %, am Standort DN 101 %

Rohproteingehalt

Die Abb. 1 zeigt die Rohproteingehalte der einzelnen Sorten im Mittel von 10 Ernten, gezogen auf den beiden Standorten DN und HR. Im Mittel aller Sorten enthielt die Luzerne 18,9 % Rohprotein in der Trockenmasse (Spannweite: 17,7 bis 20,3 %). Ein Vergleich mit der BSA-Einstufung (BSA, 2022) zeigt, dass die gemessenen Gehalte die Einstufungen widerspiegeln. Demnach hat Fleetwood den höchsten Gehalt und die Einstufung 7; Daphne, Verko und Alpha haben etwas niedrigere Gehalte und die Einstufung 5. Die nicht in der Beschreibenden Sortenliste stehenden Sorten würden nach den vorliegenden Ergebnissen maximal die Einstufung 5 bekommen, die meisten Sorten aber auch eine niedrigere Einstufung.

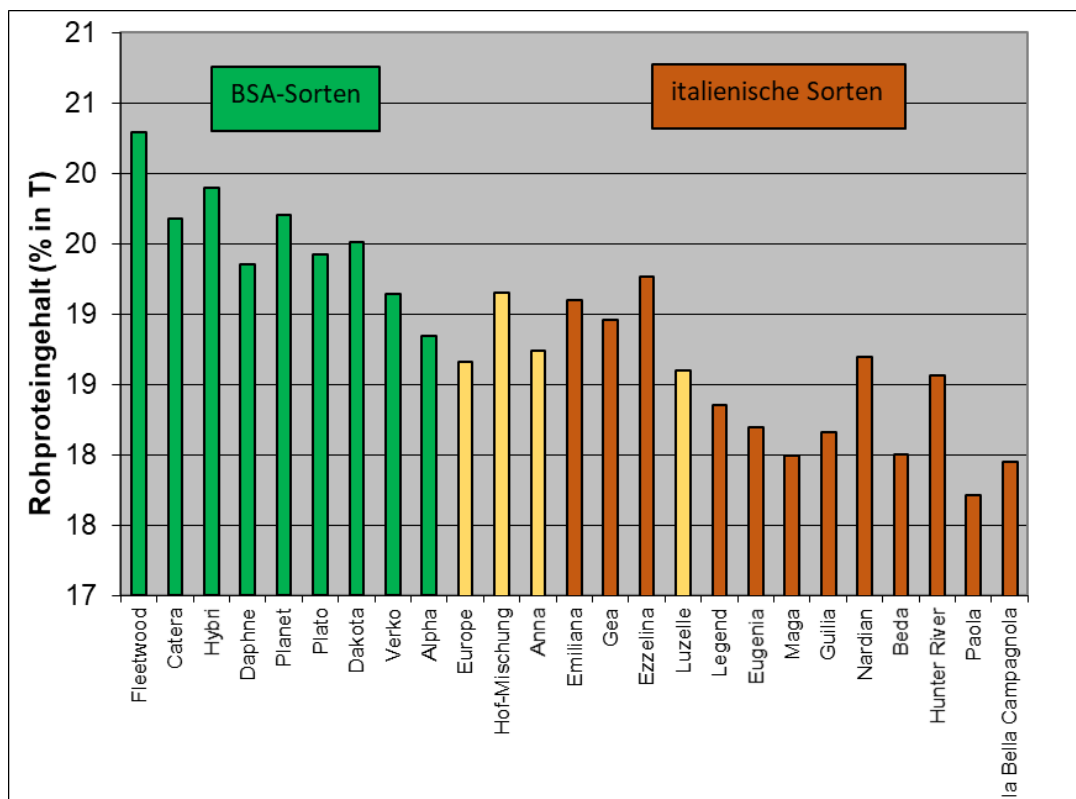


Abb. 1: Rohproteingehalte von Luzernesorten im Mittel von zwei Standorten in den Jahren 2020 und 2021. Farbliche Markierungen: Grün = BSA-Sorten (BSA, 2022), braun = italienische Sorten, gelb = sonstige Sorten.

Wuchshöhe

Italienischen Sorten fielen immer wieder durch ihre Wuchshöhe auf, besonders im Frühjahr und im Herbst (Tab. 2). Im Frühjahr zeigten sie geringere Spätfrostresistenz, wenn das Wachstum schon früher startete. Trotz früherem Start hatten sie aber niedrigere Rohproteinerträge im 1. Aufwuchs (Tab. 1). In wie weit die italienischen Sorten anfällig gegen Lager bei längerem Stängel sind und in wie weit eine geringere Winterfestigkeit durch eine kürzere Winterruhe gegeben ist, muss noch weiter untersucht werden.

Tab. 2: Wuchshöhe (cm) von Luzernesorten unterschiedlicher Herkunft am Standort Wetterau an verschiedenen Messterminen zwischen 2019 und 2021

	Messtermin						
	22.5.19	28.8.19	7.11.19	6.4.20	24.8.20	22.10.20	19.11.21
DE*	49	26	20	16	54	16	9
IT**	69	29	22	21	54	25	19
Wuchshöhe relativ (IT**=100)							
DE* relativ	71	90	91	75	100	66	46

DE*: Mittelwert von 9 deutschen Sorten, IT**: Mittelwert von 12 italienischen Sorten

Lagerbildung

Lagerbildung erschwert die Ernte und beeinträchtigt die Futterqualität. Lagerbildung trat am Standort DN auf. Eine deutliche Sortendifferenzierung zeigte der 2. Aufwuchs vor der Ernte 2020.

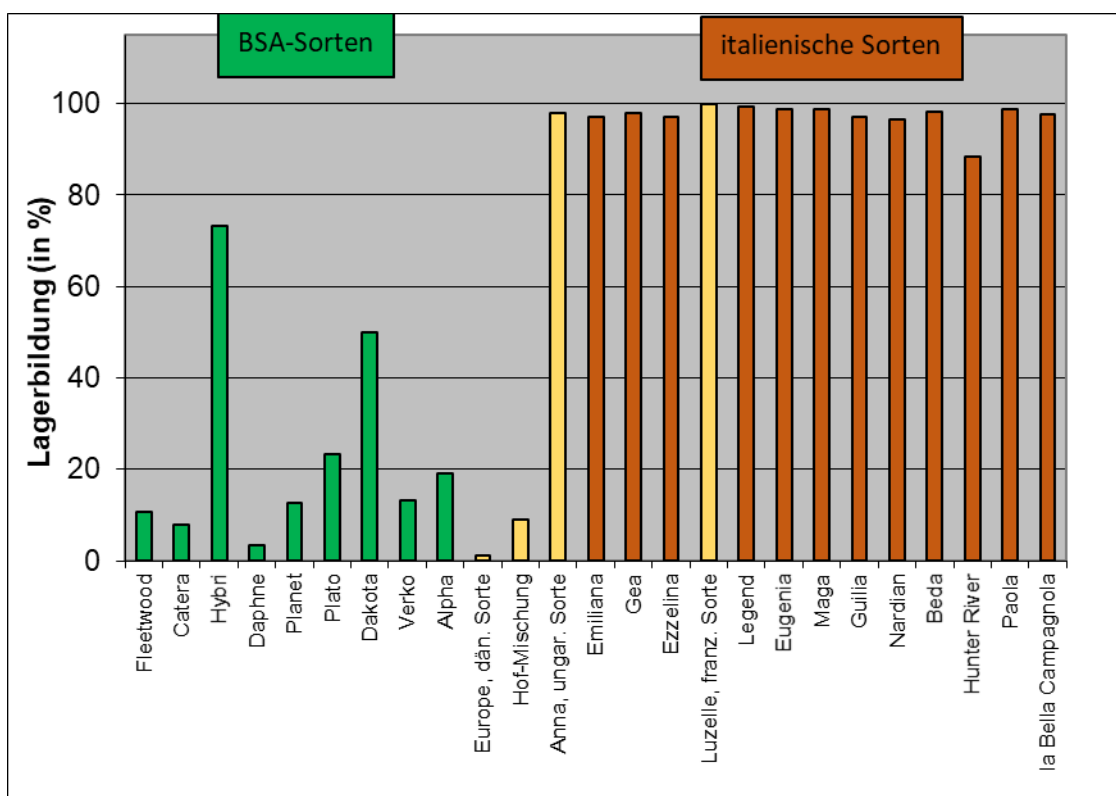


Abb. 2: Lagerbildung vor der Ernte des 2. Aufwuchses im Juli 2020 am Standort Wetterau. Farbliche Markierungen: Grün = BSA-Sorten (BSA 2022), braun = italienische Sorten, gelb = sonstige Sorten.

Die italienischen Sorten, sowie die französische Sorte Luzelle und die ungarische Sorte Anna waren fast vollständig im Lager, die meisten deutschen und die dänische Sorte Europe deutlich standfester. Innerhalb der deutschen Sorten ist der Vergleich mit der BSA-Einstufung (Note 1 – 9) übereinstimmend. Daphne hat die geringste Einstufung (3), Dakota und Hybridforce die höchste Lageranfälligkeit (6) (BSA 2022). Übereinstimmend sind die Ergebnisse auch mit dem Sortenvergleich von Agroscope, Schweiz, von 2011 bis 2013. Alle 10 dort geprüften italienischen

Sorten wurden bei der Standfestigkeit schlechter bewertet als die übrigen 26 Sorten. Die Boniturnote lag im Mittel bei 7,8 (Spannweite 6,0 – 8,5), wobei 1 kein Lager und 9 starke Lagerneigung bedeutet. Die deutschen Sorten wurden im Mittel mit 3,5 (Spannweite 2,0 – 4,9) bewertet (Frick et al. 2014).

Frosthärte

Luzerne gilt als besonders anfällig gegen Spätfröste. Eine deutliche Sortendifferenzierung gab es am 4. April 2020 am Standort DN. Bei Frösten um die -5°C traten Frostschäden auf und einzelne Halme starben ab. Bei den deutschen Sorten gab es keine oder nur geringe Schäden. Die italienischen, aber auch die ungarische und die französische, Sorten waren stärker betroffen.

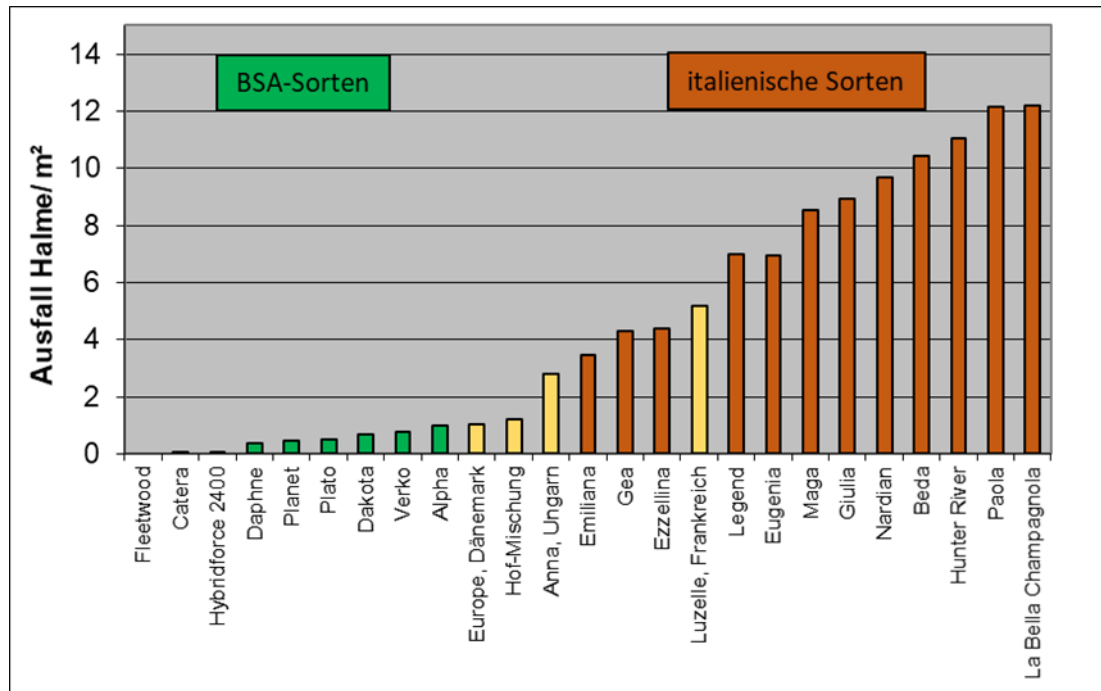


Abb. 3: Ausfall an Halmen durch Frost von -5°C am 6. April 2020 am Standort Wetterau. Farbliche Markierungen: Grün = BSA-Sorten (BSA 2022), braun = italienische Sorten, gelb = sonstige Sorten.

Schlussfolgerungen

Der Vergleich von deutschen und italienischen Sorten (andere Herkünfte waren nur je mit 1 Sorte vertreten) zeigte für die ersten Nutzungsjahre, dass beim Rohprotein- und Trockenmasseertrag die Unterschiede nicht sehr groß sind, zumindest wenn man das Mittel der Herkünfte vergleicht. Deutsche Sorten sind im Frühjahr ertragsstärker, italienische Sorten in den späteren Aufwüchsen. Einzelne Sorten zeigen deutlich standortspezifische Effekte mit höheren Relativerträgen an einem Standort und geringeren am anderen Standort. So waren mehrere italienische Sorten ertragsstärker am wärmeren Standort DN. Der Rohproteingehalt war bei den meisten deutschen Sorten höher. Dagegen hatten italienische Sorten einen höheren Wuchs, waren aber auch lageranfälliger und zeigten eine geringere Frosthärte.

Literatur

Frick, R., Mosimann, E., Aebi, P., Suter, D., Hirchi, H. (2014): Ergebnisse der Sortenversuche 2011 – 2013 mit Luzerne. *Agrarforschung Schweiz* 5 (9): 358 – 365.

BSA (2022): Beschreibende Sortenliste Futtergräser, Esparsette, Klee, Luzerne. *Bundessortenamt*, 97 S.

Mesorhizobium onobrychidis, Eine neue Hoffnung für die Esparsette

T. Thünen¹, K. Kuka¹, M. Lorenz², S. Ashrafi¹

¹Julius Kühn-Institut (JKI) - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig, Deutschland

²Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Deutschland

torsten.thuenen@julius-kuehn.de

Einleitung und Problemstellung

Esparsette (*Onobrychis viciifolia*) zeigt eine Reihe positiver Eigenschaften als Futterpflanze. Sie besitzt eine anthemintische Wirkung in Wiederkäuern und ist nicht blähend (Mora-Ortiz und Smith 2018; Carbonero et al. 2011; McMahon et al. 2000). Durch ihren Gehalt an kondensierten Tanninen werden Proteine Pansen-stabil, wodurch die Proteinverfügbarkeit für das Tier erhöht wird und es zu einer Reduktion von Treibhausgas-Emissionen (CH₄, N₂O) kommt (Sheppard et al. 2019).

Trotz dieser positiven Eigenschaften findet die Esparsette in der deutschen Landwirtschaft keine große Akzeptanz. Dieses ist auf eine Reihe von „Schwachstellen“ zurückzuführen, die einen Anbau erschweren. Hierzu zählen u.a. Berichte über eine unzureichende Stickstofffixierung, die trotz der Verwendung von bakteriellen Inokula zu Stickstoffmangelerscheinungen führen kann (Burton und Curley 1970; Sims et al. 1970; Sheehy und Popple 1981). Es existieren zwar Berichte die zeigen, dass bei Esparsette ähnliche Stickstofffixierungsraten (130-160 kg/ha) wie bei Luzerne (140-160 kg/ha) erreicht werden können (Provorov und Tikhonovich 2003), dieses ist jedoch stark von der Effizienz des assoziierten Symbionten abhängig (Prévost et al. 1987).

Am Standort des Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) in Gatersleben wurden 38 Akzessionen sowie zwei Sorten (Taja und Perly) der Esparsette über einen Zeitraum von 3 Jahren angebaut. Hierbei wurde sowohl auf eine Bewässerung als auch auf eine Düngung der Pflanzen verzichtet. Es konnte beobachtet werden, dass es über die Jahre bei fast allen Akzessionen/Sorten trotz fehlender Düngung zu einem kontinuierlichem Biomassenzuwachs kam (Thünen et al. 2021). Da dieses ein Anzeichen für eine gut funktionierende Symbiose mit stickstofffixierenden Bakterien ist, wurden aus Knöllchen der Akzession ONO20 sowie der Sorte Taja Bakterien isoliert. Hierbei konnten zwei neue symbiotische Rhizobienarten, *Onobrychidicola muellerharveyae* und *Mesorhizobium onobrychidis* identifiziert werden (Ashrafi et al. 2022).

Im Gegensatz dazu zeigt Esparsette, welche derzeit auf dem Versuchsfeld des JKI am Standort Braunschweig/Bundesallee angebaut wird, deutliche Zeichen einer unzureichenden Stickstoffversorgung. Der Großteil der Pflanzen zeigt eine gelbliche Färbung (Abb.1).

In diesem Beitrag berichten wir zum einen über die Ergebnisse von Inokulationsversuchen mit den beiden neu beschriebenen Rhizobienarten, zum anderen stellen wir erste Ergebnisse zur Erfassung der Knöllchenbildung mittels Mikro-Röntgen-Computertomographie (μCT) vor.

Material und Methoden

Zur Überprüfung der Symbiosefähigkeit und -effektivität der neu beschriebenen Rhizobienarten wurden Gewächshausexperimente durchgeführt. Hierbei wurden die beiden Esparsetten-Sorten Perly und Taja, sowie die Genbank Akzession ONO20 mit *M. onobrychidis* und *O. muellerharveyae* inokuliert. *Rhizobium leguminosarum*, welches bei einem breit angelegten Screening sehr häufig aus oberflächensterilisierten Knöllchen von Esparsette isoliert wurde (unveröffentlichte Daten), diente als Positivkontrolle. Da das Genom von *O. muellerharveyae* keine Nodulations-Gene enthält (Ashrafi et al. 2022), wurde angenommen, dass die Besiedlung der Wirtspflanze nur durch eine Co-Inokulation mit einem knöllchenbildenden Rhizobium erfolgen kann. Daher wurde eine zusätzliche Variante in den Versuch aufgenommen, bei der die Sorte Taja mit *O. muellerharveyae* und *R. leguminosarum* co-inokuliert wurden. Die Esparsettensamen wurden von ihrer Hülse befreit und oberflächensterilisiert. Als Substrat für den Versuch diente sterilisierter Quarzsand. Die Bakterienstämme wurden auf Hefe-Manitol-Agar angezüchtet, in 10 mM MgCl₂ gewaschen und in 10 mM MgCl₂ auf eine OD von 0,2 eingestellt. Jeder Topf wurde bei der Aussaat, sowie eine und zwei Wochen nach der Aussaat mit je 10 ml des entsprechenden Bakterienstamms inokuliert. Die Kontrollen erhielten nur 10 ml 10 mM MgCl₂. Als Düngung wurde eine stickstofffreie Nährlösung nach Broughton und Dilworth (1971) verwendet.

Zwölf Wochen nach der Inokulation wurden die Pflanzen geerntet, und die ober- und unterirdische Pflanzenbiomasse ermittelt. Statistische Analysen wurden mit R v. 3.6.1 (R Core Team 2018) durchgeführt.

Am JKI-Standort Braunschweig/Bundesallee wurde die Esparsette (Sorte Sarzenz) auch im Feldversuch angebaut, um die Stickstofffixierung im Freiland zu untersuchen (Abb. 1). Die Pflanzen zeigten starke Unterschiede in der Färbung, was auf eine unterschiedliche Nährstoffversorgung hindeutet, die möglicherweise auf eine unterschiedliche Knöllchenbildung zurückzuführen ist. Dies wurde mit dem bildgebenden Verfahren der μ CT untersucht. Dabei wurde das ungestörte Wurzelsystem, einschließlich des umgebenden Bodens, als Probe entnommen. Die Proben wurden anschließend mit einer Auflösung von 49 μ m mit den μ CT-Einstellungen von 160 kV und 140 μ A gescannt. Ein Teil der Wurzeln wurde gemäß der Methode von Kuka et al. (2013) als 3D-Bild extrahiert.



Abb. 1: Esparsette (Sorte Sarzenz) im Freilandversuch am JKI-Standort Bundesallee/Braunschweig. Zu erkennen sind Pflanzen unterschiedlicher Grünfärbung.

Ergebnisse und Diskussion

In dem hier durchgeführten Inokulationsexperiment konnte einzig bei einer Inokulation mit *M. onobrychidis* ein signifikanter Anstieg (ca. 4-fach gegenüber der Kontrolle) der oberirdischen Biomasse beobachtet werden. Pflanzen, die mit *O. muellerharveyae* oder *R. leguminosarum* beimpft wurden, zeigten keine signifikante Zunahme der Biomasse. Die co-inokulation von Taja-Pflanzen mit *O. muellerharveyae* und *R. leguminosarum* führte im Vergleich zu den Kontrollpflanzen ebenfalls nicht zu einer Erhöhung der Pflanzenbiomasse. Zwischen der Esparsetten Akzession ONO20, sowie den beiden Sorten Taja und Perly konnten keine Unterschiede im Biomasse-Zuwachs beobachtet werden.

Die hier gezeigten positiven Ergebnisse für *M. onobrychidis* konnten mittlerweile in weiteren unabhängigen Gewächshausversuchen bestätigt werden. Hierbei wurden auch weitere potentiell neue *Mesorhizobium* Arten, welche wir aus Knöllchen der Esparsette an unterschiedlichen Standorten isolieren konnten untersucht. Diese zeigte ebenfalls statistisch signifikante Biomassezuwüchse (unveröffentlichte Daten).

Onobrychidicola muellerharveyae zeigte in unserem Inokulationsexperiment unter stickstofflimitierten Bedingungen keine Wirkung auf die Esparsette. Es ist zu vermuten, dass *O. muellerharveyae* eher eine Rolle bei biotischen Stressbedingungen spielt, da in dessen Genom eine sehr hohe Anzahl von Genen für eine biotische Stresstoleranz gefunden wurden (Ashrafi et al. 2022). Interessant ist auch die Tatsache, dass *R. leguminosarum* in unseren Untersuchungen keinen wachstumsfördernden Effekt auf die Esparsette hat, obwohl diese Art sehr häufig aus dessen Knöllchen isoliert wurde. Leguminosen besitzen zwar die Fähigkeit sich gegen ineffektive Rhizobien zu wehren (Sachs et al. 2018), eventuell sind diese Mechanismen bei Esparsette aber weniger stark ausgebildet.

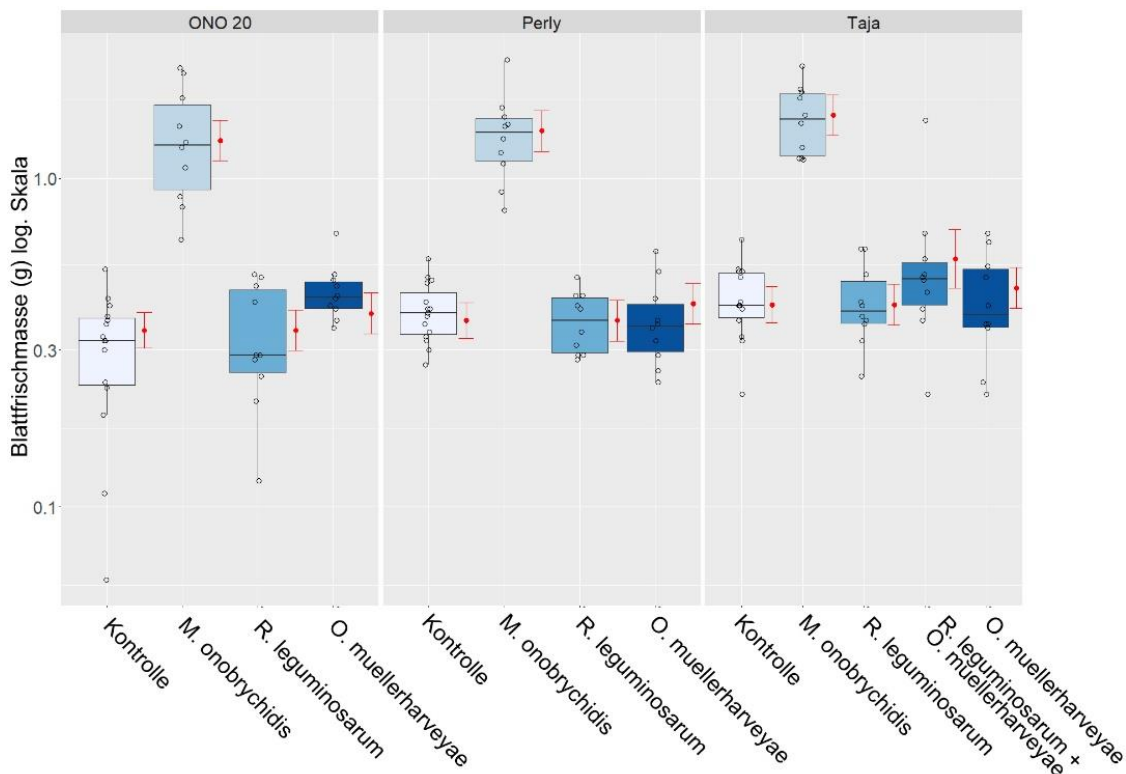


Abb. 2: Ergebnisse des Inokulationstests. Blattfrischmasse der Esparsetten Akzession ONO20, sowie der beiden Sorten Perly und Taja nach Inokulation mit den Rhizobien *Mesorhizobium onobrychidis*, *Rhizobium leguminosarum* und *Onobrychidicola muellerharveyae*. Werte für die Blattfrischmasse in Gramm, logarithmisch aufgetragen. In Rot angezeigt die Ergebnisse der GLM-Statistik.

Zwei Esparsettepflanzen wurden mittels μ CT qualitativ auf die Bildung von Wurzelknöllchen untersucht. Die erste Pflanze (Abb. 1 & Abb. 3) wies eine hellgrüne Färbung auf, während die zweite Pflanze dunkelgrün war (Abb. 1 & Abb. 4). Die Ergebnisse der μ CT-Analyse zeigen einen deutlichen Unterschied in der Anzahl und Größe der Wurzelknöllchen zwischen den beiden Pflanzen, wobei die hellgrüne Pflanze eine deutlich geringere Anzahl an Wurzelknöllchen aufweist (Abb. 3). Im Gegensatz dazu wurden bei der dunkelgrünen Pflanze eine deutlich höhere Anzahl und größere Wurzelknöllchen gefunden (Abb. 4).

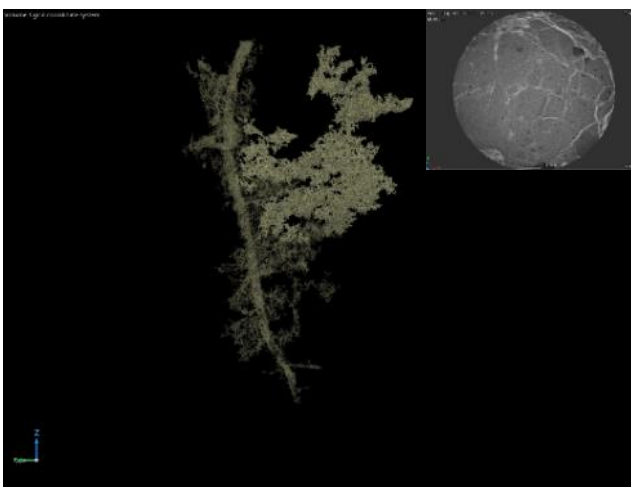


Abb. 3: 3D- μ CT Bild eines Teils der Wurzeln der der hellgrünen Esparsettenpflanze und zugehöriges 2D μ CT Bild

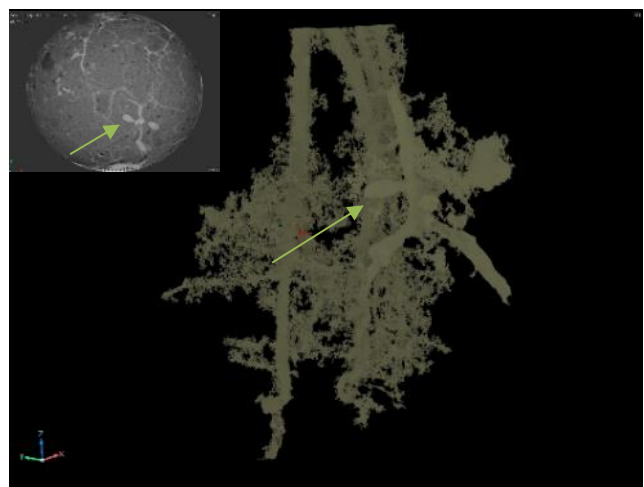


Abb. 4: 3D- μ CT Bild eines Teils der Wurzeln der der dunkelgrünen Esparsettenpflanze und zugehöriges 2D μ CT Bild (Pfeile zeigen auf Wurzelknöllchen)

Schlussfolgerungen

Esparssette wird aufgrund ihrer chemischen, ernährungsphysiologischen und biologischen Eigenschaften als vorteilhaftes Futtermittel bezeichnet (Hayot Carbonero et al. 2011). Einer der Kritikpunkte, die eine breitere Akzeptanz in der Landwirtschaft verhindern, ist eine oft beobachtete ineffektive Stickstofffixierung. Die hier getestete *Mesorhizobium* Art *M. onobrychidis* stellt einen vielversprechenden Kandidaten für ein Inokulum da, mit welchem eine verlässlichere Stickstofffixierung in der Esparssette erreicht werden könnte.

Die geringere Knöllchenbildung einer hellgrünen Pflanze ist Zeichen einer schlecht ausgebildeten Symbiose mit stickstofffixierenden Bakterien und einer daraus resultierenden Stickstoffunterversorgung der Pflanze. Bei der dunkelgrünen Esparssette wurden hingegen mehr und größere Wurzelknöllchen gefunden. Die hier ausgebildete Symbiose ist für die Stickstoffversorgung ausreichend. Die dunklere, tiefgrüne Blattfärbung ist zusätzlich ein Indiz für einen höheren Chlorophyllgehalt. Dieser führt zu einer effizienteren Photosynthese und insgesamt gesünderen Pflanzen.

Literatur

- Ashrafi, S., Kuzmanović, N., Patz, S., Lohwasser, U., Bunk, B., Spröer, C. et al. (2022): Two New Rhizobiales Species Isolated from Root Nodules of Common Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) Show Different Plant Colonization Strategies. In: Microbiol. Spectr., e0109922. DOI: 10.1128/spectrum.01099-22.
- Broughton, W. J., Dilworth, M. J. (1971): Control of leghaemoglobin synthesis in snake beans. In: The Biochemical journal 125 (4): 1075–1080. DOI: 10.1042/bj1251075.
- Burton, J. C., Curley, R. L. (1970): Nodulation and nitrogen fixation in sainfoin (*Onobrychis sativa*, Lam.) as influenced by strains of rhizobia. In: Bull. Mont. agric. Exp. Stn. 627: 3–5.
- Carbonero, C. H., Mueller-Harvey, I., Brown, T. A., Smith, L. (2011): Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). a beneficial forage legume. In: Plant Genetic Resources Characterization and Utilization 9: 70–85.
- McMahon, L. R., McAllister, T. A., Berg, B. P., Majak, W., Acharya, S. N., Popp, J. D. et al. (2000): A review of the effects of forage condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. In: Can. J. Plant Sci. 80 (3): 469–485. DOI: 10.4141/P99-050.
- Mora-Ortiz, M., Smith, L. M.J. (2018): *Onobrychis viciifolia*; a comprehensive literature review of its history, etymology, taxonomy, genetics, agronomy and botany. In: PLANT GENETIC RESOURCES-CHARACTERIZATION AND UTILIZATION 16 (5), S. 403–418. DOI: 10.1017/S1479262118000230.
- Prévost, D., Bordeleau, L. M., Antoun, H. (1987): Symbiotic effectiveness of indigenous arctic rhizobia on a temperate forage legume: Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). In: Plant Soil 104 (1): 63–69. DOI: 10.1007/BF02370626.
- Provorov, N. A., Tikhonovich, I. A. (2003): Genetic resources for improving nitrogen fixation in legume-rhizobia symbiosis. In: Genetic Resources and Crop Evolution 50 (1): 89–99. DOI: 10.1023/A:1022957429160.
- Sachs, Joel L., Quides, K. W., Wendlandt, C. E. (2018): Legumes versus rhizobia: a model for ongoing conflict in symbiosis. In: New Phytologist 219 (4), S. 1199–1206. DOI: 10.1111/nph.15222.
- Sheehy, J. E., Popple, S. C. (1981): Photosynthesis, water relations, temperature and canopy structure as factors influencing the growth of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) and lucerne (*Medicago sativa* L.). In: Ann Bot 48.
- Sheppard, S. C., Cattani, D. J., Ominski, K. H., Biliget, B., Bittman, S., McGeough, E. J. (2019): Sainfoin production in western Canada: A review of agronomic potential and environmental benefits. In: Grass Forage Sci 74 (1), S. 6–18. DOI: 10.1111/gfs.12403.
- Sims, J. R., Muir, M. K., Carleton, A. E. (1970): Evidence of ineffective rhizobia and its relation to the nitrogen nutrition of sainfoin. In: Bull. Montana. Agricultural Experimental Station 627: 8–12.
- Thünen, T., Lohwasser, U., Ahrens, T., Kemus, M. (2021): Evaluierung und pflanzenbauliche Optimierung verschiedener Herkünfte der Esparssette für die Biomasseproduktion und Untersuchung des Einflusses der Tannine auf die Schaumbildung in der Biogasanlage: Schlussbericht zum Verbundvorhaben: Laufzeit: 01.01.2017 bis 31.05.2020. Julius Kühn-Institut - Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde; Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung; Ostfalia Hochschule für Angewandte Wissenschaften. Braunschweig. Online verfügbar unter <https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT%3A1815810769>.

Evaluierung verschiedener Anbauverfahren zur Etablierung von Zichorie (*Cichorium intybus*) und Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*) in einer Deutsch-Weidelgras-Weißklee-Neuansaat unter intensiver Schnittnutzung

B. Ehlers, M. Bockwoldt¹, L. Grün¹, C. Pahl¹, M. Hagemann¹, T. Peters²

¹Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, mhagemann@lksh.de

²Landwirtschaftskammer Niedersachsen

tammo.peters@lwk-niedersachsen.de

Einleitung und Problemstellung

In der Wiederkäuerernährung zur intensiven Milchproduktion stellen weidelgrasbetonte Grünlandbestände die übliche Praxis zur Grundfuttererzeugung dar. Um in Zeiten klimawandelbedingter Extremwetterereignisse eine hochwertige Futterversorgung von Milchkühen sicherzustellen, ist eine Erhöhung der funktionalen Diversität von Grünlandbeständen über die Anpassung der botanischen Artenzusammensetzung notwendig. Unterschiedliche Studien haben gezeigt, dass durch die Nutzung von artenreicheren Grünlandbeständen die Erträge gesteigert und diese besonders unter trockenen Bedingungen stabilisiert werden können (Nyfeler et al. 2009). Dabei wird insbesondere den Kräutern, wie Spitzwegerich und Zichorie, aufgrund ihrer guten Futtereignung und Resilienz gegenüber Dürreperioden Bedeutung beigemessen. Bisher fehlen Studien zu verschiedenen Anbauverfahren von Kräutern in intensive schnittgenutzte Grünlandbestände. In diesem Zusammenhang wurden in einem Feldversuch zwei Anbauverfahren zur Etablierung von Zichorie und Spitzwegerich unter norddeutschen Bedingungen untersucht.

Material und Methoden

In dem dreijährigen Feldexperiment (2020 – 2022) wurde die Aussaat von Zichorie (cv. Puna II) und Spitzwegerich (cv. Hercules) im Gemenge mit Deutschem Weidelgras (cv. Panino) und Weißklee (cv. Apis) im Streifen- und Mischanbau unter praxisüblichen Stickstoffdüngemengen und Schnittnutzungsintensitäten miteinander verglichen. Der Versuch wurde auf dem Versuchsstandort Schuby (54°31'17.8"N 9°26'35.2"E) der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein durchgeführt. Der Standort liegt in der schleswig-holsteinischen Geest. Der Bodentyp ist ein stark humoser Gley-Podsol, mit einer Ackerzahl von 22. Der Versuch ist ein vier-faktorieller Feldversuch in Spaltanlage mit einer Parzellengröße von 11 m². Getestet wurde, inwieweit sich die Ansaatmethode, die Stickstoff(N)-Düngungsintensität, der Schnitt im Jahr und das Untersuchungsjahr auf die Zielgrößen Trockenmasseertrag, Rohprotein (XP)- und Rohfasergehalt (XF) auswirkten. Zusätzlich wurde je Parzelle jeweils 1 m² beerntet und die Biomasse in Artenanteile fraktioniert. Eine Übersicht der Versuchsfaktoren und Faktorstufen ist Tabelle 1 zu entnehmen. In diesem Tagungsband werden die Ergebnisse des TM-Ertrags präsentiert.

Tab. 1: Übersicht der Versuchsfaktoren

Faktor	Varianten	N-Düngung	Schnitt	Jahr
Faktor- stufe	Deutsches Weidelgras Reinsaat (G)	40 kg N/ha/a (N1)	Schnitt 1	
	Deutsch-Weidelgras-Weißklee (KG)		Schnitt 2	2020
	Deutsch-Weidelgras-Weißklee mit Spitzwegerich und Zichorie in Mischanbau (MISCH)	220 kg N/ha/a bzw. 320 kg N/ha/a (N2)	Schnitt 3	2021
	Deutsch-Weidelgras-Weißklee mit Spitzwegerich und Zichorie in Streifenanbau (STR)		Schnitt 4	2022
			Schnitt 5	

Bei dem Klee-gras-gemenge (KG) wurde das Saatgut vor dem Einfüllen in den Saatbehälter vermengt. Ebenso war dies der Fall bei dem Kräutergemenge im gemischten Anbau (MISCH). Bei dem Streifenanbau (STR) wurde der Saattank der Drillmaschine unterteilt, sodass die Reihen mit verschiedenen Saaten gedreht werden konnten (siehe Abb. 1).

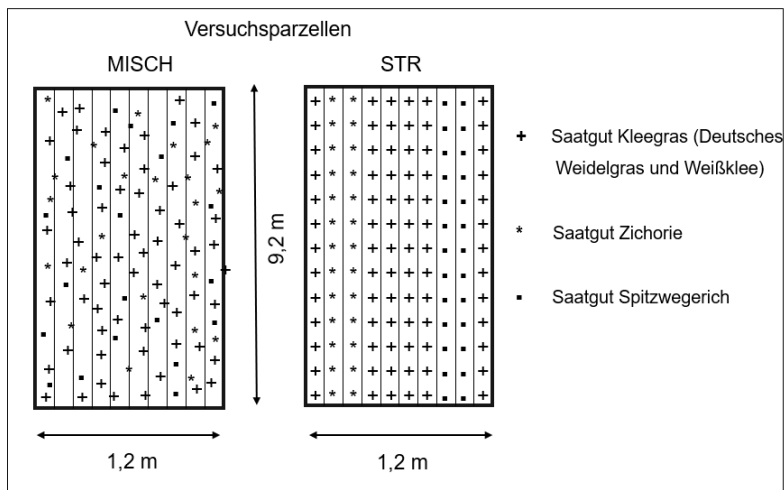


Abb. 1: Schematische Darstellung des Streifen- und des Mischanbaus des Kräutergemenges

Die statistische Auswertung erfolgte in der Software R und R Studio (Version 4.2.3, 2023, R Development Core Team). Für die Datenauswertung wurde ein statistisches gemischtes Modell definiert und angepasst. Eine Normalverteilung und Varianzheterogenität der Residuen in Bezug auf den Schnitt wurde angenommen. Basierend auf diesem Modell wurde ein Pseudo- R^2 berechnet und eine Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Darauf aufbauend wurden multiple Kontrasttests der Mittelwerte angewendet, um die verschiedenen Level der Einflussfaktoren zu vergleichen.

Ergebnisse und Diskussion

Die in der vorliegenden Studie erhobenen Jahrestrockenmasseerträge der unterschiedlichen Anbauvarianten und Düngestufen sind Abbildung 2 zu entnehmen. Dabei zeigt sich, dass die Varianten mit Gemenge (KG, MISCH und STR) in der niedrigen N-Düngeintensität in den ersten beiden Versuchsjahren der Grasreinsaat (G) signifikant überlegen sind. Dies bestätigt Ergebnisse vorheriger Studien, die ebenfalls zeigten, dass diverse Gemenge die Kräuter enthalten, höhere TM-Erträge erzielen als Grasreinsaat (z. B. Hofer et al. 2016; Cong et al. 2018). Die Anbauverfahren mit Kräutern (MISCH, STR) unterscheiden sich im TM-Ertrag weder in der N1-, noch in der N2-Düngung. Auffällig ist, dass sich die Jahreserträge zwischen den Düngestufen nur im ersten Anbaujahr und im zweiten Anbaujahr nur in der Grasreinsaat (G) signifikant unterscheiden. Im dritten Anbaujahr sind auch in der Variante G keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Düngestufen zu verzeichnen.

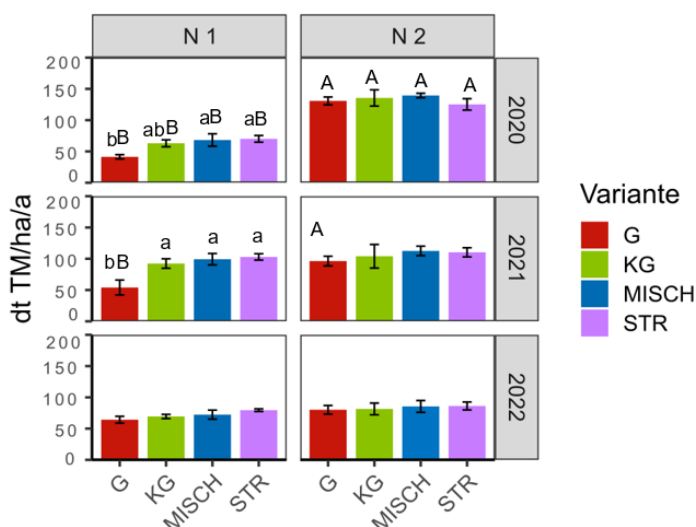


Abb. 2: Jahrestrockenmasseerträge der Varianten mit N1- und N2-Düngung; Mittelwerte (n=4) und Standardabweichungen, Marginales R^2 : 0,894; Kleinbuchstaben weisen auf signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den Varianten innerhalb einer Düngestufe und eines Jahres hin; Großbuchstaben weisen auf signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den Düngestufen und innerhalb einer Variante und eines Jahres hin.

Unterschiede in den Fraktionsanteilen der angesäten Arten in den Kräutergemengen (STR und MISCH) zwischen den Anbauverfahren konnten nicht gefunden werden. Es zeigte sich jedoch die Tendenz von höheren Zichorie-Anteilen in der Variante MISCH. Weiterhin konnten in diesem Versuch keine N-Düngungseffekte und kein Einfluss des Schnittes im Jahr auf die Anteile von Zichorie festgestellt werden (vgl. Cong et al. 2018). Bei den Spitzwegerich-Anteilen gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den N-Düngestufen und den Anbauverfahren. Die Spitzwegerich-Anteile unterschieden sich jedoch in den meisten Jahren und N-Düngestufen signifikant zwischen den Schnitten innerhalb eines Jahres. Hierbei nahmen die TM-Anteile des Spitzwegerichs, ähnlich wie beim Weißklee, im Jahresverlauf zu (vgl. Teramura et al. 1981).

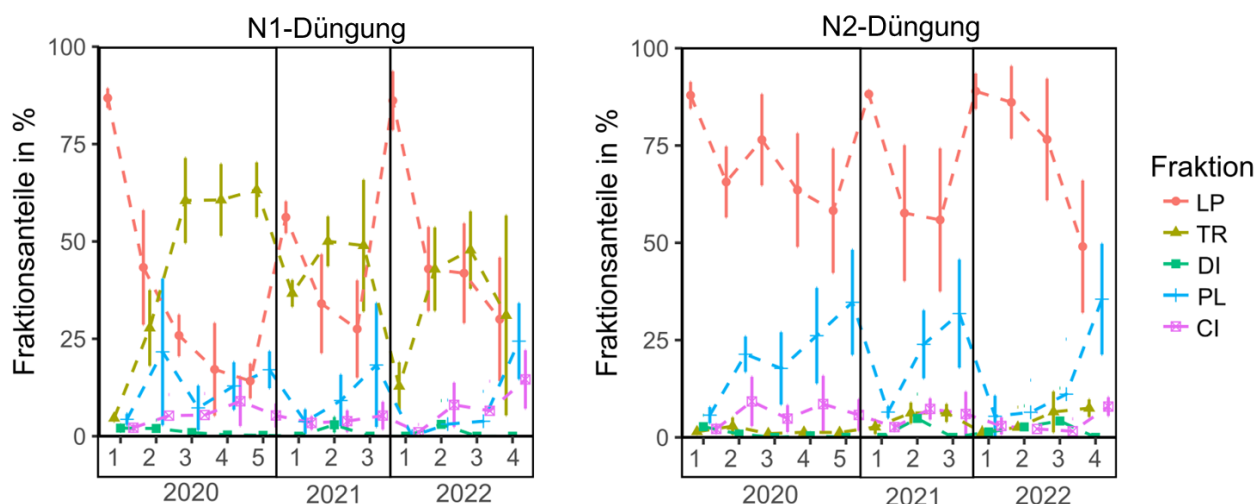


Abb. 3: Entwicklung und proportionale Fraktionsanteile am TM-Ertrag in der Variante MISCH für die zwei Düngungsvarianten für die drei Versuchsjahre und Schnittermine; Mittelwerte ($n=3$) und Standardabweichungen

Schlussfolgerungen

Das Anbauverfahren hatte keinen Einfluss auf die Fraktionsanteile von Spitzwegerich und Zichorie. Weiterhin hatte die N-Düngung keinen Einfluss auf die Spitzwegerich- und Zichorie-Anteile. In beiden N-Düngestufen waren die Kräutergemenge am TM-ertragreichsten, wobei die Differenz zum Klee gras nicht signifikant war. Auch ohne N-Düngung konnten hohe Erträge erzielt werden, sodass der Kräutergemengeanbau nach unseren Versuchsergebnissen unter intensiver als auch geringer N-Düngungsintensität in intensiven Schnittnutzungssystemen empfohlen werden kann.

Literatur

Cong, W.-F., Suter, M., Lüscher, A. & Eriksen, J. (2018): Species inter-actions between forbs and grass-clover contribute to yield gains and weed suppression in forage grassland mixtures. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 268: 154–161.

Hofer, D., Suter, M., Haughey, E., Finn, J. A.; Hoekstra, N. J.; Buchmann, N. & Lüscher, A. (2016): Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought. In: *Journal of Applied Ecology* 53 (4): 1023–1034.

Nyfeler, D., Huguenin-Elie, O., Suter, M., Frossard, E., Connolly, J. & Lüscher, A. (2009): Strong mixture effects among four species in fertilized agri-cultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. In: *Journal of Applied Ecology* 46 (3): 683–691.

Teramura, A. H. Antonovics, J., Strain & Boyd, R. (1981): Experimental Ecological genetics in *Plantago* IV. Effects of temperature on growth rates and reproduction in three populations of *Plantago Lanceolata* L. (*Plantaginaceae*). In: *American Journal of Botany* 68 (3): 425–434.

Legume-grass mixtures improve forage productivity and quality under irrigated conditions of the Mediterranean basin

H. S. A. Salama

Crop Science Department, Faculty of Agriculture, Alexandria University, Aflaton Street, El-Shatby
21545 Alexandria, Egypt.

heba.salama@alexu.edu.eg

Introduction

Mixture cropping of annual forage legumes and grasses is a common strategy to support sustainable forage supply in low input agricultural systems, especially in the Mediterranean region (Lithourgidis et al. 2006). In an arid region like Egypt, with a negligible amount of precipitation, resulting in agriculture mainly dependent on irrigation, mixture cropping would increase water use efficiency over sole cropping. Berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) (BC) is the most important annual forage legume in Egypt and the region. Despite that the yield and protein content of BC are high, its cultivation in Egypt is currently facing several challenges, among them is its relatively high water requirements, low dry matter content especially in the first cut (Salama 2015), and high sensitivity to climate change, especially rising temperatures associated with global warming (Bakheit et al., 2012; Dost et al. 2014). On the other hand, grass monocultures provide a level of quality that is insufficient for many categories of livestock (Lithourgidis et al. 2006). Thus, mixture cropping of BC with forage grasses is a proposed low input technology that might solve these problems (Muhammad et al. 2014). Triticale (X *Triticosecale* Wittmack) and oat (*Avena sativa* L.) are among the promising cereals currently occupying a considerable agricultural area in Egypt, however, mostly for grain production, whereas their full potential as annual winter forage crops is not yet exploited.

The specific objective of the current study was to investigate the productivity and nutritive value of three cuts of berseem clover, triticale and oat when grown as monocultures, as well as binary mixtures with varying mixing rates.

Materials and Methods

A 2-year field trial (2017/2018 and 2018/2019) was conducted at the experimental station of the Faculty of Agriculture, Alexandria University, Alexandria, Egypt. A split plot experimental design with three replicates was used to evaluate three successive cuts of two forage grass species, triticale (X *Triticosecale* Wittmack) and oat (*Avena sativa* L.), sown in monocultures and binary mixtures with berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.), cultivar “Helaly”, with the following mixing rates: 1. 0% Grass (G) + 100% Berseem clover (BC), 2. 25% G + 75% BC, 3. 50% G + 50% BC, 4. 75% G + 25% BC, and 5. 100% G + 0% BC. Cuts were allocated to the main plots, while the combinations between grass species and mixing rates were tested in the subplots. All plots received equal amounts of fertilization and irrigation. Selective herbicides were sprayed against broadleaf weeds.

At cutting, plants were manually clipped at a 7 cm stubble height and fresh yield (FY) was directly weighed for each plot. A 1 kg sample was taken from each plot, dried at 60°C until constant weight was reached, and dry matter (DM) content of the herbage was determined, followed by grounding the dried samples to 1-mm particle size. Crude protein (CP = N × 6.25), crude ash (CA) and crude fat (CF) were determined as described in the AOAC (2012). Neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and acid detergent lignin (ADL) were sequentially determined as described by Van Soest et al. (1991). Non-fiber carbohydrates (NFC) were then calculated as follows:

$$NFC = 1000 - (CP + CF + NDF + CA)$$

Digestibility was determined using the in vitro cellulase technique developed by De Boever et al. (1988). The percentage of digestible organic matter (DOM) was then calculated by applying the following equation of Weissbach et al. (1999):

$$DOM (\%) = 100 * \frac{(940 - CA - 0.62 \times EULOS - 0.000221 \times EULOS^2)}{1000 - CA}$$

EULOS = enzyme insoluble organic matter; CA and EULOS were expressed as g kg⁻¹ DM.

Analysis of variance (ANOVA) was conducted using PROC Glimmix 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 $p \leq 0.05$.

Results and Discussion

Tab. 1: Means of fresh yield (t ha^{-1}), dry matter (DM), crude protein (CP), non-fiber carbohydrates (NFC), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents (g kg^{-1} DM), as affected by the grass species $\times$ mixing rate interaction, combined over the two growing seasons.

Mixing rate		Fresh yield		DM	
Grass %	Berseem clover %	Triticale	Oat	Triticale	Oat
0	100	38.1aA	36.8aA	108.0aE	106.7aD
25	75	29.6bB	40.3aA	117.0aD	114.1bC
50	50	24.6bC	36.3aA	125.4aC	119.7bB
75	25	18.6bD	31.8aB	130.4aB	122.4bB
100	0	16.0bD	25.4aC	137.9aA	128.6bA

		CP		NFC	
Grass %	Berseem clover %	Triticale	Oat	Triticale	Oat
0	100	149.1aA	147.8aA	235.2aC	233.9aD
25	75	146.6aA	137.2bB	255.1bB	276.9aAB
50	50	138.4aB	127.6bC	267.1aAB	266.0aBC
75	25	133.3aB	123.5bC	279.8aA	281.8aA
100	0	121.2aC	97.2bD	193.2bD	256.0aC

		NDF		ADF	
Grass %	Berseem clover %	Triticale	Oat	Triticale	Oat
0	100	455.8aC	454.5aB	287.7aC	286.4aB
25	75	468.4aBC	436.0bC	282.0aC	260.6bD
50	50	474.6aB	466.5bB	277.3aD	267.3bC
75	25	477.0aB	464.7bB	290.9aB	268.4bC
100	0	589.7aA	533.8bA	353.0aA	316.6bA

Means followed by different small letter(s) within the same row, and different capital letter(s) within the same column, for each studied parameter, are significantly different according to the L.S.D. test at 0.05 level of probability.

Mixtures of BC with oat resulted in significantly higher FY than mixtures with triticale, across all tested mixing rates (Tab. 1). In a similar study, Lithourgidis et al. (2006) concluded that mixing common vetch with oat resulted in 18% more forage yield than mixtures of common vetch with triticale. It is evident that oat plants are leafier than triticale plants, especially after cutting/grazing, oat regrowth will be characterized with higher green leaf yields than triticale. Pure BC stands produced the highest significant FY, thus, increasing the BC percentage in the mixture uplifted the FY, which could be mainly attributed to the higher branching ability and denser canopy structure of BC in comparison to forage grasses (El Karamany et al. 2012). On the contrary to FY, DM content of mixtures with triticale was significantly highest than mixtures with oat. This was in line with the findings of McCartney and Vaage (1994), who compared the DM content of the two crops at different growth stages. In addition, BC was characterized by significantly lowest DM content and, thus, its increased percentage in the mixture contributed to decreasing DM of the whole mixture.

Similar to the DM content, pure triticale had significantly higher CP content than pure oat, therefore, mixtures with triticale were significantly higher in CP content than mixtures with oat, while, increasing the BC percentage in mixtures with both grass crops significantly increased CP content. Similar results were reported by Gill and Omokanye (2018) for mixtures of peas with oat and triticale. Pure oat stands were richer in NFC content than pure triticale stands. Keles et al. (2016) reported that oat had higher NFC content than triticale when compared at the tillering and stem elongation growth

stages. This was obviously reflected on a higher NFC content of BC mixtures with oat, than with triticale in the current study. Opposite to NFC, triticale, either as pure stand or in the mixtures with BC was significantly higher in the fiber components than oat. Similar findings were reported for mixtures of common vetch with oat and triticale by Lithourgidis et al. (2006). Nonetheless, pure grass was richer in NDF and ADF than pure BC stands, therefore, the fiber content was decreased as a result of mixing BC with forage grasses (Salama and Zeid 2016).

Tab. 2: Means of neutral detergent lignin (ADL), and digestible organic matter (DOM) contents (g kg^{-1} DM), as affected by the cut $\times$ grass species $\times$ mixing rate interaction, combined over the two growing seasons.

Mixing rate		ADL					
Grass %	Berseem clover %	Cut 1		Cut 2		Cut 3	
		Triticale	Oat	Triticale	Oat	Triticale	Oat
0	100	48.5	47.2	42.7	41.5	55.2	54.0
25	75	56.6	43.7	50.0	46.6	55.9	59.3
50	50	47.5	42.6	42.2	42.6	49.8	55.3
75	25	43.8	39.0	39.5	42.2	48.3	53.0
100	0	28.5	29.7	23.0	29.7	25.5	29.0
L.S.D. _{0.05}				5.57			

		DOM					
Grass %	Berseem clover %	Cut 1		Cut 2		Cut 3	
		Triticale	Oat	Triticale	Oat	Triticale	Oat
0	100	671.0	669.7	656.6	655.3	669.4	668.1
25	75	659.1	640.7	640.1	639.9	649.9	647.8
50	50	649.8	625.0	625.4	604.5	640.1	614.9
75	25	610.4	591.5	584.2	576.3	609.8	590.3
100	0	591.8	551.3	589.5	540.1	601.3	557.9
L.S.D. _{0.05}				52.1			

Means presented in Tab. 2 showed that BC and its contribution in the forage mixture with 75 % were characterized with the significantly highest lignin content, which decreased with decreasing the BC percentage in the forage mixture, and reached its minimal values with 100% G. Noticeably, pure BC stands produced up to two-fold lignin content than that of grasses among all cuts. This is mainly because of the low lignin proportion in the cell wall of monocots compared to the cell wall of dicots (Buchanan et al. 2015; Carpita and McCann 2015). In general, the lignin content of the 3rd cut was significantly higher than that of the 1st and 2nd cuts. It was observed that pure oat had higher lignin content than pure triticale among the three cuts.

The significantly highest DOM was a character of the pure BC stands, and mixtures with 75% BC. Meanwhile, DOM significantly decreased with increasing grass percentage in the mixture. Despite its higher NDF and ADF contents, triticale was more digestible than oat, probably because of its higher CP and lower lignin contents. This was in line with the findings of Sullivan et al. (1982) who reported higher nutritive value of triticale than oat, in terms of higher intake and digestibility that was reflected on the better performance of cattle fed triticale. They, thus, recommended triticale as an alternative forage crop for fattening cattle.

Under similar Mediterranean conditions, mixing BC with triticale at 75 %:25 % mixing rate would produce high fresh forage yield with balanced nutritional options.

References

- AOAC (2012): International Official Methods of Analysis (19th Ed.) Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA.
- Bakheit, B.R., Ali, M.A., Helmy, A.A. (2012): The influence of temperature, genotype and genotype x temperature interaction on seed yield of berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Asian J. Crop Sci*, 4, 63-71.
- Buchanan, B.B., Gruissem, W., Jones, R.L. (Eds.) (2015): *Biochemistry and molecular biology of plants*. John Wiley & Sons.
- Carpita, N., McCann, M. (2015): The cell wall. In: Buchanan, B.B., Gruissem, W., Jones, R.L. (Eds.), *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Biologists, Maryland, USA, pp. 52–108.
- De Boever, J.L., Cottyn, B.L., Andries, J.I., Buysse, F.X., Vanacker, J.M. (1988): The use of cellulose technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of forages. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 19, 247-260.
- Dost, M., Misri, B., El-Nahrawy, M., Khan, S. and Serkan, A. (2014): *Egyptian Clover (Trifolium alexandrinum); King of Forage Crops*. Regional Office for the Near East and North Africa, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Cairo.
- El Kramany, M.F., Elewa, T.A., Bakry, A.B. (2012): Effect of mixture rates on forage mixture of Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum* L.) with triticale ($\times$ *Triticosecale* Wittmack) under newly reclaimed sandy soil. *Aust. J. Basic Appl. Sci.*, 6(5), 40-44.
- Gill, K.S., Omokanye, A.T. (2018): Potential of spring barley, oat and triticale intercrops with field peas for forage production, nutrition quality and beef cattle diet. *J. Agric. Sci.*, 10, 1-17.
- Keles, G., Ates, S., Coskun, B., Alatas, M.S., Isik, S. (2016): Forage yields and feeding value of small grain winter cereals for lambs. *J. Sci. Food Agric.*, 96(12), 4168-4177.
- Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., Yiakoulaki, M.D. (2006): Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Res.*, 99(2-3), 106-113.
- McCartney, D.H., Vaage, A.S. (1994): Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silages. *Can. J. Anim. Sci.*, 74(1), 91-96.
- Muhammad, D., Misri, B., EL-Nahrawy, M., Khan, S., Serkan, A. (2014): *Egyptian Clover (Trifolium alexandrinum) King of Forage Crops*. FAO, Regional Office for the Near East and North Africa, Cairo, Egypt.
- Salama, H.S.A., 2015. Interactive effect of forage mixing rates and organic fertilizers on the yield and nutritive value of berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) and annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). *Agric. Sci.*, 6(04), 415.
- Salama, H.S.A., Zeid, M.M.K. (2016): Hay quality evaluation of summer grass and legume forage monocultures and mixtures grown under irrigated conditions. *Aust. J. Crop Sci.*, 11(11), 1543.
- Statistical Analysis System (2012): SAS PC Windows Version 9.4 SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Sullivan, M.T., Hales, J.W., Norton, B.W. (1982): A comparison of triticale and oats as forages for fattening cattle in south-east Queensland. In *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 14, 289-92.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. (1991): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10): 3583-3597.
- Weißbach, F., Kuhla, S., Schmidt, L., Henkels, A. (1999): Estimation of the digestibility and the metabolizable energy of grass and grass products. In *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology (Germany)*.
- Winer, B. J. (1971): *Statistical principles in experimental design*. 2nd Edition. McGraw-Hill Kogakusha, LTD.

Trifolium pratense L., Plantago lanceolata L. und Cichorium intybus L. in Dauergrünlandsystemen unter dem Aspekt zunehmender Häufigkeiten von Trockenheit

D. Kellerhoff, M. Hoppe, H. Laser
Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Lübecker Ring 2, 59494 Soest
Kellerhoff.david@fh-swf.de

Einleitung und Problemstellung

Mit den anthropogen verursachten klimatischen Veränderungen gehen wachsende Herausforderungen für die Futterproduktion auf Grünlandstandorten einher. Dabei gilt insbesondere die Verknappung von Niederschlägen während der Vegetationsperiode als ertragslimitierender Faktor (Olesen et al. 2011). Als eine potenzielle Anpassungsstrategie, zur Kompensation von trockenheitsbedingten Ertragsverlusten, wird die botanische Aufwertung intensiv genutzter, zumeist artenarmer Bestände gehandelt (Heshmati et al. 2020). Aus der jüngsten Erforschung von Biodiversitätseffekten geht hervor, dass Artenvielfalt nicht per se zu positiven Ertragseffekten beitragen kann. Vielmehr scheint eine gezielte Zusammenstellung von Mischungen, im Hinblick auf eine Differenzierung in der Ressourcenaneignung durch funktionale Gruppen, zielführend zu sein (Mahaut et al. 2020). Während die positiven Auswirkungen von Leguminosen auf die Produktivität von reinen Grasbeständen bereits hinlänglich bekannt sind, ist der Einsatz von Futterkräutern in den mitteleuropäischen Breiten noch wenig etabliert. Dagegen konnte in den „klassischen Weideländern“ wie beispielsweise Neuseeland, durch Berücksichtigung tiefwurzelnder Futterkräuter in Mischungen, bereits vielversprechende Ergebnisse bezüglich der Resilienz in Trockenphasen erzielt werden. Des Weiteren zeichnen sich die Arten durch sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe aus, die die Gesundheit und das Emissionsverhalten von Wiederkäuern beeinflussen können (Pembleton et al. 2016). Erste Versuche zeigen, auch in mitteleuropäischen Grünlandsystemen, potenziell aussichtsreiche Effekte, die eine gesteigerte Trockentoleranz und Ertragskompensation durch die Integration von Futterkräutern nahelegen (u.a. Hofer et al. 2016). Darüber hinaus ist, hinsichtlich der Anbaueignung der Arten unter mitteleuropäischen Klimaten sowie deren Auswirkungen auf relevante Futterwertparameter, nur wenig bekannt.

Material und Methoden

Um eine Berücksichtigung der unterschiedlichen Witterungs- und Bodenverhältnisse in Nordrhein-Westfalen zu ermöglichen, wurde der Durchsaatversuch auf vier verschiedene Standorte ausgedehnt (vgl. Tab. 1). Dabei handelt es sich um Flächen von Praxisbetrieben mit Milchviehhaltung, die der betriebsüblichen Bewirtschaftung unterliegen.

Tab. 1: Übersicht über Versuchsstandorte, deren Nutzungssysteme sowie die Termine der Versuchsanlage

Standort	Saattermin	Nutzungssystem
Schermbeck-Gahlen	27.08.2021	Mahd
Warstein-Belecke	02.06.2022	Beweidung
Büren-Harth	04.06.2022	Mahd
Bad Berleburg-Elsoff	23.06.2022	Mahd

Das Versuchsvorhaben ist eingebettet in die „Landesinitiative des Landes NRW – Netzwerkstelle Klimafolgenanpassung, Energieeffizienz.“ Dabei gilt es Praxisversuche und Demonstrationen zu etablieren, die der Stabilisierung von Grünlanderträgen dienen sollen.

Mittels der Anlage eines Durchsaatversuchs sollen ausgewählte dikotyle Versuchsarten hinsichtlich des Nachsaaterfolgs in eine bestehende Dauergrünlandnarbe sowie der futterbaulichen Eigenschaften geprüft werden. Die Artenauswahl gründet auf der Annahme, dass die Kräuter *Plantago lanceolata* und *Cichorium intybus* aufgrund des tiefreichenden Wurzelsystems eine hohe Trockentoleranz aufweisen. Dies spiegelt sich auch in den niedrigen F-Zahlen nach Ellenberg et al. (2010) wider. Weiterführend sind die Arten bereits als Futterkräuter in Neuseeland und Australien aufgrund positiver futterbaulicher Eigenschaften bekannt und in intensiv genutzten Dauergrünlandsystemen etabliert (u.a. Li & Kemp 2005; Vi 2023).

Trifolium pratense wird als potenziell trockenheitstolerantere Alternative zu der, im Intensivgrünland vorherrschenden, flachwurzelnden Leguminose *Trifolium repens* gehandelt (Kivelitz 2018).

Tab. 2: Übersicht über die Varianten des Durchsaatversuchs inkl. der Versucharten sowie Sorten und artspezifische Aussaatstärken

Variante	Versuchsarten inkl. Sorten	Saatstärke (kg*ha ⁻¹)
Var. 1	<i>Trifolium pratense</i> (Columba)	10
Var. 2	<i>Cichorium intybus</i> (Antler)	3
Var. 3	<i>Plantago lanceolata</i> (Diversity)	3
Var. 4	<i>T. pratense</i> + <i>P. lanceolata</i> + <i>C. intybus</i>	8 + 2 + 2

Der Versuchsaufbau besteht aus einer Streifenanlage mit einem Parzellenmaß von 2,5 x 40 m. Dabei werden pro Standort und Variante (vgl. Tab. 2) jeweils zwei Wiederholungen berücksichtigt. Zusätzlich zu den Versuchsvarianten wird eine G II o-Mischung (Qualitätsstandardmischung der Landwirtschaftskammer NRW) als Referenz ausgesät. Zur Verbesserung der Keim- und Etablierungsbedingungen wird mittels eines vorgeschalteten Arbeitsganges mit dem Grünlandstriegel, eine Schaffung von Lückenanteilen forciert. Für die Erfolgskontrolle wird fortlaufend die Pflanzenentwicklung der einzelnen Arten nach dem Abundanzverfahren in zwei zufällig gewählten Quadraten je Parzelle ermittelt. Weiterführend wird eine Ertragsermittlung durch Handbeerntung und Bestimmung der TS-Erträge vorgenommen sowie die Gäreignung der kräuter- und leguminosenreichen Aufwüchse modellhaft, durch Anlage eines Silierversuchs in „Weckgläsern“, geprüft. Im Anschluss werden die Modellsilagen hinsichtlich der relevanten Futterwertparameter, der Mineralstoffgehalte und der Gärsäurekonzentrationen analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

- Der Etablierungserfolg der dikotylen Versuchsarten in eine bestehende Grünlandnarbe ist im Wesentlichen von den zwei Einflussfaktoren Wasserverfügbarkeit und Narbenlückigkeit abhängig. Der zumeist dürftige Etablierungserfolg unter dem Einfluss ausgeprägter Frühsommertrockenheit im Jahr 2022 legt eine höhere Priorisierung des Wasserbedarf in der Keim- und Jugendentwicklung nahe. Daraus ist das Erfordernis der Integration der trockenheitstoleranten Zielarten in das Artenrepertoire eines Grünlandbestands bereits deutlich vor Eintritt einer Trockenphase abzuleiten. In der Jugendentwicklung ist eine zunehmende Bedeutung der interspezifischen Konkurrenz durch die Altnarbe zu konstatieren.
 - *P. lanceolata* zeichnet sich durch ein charakteristisch verzögertes Keimverhalten aus. Aufgrund der ausgeprägten morphologischen Plastizität besteht eine geringere Abhängigkeit von Bestandeslücken. In niedrigeren, kurzrasenbeweideten Beständen toleriert *P. lanceolata* auch dichtere Bestände. *C. intybus* ist durch den höchsten prozentualen Aufgang gekennzeichnet. In der weiteren Entwicklung ist die Art aufgrund des ruderalen Charakters und der geringen morphologischen Plastizität stärker auf Narbenlücken angewiesen (vgl. Abb. 1+2). *T. pratense* benötigt infolge der Beschaffenheit der Diasporen einen höheren Bedarf an Keimwasser. Die Beeinträchtigung der Konkurrenzfähigkeit, angesichts des Überwachsens durch eine hohe Stickstoffversorgung, legt eine Anpassung konventioneller Dünger Routinen nahe.

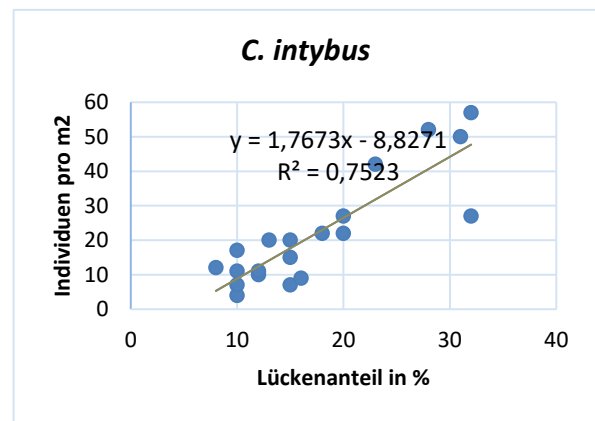
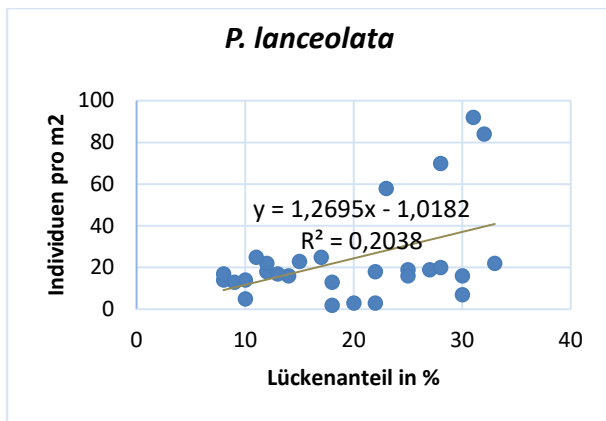


Abb. 1 und 2: Verhältnis der Anzahl von *P. lanceolata*-Individuen (links) und *C. intybus*-Individuen (rechts) in Abhängigkeit der Narbenlückigkeit (in %); $p < 0,05$.

- Die Ausdauer der integrierten Arten kann auf Basis des durchgeführten Versuchs nicht abschließend beurteilt werden. Nach zwei Jahren Versuchslaufzeit sind am Standort Büren-Harth noch hohe Ertragsanteile von *C. intybus* und *T. pratense* zu identifizieren.
- Das ertragskompensatorische Potenzial der Versuchsarten in Trockenphasen kann im Kontext der Untersuchung nur unzureichend beurteilt werden. Der Versuch kann dagegen auch in einer Phase wüchsiger Bedingungen einen geringfügigen, nicht signifikanten Vorteil der TS-Erträge in den Varianten mit den Futterkräutern identifizieren. Die Leguminosenvariante fiel dabei stärker ab. Aufgrund der hohen N-Verfügbarkeit sind Synergien zwischen *T. pratense* und den Gräsern nicht nachzuweisen (vgl. Abb. 3).

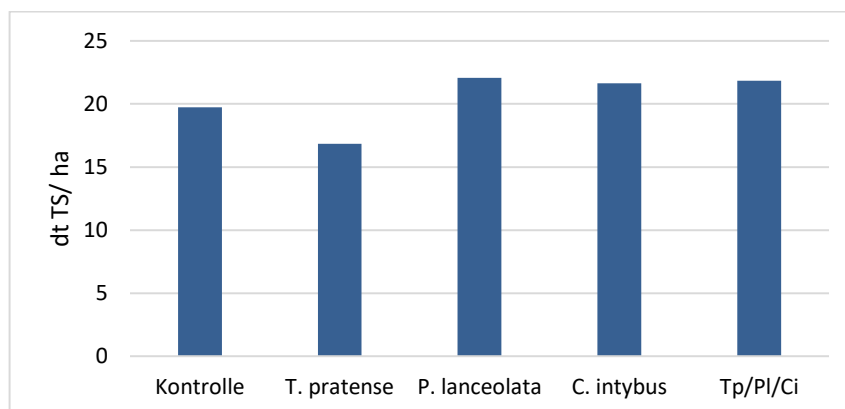


Abb. 3: TS-Erträge des 1. Schnitts 2022 der Varianten des Durchsaatversuchs am Standort Büren-Harth; Tp/Pl/Ci = Gemenge aus allen drei Zielarten.

- Die Futterqualität der kräuter- und leguminosenreichen Silagen entspricht durchweg den hohen energetischen Vorgaben der Fütterung laktierender Wiederkäuer. Dabei sind lediglich geringfügige, negative Abweichungen der Energiekonzentrationen, verglichen mit Grasreinsaaten festzustellen (vgl. Abb. 4). Die Konzentrationen bestimmter Mineralstoffe wie Ca, Na und Zn konnten, in Abhängigkeit von der Pflanzenart, deutlich gesteigert werden.

Merkmal	Ko Herbst	Pl Herbst	Ci Herbst	Ko Sommer	Tp Sommer	Ci Sommer
XA (% i.d. TS)	10	12	10,2	8,8	9,7	10,5
XP (% i.d. TS)	15,8	16,1	15,5	16,3	14,1	17,7
XF (% i.d. TS)	20,5	18,9	19,6	20,3	20,8	21,8
ELOS (% i.d. TS)	76,6	70,3	73	74,1	71,5	77,7
MJ NEL/ kg TS	6,9	6,5	6,6	6,8	6,5	6,9

Abb. 4: Rohrnährstoffgehalte, Verdaulichkeiten und Energiekonzentrationen von Modellsilagen der Sommer- und Herbstaufwüchse; Ko = Kontrolle, Pl = *Plantago lanceolata*; Ci = *Cichorium intybus*; Tp = *Trifolium pratense*.

- Ausgehend von den Gärsäuregehalten in den Modellsilagen ist die Konservierungseignung der dikotylen Arten entgegen früheren Untersuchungen (u.a. Bariroh 2020; Mainz et al. 1996) als äußerst günstig zu bewerten. Dabei wurde deutlich, dass Silagen feinblättriger Futterkräuter unter den Versuchsbedingungen eine höhere Gärqualität als reine Grassilagen aufweisen können.
- Zusätzlich ist eine Verringerung des Aufkommens unerwünschter und fakultativer Grünlandbeikräuter wie z.B. *Rumex obtusifolius* oder *Taraxacum officinale* zu beobachten.

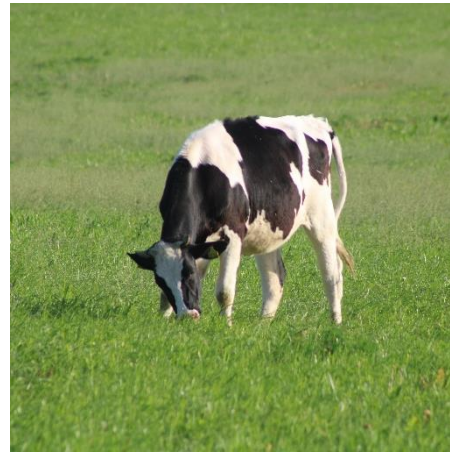
Schlussfolgerungen

Nach einem Jahr Versuchsdauer und intensiven Monitorings der Pflanzenentwicklung ist zu konstatieren, dass eine erfolgreiche Nachsaat dikotyler Arten in weidelgrasdominante Dauergrünlandnarben möglich ist. Dabei ist die Keimphase maßgeblich durch die Wasserversorgung determiniert. Ferner zeigen interspezifische Konkurrenzmechanismen in der Jugendentwicklung die Bedeutung der Schaffung von Narbenlücken für den Etablierungserfolg auf. Dabei sind artbedingte Unterschiede zu identifizieren, die mutmaßlich aus morphologischen Abweichungen resultieren. Eine Diversifizierung der botanischen Zusammensetzung intensiver Dauergrünlandbestände erscheint vor dem Hintergrund klimatischer Herausforderungen auf trockenheitsgefährdeten Standorten sinnvoll, wenngleich das Versuchsvorhaben keine Quantifizierung des ertragsabsichernden Effekts in Trockenphasen durch die Beimischung dikotyler Futterpflanzen ermöglichen kann. Weiterführend wird deutlich, dass insbesondere die Futterkräuter *P. lanceolata* und *C. intybus* den hohen Anforderungen von Milchviehbetrieben hinsichtlich des Ertragspotenzials und der Futterwertseigenschaften entsprechen können.

Literatur

- Bariroh, N.R. (2020): Fermentation properties and nutritive value of plantain (*Plantago lanceolata*) silage. Lincoln University, Christchurch.
- Li, G. & P.D. Kemp (2005): Forage Chicory (*Cichorium intybus* L.): A Review of Its Agronomy and Animal Production. *Advances in Agronomy* 88: 187-222.
- Heshmati, S., Tonn, B., Isselstein, J. (2020): White clover population effects on the productivity and yield stability of mixtures with perennial ryegrass and chicory. *Field Crops Research* 252.
- Hofer, D., Suter, M., Haughey, E., Finn, J. A., Hoekstra, N.J., Buchmann, N., Lüscher, A. (2016): Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought. *Journal of Applied Ecology* 53: 1023-1034.
- Kivelitz, H. (2021): Rotklee und Luzerne ins Grünland? *Ökolandbau NRW*, <https://www.oekolandbau.nrw.de/fachinfo/tierhaltung/gruenland-futterbau/standard-titel-15> (zuletzt aufgerufen am 18.05.2024).
- Mahaut, L., Fort, F., Violle, C., Freschet, G. (2020): Multiple facets of diversity effects on plant productivity: species richness, functional diversity, species identity and intraspecific competition. *Functional Ecology* 34: 287–298.
- Mainz, A. K., Isselstein, J., Daniel, P., Opitz von Boberfeld, W. (1996): Gäreigenschaften verbreiteter Grünlandkräuter. *Das wirtschaftseigene Futter* 42: 125-136.
- Olesen, J.E., Trnka, M., Kersebaum, K.C., Skjelvåg, A.O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Micale, F. (2011): Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* 34: 96-112.
- Pembleton, K.G., Hills, J.L., Freeman, M.J., McLaren, D.K., French, M., Rawnsley, R.P. (2016): More milk from forage: Milk production, blood metabolites, and forage intake of dairy cows grazing pasture mixtures and spatially adjacent monocultures. *Journal of Dairy Science* 99: 3512-3528.
- Vi, C., Kemp, P.D., Sagggar, S., Navarette, S., Horne, D.J. (2023): Effective Proportion of Plantain (*Plantago lanceolata* L.) in Mixed Pastures for Botanical Stability and Mitigation Nitrous Oxide Emissions from Cow Urine Patches. *Agronomy* 13 (6): 1447.

Rinderhaltung – Emissionen und Herdenmanagement



Abbildungen: N. H. Zahn (links oben), T. Miesner (rechts oben und unten), C. Ertel (links unten)

Saisonale Schwankungen der Methanemissionen von Milchkühen in grasbasierten, kraftfutterarmen Produktionssystemen

M. Wild^{1,2}, J. Isselstein^{1,2}, K. Jürgens³, M. Komainda¹

¹Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Graslandwissenschaft,

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

³Kasseler Institut für ländliche Entwicklung e.V.

maria.wild@uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

In der weidebasierten Milcherzeugung wird ein großer Teil der entstehenden Treibhausgase durch enterische Methanemissionen (CH₄e) der Kühe verursacht (Rotz 2018). Ansätze zur Reduktion der CH₄e beinhalten den Einsatz von sekundären Pflanzenstoffen (Martins et al. 2024) oder pflanzlichen Fetten (Muñoz et al. 2021) sowie die Intensivierung der Produktion, um die Emissionen je Einheit erzeugten Produktes zu minimieren. Studien zeigen, dass z.B. ein erhöhter Kraftfuttereinsatz zu geringeren produktbezogenen Emissionen führt (Jiao et al. 2014; van Wyngaard et al. 2018). Dies liegt zum einen an der höheren TM-Aufnahme und damit verbundenen Milchleistung und zum anderen an einer effizienteren Pansenfermentation durch den geringeren Anteil schlecht verdaulicher Komponenten im Futter. Gleichzeitig erfordert eine Intensivierung der Fütterung eine Abwägung der eingesparten CH₄e vor dem Hintergrund anderer entstehender THG-Emissionen im Produktionssystem sowie weiterer negativer Auswirkungen auf die Umwelt oder Nahrungskonkurrenz. Ein generelles Ziel besteht darin, die CH₄e zu reduzieren und gleichzeitig Vorteile einer weide- und grasbasierten Milcherzeugung zu erhalten. Dafür ist es essenziell, über experimentelle Ansätze hinaus mögliche Muster und Wirkungsmechanismen in den CH₄e auf grasbasierten Praxisbetrieben festzustellen. Saisonale Schwankungen sind in Abhängigkeit von der täglichen Milchleistung und der Futterqualität zu erwarten. Auch für die internationale Schätzung der Methanemissionen, z.B. durch den IPCC, ist das Erkennen solcher Schwankungen essenziell, da hier nach wie vor ein standardisierter, nicht an schwankende Futterqualitäten angepasster Konvertierungsfaktor (Y_m) angesetzt wird, welcher die Emissionen aus grasbasierter Milcherzeugung tendenziell zu überschätzen scheint (Lahart et al. 2024). Im Gegensatz zu Methoden der Emissionsmessung, wie z.B. mit SF₆-Tracergas oder Respirationskammern, ist das Schätzen über die Fettsäuremuster der Milch eine weniger aufwändige und weit skalierbare Methode, insbesondere in der Arbeit mit Praxisbetrieben (Engelke et al. 2018). Ziel der vorliegenden Untersuchung war deshalb (i) die Anwendung und Überprüfung der CH₄e-Schätzung anhand von Fettsäuremustern und Milchleistung auf Praxisbetrieben und (ii) die Herausarbeitung potenzieller saisonaler Muster in den Emissionen bei kraftfutterarmer und grasbasierter Fütterung.

Material und Methoden

Milchleistungsdaten und Fettsäuremuster von 18 bayerischen Milchviehbetrieben wurden für die Untersuchung über die monatlichen Probemelkdaten des LKV Bayern bezogen, gemittelt über alle Kühe jedes Betriebes. Die Daten deckten die Jahre 2019-2023 ab, wobei nicht für jeden Monat auf jedem Betrieb ein Datenpunkt vorlag ($n = 817$). Die Fettsäuremuster wurden per Infrarot-Spektroskopie ermittelt (Schwarz et al. 2021). Die CH₄e in L/Tag wurden anhand der Schätzgleichung nach Engelke et al. (2018) unter Berücksichtigung der Milchleistung (kg ECM/ Tag), des Anteils gesättigter Fettsäuren (SFA) und des Anteils Stearinsäure (C18:0) wie folgt berechnet:

$$CH_4e \left(\frac{L}{Tag} \right) = (-1364) + 9,58 \times ECM + 18,5 \times SFA + 32,4 \times C18:0 \quad \text{Gl. 1}$$

Die energiekorrigierte Milch (ECM) in kg/ Tag wurde nach Brade & Flachowsky (2005) anhand der gemessenen täglichen Milchmengen berechnet. Um eine bessere Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen anderer Studien zu gewährleisten, wurden die CH₄e zusätzlich in die Einheit g/Tag konvertiert (Gl. 2). Anschließend wurde die Methanintensität, ausgedrückt als CH₄ je kg erzeugter Milch, berechnet (L/kg ECM bzw. g/kg ECM).

$$CH_4e \left(\frac{g}{Tag} \right) = \frac{CH_4(L)}{22,414} \times 16,04 \quad \text{Gl. 2}$$

Alle Betriebe (konventionell = 6, ökologisch = 12) fütterten größtenteils grasbasiert und wiesen eine Kraffutterintensität von unter 150 g je kg ECM auf. Das Jahr wurde für die statistische Analyse in Frühling (April-Mai), Sommer (Juni-August), Herbst (September-Oktober) und Winter (November-März) eingeteilt, wobei die Winterperiode der Stallzeit und damit einhergehenden Stallfütterung auf den Betrieben entsprach, während die Kühe in den anderen drei Jahreszeiten in variierender Intensität Weidegang erhielten. Zwei der konventionellen Betriebe boten keinen Weidegang an. Mittels gemischer linearer Modelle wurde der Einfluss der Jahreszeit auf die tägliche Milchleistung, zentrale Milchinhaltsstoffe und CH₄e analysiert. Auf allen Betrieben wurden zusätzlich im Jahr 2023 botanische Kartierungen von repräsentativen Grünlandflächen (n = 105) aller vorhandenen Nutzungskategorien je Betrieb (z.B. Weiden, Mähweiden, Wiesen etc.) vorgenommen. Für die vorliegende Arbeit werden die Ertragsanteile der funktionellen Gruppen (Gräser, Kräuter, Leguminosen) verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Die durchschnittliche tägliche Milchleistung aller Betriebe betrug im Mittel über die Jahre $19,6 \pm 2,35$ kg ECM. Hier zeigte sich ein deutlicher jahreszeitlicher Trend mit einer Steigerung zu Beginn der Weidesaison und signifikant höherer Leistung im Frühjahr im Vergleich zum restlichen Jahr ($F_{3,727} = 9,76$; $p < .0001$; Abb. 1B, Tab. 1). Trotz der positiven Korrelation zwischen täglicher Milchleistung und täglichen Methanemissionen (Pearson's Korrelation: $r = 0,64$, $p < .0001$), ergab sich für die CH₄e ein gegensätzlicher Trend, wonach die täglichen Emissionen zu Beginn der Weidesaison deutlich abfielen und im frühen Sommer ihr Minimum erreichten, während sie im Winter am höchsten waren ($F_{3,727} = 24,28$; $p < .0001$; Abb. 1A, Tab. 1). Für die Methanintensität ergab sich derselbe saisonale Verlauf wie für die täglichen CH₄e, mit signifikant höheren Emissionen im Winter im Vergleich zur Weidesaison ($F_{3,727} = 47,87$; $p < .0001$; Abb. 1C, Tab. 1).

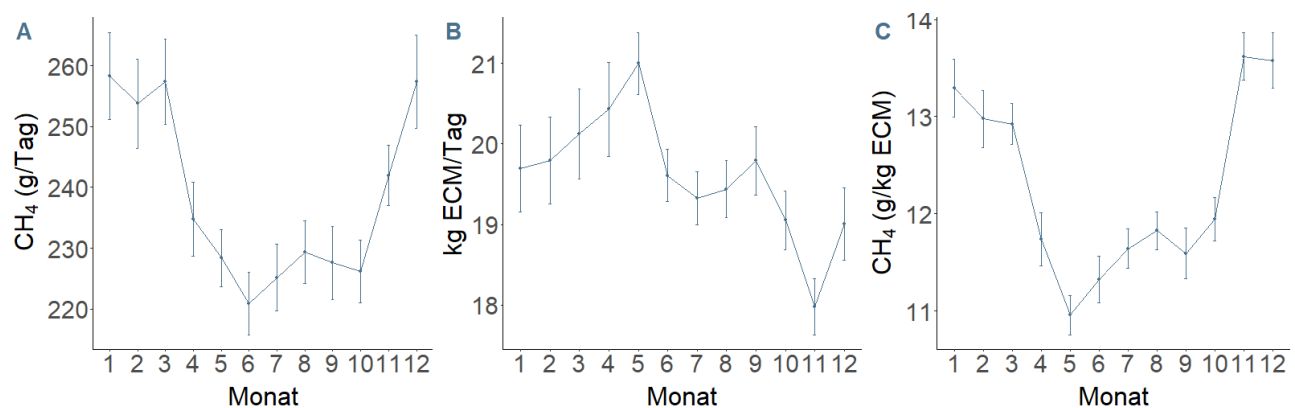


Abb. 1: Monatlicher Verlauf von (A) den CH₄-Emissionen in g/Tag, (B) der Milchleistung je Kuh in kg ECM/Tag und (C) der Methanintensität (CH₄-Emissionen in g/kg ECM). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehlerbalken.

Diese saisonalen Verläufe decken sich nur zum Teil mit anderen Untersuchungen. Mehrere Studien stellten niedrigere CH₄e im Frühling fest, die im Verlauf der Vegetationsperiode anstiegen (Lahart et al. 2024; Orcasberro et al. 2021). Auch in der vorliegenden Untersuchung sanken die CH₄e, während gleichzeitig die Milchleistung zu Beginn der Weidesaison anstieg, was mutmaßlich mit den niedrigen Faserkonzentrationen der Aufwüchse (NDF und ADF) im jungen Weidegras und damit verbunden höherer Verdaulichkeit erklärt werden kann (Lahart et al. 2024). Eine andere Studie konnte keine signifikanten Unterschiede in der Übergangszeit vom Stall zur Weide feststellen (Szalanski et al. 2019). Die geschätzten mittleren CH₄e der untersuchten Betriebe von 239 ± 24 g/Tag waren niedriger als mittels SF₆-Methode kalkulierte Werte aus Experimenten mit gras- oder weidebasierter Fütterung (z.B. Carmona-Flores et al. 2020; Jiao et al. 2014; Lahart et al. 2024; van Wyngaard et al. 2018) und deutlich niedriger als mittels Respirationskammern gemessene Werte unter reiner TMR-Stallfütterung (Engelke et al. 2018). Alle diese Referenzen gehen zwar auch mit einer höheren täglichen Milchmenge einher, jedoch waren auch die CH₄e je kg ECM in der vorliegenden Untersuchung niedriger als in den erwähnten Studien. Dies kann entweder an Ungenauigkeiten in der Schätzmethodik liegen oder an tatsächlich niedrigeren Emissionen auf grasbasierten Praxisbetrieben als auf Grundlage von experimentellen Studien angenommen.

In einer vergleichenden Untersuchung verschiedener Schätzmethoden auf high-input und low-input-Betrieben stellten Zanon et al. (2023) fest, dass die untersuchten Gleichungen, inklusive der hier genutzten (Engelke et al. 2018), wahrscheinlich eine höhere Genauigkeit bei der Anwendung für stallbasierte high-input-Systeme aufweisen, da sie auf Grundlage solcher entwickelt wurden. Gleichzeitig könnte gerade die Einbeziehung von Fettsäuremustern und Milchleistung anstelle der TM-Aufnahme eine gute Möglichkeit sein, um stärker zwischen verschiedenen Fütterungsstrategien zu differenzieren. So ergab sich bei Zanon et al. (2023) für die hier genutzte Gleichung, im Vergleich zu anderen Schätzgleichungen ohne Berücksichtigung der Fettsäuren, die größte Diskrepanz für die Methanintensität zwischen high- und low-input- Betrieben.

Tab. 1: Mittlere Milchleistung, Milchinhaltsstoffe und Methanemissionen über alle Betriebe und Jahre, eingeteilt nach Jahreszeiten. Mittelwerte sind entsprechend dem Output der linearen Modelle angegeben. Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Jahreszeiten. SFA = gesättigte Fettsäuren (FS), MUFA = einfach ungesättigte FS, PUFA = mehrfach ungesättigte FS

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Milchleistung (kg ECM/Tag)	20,8 ^b	19,3 ^a	19,4 ^a	19,3 ^a
Fett (%)	3,98 ^a	3,91 ^a	4,09 ^b	4,17 ^c
Eiweiß (%)	3,38 ^a	3,39 ^a	3,44 ^b	3,59 ^c
SFA (% vom Milchfett)	63,8 ^b	62,7 ^a	63,2 ^{ab}	67,1 ^c
MUFA (% vom Milchfett)	26,9 ^b	27,5 ^b	27,2 ^b	24,1 ^a
PUFA (% vom Milchfett)	4,01 ^b	4,33 ^c	4,36 ^c	3,42 ^a
CH ₄ e (L/Tag)	326 ^a	312 ^a	318 ^a	354 ^b
CH ₄ e (g/Tag)	233 ^a	223 ^a	227 ^a	253 ^b
CH ₄ e/ Milchleistung (L/kg ECM)	15,9 ^a	16,2 ^a	16,5 ^a	18,6 ^b
CH ₄ e/ Milchleistung (g/kg ECM)	11,4 ^a	11,6 ^a	11,8 ^a	13,3 ^b

Auch die Zusammensetzung und die Artenvielfalt des für die Fütterung oder Beweidung genutzten Grünlandes kann die CH₄e beeinflussen. So stellten Carmona-Flores et al. (2020) signifikant niedrigere Emissionen je kg ECM auf artenreichen Weiden im Vergleich zu Weidelgras-Weißklee-Weiden fest. Insbesondere Pflanzen mit einem hohen Gehalt an sekundären Inhaltsstoffen wie z.B. Tanninen scheinen eine wichtige Rolle zu spielen und das Fettsäuremuster in der Milch zu verändern. Loza et al. (2023) konnten zeigen, dass bei der Fütterung von artenreichem, im Vergleich zu artenarmem Weidegras und zu Silage die gesättigten FS (SFA) in der Milch ab- und die mehrfach ungesättigten FS (PUFA) zunahmen. Da die CH₄e unter anderem vom Verhältnis und den Anteilen von gesättigten und ungesättigten FS beeinflusst werden, lässt sich ein Zusammenhang zwischen Artenzusammensetzung und CH₄e vermuten.

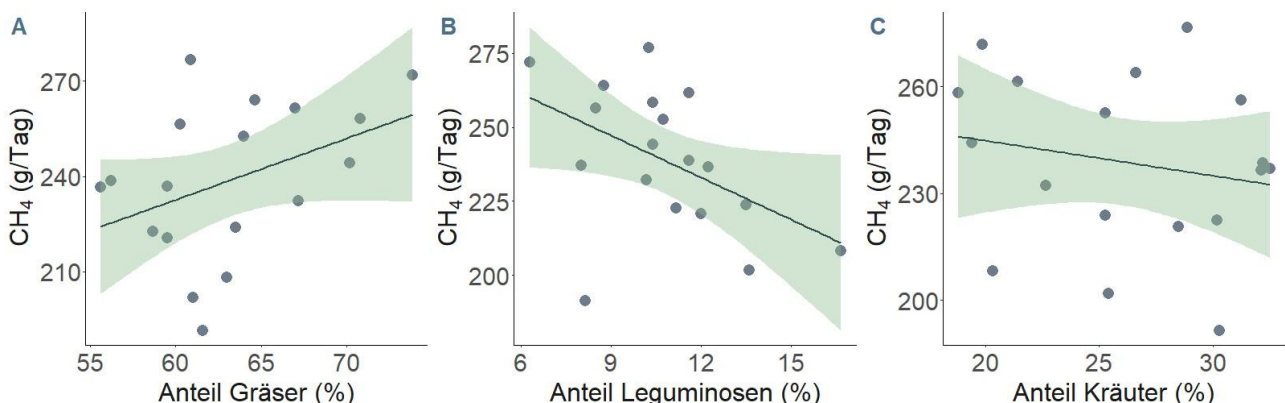


Abb. 2: Korrelationen zwischen mittleren Methanemissionen (g/Tag) und prozentualen Ertragsanteilen der funktionellen Gruppen auf repräsentativen Grünlandflächen der untersuchten Betriebe. Die Methandaten je Betrieb sind gemittelt über alle Jahre und Monate. Dargestellt sind Einzeldatenpunkte, Regressionsgeraden und Konfidenzintervalle.

So konnte durch die Untersuchung des Grünlandes auf den teilnehmenden Betrieben dieser Studie eine signifikant negative Korrelation zwischen dem mittleren Ertragsanteil von Leguminosen und der täglichen CH₄e festgestellt werden ($r = -0,47$; $p < .05$; Abb. 2B). Der Ertragsanteil von Gräsern zeigte dagegen eine leicht positive Korrelation, wenn gleich diese nicht signifikant war (Abb. 2A). Höhere AFD- und NDF-Konzentrationen im Gras im Vergleich zu Leguminosen und Kräutern können durch langsamere Fermentation im Pansen die Emissionen erhöhen.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchung zeigt saisonale Schwankungen der Methanemissionen für 18 grasbasiert fütternde Praxisbetriebe, mit signifikant höheren Emissionen im Winter als in der Weidesaison. Als Gründe können hierfür die bessere Futterqualität auf der Weide und positive Einflüsse von verdauungsfördernden Pflanzenstoffen in Betracht gezogen werden, welche den Effekt der steigenden Milchmenge im Frühjahr nicht nur auszugleichen, sondern umzukehren scheinen. Die Berechnung der CH₄e unter Zuhilfenahme einer Schätzgleichung ist unkompliziert und ließe sich aufgrund des geringen Aufwandes auf beliebig viele Betriebe hochskalieren. Die berechneten Emissionen sind niedriger als gemessene Werte aus experimentellen Studien. Ob dies an der Schätzmethode oder an tatsächlich geringeren CH₄e auf praktischen Betrieben als angenommen liegt, bleibt zu untersuchen. In weiteren Analysen soll desweiteren eine detaillierte Beschreibung der Futterrationen erfolgen und deren Einfluss auf die CH₄e getestet werden.

Literatur

- Brade, W., Flachowsky, G. (2005): Cattle breeding and milk production recommendations for practice, in: Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 289.
- Carmona-Flores, L., Bionaz, M., Dowing, T., Sahin, M., Cheng, L., Ates, S. (2020): Milk Production, N Partitioning, and Methane Emissions in Dairy Cows Grazing Mixed or Spatially Separated Simple and Diverse Pastures. *Animals* 10 (8).
- Engelke, S. W., Gürbüz, D., Derno, M., Tuchscherer, A., Berg, W., Kuhla, B., Metges, C. (2018): Milk fatty acids estimated by mid-infrared spectroscopy and milk yield can predict methane emissions in dairy cows. *Agron. Sustain. Dev.* 38 (3).
- Jiao, H. P., Dale, A. J., Carson, A. F., Murray, S., Gordon, A. W., Ferris, C. P. (2014): Effect of concentrate feed level on methane emissions from grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97 (11): 7043-7053.
- Lahart, B., Buckley, F., Herron, J., Fitzgerald, R., Fitzpatrick, E., Galvin, N., Shalloo, L. (2024): Evaluating enteric methane emissions within a herd of genetically divergent grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 107 (1): 383-397.
- Loza, C., Davis, H., Malisch, C., Taube, F., Loges, R., Magistrali, A., Butler, G. (2023): Milk Fatty Acids: The Impact of Grazing Diverse Pasture and the Potential to Predict Rumen-Derived Methane. *Agriculture* 13 (1).
- Muñoz, C., Villalobos, R., Peralta, A. M. T., Morales, R., Urrutia, N. L., Ungerfeld, E. M. (2021): Long-Term and Carryover Effects of Supplementation with Whole Oilseeds on Methane Emission, Milk Production and Milk Fatty Acid Profile of Grazing Dairy Cows. *Animals* 11 (10).
- Rotz, A. (2018): Modeling greenhouse gas emissions from dairy farms. *Journal of Dairy Science* 101 (7): 6675-6690.
- Schwarz, D., Rosenberg Bak, M., Waaben Hansen, P. (2022): Development of global fatty acid models and possible applications. *Int. Journ. Of Dairy Tech.* 75 (1): 4-20.
- Szalanski, M., Kristensen, T., Difford, G., Lassen, J., Buitenhuis, A. J., Pszczola, M., Løvendahl, P. (2019): Enteric methane emission from Jersey cows during the spring transition from indoor feeding to grazing. *Journal of Dairy Science* 102 (7): 6319-6329.
- Van Wyngaard, J.D.V., Meeske, R., Erasmus, L. J. (2018): Effect of concentrate feeding level on methane emissions, production performance and rumen fermentation of Jersey cows grazing ryegrass pasture during spring. *Animal Feed Science and Technology* 241: 121-132.
- Zanon, T., Fichter, G., Mittermair, P., Nocker, L., Gauly, M., Peratoner, G. (2023): Quantifying methane emissions under field conditions under 2 different dairy production scenarios: Low-input versus high-input milk production. *Journal of Dairy Science* 106 (7): 4711-472.

Verbesserung von Treibhausgasbilanzen in der Rindfleischproduktion mit Uckermärker Rindern

N. Schulze¹, V. Huth², N. Wrage-Mönnig¹

¹ Universität Rostock, Grünland und Futterbauwissenschaften

² Universität Greifswald, Moorforschung

nina.schulze@uni-rostock.de

Einleitung

Die Rindfleischproduktion stellt eine bedeutende Quelle von Treibhausgasemissionen (THG) dar, vor allem durch Methan (CH_4), das infolge der enterischen Fermentation freigesetzt wird, sowie durch das Management von Gülle und die Produktion von Futtermitteln, die CH_4 , Lachgas (N_2O) und Kohlendioxid (CO_2) emittieren (Desjardins et al. 2012). Dieser Sachverhalt wird deshalb im Kontext des Klimawandels intensiv diskutiert. Infolgedessen steht die Rindfleischproduktion unter zunehmendem Druck, Maßnahmen zur Reduzierung ihres Carbon Footprint (CF) zu ergreifen (Ruviano et al. 2015).

Ziel der Studie ist es, die THG-Bilanzierung bei der Rindfleischproduktion von Uckermärker Rindern zu untersuchen. Dazu werden die Weide- und Stallperioden von zwei Betrieben auf Rügen (Mecklenburg-Vorpommern) analysiert. Es werden Messungen und Datenanalysen durchgeführt, um eine umfassende THG-Bilanz zu erstellen. Der Fokus liegt hierbei auf Einflussfaktoren, die die Emissionen signifikant erhöhen. Daraus werden Empfehlungen zur THG-Reduktion für die Betriebe entwickelt. Zudem erfolgen allgemeine Handlungsempfehlungen für andere Betriebe, um THG-Emissionen nachhaltig zu senken.

Material und Methoden

Für die Probenahme wurden zwei unterschiedliche Standorte auf der Insel Rügen (Mecklenburg-Vorpommern) ausgewählt:

1. Krimvitzer Weide (KW): Eine intensiv genutzte Koppelweide mit mineralischer (bis 2023) und ab 2024 aufgrund der Umstellung auf Bioweidehaltung ausschließlich organischer Düngung sowie aktiver Entwässerung der organischen Bodenbereiche.
2. Neuenkirchener Weide (NW): Diese Weide liegt im Naturschutzgebiet mit Salzgrasland und Sandmagerrasen und wird weder gedüngt noch aktiv entwässert.

An beiden Standorten wurden jeweils sieben Messpunkte eingerichtet (Abb. 1). Das Transekt wurde entlang eines Feuchtegradient von eher trockenen höhergelegenen Verhältnissen hin zu Gewässerrändern eingerichtet. Diese dienen der umfassenden Analyse der Treibhausgase CO_2 , CH_4 und N_2O sowie deren stabilen Isotope ^{15}N und ^{18}O , den Ammonium- (NH_4^+) und Nitratgehalten (NO_3^-) im Boden und den relevanten Parametern der Vegetation und Biomasse. Die Messungen von CO_2 und CH_4 erfolgen in Echtzeit-in-Situ mittels eines Ultra Portable Greenhouse Gas Analyzers (UGGA). Die N_2O -Messungen werden mithilfe von Gasexetainern und anschließender Gaschromatographie (GC) bzw. Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS) durchgeführt. Ergänzend dazu werden Begleitparameter wie Bodenfeuchte, Bodentemperatur und Klimadaten mittels Logger und einer FieldSense Wetterstation erfasst. Die Messungen erfolgen in einem zwei- bis vierwöchigen Rhythmus, um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten und eine umfassende Analyse der Kohlenstoffbilanz und der THG-Flüsse zu ermöglichen.

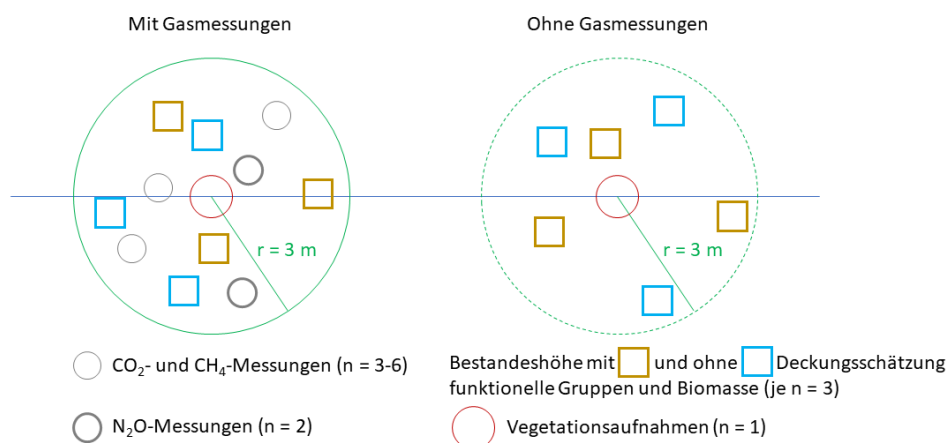


Abb. 1: Schematisches Design der Messpunkte pro Transekt mit (n=4) und ohne (n=3) Gasmessungen

Im Rahmen der Studie werden sämtliche erforderlichen Parameter für ein Life-Cycle-Assessment (LCA) während der Stallperiode gesammelt. Diese umfassen Aspekte wie Düngung, Weidezeiten der Tiere, Schlacht- und Lebendgewichte der Tiere, Transportwege und die Art des Futters (Tab. 1). Sie dienen als Grundlage für alle weiteren Bilanzierungen und Berechnungen des CF mithilfe der IPCC-Methode und dem gestuften (Tier-) System (Nabuurs et al. 2023). Durch die Kombination aller Daten ergibt sich eine Gesamtreibhausgasbilanz für beide landwirtschaftlichen Betriebe.

Tab. 1: Allgemeine Betriebsdaten für beide Standorte KW und NW für die Weide- und Stallperiode

Standort	Grünland [ha]	Ackerland [ha]	Tierbestand	Weidezeiten	Futter (Stall)	Düngung	Schlachtgewichte Durchschnitt [kg]
KW	180 (Rotationsweide)	150	105 Kühe + 3 Bullen + 90 Kälber	Mai - November	Grassilage, Maissilage, Luzernsilage, Triticale, Bullen BJR	N-Düngung, organische Düngung	330
NW	167 (Standweide)	-	42 Kühe + 40 Kälber	Juni - Oktober	Grassilage, Maissilage, Erbsenschrot, Kulmin	keine	310

Die statistische Analyse wurde mithilfe der Programmiersprache "R" durchgeführt. Zur Erstellung des LCAs für 1kg Rindfleisch wurde die Software "OpenLCA" verwendet.

Ergebnisse

Die Bilanzierung von N₂O (Abb. 2) an den insgesamt acht Messpunkten auf beiden Flächen während der Jahre 2022 bis 2024 zeigt, dass sämtliche Standorte geringe Mengen an N₂O aufnehmen. Lediglich NW7, welcher im Einflussbereich der Ostsee liegt, weist insgesamt eine geringfügige N₂O-Emission auf. Die Gründe hierfür werden noch näher untersucht. Ein Einfluss eines Eintrages von Stickstoff über das Wasser der Ostsee ist nicht auszuschließen. Die tendenziell höhere N₂O-Aufnahme auf der KW als auf NW, könnte auf die allgemein höhere Vegetationsdichte und Biomassebildung dort zurückzuführen sein. Diese Bedingungen könnten – trotz der erfolgten Stickstoffdüngung – zu einer verstärkten Umsetzung und Verwertung von Stickstoff beitragen.

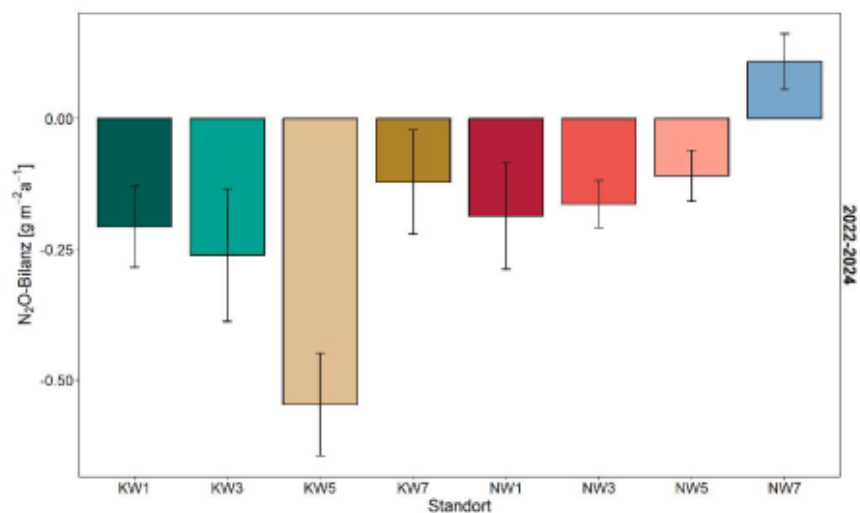


Abb. 2: N₂O-Bilanzierung [g m⁻² a⁻¹] für alle Messpunkte (n=8) auf beiden Standorten für den Zeitraum 2022-2024.

Die Zeitreihe der CO₂-Messungen (Abb. 3) zeigt deutliche saisonale Veränderungen mit eindeutigen Spitzen in der CO₂-Aufnahme und -Abgabe auf beiden Grünlandflächen in den Sommermonaten. Gründe hierfür sind unter anderem die Erhöhung der Biomasse und der Lichtintensität. Im Winter wurden im Allgemeinen geringere THG-Flüsse gemessen.

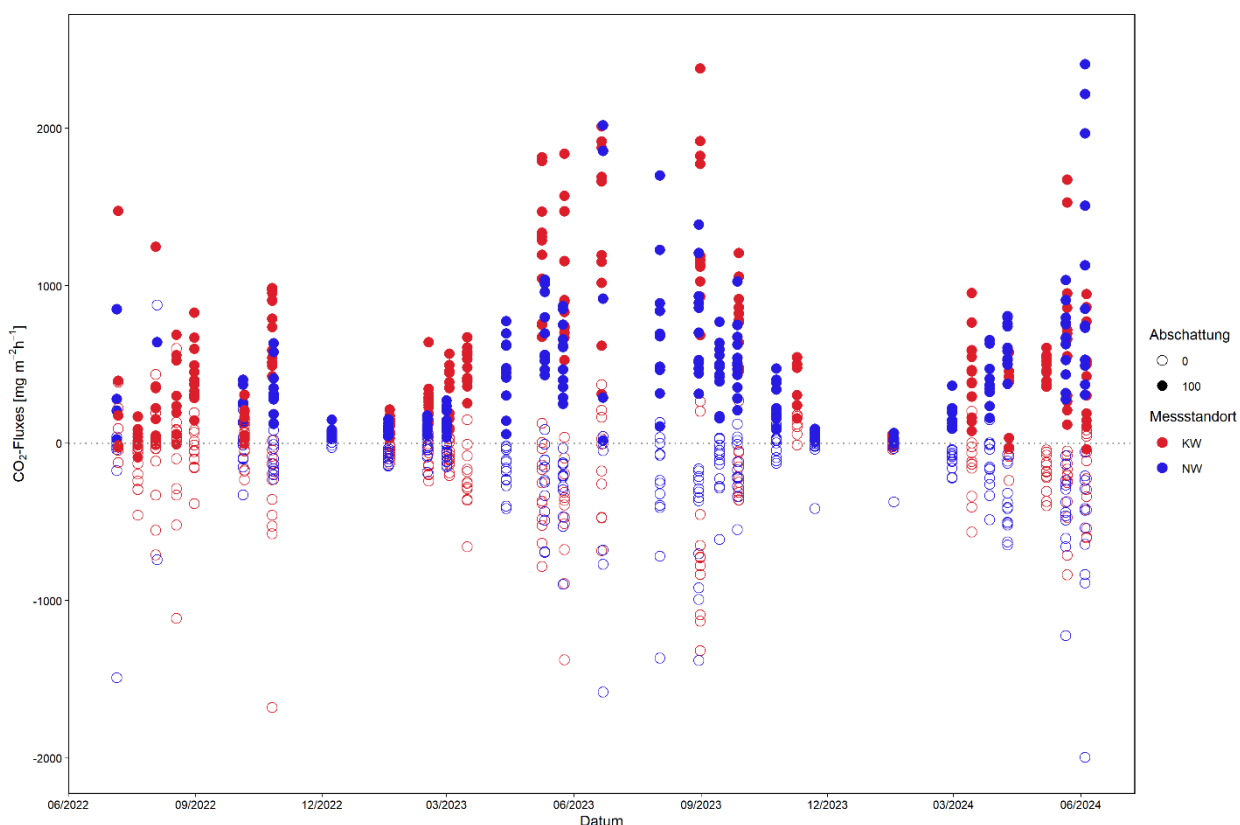


Abb. 3: Zeitreihe der CO₂-Flüsse von Juli 2022 bis Juni 2024 für die zwei Messstandorte KW (rot) und NW (blau), Abschattung in Prozent (%)

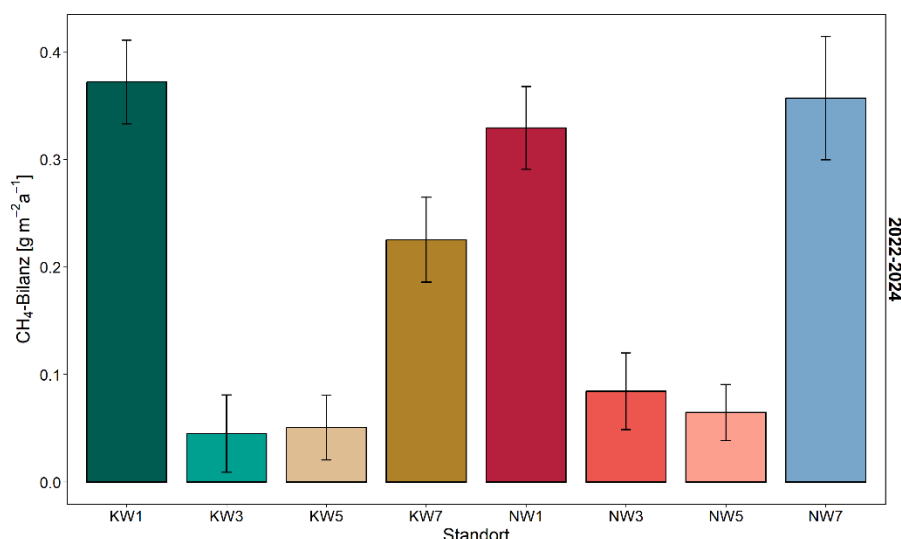


Abb. 4: CH₄-Bilanzierung (g m⁻² a⁻¹) für die acht Messpunkte auf beiden Standorten für den Zeitraum 2022-2024.

Die Bilanzierung der CH₄-Konzentrationen (Abb. 4) zeigt, dass alle Messpunkte eine Methanemission aufweisen, wenn auch in geringem Ausmaß. Die beiden nassen und im organischen Bereich des Grünlands liegenden Standorte KW7 und NW7 zeigen etwas höhere Emissionen als die Standorte 3 und 5 auf beiden Weiden. Interessanterweise weisen sowohl KW1 als auch NW1 ebenfalls höhere Emissionen auf, obwohl diese im mineralischen Bereich liegen und hier die Bodenfeuchte geringer ist. Die genauen Ursachen hierfür erfordern noch weitere Untersuchungen.

Schlussfolgerungen

An beiden Messstandorten zeigen die Jahresbilanzen von N₂O und CH₄ allgemein sehr geringe Werte um den Nullpunkt. Da CH₄ allerdings ein 28-fach und N₂O ein 265-fach höheres THG-Potenzial als CO₂ (Myhre et al. 2013) haben, könnten diese trotzdem einen Einfluss auf die Gesamtbilanz haben. Bei der Berechnung der CO₂-Flüsse sind im Sommer größere Schwankungen festzustellen. Die Bilanzierung von CO₂ am Ende des Projektzeitraums wird zeigen, wie diese Schwankungen die Gesamt-THG-Emissionen beeinflussen. Als nächster Schritt werden deshalb alle Bilanzen in CO₂-Äquivalente umgerechnet, um die Ergebnisse vergleichbar zu machen. Außerdem werden sich künftige Untersuchungen verstärkt auf die Stallperiode konzentrieren, da hier voraussichtlich mehr Potenzial zur Einsparung von THG-Emissionen besteht. Weitere Ergebnisse werden im Laufe des Jahres ausgewertet und präsentiert.

Literaturverzeichnis

- Desjardins, R. L., Worth, D. E., Vergé, X. P., Maxime, D., Dyer, J., & Cerkowniak, D. (2012): Carbon footprint of beef cattle. *Sustainability*, 4(12), 3279-3301.
- Ruviaro, C. F., de Léis, C. M., Lampert, V. D. N., Barcellos, J. O. J., & Dewes, H. (2015): Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study. *Journal of Cleaner Production*, 96, 435-443.
- Nabuurs, G. J., Mrabet, R., Hatab, A. A., Bustamante, M., Clark, H., Havlík, P., ... & Steinfeld, J. P. (2023): Agriculture, forestry and other land uses (AFOLU). In *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. (pp. 747-860). Cambridge University Press.
- Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestad, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang (2013): Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Mit Stockmanship nach Bud Williams die Effizienz von Beweidung verbessern: Lernmaterial zu Stockmanship in deutscher Sprache

R. Oldenbourg
Klimapraaxis gUG (h.), Marienstr. 19/20, 10117 Berlin
rita.oldenbourg@klimapraaxis.de

Einleitung und Problemstellung

Die Nutzung von Dauergrünland und Feldfutter wird umso effizienter, je präziser man die Tiere zum richtigen Zeitpunkt an den richtigen Ort bringen kann.

Bud Williams (USA) hat Grundprinzipien zu Stockmanship abgeleitet und in Worte gefasst, so dass sie gut vermittelbar sind. Stockmanship nutzt Körpersprache, Position und Bewegung der Tierhalter*innen, um Tiere gezielt, kontrolliert und möglichst entspannt dorthin zu bewegen, wo sie für eine effiziente Beweidung gebraucht werden. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass sich so auch alle Management-Aufgaben (Behandlungen, Trächtigkeits-Untersuchungen usw.) deutlich leichter und mit weniger Aufwand realisieren lassen. Die Methode wird von Praktiker*innen auf der ganzen Welt seit Jahrzehnten begeistert angewandt.

Die Vorteile von Low Stress Stockmanship sind vielfältig. Das Wohlbefinden der Tiere steigt spürbar, die Herden verhalten sich grundsätzlich ruhiger. Durch den stressfreien Umgang mit den Tieren sinkt das Verletzungsrisiko sowohl bei den Tieren als auch bei den Menschen, die mit ihnen arbeiten. Darüber hinaus lässt sich mit ruhigen Tieren effizienter arbeiten. Weidewechsel werden deutlich einfacher, die Beweidung wird präziser, Mob Grazing kann gut umgesetzt werden.

Zwei Kernelemente von Stockmanship sind das Zonenkonzept sowie das Geben und Nehmen von Druck. Das Zonenkonzept benennt drei Zonen um die Tiere herum. Wer sich in der neutralen Zone befindet, hat keine Relevanz für das jeweilige Tier. Wer in die Beobachtungszone eines Tieres eintritt, wird vom Tier beobachtet. Wer sich dem Tier noch weiter annähert, tritt in die Bewegungszone ein (Cote, 2019).

Im Stockmanship arbeitet man am Rand der Bewegungszone durch das Geben und Nehmen von Druck. Die meisten, die mit Rindern arbeiten, können gut Druck geben. Eine neue Dimension eröffnet sich, wenn man den Druck in dem Moment *reduziert*, in dem das Tier auf die gewünschte Weise auf den Druck reagiert. Aus dem Wechselspiel von Druck geben *und* Druck nehmen am Rande der Bewegungszone entsteht eine immer feiner werdende Interaktion zwischen Tier und Mensch. Den Kern der Methode könnte man daher so beschreiben: Die Tiere lesen lernen - und mit ihren Reaktionen arbeiten.

Bislang gibt es wenig Lernmaterial auf Deutsch. Es gibt Betriebe in Deutschland, die Stockmanship mit tiefer Überzeugung anwenden, aber es gibt kein Netzwerk für Kontakte und Austausch zum Thema. Deswegen soll Stockmanship als Hilfsmittel für erfolgreiches Mob Grazing bekannter und einfacher zugänglich gemacht werden. Dies findet im Rahmen des EIP-Projekts „Mob Grazing im Ackerfutterbau“ seit 2023 statt.

Material und Methoden

Es werden Erfahrungen der Partnerbetriebe mit Stockmanship dokumentiert, ausgewertet und diskutiert. Außerdem werden Materialien zur innerbetrieblichen Schulung entwickelt und durch Öffentlichkeitsarbeit und Wissenstransfer verbreitet. Lernmaterial aus den USA wird auf Deutsch übersetzt, didaktisch aufbereitet und elektronisch bzw. im Internet zur Verfügung gestellt. So können Personen, die betrieblich an einen Ort gebunden sind, inhaltlich in das Thema einsteigen und prüfen, ob es für sie hilfreich ist. Feedback-Schleifen mit Praktiker*innen und Lernenden sichern Qualität und Nutzen des Lernmaterials. Seminare, Kontakte und Austausch unter den Anwender*innen von Stockmanship stärken das Netzwerk.

Herangehensweise:

- Partizipatorischer Ansatz: Aus der Praxis für die Praxis
- Interviews mit Personen aus der Praxis: Durchführung und Auswertung
- Sammeln von bereits vorhandenem Bild- und Videomaterial, Erstellen von Link- Listen
- Schrittweise Entwicklung des Lernmaterials mit Feedback-Schleifen
- Erstellen von Videomaterial mit Stockmanship-erfahrenen Betrieben und Personen
- Bereitstellung von Selbstlernmaterial für ersten Einstieg
- Stärkung des Netzwerkes
- Seminare

Ergebnisse und Diskussion

Es wurden Interviews mit Personen aus der Praxis durchgeführt. Die ersten Feedback- Schleifen zum Lernmaterial sind gemacht. Es konnten Betriebe für Filmaufnahmen gewonnen werden. Von US-Autor*innen wird eine große Bereitschaft für eine Übertragung ins Deutsche gezeigt. Das erstellte Material wird schrittweise unter www.mob-grazing.de/stockmanship zur Verfügung gestellt.

Schlussfolgerungen

Die Rückmeldungen aus der Praxis zur Erstellung von deutschsprachigem Lernmaterial sind durchweg positiv. Die schrittweise Entwicklung des Lernmaterials in enger Abstimmung mit Praktiker*innen und Lernenden hat sich bewährt. So ist das Lernmaterial nah an der Zielgruppe. Durch den Entwicklungsprozess selbst wird das Wissen verbreitet und die Vernetzung innerhalb der Zielgruppe gestärkt.

Weiterführende Literatur

Cote, S. (2004): Stockmanship – A powerful tool for grazing lands management. USDA Natural Resources Conservation Service & Butte Soil and Water Conservation District, <https://www.grandin.com/behaviour/principles/SteveCote.book.html>

Cote, S. (2019): Manual of Stockmanship. Selbstverlag, <https://www.cotestockmanship.com/learning-resources.html>

Hibbard, W. (2012): Stockmanship Journal Volume 1 Issue 1. Stockmanship Journal, Selbstverlag, <https://stockmanshipjournal.com/archives/>

Hibbard, W. (2012): Stockmanship Journal Volume 1 Issue 2. Stockmanship Journal, Selbstverlag, <https://stockmanshipjournal.com/archives/>

Idel, A. (2019): Den Rindern die Zeit geben, die sie brauchen. In A. Idel, *Die Kuh ist kein Klimakiller*. Metropolis: 125-132.

Idel, A. (2019): Ekkehard ist der Schafmann, und ich bin die Rinderfrau. In: A. Idel, *Die Kuh ist kein Klimakiller* (S. 133-142). Metropolis.

Masson, A. (2015): Kommunikation. In A. Masson, *Handbuch Rinderanspannung*. Starke Pferde Verlag:96-109.

Probst, J. & Spengler-Neff, A. (2018): „Low Stress Stockmanship“. In Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL (Hg.), *Erfolgreiches Rinderhandling Merkblatt 2018 Nr. 1658*: 20-22.

Energetische Futterbewertung des Dauergrünlandes Bayerns

S. H. Annuth¹, T. M. Schmitt², C. Boos², R. Kiese², T. Koellner¹

¹Professorship of Ecological Services, Universität Bayreuth, Universitätsstr. 30, 95447 Bayreuth,

²Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Meteorology and Climate Research (IMK-IFU),
Garmisch-Partenkirchen

Sylvia.Annuth@uni-bayreuth.de

Einleitung und Problemstellung

Grünland bietet nicht nur einen wichtigen Lebensraum für Insekten und andere Tiere, sondern hat gegenüber Ackerland bezüglich verschiedener Ökosystemdienstleistungen wie Erosionsschutz und Kohlenstoffspeicherung einen wesentlichen Mehrwert (Schirpke et al. 2019). Darüber hinaus spielt Grünland eine wichtige Rolle für die Futtermittelproduktion.

Um den Energiebedarf der Nutztiere (Rinder, Pferde, Schafe, Ziegen) zu decken, wird meist Getreide zugefüttert. Aufgrund der Diskrepanz der Ökosystemdienstleistung zwischen Acker- und Grünland stellt sich die Frage, ob diese Zufütterung notwendig ist.

Vergangene Untersuchungen haben gezeigt, dass der Energie und Eiweißgehalt von Dauergrünland, besonders im ersten Schnitt, höher ist als angenommen (Diepolder und Raschberger 2013; Elsässer et al. 2016; Köhler et al. o.J.). In der vorliegenden Studie soll das Potential von Grünland als Futtermittel in Bayern aufgezeigt werden. Hierbei werden nur Mähweiden und Wiesen in der Berechnung berücksichtigt, da bei diesen Nutzungstypen im Gegensatz zu Weiden die Menge des Ertrages geschätzt werden kann.

Ziel dieser Untersuchung ist abzuschätzen, ob der Energiebedarf der Nutztiere allein durch das heimische, des jeweiligen Betriebes zur Verfügung stehende Dauergrünland gedeckt werden kann. Zudem stellt sich die Frage, ob es innerhalb und zwischen den Studiengebieten (Nord- und Südbayern) Unterschiede hinsichtlich der Ergebnisse gibt und inwieweit diese durch klimatische Faktoren wie Niederschlag beeinflusst werden. Darüber hinaus wird geprüft, ob biologisch geführte Betriebe resilienter gegenüber Klimaänderungen sind als konventionell geführte Betriebe.

Material und Methoden

Die beiden Untersuchungsgebiete liegen in Bayern, Deutschland (s. Abb. 1). Das Ammer Gebiet im Süden zeichnet sich durch seine Alpenlage und grünlanddominierende Landschaft aus, die überwiegend extensiv bewirtschaftet wird. Das Gebiet Roter Main/Weißer Main (RMWM) in Norden Bayerns wird landwirtschaftlich intensiver als das Ammer Gebiet genutzt. Diese landwirtschaftlichen Flächen werden sowohl als Dauergrünland als auch als Ackerland genutzt.

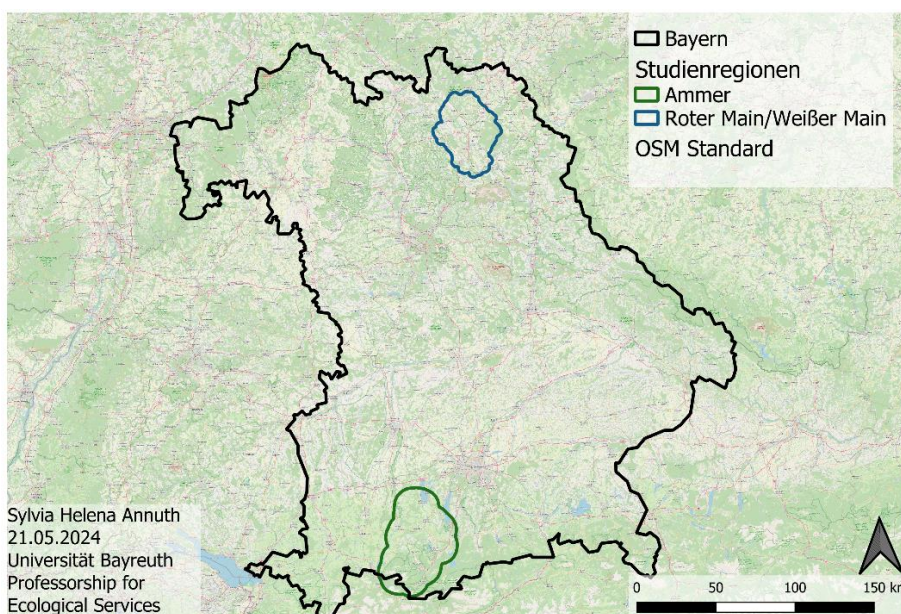


Abb. 1: Untersuchungsgebiete in Bayern, Deutschland (Annuth 2024)

Die Energiebilanz wurde im RMWM-Gebiet für knapp 1000 und im Ammer Gebiet für ca. 2050 Betriebe ermittelt. Nach dem Ansatz von Jäger et al. 2020 wird die Energiebilanz in ME (Metabolizable Energy = Umsetzbare Energie) berechnet. Für die einem Betrieb zur Verfügung stehende Energie werden Wiesen und Schnittwiesen betrachtet. Mithilfe der InVeKos-Daten sind Lage, Größe und Nutzung der Schläge bekannt und können einem Betrieb zugeordnet werden. Die Anzahl der Schnitte und der Ertrag der Schläge wird mit Remote-Sensing (Reinermann et al. 2023), bzw. dem LandscapeDNDC-Modell (Haas et al. 2013) berechnet. Der Energiebedarf wird mittels der Gruber Tabellen (LfL 2021) und der jeweils regional durchschnittlichen Milchproduktion berechnet. Milchkühe haben einen zusätzlichen Energiebedarf von 5 ME/l und Tag gegebener Milch. Es wird davon ausgegangen, dass sich der Tierbestand pro Betrieb innerhalb von drei Jahren nicht signifikant ändert. Damit wird angenommen, dass der Energiebedarf pro Betrieb in den Jahren 2018 und 2020 relativ konstant bleibt. Die Erträge hingegen variieren mit klimatischen Parametern wie Niederschlag und Temperatur.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt ist die Energiebilanz im Mittel für beide Studienregionen und Jahre zusammen -295,53 GJ ME. Dabei besteht in der RMWM-Region mit durchschnittlich -975,6 GJ ME ein größerer Energiemangel als in der Ammer Region (25,87 GJ ME). Dies lässt sich durch die gemischte und intensivere Landnutzung erklären. In der Ammer Region fällt die Bilanz überwiegend positiv aus, wobei ein Nord-Süd Trend erkennbar ist (s. Abb. 2).

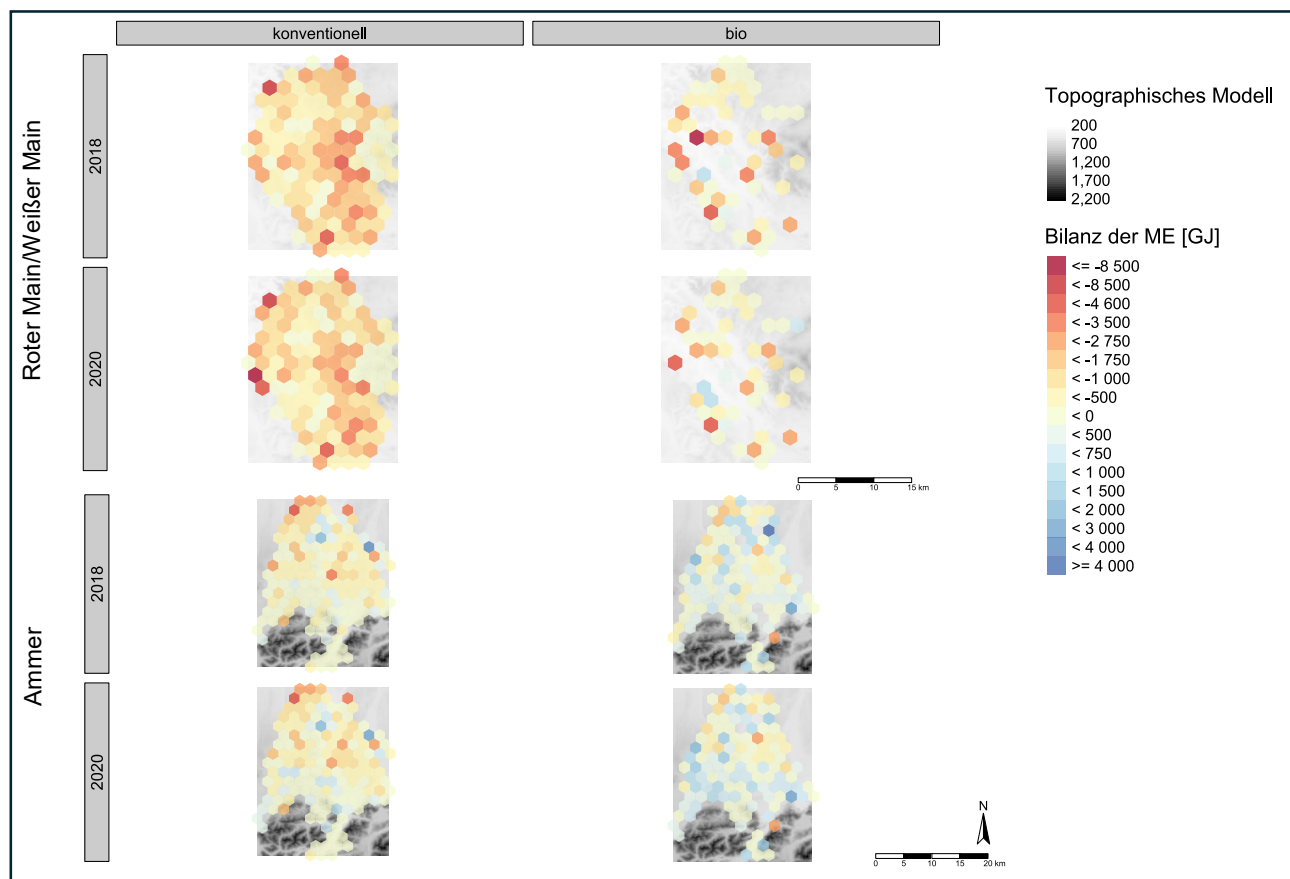


Abb. 2: Geographische Verteilung der Energiebilanz pro Betrieb und Jahr. Hexagongröße: 4 km², aggregiertes arithmetisches Mittel der Bilanz der Betriebe innerhalb jedes Hexagons (Annuth 2024)

Der Norden der Ammer Region wird im Vergleich zum Süden intensiver bewirtschaftet und neben Grünland auch Ackerbau zur Futtermittelproduktion betrieben.

Beim Vergleich der Energiebilanzen zwischen dem trockenen Jahr 2018 und dem normalen Jahr 2020 innerhalb der beiden Studienregionen gibt es keinen signifikanten Unterschied. Der negative Einfluss des Klimas, im Sinne von weniger Niederschlag während der Vegetationsperiode, scheint für biologisch geführte Betriebe in grünlanddominierten Regionen geringer auszufallen als für konventionelle Betriebe (s. Abb. 2).

Weiden wurden in dieser Berechnung nicht berücksichtigt, da zum einen die Zeit, die die Tiere auf der Weide verbringen und zum anderen die dort gefressene Menge unbekannt sind. Daher werden die hier gezeigten Bilanzen für einige Betriebe eher unterschätzt. Da in beiden Jahren im Mittel die Energiebilanz pro Betrieb bei -295.53 GJ ME liegt, ist davon auszugehen, dass zur Energiedeckung der Nutztiere eine Fütterung mit Grünfutter weitestgehend ausreichen würde.

Für eine leistungsorientierte Fütterung, beispielsweise für Milchkühe oder Sportpferde, ist der Eiweiß- und der Rohfasergehalt des Futters wichtig. Entscheidend dafür ist die Artenzusammensetzung der einzelnen Schläge. Hier wurde mit einem Durchschnittsenergiegehalt (10,6 MJ/kg TM) für Wiesen nach den Gruber Tabellen (LfL 2021) gerechnet.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass es insbesondere für biologisch geführte Betriebe auch in trockenen Jahren möglich ist, den Energiebedarf der Nutztiere weitestgehend allein durch Grünfutter zu decken. Dort, wo eine erhöhte Leistung der Nutztiere gefordert wird, haben die Betriebe eine negative Energiebilanz. Um den durchschnittlichen Energiegrundbedarf zu decken, scheinen die Erträge der Wiesen und Mähweiden vor allem im Süden Bayerns auszureichen.

Literatur

- Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hrsg.) (2021): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. 47. Veränderte Auflage/Stand 2021. Freising-Weihenstephan.
- Diepolder, M. & Raschbacher, S. (2013): Phosphor im Grünland – Ergebnisse vom Ertrags- und Nährstoffmonitoring auf bayrischen Grünflächen und von Düngungsversuchen. 18. Alpenländisches Expertenforum 2013, 17 – 24 ISBN: 978-3-902559-98-2. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Raumberg-Gumpenstein.
- Elsäßer, M., Engel, S., Julg, A., Jilg, T., Meister, L., Wurth, W., Thumm, U. (2016): Eiweiß von Grünland und Feldfutterbau – Perspektiven einer unabhängigen Eiweißversorgung. Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchviehwirtschaft, Wild und Fischerei (LAZBW) (Hrsg.), Aulendorf.
- Haas, E., Klatt, S., Fröhlich, A. et al. (2013): LandscapeDNDC: a process model for simulation of biosphere–atmosphere–hydrosphere exchange processes at site and regional scale. *Landscape Ecol* 28, 615–636 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9772-x>.
- Jäger, H., Peratoner, G., Tappeiner, U., Tasser, E. (2020): Grassland biomass balance in the European Alps: current and future ecosystem service perspectives. In: *Ecosystem services* 45, S. 101163. DOI: 10.1016/j.ecoser.2020.101163.
- Köhler, B., Diepolder, M., Thurner, S., Spiekers, H.: Eiweißbereitstellung vom Grünland auf Betriebsebene. Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- Reinermann, S., Asam, S., Gessner, U., Ullmann, T., Kuenzer, C. (2023): Multi-annual grassland mowing dynamics in Germany: Spatiotemporal patterns and the influence of climate, topographic and socio-political conditions. *Frontiers in Environmental Science* 11: 1040551. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1040551>.
- Schirpke, U., Kohler, M., Leitinger, G., Fontana, V., Tasser, E., Tappeiner, U. (2019): Future impacts of changing land-use and climate on ecosystem services of mountain grassland and their resilience. In: *Ecosystem services* 26 (Pt A), S. 79–94. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.06.008.

Biodiversität, Naturschutz und Bestandslenkung



Abbildungen: C. Damman (links oben und unten), F. Wenzl (rechts oben), P. Mosebach (rechts unten)

Biodiversität auf Pferdeweiden: Eine sächsische Bestandsaufnahme

W. Nolte, S. Kesting, G. Riehl

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung Landwirtschaft,
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
wietje.nolte@smekul.sachsen.de

Einleitung und Problemstellung

Weidehaltung gilt als besonders vorteilhaft für das Tierwohl von Raufutterverwertern wie Pferden, Rindern oder Schafen. Auch Verbraucherinnen und Verbraucher wünschen sich überwiegend Weidehaltung für die Nutztiere bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Artenvielfalt in der Kulturlandschaft. Speziell für Pferde soll die Weide häufig gleichermaßen als Bewegungsraum sowie als Futtergrundlage dienen. Insgesamt sind in Sachsen über 36.000 Pferde und Ponys, die sich auf über 14.000 Haltungen verteilen, über die Tierseuchenkasse registriert (TSK 2023). Die Pferdehaltung in Sachsen ist aktuell durch wenige große und viele kleine Haltungen gekennzeichnet. Das Pferd als Weidetier ist durch einen hohen Bewegungsdrang und damit verbundene Trittschäden, selektives Fressverhalten und einen tiefen Verbiss charakterisiert. Dieses Weideverhalten und hohe Besatzdichten werden wiederholt mit einem negativen Einfluss auf die Biodiversität des Grünlandes in Verbindung gebracht. Die Biodiversität des Grünlandes wird jedoch durch eine Vielzahl an Einflussgrößen beeinflusst, z. B. die Besatzdichte und Weidedauer, das Weidemanagement, aber auch die geografische Lage und klimatische Parameter. Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes wurden Pferdehaltungen aus ganz Sachsen über ein Jahr begleitet und die Biodiversität auf repräsentativen Betriebsflächen kartiert.

Material und Methoden

Insgesamt sind 38 Betriebe mit je zwei Weideflächen (N = 76), die sich über elf der zwölf sächsischen Vergleichsgebiete (VG) verteilen, in das Projekt eingebunden (siehe Abb. 1). Bewirtschaftungsinformationen inkl. Entwurmungsmanagement wurden für alle Flächen für die letzten fünf Jahre (2018-2022) mittels Fragebögen, die durch die Bewirtschaftenden auszufüllen waren, erhoben. Bodenproben wurden ebenfalls auf allen Flächen gezogen und laboranalytisch auf pH-Wert und Grundnährstoffe (P, K, Mg) sowie C_t und N_t untersucht. Die Vegetation wurde im Zeitraum vom 17.06. bis 25.08.2023 mittels einer Ertragsanteilschätzung nach Klapp/Stählin (Voigtländer & Voss 1979) erfasst, wobei für jede Fläche mindestens eine, bei sehr heterogener Vegetation zwei Aufnahmen (Plot von 25 m²) angefertigt wurden. Zusätzlich wurden alle Arten notiert, die entlang eines 50 m langen Transektes vorkamen. Anhand der Ertragsanteile (EA) wurde in R (R Core Team 2022) mittels gplots-Paket eine Heatmap mit hierarchischem Clustering (Methode: „complete“) erstellt, wobei nur Pflanzen mit einem mittleren EA > 0,5 % berücksichtigt wurden. Für jeden Plot wurden Diversitätsindizes und Bestandeswertzahlen (BWZ, nach Briemle et al. 2002) berechnet. Die Artenzahl und BWZ wurden mittels Shapiro-Test auf Normalverteilung getestet. Anschließend wurde der Einfluss der Besatzleistung (Besatzdichte x Weidetage) auf Artenzahl und BWZ mittels ANOVA bzw. Kruskal-Wallis-Test überprüft. Ergänzt wurden die Vegetationsaufnahmen (Gefäßpflanzen) um Kartierungen von Laufkäfern (*Carabidae*, 10 Betriebe, siehe Abb. 1) und Mistkäfer (*Geotrupidae*, 15 Betriebe, siehe Abb. 1). Die Untersuchung der Mistkäfer erfolgte in den Monaten Mai und August 2023. Dabei erfolgte pro Betrieb die Auswertung von jeweils 10 Dungproben à 500 g und des darunter befindlichen Oberbodens (insgesamt 280 Proben). Zur Erfassung der Laufkäferfauna kamen von Mitte Mai bis Mitte Juli 2023 Bodenfallen zum Einsatz. Auf einer beweideten und einer möglichst angrenzenden, unbeweideten Grünlandfläche wurden Fallentransekte errichtet, wobei jeweils vier Kunststoffbecher (Durchmesser 9 cm) mit etwa 10 m Abstand ebenerdig eingegraben wurden. Für den Zeitraum des Fallenbesatzes wurden diese Bereiche auf den beweideten Flächen ausgekoppelt. Das Leerungsintervall betrug 14 Tage. Als Konservierungsflüssigkeit kam gesättigte Kochsalzlösung zum Einsatz, der etwas Essig und Alkohol sowie Detergenz zugesetzt war. Die Auswertung und Bestimmung erfolgte im Labor unter einer Lupenlampe oder dem Stereomikroskop und gegebenenfalls nach Genitalpräparation.

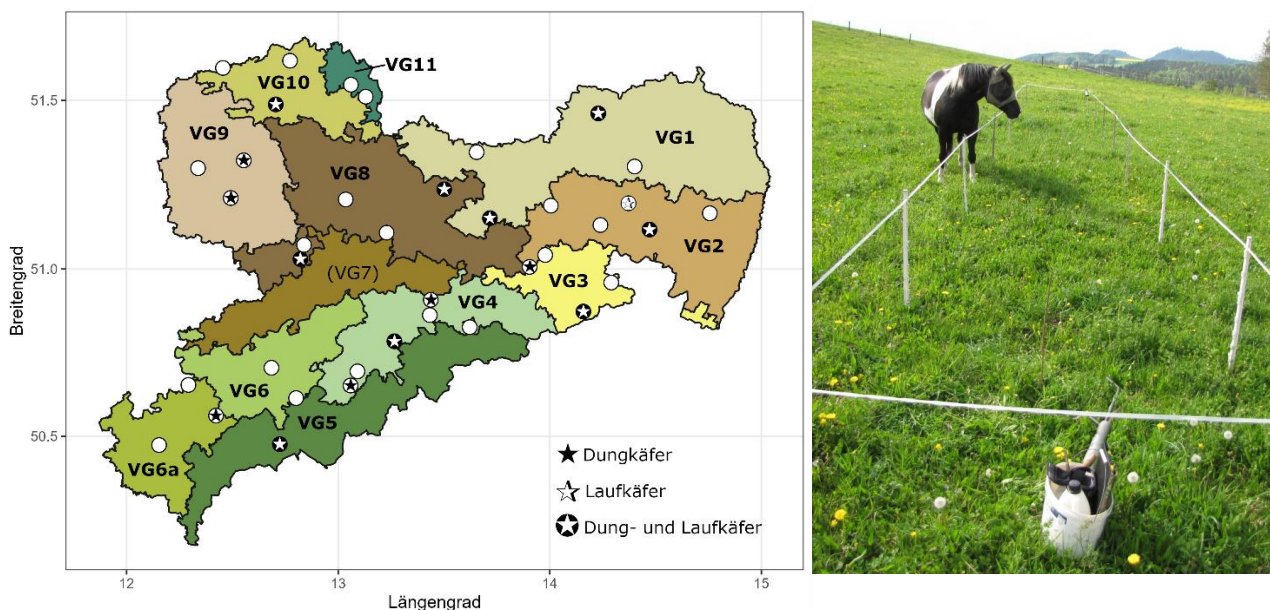


Abb. 1: [links] Geographische Verteilung der untersuchten Pferdehaltungen (N = 38) in den sächsischen Vergleichsgebieten sowie Kennzeichnung (Sterne) der Betriebe mit Dung-/Laufkäferkartierung und [rechts] ausgekoppelter Teststreifen mit Bodenfallen zur Laufkäferkartierung (© J. Lorenz).

Ergebnisse und Diskussion

Vegetation: Insgesamt fanden sich auf den Testflächen im Mittel $24 \pm 7,2$ Arten von Gefäßpflanzen (Min: 5, Max: 42, Median: 23). Den höchsten mittleren Ertragsanteil wies erwartungsgemäß *Lolium perenne* auf (MW: 17,6 %, Med: 8 %, Max: 84 %), gefolgt von *Dactylis glomerata* (MW: 10,4 %, Med: 5 %, Max: 79 %), *Arrhenatherum elatius* (MW: 8,5 %, Med: 0 %, Max: 92 %), *Agrostis capillaris* (MW: 7,3 %, Med: 0,2 %, Max: 66 %), *Alopecurus pratensis* (MW: 5,9 %, Med: 0 %, Max: 59 %) und *Festuca rubra* (MW: 5 %, Med: 0,2 %, Max: 59 %). Die Flächen waren in ihrer Zusammensetzung sehr heterogen und je nach Betrieb dominierten unterschiedliche Arten als Hauptbestandsbilder (siehe Abb. 2). Dabei fiel auf, dass einige Arten wie *Plantago major* oder *Anthoxanthum odoratum* mit vergleichsweise hohen Anteilen auf nur einzelnen Flächen auftraten, wohingegen andere Arten wie *Lolium perenne* oder *Plantago lanceolata* eine hohe Stetigkeit aufwiesen. Die höchsten mittleren Artenzahlen mit > 30 Arten je Fläche wurden in Betrieben im VG 5 (Erzgebirgskamm, siehe Abb. 1) und VG 10 (Dübener & Dahleener Heide) gefunden (siehe Tab. 1). Die höchsten BWZ wurden auf Flächen erreicht, die gleichzeitig über eine niedrigere Anzahl Pflanzenarten verfügten ($r^2 = -0,28$, $p < 0,05$). Die Besatzleistung hatte keinen Effekt auf die pflanzliche Artenvielfalt (ANOVA, $p > 0,05$), wohl aber auf die BWZ (Kruskal-Wallis-Test, $p < 0,05$).

Dungkäfer: Es konnten in den Dungproben 422 Individuen der *Geotrupidae* aus fünf Arten festgestellt werden (siehe Tab. 2). Die häufigen Arten *Anoplotrupes stercorosus* (Waldmistkäfer) und *Trypocopris vernalis* (Frühlingsmistkäfer) konnten in den Monaten Mai und August etwa mit vergleichbaren Individuenzahlen nachgewiesen werden. *Geotrupes spiniger* dominierte deutlich im August, während von *G. mutator* und *Typhaeus typhoeus* nur wenige Einzeltiere im Mai gefangen wurden. Im Durchschnitt fanden sich pro Betrieb 30 ± 51 Mistkäfer aus 2 ± 1 Art(en) in 20 Dungproben.

Laufkäfer: Es wurden 99 Laufkäferarten nachgewiesen, wobei 16.274 Individuen erfasst worden sind. Die Artenzahlen differierten zwischen den Flächen von 15 bis 40 und damit um mehr als 100 % sowie bei den Individuen von 191 bis 4.207 und damit um über 2.000 %. Mehrheitlich wurden ungefährdete Arten nachgewiesen, jedoch fanden sich in den meisten beprobten Betrieben zusätzlich auch zwischen 2 und 5 Arten der Roten Liste Sachsen (Gebert 2022) bzw. weitere wertgebende Arten auf den beweideten Flächen und den Kontrollflächen (siehe Abb. 3). In jedem Fall wiesen die Kontrollflächen höhere Artenzahlen auf, während dies nicht *per se* auf die Individuenanzahl zu übertragen war.

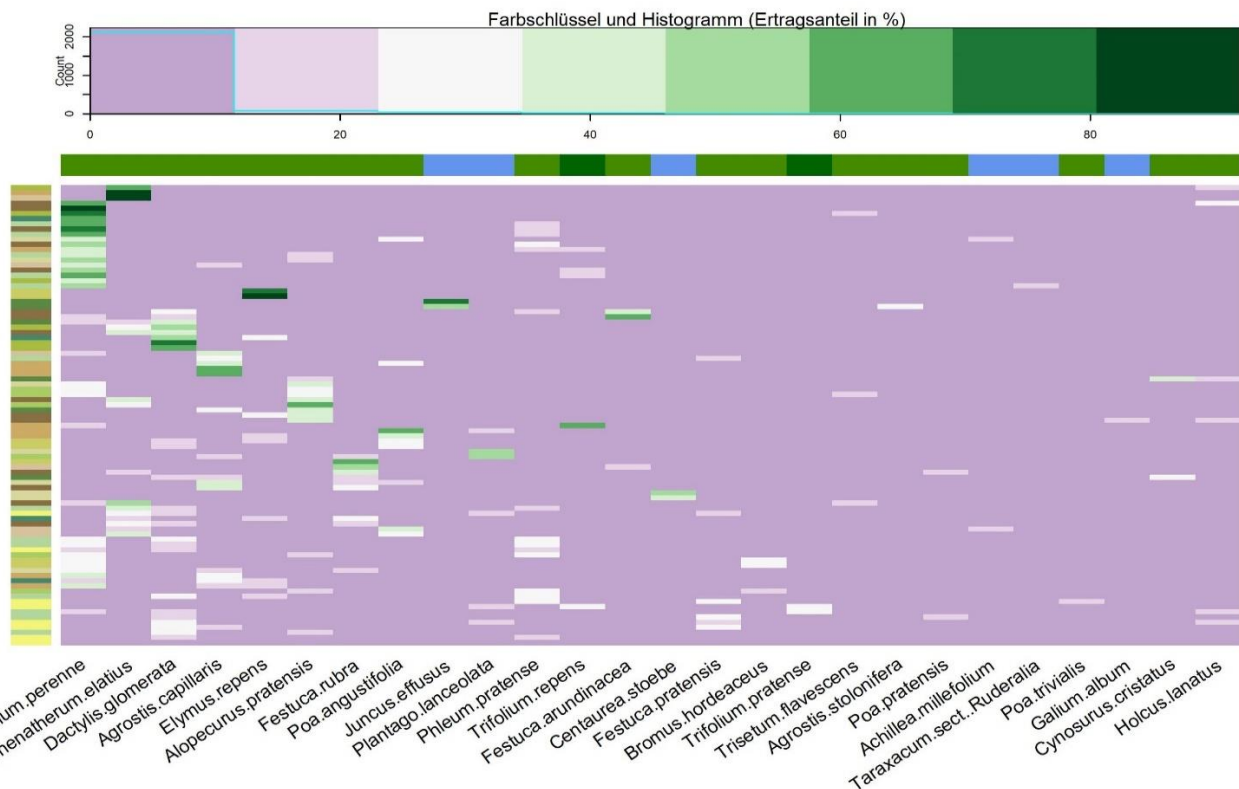


Abb. 2: Ertragsanteile (%) der Hauptbestandsbildner in den Plots (Reihen) unter Angabe der Gilde (horizontaler Farbstreifen: grün = Gräser, dunkelgrün = Leguminosen, blau = Kräuter) und des Vergleichsgebietes (vertikaler Streifen, siehe Abb. 1 für die Zuordnung). Die Reihenfolge der Zeilen und Spalten ist das Ergebnis einer hierarchischen Clusteranalyse.

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bestandeswertzahl, Artenzahl (inkl. Transekt) und Diversitätsindizes der kartierten Plots (N = 76) nach Vergleichsgebiet (VG)

	Bestandes- wertzahl	Artenzahl	Species	Shannon	Evenness	Simpson
VG 1	6,4 ± 1,7	25,5 ± 3,6	18,6 ± 2,7	1,7 ± 0,3	0,6 ± 0,1	0,7 ± 0,7
VG 2	7,2 ± 1,0	23,7 ± 5,7	16,9 ± 6,0	1,5 ± 0,5	0,5 ± 0,2	0,6 ± 0,2
VG 3	7,3 ± 0,8	22,0 ± 8,1	13,4 ± 5,5	2,0 ± 0,3	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,0
VG 4	7,9 ± 0,6	22,2 ± 8,3	13,4 ± 4,5	1,7 ± 0,3	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1
VG 5	6,0 ± 2,0	32,5 ± 8,3	14,8 ± 3,0	1,5 ± 0,4	0,6 ± 0,1	0,7 ± 0,2
VG 6	7,6 ± 0,5	22,8 ± 2,5	11,8 ± 2,6	1,6 ± 0,4	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1
VG 6a	7,6 ± 0,9	22,5 ± 4,0	10,7 ± 2,7	1,1 ± 0,3	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1
VG 8	7,5 ± 0,9	21,3 ± 9,0	14,6 ± 4,7	1,5 ± 0,4	0,6 ± 0,6	0,7 ± 0,1
VG 9	7,2 ± 0,4	25,3 ± 7,3	17,5 ± 4,9	1,6 ± 0,5	0,6 ± 0,1	0,7 ± 0,2
VG 10	6,1 ± 0,6	30,8 ± 6,3	22,6 ± 5,1	1,7 ± 0,5	0,6 ± 0,2	0,7 ± 0,2
VG 11	7,3 ± 0,6	19,5 ± 5,1	13,8 ± 3,8	1,6 ± 0,4	0,6 ± 0,1	0,7 ± 0,1

Tab. 2: Deskriptive Statistik des Vorkommens (Anzahl Individuen) aller kartierten Mistkäferarten in 15 Pferdehaltungen in den Monaten Mai und August (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung)

	MW	Median	SD
<i>Anoplotrupes stercorosus</i> (Scriba, 1791)	6,1	3,5	5,3
<i>Emus hirtus</i> (Linnaeus, 1758)	2,3	2	1,2
<i>Geotrupes mutator</i> (Marsham, 1802)	2,0	2	0,0
<i>Geotrupes spiniger</i> (Marsham, 1802)	22,3	14	40,0
<i>Trypocopris vernalis</i> (Linnaeus, 1758)	10,9	12	3,2
<i>Typhaeus typhoeus</i> (Linnaeus, 1758)	16,0	16	4,0

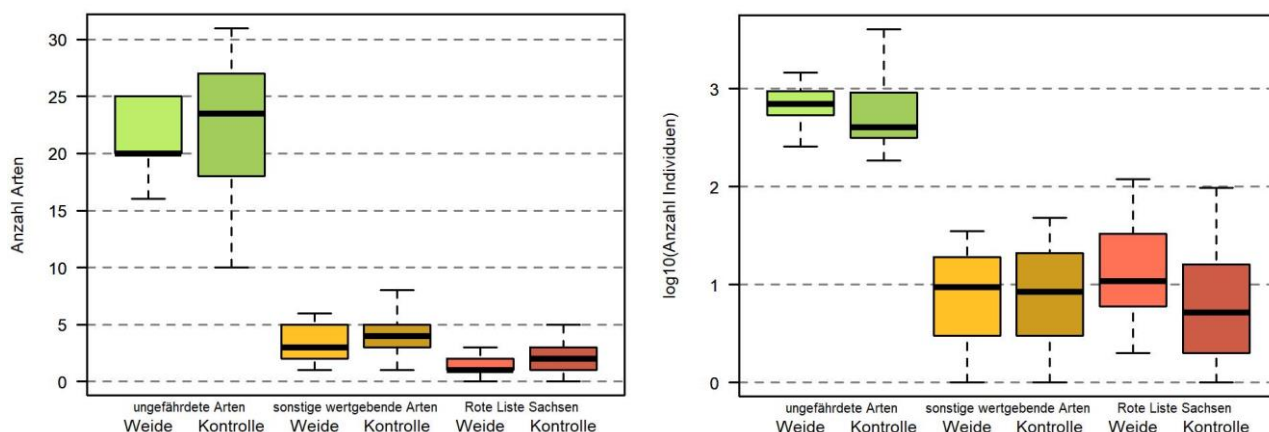


Abb. 3: [links] Anzahl kartierter Arten und [rechts] Individuen von Laufkäfern mit Unterteilung in beweidete Flächen (N = 10) und nahegelegene Kontrollflächen (N = 10). Ungefährdete Arten sind in Grüntönen dargestellt, wertgebende Arten in Gelbtönen und Arten der Roten Liste Sachsen (Gebert 2022) in Rottönen

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Vegetationskartierung zeigen, dass Pferdeweiden durchaus artenreiche Pflanzenbestände mit sehr unterschiedlichem Charakter aufweisen können. Eine hohe Besatzleistung steht dabei der Biodiversität auf Pflanzenebene nicht entgegen. Für die Lauf- und Mistkäfer lassen die Daten noch keine Abschätzung zu, inwiefern das Vorkommen durch die Bewirtschaftung der Pferdeweiden beeinflusst wird. Die Ergebnisse haben jedoch Pilotcharakter, da Vergleichsgrößen anderer Studien für Pferdeweiden unserer Kenntnis nach noch nicht existieren. Für Sachsen sind die Funde der teilweise stark gefährdeten Dungkäferarten *Geotrupes spiniger*, *Geotrupes mutator* und *Emus hirtus* von hoher Bedeutung. *Geotrupes mutator* gehört zur Kategorie 2 („Stark gefährdet“) der Roten Liste Deutschland (RLD 2021). Die vielerorts betriebene Praktik des Abäppelns (Kotentfernung) wirkt sich nachteilig auf das Vorhandensein von Mistkäfern aus. Dies sollte in zukünftigen Empfehlungen zur Bewirtschaftung unter Berücksichtigung der Artenvielfalt berücksichtigt werden.

Danksagung

Die Autoren danken den Entomologen Dr. Jörg Lorenz und Dr. Hans-Peter Reike für die fachmännische Bestimmung der Lauf- und Dungkäferarten und deren Einordnung, Ringo Rau für die Probenahme im Feld und dem Büro áchero mit Hans Georg Stroh und Eva Densing für die Vegetationskartierungen. Den Betriebsleitern der Pferdehaltungen gilt ein besonderer Dank für die Kooperation bei der Datenerhebung.

Literatur

- Briemle, G., Nitsche, S., Nitsche, L. (2002): Nutzungswertzahlen für Gefäßpflanzen des Grünlandes. S. 203 – 225. in: Kühn, I. & Klotz, S., Durka, W. (Hrsg.): BIOLFLOR – Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. Schriftenreihe für Vegetationskunde, Bonn.
- Gebert, J. (2022): Rote Liste und Artenliste Sachsens - Laufkäfer. – Naturschutz und Landschaftspflege. Hrsg.: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 3., neu bearbeitete Auflage, S. 80.
- R-Core-Team (2022): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich. Online: <https://www.R-project.org/>
- RLD, Rote Liste Tiere Deutschlands (2021): Online unter <https://www.rote-liste-zentrum.de/de/Download-Wirbellose-Tiere-1875.html>
- Sächsische Tierseuchenkasse (TSK) (2023): Jahresbericht 2023. Online: <https://www.tsk-sachsen.de/ueberuns/tierseuchenkasse/jahresberichte> [Zugriff 10.06.2024].
- Voigtländer, G., Voss, N. (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Schonstreifen für Pflanzenvielfalt

Ergebnisse aus dem ersten Jahr des Bodensamenbank-Versuches

M. Wölfinger¹, P. Ströde¹, A. Gattinger¹, F. Jauker², T. Kleinebecker²

¹Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Professur für Ökologischen Landbau mit dem Schwerpunkt nachhaltige Bodennutzung,
Karl-Glöckner-Str. 21c, 35394 Gießen

²Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, Professur für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung,
Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen
Mona.J.Woelfinger@ag.uni-giessen.de

Einleitung und Problemstellung

Dauergrünland ist mit 30 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ein prägendes Element in der Agrarlandschaft Deutschlands. Es kann unter den landwirtschaftlichen Nutzflächen potenziell die höchste Biodiversität bereitstellen. Das Artenpotential in Europa beträgt 3600 Gefäßpflanzenarten, wovon etwa 1000 Arten ausschließlich auf Grünland vorkommen (Dierschke und Briemle, 2002). Die pflanzliche Vielfalt des Grünlands konkurriert mit den Zielen der Bereitstellung von Grundfutter für die Rinderhaltung: Eine frühe und häufige Schnittnutzung verhindert das Aussamen von Blühpflanzen und fördert wenige schnitttolerante Arten, vor allem Gräser. Die zusätzliche mineralische und organische Stickstoffdüngung verstärkt die Homogenisierung des Pflanzenbestandes (Gossner et al., 2016). Kleinflächige ungenutzte Schonstreifen sollen den Zielkonflikt aus Nutzung und Schutz lösen und die Pflanzenvielfalt im Grünland erhöhen. Einjährige Schonstreifen im Grünland unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht von den landwirtschaftlich genutzten Referenzflächen, vor allem in den räumlichen, standörtlichen (trophischen, kleinklimatischen) Bedingungen, aber auch in der botanischen Artenzusammensetzung. Im Schonstreifen dominieren natürliche Prozesse, dagegen überwiegen im Referenzstreifen landtechnische Prozesse, die die Unterschiede maßgebend hervorrufen. Interaktionen zwischen den beiden Streifen mit Artenaustausch finden statt (Abb. 1). Die Kernfrage ist, ob sich durch die Schonung der Flächen Samenbanken im Boden anreichern, die infolge der Verlagerung der Schonstreifen auf der gesamten Schlagfläche zu einer höheren Biodiversität führen.

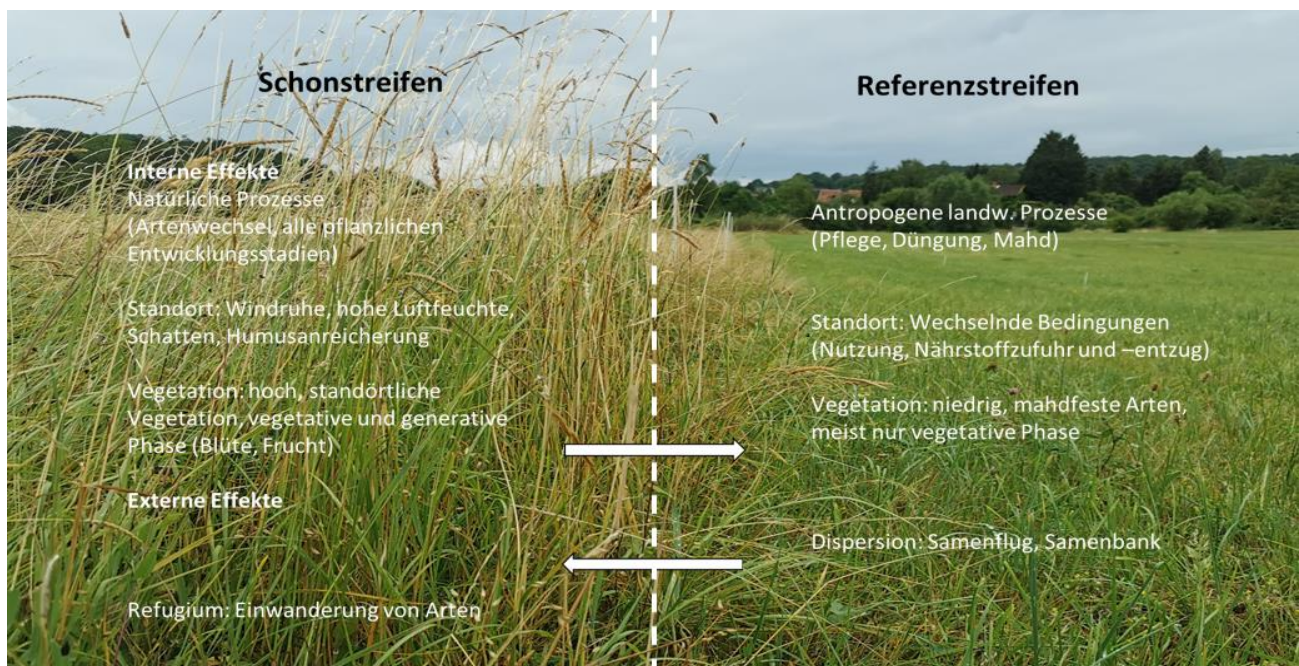


Abb. 1: Prozesse im Schonstreifen und im Referenzstreifen im Vergleich.

Material und Methoden

Das Vorhaben „Anlage von Schonstreifen im Grünland“ wird mit Mitteln der Europäischen Innovationspartnerschaft „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ (EIP-Agri) gefördert. Kernstück ist die sogenannte „Operationelle Gruppe“ (OG), in der landwirtschaftliche Praxis, Wissenschaft und Beratung zusammenarbeiten. Im Schonstreifen-Projekt kooperieren sechs landwirtschaftliche Betriebe mit WissenschaftlerInnen der Justus-Liebig-Universität Gießen aus zwei Professuren. Beteiligt sind außerdem Bioland Hessen als beratende Institution und das Referat VII.3 „Agrarpolitik, Agrarmärkte, Flächenförderungen“ des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

Projektstart war der 01.04.2021. Das Vorhaben hat eine Laufzeit von 3,5 Jahren und endet zum 30.09.2024. Die Untersuchung umfasste 12 Versuchsflächen in sechs hessischen Regionen. Kernelement war ein einjährig ungenutzter Schonstreifen (5 % Schlagflächenanteil, 10 x 40 m), der sich jährlich parallel zu einem Referenzstreifen, der standardmäßig landwirtschaftlich genutzt wurde, verlagerte. Vom 01.04. bis 31.03. des Folgejahres blieb der Schonstreifen unberührt. Sowohl im Schonstreifen, wie auch in der Referenzfläche wurden auf je drei Probeflächen von jeweils 25 m² die Gefäßpflanzenarten während drei Vegetationsperioden hinweg mit ihrem Deckungsgrad und Entwicklungsstadium im Früh- und Spätsommeraspekt aufgenommen. In Ergänzung fanden Bodenanalysen statt, um den Standort und das damit verbundene Artenvorkommen besser beschreiben zu können. Des Weiteren wurde in einem einjährigen On-Station-Versuch getestet, welche Grünlandpflegemaßnahmen im Frühjahr sich für die Wiederbewirtschaftung des einjährigen Schonstreifens eignen. Neben der Technik (mulchen, schleppen, Mahd mit Mahdgutabtrag) wurden zwei Pflegezeitpunkte getestet (früh: 15.03. und spät: 15.04.). Um die Auswirkungen der Technik und des Zeitpunktes zu detektieren, wurden Silage- und Heuschnittproben auf den Kleinparzellen genommen und diese auf Futterqualität und Ertragsbildung untersucht.

Im Kontext der beschriebenen Erhebungen des Standortes und der Pflanzengesellschaft auf den Testflächen wird hier der Versuch zur Testung der Bodensamenbank unter kontrollierten Bedingungen vorgestellt.

Während der vegetationslosen Zeit (14.-24.01.2023) wurden mit einem Bohrstock in den Beprobungspartellen Bodenproben bis 10 cm Tiefe gezogen. In nummerierten Keimschalen auf Nullerde wurden die gezogenen Proben ausgebracht und im Gewächshaus unter optimalen Bedingungen angezogen. Wöchentlich wurden Keimlingsbestimmungen durchgeführt. Für die mehrfaktorielle Varianzanalyse wurden die Artenzahlen quadriert, um die Normalverteilung der Residuen vorauszusetzen (Abb. 2). Bei der Betrachtung der Samengewichte wurde nach Arten (Individuendichte) und nach Abundanzen innerhalb kategorisierter Samengewichte unterschieden (Abb. 3).

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen dem 20.02.2023 und 28.06.2023 sind in den 72 Keimschalen insgesamt 2183 Pflanzen (Gräser und Kräuter), bestehend aus 85 Arten, gekeimt und bestimmt worden. Häufigster Vertreter war mit 123 Individuen das Gewöhnliche Rispengras (*Poa trivialis*).

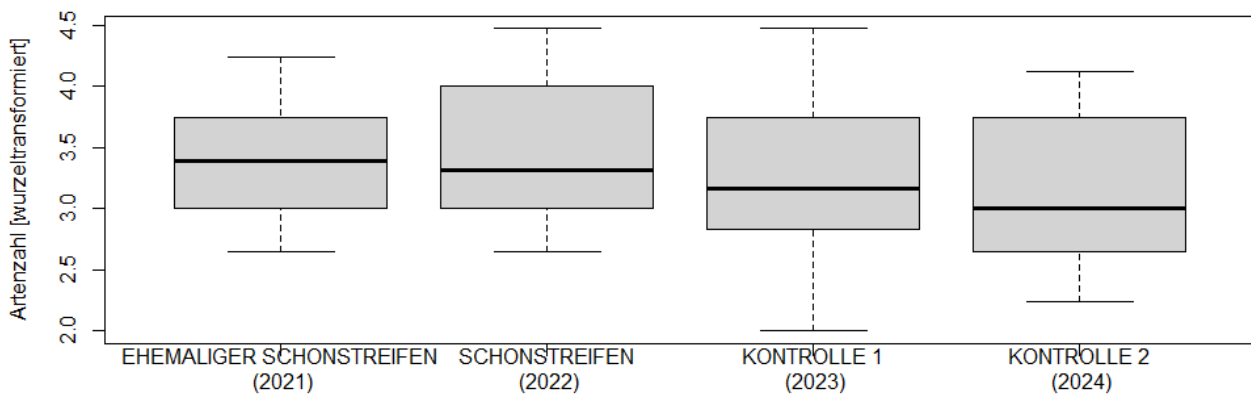


Abb. 2: Boxplots der quadrierten Artenzahlen im Vergleich der Jahre: p-Wert: 0,06344 → Signifikanzniveau: 0,05 → marginal signifikant.

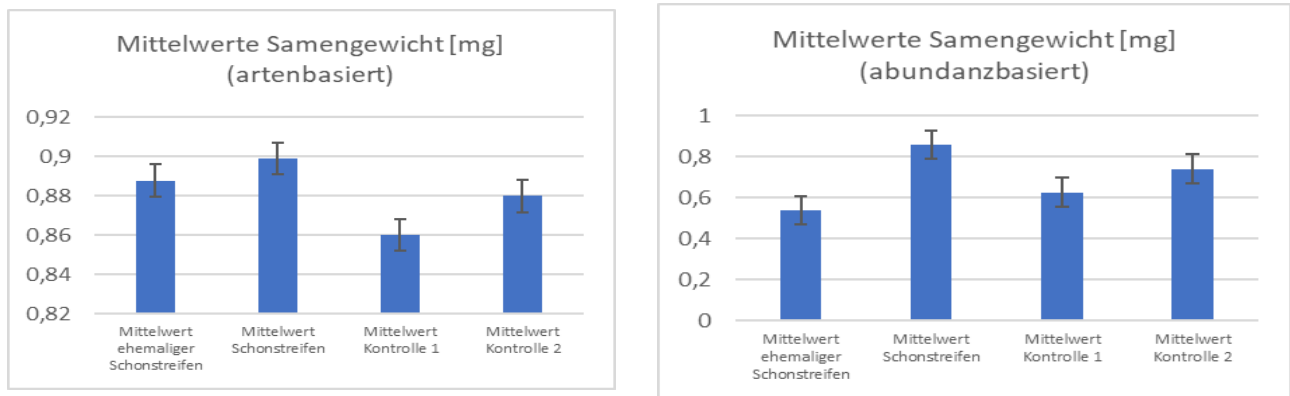


Abb. 3: Mittlere Samengewichte im Vergleich der Jahre; artenbasiert und abundanzbasiert.

Der Versuch zeigte, dass die Artenzahlen innerhalb des ehemaligen Schonstreifen (2021) und des aktuellen Schonstreifen (2022) im Mittel eine höhere Anzahl an Arten in der Bodensamenbank aufwiesen als die beiden Kontrollflächen (Abb. 2). Auch die artenbasierten Samengewichte wiesen auf eine höhere Anzahl an Arten im Schonstreifen mit tendenziell höherem Samengewicht hin. Die abundanzbasierten Samengewichte deuteten auf eine gesteigerte Anzahl an Individuen im Schonstreifen hin (Abb. 3). Es bildet sich ein Trend ab, dass die Anlage des Schonstreifens zu einer Anreicherung der Artendiversität in der Bodensamenbank führte.

Schlussfolgerungen

Um das Ergebnis aus dem Bodensamenbank-Versuch 2023 zu konsolidieren, wurde der Versuch im Gewächshaus wiederholt. Dazu wurden Ende Januar/Anfang Februar 2024 (27.01.-02.02.2024) die Parzellen erneut nach dem gleichen Beprobungsmuster aufgesucht.

Auch in diesem Jahr stellte sich heraus, dass die Anlage des Schonstreifens zu einer Anreicherung der Artendiversität in der Bodensamenbank im aktuellen Jahr und im Folgejahr führte. Jedoch keimten, trotz gleicher Bedingungen, dieses Jahr nur 1428 Pflanzen (Gräser und Kräuter). Warum es zu dieser verminderten Keimrate kam, gilt es noch zu klären.

Literatur

- Gerowitt, B., Schröder, S., Dempfle, L. et al. (2013): Biodiversität im Grünland – unverzichtbar für Landwirtschaft und Gesellschaft. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Bonn.
- Dierschke, H., Briemle, G. (2002): Kulturgrasland: Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren, Ulmer Verlag.
- Gossner, M.M. et al. (2016): Land-Use intensification cause multitrophic homogenization of grassland communities. *Nature*, 540: 266-269.
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (2020): Artensuchmaschine - Rote-Liste-Zentrum. Online verfügbar unter <https://www.rote-liste-zentrum.de/de/Artensuchmaschine.html>, zuletzt geprüft am 01.08.2023.
- Klaus, V.H., Schäfer, D., Prati, D., Busch, V., Hamer, U., Hoever, C.J. et al. (2018): Effects of mowing, grazing and fertilization on soil seed banks in temperate grasslands in Central Europe. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 256: 211–217. DOI: 10.1016/j.agee.2017.11.008.
- LEDA // University of Oldenburg (2023): Online verfügbar unter <https://uol.de/en/landeco/research/leda>, zuletzt geprüft am 24.08.2023.
- Techow, A. (2023): Das Grünland schon im Frühjahr in den Blick nehmen. Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen. Online verfügbar unter <https://llh.hessen.de/pflanze/gruenland-und-futterbau/dauergruenland/bearbeitung-und-duengung/das-gruenland-schon-im-fruehjahr-in-den-blick-nehmen/>, zuletzt geprüft am 29.08.2023.
- Thomet, P., Menzi, H., Isselstein, J. (Hg.) (2008): Effiziente Nutzung von Grünland als Ressource für die Milch- und Fleischproduktion. 52. Jahrestagung der AGGF vom 28. bis 30. August 2008 in Zollikofen; [Referate und Poster der 52. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. Zollikofen: Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau, 9). Online verfügbar unter https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf_2008_zollikofen_alles.pdf#page=258, zuletzt geprüft am 26.08.2023.
- Zerbe, S., Wiegand, G. (Hg.) (2009): Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. Unter Mitarbeit von René Fronczek. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10331040>.

Einrichtung von Naturschutzhöfen zur Umsetzung von Biodiversitätszielen und Umweltdienstleistungen

F. Kaemena¹, M. Steven²

¹Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Mars-la-Tour Straße 13, 26212 Oldenburg,

²Ökologische Nabu-Station Ostfriesland, Forlitzer Straße 156, 26624 Südbrookmerland
felicitas.kaemena@lwk-niedersachsen.de

Einleitung und Problemstellung

Wiesenbrüter wie der Kiebitz (*Vanellus vanellus*), der Große Brachvogel (*Numenius arquata*) oder die Uferschnepfe (*Limosa limosa*) benötigen Offenland für die Brut und Aufzucht ihrer Küken. Die Erhaltung von Offenlandstandorten ist dabei an die Bewirtschaftung, im besten Fall durch Beweidung, gekoppelt. Gleichzeitig ist es für landwirtschaftliche Betriebe oft nur schwer möglich, die vielfältigen Anforderungen des Naturschutzes umzusetzen, besonders dann, wenn sich die gesamten Hofflächen mit vorgeschriebenen Bewirtschaftungsauflagen im Schutzgebiet befinden. Dadurch stehen in den Schutzgebieten viele Milchviehbetriebe vor der entscheidenden Frage, wie sich der Betrieb künftig auch wirtschaftlich ausrichten kann. Durch einen verspäteten ersten Schnitt oder andere Naturschutzanforderungen, die auf vielen Flächen in den Schutzgebieten liegen, können nicht die Erträge und Qualitäten geerntet werden, die in der Praxis für die Produktion von hochwertigem Grundfutter benötigt werden. Erschwerend kommt hinzu, dass die meisten Förderprogramme bislang nicht für einen flächenhaften Schutz der Wiesenvögel und ihrer Lebensräume geeignet sind und aufgrund der kurzen Förderzeiträume, von in der Regel fünf Jahren, keine Grundlage für eine langfristige Planung der Betriebe bieten. Der Strukturwandel innerhalb der Landwirtschaft und die gesellschaftlichen Ansprüche an dieselbige entwickeln sich weiter und führen zu neuen Transformationsfeldern, deren Nutzungsmöglichkeiten immer spezifischer werden und eine flexiblere politische Flankierung benötigen.

Ziel des Projektes Naturschutzhöfe Ostfriesland ist es, in Zusammenarbeit mit sechs Praxis-Betrieben die Möglichkeiten und Rahmenbedingungen herauszuarbeiten, mit denen Naturschutzkonzepte in die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Betriebe erfolgreich eingegliedert werden können. Im Rahmen des Projektes werden mögliche Betriebsmodelle, die ein wirksames Gebietsmanagement für den Wiesenvogelschutz in die Betriebsausrichtung integrieren, an sechs landwirtschaftlichen Betrieben erarbeitet. Zur Ermittlung der Umstellungsszenarien werden auf Basis der Ergebnisse aus der naturschutzfachlichen Zielformulierung und den darin enthaltenen Anforderungen an die Flächennutzung verschiedene Verwertungs- und Nutzungsmöglichkeiten erarbeitet.

In dem Projekt soll der vergleichsweise neue Ansatz der gesamtbetrieblichen Betrachtung und die Ausrichtung der Förderung auf deren Umstellung auf eine natur- und umweltschutzzielefördernde Betriebsstruktur aufgegriffen werden. Mit der Konzeptionierung von so genannten Naturschutzhöfen soll ein Modell für langfristige Partnerschaften des Wiesenvogelschutzes entstehen, die gleichzeitig eine langfristige ökonomische Entwicklungsperspektive haben.

Material und Methoden

Für die Erstellung der betriebsindividuellen naturschutzfachlichen Nutzungskonzepte wurde durch die Ökologische NABU-Station Ostfriesland (ÖNSOF) eine Bestandsaufnahme über die Potentiale (Kleistärkenuntersuchung, Biotoptypenkartierung) und Hindernisse für Wiesenvogelansiedlungen und die notwendigen Maßnahmen erarbeitet. Darüber hinaus wurden durch die ÖNSOF für den Betrieb passende investive Maßnahmen benannt, die für die Herstellung günstiger Habitatbedingungen für Wiesenvögel auf den Betriebsflächen (z.B. Qualitätssicherung Offenland, Relief bildende Maßnahmen, Wassermanagement, Prädationsmanagement) notwendig sind. Auch die Anforderungen an die Bewirtschaftung (z.B. Anteil Weideflächen, Art und Zeiträume der Beweidung, Mahdzeitpunkte, Entwicklung Mosaikstrukturen, maschinelle Bearbeitung, Düngung) waren wesentlicher Bestandteil der Neuausrichtung: Hierbei gilt es, einen Anteil von mindestens 50 % der Grünlandflächen im Betrieb im Frühjahr (insbesondere im Mai und Juni) zu beweidern. Bis einschließlich der 1. Maidekade sind max. zwei Tiere pro Hektar vorgesehen. Danach, je nach Wüchsigkeit der Flächen, drei oder nach Beurteilung des Gebietsbetreuers im Ausnahmefall vier Tiere pro Hektar bis zum 5. Juni eines Jahres möglich. Danach soll die Beweidungsintensität nach freier Wahl des Bewirtschafters gestaltet werden können, jedoch mit einem Mindestanteil einer Sommer-Standweide (mind. ¼ der Frühjahrsweideflächen). Auch die Anwendung des sogenannten

Vier-Zonen-Konzeptes war wesentlich für die Ausgestaltung der Entwicklungskonzepte (Zone I: Nasses Zentrum, Zone II: Grüppenland (rinnen- oder muldenartige Strukturen auf den Flächen, die den Einbau von Grüppenstauen z.B. Einbau von Rohren mit 90°-Winkeln ermöglichen), Zone III: Reliefreiches Feuchtgrünland, Zone IV: auflagenfreie Flächen). Die naturschutzfachlichen Entwicklungskonzepte wurden in enger Abstimmung mit den Betriebsleitern und deren Vorstellungen an die neue Betriebsausrichtung angepasst.

Ein Arbeitsschwerpunkt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen lag darin, die Parameter Tierzahl, Fläche und Energie für die jeweiligen Betriebe auf Basis des naturschutzfachlichen Entwicklungskonzeptes zusammenzubringen. Hierfür wurden energetische Bewertungen flächengenau auf Grundlage der Richtwertdeckungsbeiträge vorgenommen und die Energieverluste durch naturschutzfachliche Vorgaben in der Grünlandbewirtschaftung erst einzelschlagspezifisch und dann gesamtbetrieblich zusammengefasst. Unter Verwendung der Jahresabschlüsse 2020/2021 und des Planungsprogrammes AgriPlan wurde für jeden Betrieb der Differenzbetrag errechnet, der sich durch die naturschutzfachlichen Anforderungen ergibt.

Ergebnisse und Diskussion

Wiesenvogelschutz und landwirtschaftliche Produktion zu vereinen bedeutet, Herausforderungen anzunehmen, die eine gesamte Neuausrichtung des Betriebes bedeuten oder zumindest die Einrichtung eines zusätzlichen Betriebszweiges Naturschutzes. Bei der Ausarbeitung der Betriebskonzepte ist deutlich geworden: Die Anforderungen der Betriebe an die Flächen für eine intensive, hochwertige Grundfutterproduktion und die Erfordernisse, die es braucht, um einen nachhaltigen, erfolgreichen Wiesenvogelschutz zu betreiben, sind flächenspezifisch kaum vereinbar. Gerade im Bereich der Milchproduktion, für die Grundfutter in bester Qualität benötigt wird, sind die Zielkonflikte sehr groß.

Im naturschutzfachlichen Entwicklungskonzept ist vorgesehen, dass auf eine maschinelle Flächenbehandlung während der Brutzeit, möglichst auf allen Betriebsflächen mit Ansiedlungspotential für Wiesenvögel, verzichtet werden soll. Das gilt somit auch für die Flächen, die weiterhin in einer intensiven Grünlandbewirtschaftung geführt werden sollen. Hier ist laut naturschutzfachlichem Konzept eine Verlagerung vor den 20. März eines Jahres oder in den Herbst für Pflegemaßnahmen möglich. Findet allerdings keine regelmäßige Grünlandpflege über Walzen, Schleppen und Striegeln mit Nachsaaten statt, schließt das eine intensive Grünlandbewirtschaftung solcher Flächen nicht aus, gefährdet aber deren Bestandsqualität auf Dauer.

Gerade Nachsaaten in lückigen Beständen sind für ein intensives Grünlandmanagement entscheidend, vor allem dann, wenn angrenzende Schläge zunehmend extensiver geführt werden und das Risiko steigt, dass sich unerwünschte Gräser und Kräuter verbreiten. Hier ist ein konsequentes Mulchen in den Sommermonaten notwendig, um eine Ausbreitung von Binsen und anderen unerwünschten Pflanzen von den feuchten Bereichen ins Flächeninnere einzudämmen. Der Verzicht auf Walzarbeiten im Rahmen der Grünlandpflege trägt durch einen erhöhten Schmutzeintrag in das Grundfutter dazu bei, dass sich der Energiegehalt und die Qualität des Erntegutes reduzieren. Eine hohe Grundfutteraufnahme ist die Grundlage einer wirtschaftlichen Milcherzeugung, verbessert die Effizienz der Fütterung und die Tiergesundheit. Es hat sich gezeigt, dass die Beweidung mit Rindern eine Schlüsselrolle in der Flächennutzung darstellt, da Wiesenvögel beweidete Schläge bevorzugen. Doch aus landwirtschaftlicher Sicht ergeben sich daraus viele weitere Fragestellungen. So spielt das Thema Herdenschutz eine immer größere Rolle. Mit Blick auf den sich verstärkenden Klimawandel mit auch andauernden, sehr heißen Temperaturen stellt sich die Frage, wie Beschattungsmöglichkeiten für Tiere auf der Weide geschaffen werden können, ohne dass diese einen weiteren Störfaktor für die Wiesenvögel darstellen. Gewünscht ist insgesamt ein starker Ausbau der Weidehaltung, auch an Standorten, die durch Ansturmaßnahmen sehr feuchte Bedingungen aufweisen. Eingriffe in den Bodenwasserhaushalt sind für eine geplante Grüppenaufweitung nicht nur mit den Flächeneigentümern abzustimmen, sondern es sind aufgrund wasserbaulicher Maßnahmen zudem Baugenehmigungen, die Zustimmungen der Wasserbehörden sowie des Wasserunterhaltungsverbandes und Unteren Naturschutzbehörden einzuholen.

Eine gesamtbetriebliche Umsetzung des naturschutzfachlichen Entwicklungskonzeptes ist mit vielen Unsicherheiten verbunden. Neben sich ständig ändernden Rahmenbedingungen und Marktschwankungen ist die Entwicklung des Klimas, hier insbesondere das Ausmaß von extremen Witterungsverhältnissen wie anhaltende Trockenheit, aber auch lange Regenperioden, bislang nicht abzusehen. Ein angepasstes Flächenmanagement leistet in kleinen Schritten einen Beitrag zu mehr Wiesenvogelschutz. Hier muss zwischen kurzfristigen und langfristigen Zielen unterschieden

werden: Kurzfristig lassen sich zum Beispiel Maßnahmen umsetzen, die finanziell und arbeitswirtschaftlich realistisch umsetzbar sind, wie etwa das Aufstellen von Solarpumpen zum Zuwässern der Flächen. Auch erhöht eine kleinschrittige Anpassung die Bereitschaft anderer landwirtschaftlicher Betriebe, sich im Flächenmanagement an die Bedürfnisse der Wiesenvögel anzupassen, z. B. mit Flächen, die für Wiesenvögel geeignet sind und ohnehin nicht produktiv für die Grundfuttererzeugung sind. So können betriebsübergreifend nötige Mosaik in der Flächenbewirtschaftung mit Blick auf das naturschutzfachliche Zielkonzept entstehen und als ein stetiger Entwicklungsprozess verstanden werden, der sich immer wieder neu an den aktuellen Gegebenheiten des Marktes und den politischen Rahmenbedingungen orientieren muss.

Langfristiges Ziel ist die gesamtbetriebliche Neuausrichtung und Umsetzung des naturschutzfachlichen Zielkonzeptes. Hier muss den Betrieben eine Möglichkeit der begleitenden Beratung zur Verfügung gestellt werden. Wesentlich hierbei ist, dass weidehaltende Betriebe auch zukünftig Weidehaltung betreiben und dass die Flächen in landwirtschaftlicher Nutzung bleiben. Eine ausschließlich späte Mahd überständiger Grünlandflächen – für den Kükenschutz – löst Veränderungen in den Flächen aus. Diese führen einerseits langfristig zu einem Meidungsverhalten der Wiesenvögel, zum anderen zu einem minderwertigen Pflanzenbestand auf den Grünlandflächen, der eine hochwertige Grundfutterproduktion nicht mehr zulässt und am Ende die Neuausrichtung des Betriebes bestimmt. An den Beispielen zur Entwicklung der Flächen wird deutlich, dass eine wesentliche Säule der Aktivierung der Betriebsflächen zu guten Wiesenvogelflächen in beträchtlichem Umfang auch investive Maßnahmen erfordern wird. Mit Zustandsveränderungen im Relief, durch Vernässung von Flächen (Schließen von Drainagen oder andere Ansturmaßnahmen) oder durch Veränderung des Pflanzenbestandes oder Biotopschutz sind Wertminderungen für die betroffenen Grundstücke (Verkehrswertminderungen) verbunden. Die erhöhten Wasserstände beeinflussen die Bewirtschaftung der Flächen erheblich. Da im etwas höher gelegenen Gelände oder aus betriebskonzeptionellen Gründen nicht alle Betriebsflächen effektiv vernässt werden können, könnten durch Anlage von Geländemulden zur Schaffung von Blänken oder durch Aufweiten und Abflachen von Gräben und Grüppen (Flächen der Zone II und Zone III) trotzdem eine Aktivierung als Lebensräume für Wiesenvögel erreicht werden. Aber auch dann geht Fläche im Rahmen der landwirtschaftlichen Nutzung verloren und steht dem Betrieb nicht mehr in vollem Umfang und nur mit Einschränkungen zur Grundfutterproduktion zur Verfügung. Gruppenaufweitungen bedeuten für den Bewirtschafter zudem ein besonderes Augenmerk auf den Pflanzenbestand im Bereich der Mulden und eine entsprechende konsequente Pflege, damit sich Binsen und Seggen nicht weiter in die Fläche ausbreiten.

Schlussfolgerungen

Wenn es um die Vereinbarkeit von Landwirtschaft und Naturschutz geht, ist als ein wesentliches Ergebnis deutlich geworden, dass der Erhalt der familiengeführten Betriebe und die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen auch im Sinne des Wiesenvogelschutzes notwendig sind. Bei all der Unterschiedlichkeit und betriebsindividuellen Differenzierung zeigen die Projektergebnisse eines ganz deutlich auf: Die Bewirtschaftung eines Großteils der Betriebsflächen auf die Ansprüche einer Artengruppe auszurichten (hier Wiesenvogelschutz), erfordert sowohl finanziell als auch arbeitswirtschaftlich einen erheblichen betrieblichen Aufwand, der derzeit weder durch den Markt abgedeckt ist, noch können bestehende Förderprogramme die notwendige finanzielle als auch Planungssicherheit geben.

Die Etablierung eines zusätzlichen Betriebszweiges Naturschutz kann dann sinnvoll sein, wenn Betriebe weiter leistungsorientiert melken möchten und hierfür entsprechend ausreichend Fläche für eine hochwertige Grundfutterproduktion benötigen, es zudem aber Flächen gibt, die ohnehin aufgrund von Auflagen, der Lage oder anderen Bedingungen extensiv genutzt und für Wiesenvögel interessant gelegen sind. Der Ertrag und die Qualität des Grundfutters bestimmen die Betriebsausrichtung entscheidend. Hierbei ist jeder Betrieb betriebswirtschaftlich anders zu bewerten, je nach Ausgangssituation (Flächenlage, Verbindlichkeiten, Hofnachfolge, Ausrichtung).

Literatur

Richtwertdeckungsbeiträge der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 1. Auflage, 2022: 76-87.

Auswirkungen des Weideverfahrens Mob Grazing auf Artendiversität der Insektenfauna und floristische Ausstattung im Dauergrünland

M. Riethmüller, C.-W. Sagert, I. Schleip

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Schicklerstraße 5, 16225 Eberswalde

Marie.Riethmueller@hnee.de

Einleitung und Problemstellung

Extensiv genutzte Grünlandstandorte dienen dem Erhalt der Biodiversität und stellen wichtige Lebensräume für gefährdete Tier- und Pflanzenarten dar (Gerowitt 2013). Dabei ist Extensivgrünland sowohl durch Nutzungsintensivierung als auch -aufgabe gefährdet, und wurde aufgrund landwirtschaftlicher Nutzungsansprüche meist auf Grenzertragsstandorte verdrängt (Sturm et al. 2018). Hierzu zählen sandige und trockenheitsgefährdete Standorte, die für die Folgen des Klimawandels besonders vulnerabel sind und deren Rentabilität vergleichsweise gering ist (Mirschel et al. 2009). Das Weideverfahren Mob Grazing (Definition siehe Zahn et al. (2024), in diesem Tagungsband) bietet möglicherweise eine alternative Nutzungsoption, die trockenheitsgefährdete Grünlandflächen erhält, aber auch die ökonomische Attraktivität der Bewirtschaftung sichern könnte. Im Forschungsprojekt "Mob Grazing in Nordost-Deutschland" der HNE Eberswalde wurde in Kooperation mit dem Betrieb "Weidewirtschaft Liepe GmbH" auf trockenen, naturschutzfachlich wertvollen Grünlandflächen bei Liepe im Barnim das Weideverfahren erprobt. Im Rahmen zweier Bachelorarbeiten von Riethmüller (2023) und Sagert (2023) wurden die Auswirkungen von Mob Grazing auf Flora und Fauna und somit die Eignung des Weideverfahrens unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten betrachtet. Die Arbeiten befassen sich einerseits damit, ob der Einfluss von Mob Grazing auf den Lebensraum Grünland mit den Habitatansprüchen der Insektenfauna kompatibel ist. Andererseits wird betrachtet, inwiefern floristische Besonderheiten auch unter Mob Grazing auf der Fläche erhalten bleiben.

Material und Methoden

Der Weideversuch wurde in den Jahren 2021 bis 2023 auf Flächen des Betriebes Weidewirtschaft-Liepe durchgeführt. Eine Versuchsfläche wurde mit einer Mutterkuhherde im Mob Grazing- und eine Referenzfläche im Umtriebsweideverfahren beweidet. Die Flächen weisen ein hügeliges Relief auf und sind kleinräumig heterogen. Die Vegetationsaufnahmen wurden jeweils entlang von sieben Transekten (à fünf Transektspunkten) auf beiden Flächen durchgeführt (Abb. 1). Die Pflanzenarten wurden in einem Halbkreis mit 2 m Radius vom Transektspunkt ausgehend mit Artmächtigkeitsstufen nach Luthardt et al. (2017) aufgenommen. Bei der Auswertung wurden standörtlich und floristisch ähnliche Transekte verglichen. Der Fokus lag auf den Indikatorgruppen Ober- und Untergräsern, Rote-Liste-Arten sowie kleinwüchsige und lichtbedürftige Arten (Sagert 2023).

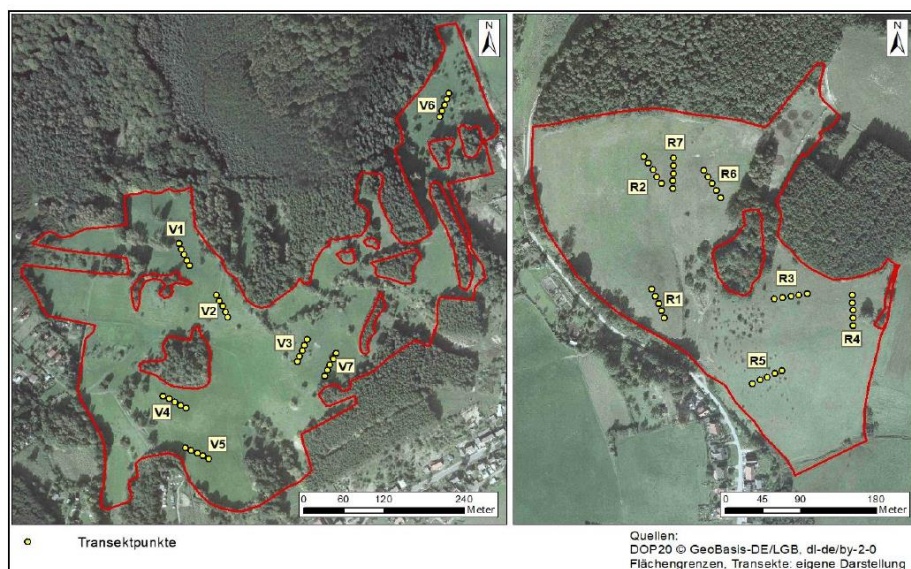


Abb. 1: Transekte auf Versuchs- (links) und Referenzfläche (rechts)

Lebensraumsansprüche verschiedener Insektenartengruppen und die Auswirkung verschiedener Beweidungsformen auf Habitatstrukturen wurden in einer Literaturrecherche zusammengestellt. Zudem wurden Insekten Erfassungsdaten zu den Artengruppen Tagfalter und Heuschrecken, welche auf der Versuchsfläche im Rahmen der Erfassungen der Ökosystemen Umweltbeobachtung (ÖUB) seit 1999 fortlaufend alle drei Jahre erstellt wurden, ausgewertet. Es wurden Daten bis einschließlich 2017 miteinbezogen. Die Erfassung der Arten durch die ÖUB erfolgt nach Luthardt et al. (2017). Anhand der Artenlisten wurden mittels einer Literaturrecherche die artspezifischen Lebensraumsansprüche der auf der Fläche vorkommenden Arten herausgearbeitet (Riethmüller 2023).

Ergebnisse und Diskussion

Es zeigten sich Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung zwischen den Jahren, welche auf der Versuchs- und Referenzfläche in ähnlicher Weise auftraten. Von 2021 zu 2022 war auf beiden Flächen eine signifikante Deckungsabnahme in allen Indikatorgruppen, also bei Obergräser, Rote-Liste-Arten und kleinwüchsigen, lichtbedürftigen Arten, zu verzeichnen. Es wird vermutet, dass die Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung auf die gegensätzlichen Witterungsbedingungen in den beiden Erfassungsjahren zurückzuführen sind: 2021 war von überdurchschnittlich hohen Niederschlägen geprägt, während sich 2022 durch einen milden Jahresbeginn und eine ausgeprägte Frühjahrs- und Spätsommertrockenheit auszeichnete. Die Gesamtartenzahl veränderte sich ebenfalls zwischen den Jahren, allerdings ebenfalls auf Versuchs- und Referenzfläche in ähnlicher Weise. Natürliche Fluktuationen in der Artanzahl zwischen 22,7 und 26,9 Arten pro Transekt punkt konnten bereits von der ÖUB festgestellt werden (Luthardt et al. 2023). Die Veränderungen in der floristischen Artenausstattung innerhalb des Versuchszeitraumes ähneln daher den langjährig beobachteten Fluktuationen und konnten nicht auf unterschiedliche Weideverfahren zurückgeführt werden.

Auf der Versuchsfläche erfasste die ÖUB in den Jahren 1999, 2004, 2007, 2010, 2013 und 2017 24 Heuschreckenarten (in mind. zwei Aufnahmejahren). Generell sind viele Arten auf ein mosaikartiges Nebeneinander verschiedener Habitatstrukturen, wie schütterere Vegetation, einzelne Sträucher, offene Boden- und Störstellen oder hohe, geschlossene Vegetation, angewiesen, da sie in verschiedenen Entwicklungsstadien unterschiedliche Strukturen/Habitatrequisiten benötigen (Tab. 1). Bei der Artengruppe der Tagfalter kamen 32 Arten regelmäßig auf der Versuchsfläche vor. Hier sind vielfältige Blühaspekte, artspezifische Raupen- und Eiablagewirtspflanzen und teils trockenwarme Standorte notwendige Habitateigenschaften (Tab. 1) (Riethmüller 2023).

Tab. 1: Lebensraum-Parameter und Artenbeispiele der vorkommenden Heuschrecken und Tagfalter (zusammengefasst nach Riethmüller 2023)

Parameter	Beispiele auf der Fläche vorkommender Arten	
	Heuschrecken	Tagfalter
Offene Bodenstellen, Störstellen	Italienische Schönschrecke (<i>Calliptamus italicus</i>)	Violetter Feuerfalter (<i>Lycaena alciphron</i>)
Schütterere Vegetation	Brauner Grashüpfer (<i>Chorthippus brunneus</i>)	-
Hoher Deckungsgrad der Krautschicht	Feldgrashüpfer (<i>Chorthippus apricarius</i>)	-
Trockene und wärmebegünstigte Standorte	Blaüflügelige Ödlandschrecke (<i>Oedipoda caerulea</i>)	Kronwicken-Dickkopffalter (<i>Erynnis tages</i>)
Feuchtigkeit (feuchte Bodenstellen)	Zwitscherschrecke (<i>Tettigonia cantans</i>)	Kleiner Perlmutterfalter (<i>Issoria lathonia</i>)
Kurzrasige Vegetation	Rotleibiger Grashüpfer (<i>Omocestus haemorrhoidalis</i>)	-
Hohe Vegetation	Langflügelige Schwertschrecke (<i>Conocephalus fuscus</i>)	Schachbrettfalter (<i>Melanargia galathea</i>)
Sträucher, Büsche, Bäume	Punktierte Zartschrecke (<i>Leptophyes punctatissima</i>)	Braunkolbiger Braun-Dickkopffalter (<i>Thymelicus sylvestris</i>)
Lockeres Bodensubstrat	Feldgrille (<i>Gryllus campestris</i>)	-
Vorkommen der Nektar-, Raupen- und/oder Eiablage-Wirtspflanze	k. A.	Alle

Bei der Artengruppe der Heuschrecken ist besonders ein geeignetes Eiablagesubstrat eine Bedingung für das Vorkommen einer Art (Fartmann & Matthes 1997). Hierbei ist festzustellen, dass etwa 2/3 der vorkommenden Heuschreckenarten auf offene Bodenstellen angewiesen sind (Abb. 2). 50 % der vorkommenden Heuschreckenarten werden als xerothermophil beschrieben, wovon die meisten bodenbrütend sind. Bei den Tagfaltern werden 20 % der vorkommenden Arten als xerothermophil eingeordnet. Davon werden alle laut der Roten Liste Brandenburg (Gelbrecht et al. 2001), mit einer Gefährdung eingestuft, was die Bedeutung des Standorts für spezialisierte, trockenheitsliebende Arten hervorhebt.

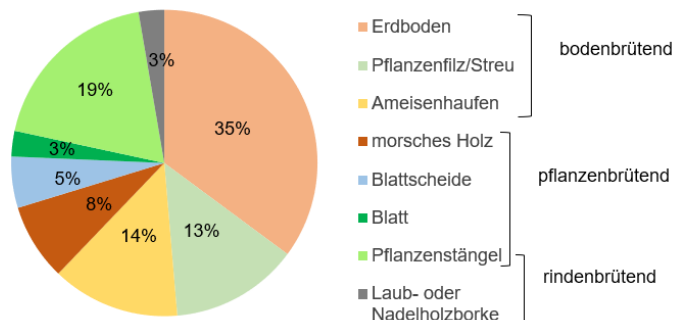


Abb. 2: Eiablagesubstrat der vorkommenden Heuschrecken (100 % = 24 Arten) (Riethmüller 2023)

Es wurde herausgestellt, dass Mob Grazing auf verschiedene Weise die Habitatstrukturen eines extensiven Grünlandstandorts verändert. Dabei spielen folgende Faktoren eine Rolle:

- Bildung einer Mulchschicht
- Vorkommen von Weideresten und stehendem Altgras
- kurzfristig hohe Tritt- und Verbissbelastung
- lange Regenerationsphasen und hohe Aufwuchshöhen
- unselektive Beweidung

Je nach Art bedeutet dies eine Verbesserung bzw. Verschlechterung von Habitatstrukturen. Die Bildung einer Mulchschicht ist für bodenbrütende Arten nachteilig, da die Anzahl offener Bodenstellen abnimmt – pflanzenbrütende Arten profitieren wiederum. Auch die Intensität der Mob Grazing-Beweidung spielt eine Rolle. Der hohe Aufwuchs ist ideal für Arten, die ihre Eier in Pflanzenstängel legen, aber nur wenn diese auch über den Winter auf der Fläche belassen werden. Eine kurze, intensive Beweidung kann insbesondere Larvenstadien (Heuschrecken, Tagfalter) schaden. Da streifenweise beweidet wird, bleiben allerdings Ausweichräume für mobile Tiere bestehen. Die Option einer späten ersten Beweidung ist aus Artenschutzsicht zu berücksichtigen. Hoher Aufwuchs schützt Insekten während Hitzeperioden im Sommer und vor Extremwetterereignissen. Auf einer Mob Grazing-Weide sind unterschiedliche Parzellen in verschiedenen Aufwuchsstadien zu finden, was den Lebensraumansprüchen zahlreicher Arten und Entwicklungsstadien entspricht. Unselektives Fraßverhalten in geregelten Weideverfahren begünstigt eine gleichmäßige Beweidung, und verhindert die Verdrängung einzelner Pflanzenarten, was insbesondere blütenbesuchenden Insekten und spezialisierten Arten zugutekommt.

Da das Weideverfahren Mob Grazing die Bildung einer Mulchschicht anstrebt, wird vermutet, dass es bei langfristiger Mob Grazing-Beweidung zu einer Verschiebung des Arteninventars von xerothermen hin zu mesophil-hygrophilen Arten kommen kann. Dies würde einen Verlust von Arten, die nach der Roten Liste Brandenburg als selten und schützenswert eingestuft wurden, bedeuten. Um eine Veränderung des Arteninventars der Heuschrecken und Tagfalter überprüfen zu können, werden die unter Umtriebsweide erfassten Daten (1999-2020) mit den 2023 im Mob Grazing Verfahren erfassten Arten überprüft. Bezogen auf die Versuchsfläche ist aufgrund der sandigen Hänge, auf denen sich nur eine dünne Mulchschicht ausbildete sowie dem generellen Strukturreichtum mit keiner Artenverschiebung zu rechnen (Riethmüller 2023).

Schlussfolgerungen

Die Analysen und Überlegungen zeigen, dass Mob Grazing zu Habitatveränderungen auf Grünlandstandorten beitragen kann, die für schützenswerte Arten der Flora und Fauna nachteilig sind. So ist eine Verschiebung des Insektenarteninventars hin zu feuchtigkeitsliebenden Arten, die nicht auf offene Bodenstellen angewiesen sind, zu vermuten. Mob Grazing eignet sich daher möglicherweise nicht als Pflegekonzept für Habitate gefährdeter, xerothermophiler Insektenarten. Direkte Auswirkungen des Weidekonzepts auf die Vegetationszusammensetzung konnten im Rahmen des Projekts nicht festgestellt werden. Die Auswirkungen einer langfristigen Mob Grazing Beweidung auf das floristische und faunistische Arteninventar sind allerdings anhand des dreijährigen Datensatzes noch nicht endgültig abzuschätzen. Eine Beeinflussung von Flora und Fauna durch das Weideverfahren Mob Grazing, entgegen naturschutzfachlichen Interessen, sollte auf wertvollen Flächen immer mitberücksichtigt und durch ein entsprechendes Monitoring beobachtet werden.

Literatur

- Fartmann, T. & Mattes, H. (1997): Heuschreckenfauna und Grünland. Bewirtschaftungsmaßnahmen und Biotopmanagement. In: H. Mattes (Hg.): Ökologische Untersuchungen zur Heuschreckenfauna in Brandenburg und Westfalen. (Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, 3): 179-188.
- Gelbrecht, J., Eichstädt, D., Göritz, U., Kallies, A., Kühne, L., Richert, A. et al. (2001): Gesamtartenliste und Rote Liste der Schmetterlinge (Macrolepidoptera) des Landes Brandenburg. In: Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg: Beiträge zu Ökologie und Naturschutz (10 (3): Beilage): 1-327.
- Gerowitt, B. (2013): Biodiversität im Grünland - unverzichtbar für Landwirtschaft und Gesellschaft. in: S. Schröder & J. Wider (Hrsg.): Agrobiodiversität im Grünland - nutzen und schützen. Tagungsband eines Symposiums am 12. und 13.11.2013. Berlin (Schriftreihe des Informations- und Koordinationszentrums für Biologische Vielfalt, 34): 21-32.
- Luthardt, V., Brauner, O., Dreger, F., Friedrich, S., Garbe, H., Hirsch, A.-K. et al. (2017): Methodenkatalog zum Monitoring - Programm der Ökosystemaren Umweltbeobachtung in den Biosphärenreservaten Brandenburgs. 5. akt. Ausg., unveröff.: HNE Eberswalde.
- Luthardt, V., Brauner, O., Lüdicke, T. & Probst, R. (2023): Trockenweide Liepe. In: Luthardt, V., Bielefeldt, J., Brauner, O., Hornschuch, F., Kabus, T., Lüdicke, T. et al. (2023): Forschungsbericht zur Ökosystemaren Umweltbeobachtung im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin. Eberswalde: Selbstverlag, unveröff.
- Mirschel, W., Wenkel, K.-O., Wieland, R., Luzi, K., Albert, E., Köstner, B. (2009): Klimawandel und Ertragsleistung. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: 28: 1-65.
- Riethmüller, M. (2023): Auswirkungen des Weideverfahrens Mob Grazing auf die Artendiversität der Insektenfauna auf extensivem Dauergrünland. Bachelorarbeit, HNE Eberswalde.
- Sagert, C.-W. (2023): Eignung der Weidemethode Mob Grazing für die Offenhaltung von naturschutzfachlich wertvollen Grünlandflächen und den Erhalt floristischer Besonderheiten. Bachelorarbeit, HNE Eberswalde.
- Sturm, P., Zehm, A., Baumbach, H., von Brackel, W., Verbücheln, G., Stock, M., Zimmermann, F. (2018): Grünlandtypen. Erkennen – Nutzen – Schützen. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.

Dynamik der Futterqualität in Abhängigkeit von der Beweidungsintensität und Heterogenität der Grasnarbe auf extensiven Standweiden

F. Clausecker¹, J. Isselstein^{1,3}, K. Obermeyer^{1,2}, M. Komainda¹

¹Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Graslandwissenschaft,
Georg-August-Universität Göttingen

²Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und
Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW), Fachbereich Grünlandwirtschaft und Futterbau

³Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung, Göttingen

Franziska.clausecker@uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Extensive Beweidungsformen richten sich vornehmlich nach Zielen des Naturschutzes, müssen gleichzeitig aber auch das Wohlbefinden der Weidetiere sicherstellen. Extensive Beweidung von Grünlandflächen führt zu einer ungleichmäßigen Verteilung in der Grasnarbenstruktur mit unterschiedlich hochwachsenden Bereichen - sogenannten Patches (z.B. Rook und Tallwin, 2003). Auf Standweiden sind Patches das Resultat von räumlich expliziter und langfristig stabiler Futterselektion (Tonn et al. 2019). Diese Patches spiegeln sich in entsprechend regelmäßig befressene und nicht befressene Bereiche. Patches werden oft nach ihrer durchschnittlichen Grasnarbenhöhe in Klassen eingeteilt (z.B. <5 cm für kurze Patches und ≥10,5 cm für hohe Patches) (Ludvíková et al. 2015). Die Anteile der verschiedenen Patch-Typen einer Weidefläche hängen von der Beweidungsintensität ab. Der Zusammenhang zwischen dem Anteil hoher unbeweideter Patches und der Beweidungsintensität ist negativ. Es ist zu erwarten, dass kurze Patches aufgrund des regelmäßigen Verbisses über die Zeit konstant junges, vegetatives Pflanzenmaterial mit hoher Futterqualität aufweisen. Im Gegensatz dazu ist anzunehmen, dass hohe, nicht beweidete Patches, insbesondere zum Sommer und Herbst hin, die Futterqualität von Weideflächen verschlechtern. Unterschiede zwischen Patches in der Futterqualität müssten sich folglich im Zeitablauf einer Weideperiode verstärken. Bei langjährig extensiver Beweidung resultieren zwischen den Patch-Typen Unterschiede in ihrer botanischen Zusammensetzung und der Pflanzenartenvielfalt (z. B. Obermeyer et al. 2022). Es treten folglich Interaktionen zwischen der Botanik der Grasnarbe und dem Patch auf, die sich auf die Futterqualität auswirken können (z. B. Pavlů et al. 2021). Aufgrund dieser kleinräumigen Variation der Grasnarbenzusammensetzung von Weideflächen bedarf es für eine präzise Vorhersage der Futterqualität im zeitlichen Verlauf der Weidesaison der Berücksichtigung der Patch-Struktur innerhalb von Weideflächen. Es ist zu erwarten, dass die Variabilität der Patches innerhalb einer Weide eine zentrale Rolle für die Futterqualität der gesamten Fläche spielt und damit auch für die Leistung und das Wohlbefinden der Tiere. Dieser Effekt ist möglicherweise größer als der der Beweidungsintensität. Ein Verständnis über den Einfluss der Grasnarbenzusammensetzung in Form von Patches ist deshalb elementar für die Bewertung der Nachhaltigkeit langjährig extensiver Weideflächen.

Diese Studie konzentriert sich folglich auf zwei zentrale Hypothesen:

1. Die Futterqualität des Grünlandaufwuchses variiert innerhalb von Weideflächen stärker als zwischen Weideflächen mit unterschiedlicher Weideintensität aufgrund des Vorhandenseins von Patches.
2. Der Kontrast in der Futterqualität zwischen Patches verstärkt sich im Jahresablauf.

Material und Methoden

Die dieser Studie zugrundeliegenden Daten wurden in den Weidesaisons (April-Oktober) der Jahre 2019, 2020 und 2021 erhoben und stammen aus dem Langzeitweideversuch "FORBIOBEN", der sich auf dem Versuchsgut der Universität Göttingen befindet. Der Versuch wird seit 2005 in seiner jetzigen Form betrieben und untersucht den Einfluss extensiver Mutterkuhbeweidung mit tragenden Fleckviehkühen auf unterschiedliche Zielgrößen. Die Effekte in der Grasnarbe sind das Resultat der Beweidungsregime. Es findet keine Düngung oder Narbenverbesserung statt. Das Grünland weist einen mittleren Artenreichtum auf (>11 Pflanzenarten/0,25 m²) und wird seit Beginn des Versuchs mit Rindern beweidet. Bei dem Versuch handelt es sich um ein einfaktorielles Experiment mit randomisiertem Blockdesign und drei Wiederholungen á 1 ha Weidepaddocks.

Als Testfaktor werden drei Beweidungsintensitäten (GI) verglichen, die als moderat (M), extensiv (L) und sehr extensiv (VL) definiert sind. Sie werden nach einer durchschnittlichen Zielnarbenhöhe in der Weidesaison beweidet. Die Zielnarbenhöhen sind 6 cm (M), 12 cm (L) und 18 cm (VL) komprimierte Grasnarbenhöhe (CSH). In der Weideperiode wird alle 14 Tage an 50 Stellen je Paddock die CSH mittels Rising-Plate-Meter (Castle 1976) gemessen, um den Weidedruck zu steuern. Kühe werden bei Überschreiten der Narbenhöhe aufgetrieben und bei Unterschreiten abgetrieben. Für die vorliegende Studie wurden einmal je Monat, an vier bis acht Stellen je Paddock, nach dem Messen der CSH, Biomasseproben der stehenden oberirdischen Biomasse mittels manueller Schnitte gewonnen (innerhalb eines 30 cm Rahmen), um das stehende Futterangebot zu bestimmen. Jede Probenahmestelle wurde nachträglich einem Patchtyp zugeordnet, wobei ein kurzer Patch eine CSH von < 5 cm, ein mittlerer Patch von $5 \leq 10,5$ cm und ein hoher Patch $> 10,5$ cm umfasste (Ludvikova et al. 2015). Die Frisch- und Trockenmasse der Proben wurden anschließend im Labor erfasst. Getrocknet wurden die Proben bei 60°C für 48 Stunden, im Anschluss auf 1mm Größe vermahlen und mittels Nahinfrarot-Reflexionsspektroskopie (NIRS) (Phoenix 5000, Bluesun Scientific, USA) wurden in jeder Probe die Rohnährstoffkonzentrationen Rohprotein (CP), wasserlösliche Kohlenhydrate (WSC), aschefreie Säure-Detergenzien-Faser (ADF) und aschefreie Neutral-Detergenzien-Faser (NDF) in einer Doppelbestimmung untersucht und die verdauliche organische Masse (dOM) berechnet. Alle Probenahmeterminale in den drei Jahren waren Jahreszeiten zugeordnet, wobei der Zeitraum von Kalenderwoche (KW) 15 – 23 als Frühjahr, von KW 24 – 35 als Sommer und Termine danach als Herbst klassifiziert wurden. Alle statistischen Analysen wurden mit der Software R Studio (Version 4.3.2) (R Core Team 2023) unter Zuhilfenahme linearer-gemischter Modelle durchgeführt. Hierbei diente die Beweidungsintensität in Interaktion mit dem Patchtyp und der Saison (Frühjahr, Sommer, Herbst) als fixe Einflussgrößen und der Paddock genestet im Block bzw. genestet im Jahr wurde als Zufallseffekt modelliert. Posthoc wurden Vergleiche der Mittelwerte mittels Tukey's HSD Test durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Varianzanalyse ergab signifikante Effekte des Patches ($p < 0,0001$) und der Jahreszeit ($p < 0,01$) auf das stehende Futterangebot, die ADF-Konzentration und dOM. Die Jahreszeit beeinflusste auch die WSC-Konzentration signifikant ($p < 0,05$). Es konnte kein signifikanter Einfluss der Beweidungsintensität (GI) auf die Futterqualität festgestellt werden. Die Interaktion von Patch x Jahreszeit wirkte sich signifikant auf die CP- und die NDF-Konzentration aus ($p < 0,05$) (Tabelle 1). Dies steht im Gegensatz zu anderen Studien (Hofmann et al. 2001; Pavlů et al. 2006), die höhere CP- und dOM-Konzentrationen und niedrigere Faserkonzentrationen in intensiv beweideten Weiden im Vergleich zu extensiv beweideten Weiden fanden. Außerdem war in unserer Studie die Interaktion Patch x Jahreszeit für die Konzentrationen von CP und ADF signifikant. Dies deutet darauf hin, dass sich die Variabilität innerhalb der Weide viel stärker auf die Futterqualität auswirkt, als die Intensität der Beweidung. Daher können wir unsere Hypothese 1 bestätigen, dass die Variation innerhalb von Weideflächen größer ist als zwischen unterschiedlich intensiv beweideten Weideflächen. Berücksichtigt man jedoch, dass mäßig beweidete Paddocks mehr kurze Patches aufweisen (Obermeyer et al. 2022), wird sich die Beweidungsintensität aufgrund des Vorhandenseins und der Anteile verschiedener Patchtypen auf die Grasqualität im Weideland indirekt auswirken.

Tab. 1: Ergebnisse der Varianzanalyse für das Futterangebot und Merkmale der Futterqualität. Dargestellt sind p-Werte für die Haupteffekte und Interaktionen ($p < 0,05$) von Patch, GI und Jahreszeit. GI: Beweidungsintensität, CP: Rohprotein, WSC: wasserlösliche Kohlenhydrate, ADF: Säure-Detergenzien-Faser, NDF: Neutral-Detergenzien-Faser, dOM: verdauliche organische Masse.

	Futter- angebot	CP	WSC	ADF	NDF	dOM
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
Patch	<0,0001	<0,0001	0,0966	0,0001	<0,0001	0,0017
GI	0,5645	0,4926	0,2322	0,0754	0,1377	0,0581
Jahreszeit	0,0047	0,0365	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Patch x GI	0,2503	0,5826	0,1335	0,1912	0,2811	0,0664
Patch x Jahreszeit	0,5054	0,0183	0,1262	0,1029	0,0026	0,2396
GI x Jahreszeit	0,3148	0,9870	0,4981	0,8667	0,1908	0,6026
Patch x GI x Jahreszeit	0,8925	0,4963	0,1666	0,5702	0,4602	0,3100

Im Frühjahr waren die hohen Patches noch grün, wurden im Laufe des Jahres zunehmend braun und bauten mehr Streu auf. Wir erwarteten daher eine Wechselwirkung zwischen Futterqualität und Jahreszeit, sodass Grasnarben, die überwiegend aus hohen Patches bestehen, ab einem bestimmten Zeitpunkt im Jahr nicht mehr zur Versorgung der Tiere geeignet sein könnten. Der Mittelwertvergleich von CP und NDF in Abhängigkeit von Patch x Jahreszeit zeigt signifikante Unterschiede mittlerer und hoher Patches im Jahresverlauf sowie eine signifikante Zunahme von NDF in kurzen Patches (Tab. 2), sodass wir unsere Hypothese 2 bestätigen können. Dies stimmt mit Koidou et al. (2019) und Pavlů et al. (2006) überein, die darauf hinweisen, dass der Zeitpunkt der Beweidung einer der Schlüsselfaktoren für die Qualität und Quantität des Futters ist. Die Deckung des Energie- und Nährstoffbedarfs von Hochleistungstieren ist im Frühjahr, wenn junger Pflanzenaufwuchs wächst, viel einfacher zu realisieren. Im Sommer, wenn die Wasserversorgung der Grasnarben knapp ist und im Herbst, wenn das Pflanzenwachstum abnimmt, wird dies zunehmend schwieriger (Wilkinson et al. 2020).

Tab. 2: Mittelwerte $\pm$ Standardfehler für CP (g kg⁻¹ TM) und NDF (g kg⁻¹ TM) in Abhängigkeit von der Interaktion von Patch x Jahreszeit für die Jahre 2019-2021. Hochgestellte Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile (zwischen Patches pro Jahreszeit) und hochgestellte Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte (zwischen Jahreszeiten pro Patches) ($p < 0,05$). CP: Rohprotein, NDF: Neutral-Detergenzien-Faser.

Parameter		Kurze Patches	Mittlere Patches	Hohe Patches
CP	Frühling	164 $\pm$ 4.7 ^{aA}	142 $\pm$ 3.0 ^{bA}	123 $\pm$ 3.8 ^{cA}
	Sommer	141 $\pm$ 10.5 ^{aA}	122 $\pm$ 2.6 ^{aB}	113 $\pm$ 2.4 ^{bB}
	Herbst	154 $\pm$ 10.0 ^{aA}	129 $\pm$ 4.9 ^{aAB}	110 $\pm$ 5.3 ^{bAB}
NDF	Frühling	264 $\pm$ 7.1 ^{aA}	294 $\pm$ 4.7 ^{bA}	301 $\pm$ 5.8 ^{bA}
	Sommer	332 $\pm$ 14.6 ^{abB}	343 $\pm$ 3.9 ^{aB}	366 $\pm$ 3.6 ^{bB}
	Herbst	327 $\pm$ 13.4 ^{aB}	367 $\pm$ 6.6 ^{bC}	391 $\pm$ 7.2 ^{cC}

Schlussfolgerungen

Die Qualität des Grünlandaufwuchses auf extensiv bewirtschafteten Weideflächen ist ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Faktoren, darunter die Höhe der Grasnarbe, die botanische Zusammensetzung, die Weideintensität und daraus resultierend variierende Anteile unterschiedlicher Patchtypen. Eine optimale Futterqualität des Grünlandaufwuchses für Weidetiere ist in kurzen Patches das ganze Jahr über zu finden. Das Vorhandensein von hohen Patches verringert zwar die Futterqualität, trägt aber stattdessen zu weiteren Ökosystemleistungen von Grünland bei.

Literatur

- Castle, M.E. (1979): A simple disc instrument for estimating herbage yield. *Journal of the British Grassland Society* 31, 37-40.
- Hofmann, M., Kowarsch, N., Bonn, S., Isselstein, J. (2001): Management for biodiversity and consequences for grassland productivity. *Grassland Science in Europe* 6, 113–116.
- Koidou, M., Mountousis, I., Dots, V., Zagorakis, K., Yiakoulaki, M. (2019): Temporal variations of herbage production and nutritive value of three grasslands at different elevation zones regarding grazing needs and welfare of ruminants. *Archives Animal Breeding* 62, 215–226.
- Ludvíková, V., Pavlů, V., Pavlů, L., Gaisler, J., Hejcman, M. (2015): Sward-height patches under intensive and extensive grazing density in an *Agrostis capillaris* grassland. *Folia Geobotanica* 50, 219–228.
- Obermeyer, K., Komainda, M., Kayser, M., Isselstein, J. (2022): Exploring the potential of rising platometer techniques to analyse ecosystem services from multi-species grasslands. *Crop & Pasture Science*, A-N.
- Pavlů, K., Kassahun, T., Pavlů, V.V., Pavlů, L., Blazšek, P., Homolka, P. (2021): The effects of first defoliation and previous management intensity on forage quality of a semi-natural species-rich grassland. *PLoS ONE* 16(3): e0248804.
- Pavlů, V., Hejcman, M., Pavlů, L., Gaisler, J., Nezřerková, P. (2006): Effect of continuous grazing on forage quality, quantity and animal performance. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113, 349–355.
- Rook, A.J. & Tallowin, J.R.B. (2003): Grazing and pasture management for biodiversity benefit. *Animal Research* 52, 181-189.
- Tonn, B., Raab, C., Isselstein, J. (2019): Sward patterns created by patch grazing are stable over more than a decade. *Grass and Forage Science* 74, 104-114.
- Wilkinson, J.M., Lee, M.R.F., Rivero, M.J., Chamberlain, A.T. (2020): Some challenges and opportunities for grazing dairy cows on temperate pastures. *Grass Forage Science* 75, 1–17.

Machbarkeitsstudie zur Detektion von Wühlmäusen im Grünland mittels Drohne mit UV-Linse

M. Wolf, H. Laser

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

Einleitung und Problemstellung

Wühlmäuse (*Microtus* spp.) sind ein wichtiger und natürlicher Bestandteil der Grünlandfauna. Innerhalb ihrer Populationsentwicklungen treten zyklisch Phasen exzessiver Vermehrung auf (Jacob et al. 2000). Dies kann darin resultieren, dass sie über ein Drittel der oberirdischen Pflanzenmasse konsumieren (Howe et al. 2006). Begünstigt werden solche Schadpopulationen durch das reiche Nahrungsangebot in Agrarlandschaften, die jenseits des Habitats Grünland Futterquellen bereitstellen (Balmelli et al. 1999). Zudem schaffen es durch den Klimawandel öfter größere Populationen durch die zunehmend milden Winter (Tkadlec et al. 2006). Während es üblicherweise alle zwei bis fünf Jahre zu besonders intensiven Populationsentwicklungen kommt, mit über 2.000 Mäuse je Hektar (Jacob et al. 2014), gibt es in den Feldversuchen Anzeichen dafür, dass diese Ereignisse häufiger sind. Das Streuen oberirdischer Köder ist untersagt, da es die restliche Fauna schädigt (Anthe & Hardt 2018). Flächige und auch unsachgemäße Applikation der zugelassenen Köder, kann zudem zu Resistenzen führen, die schnell bei der Hälfte der Population gefunden werden kann (Salmon & Lawrence 2006). Das übliche Verfahren zur Bestimmung der Aktivität von Wühlmäusen ist sehr arbeitsaufwendig (Strotmann 2018), und nicht geeignet, um die Applikationsschwerpunkte in großen Flächen zu lokalisieren.

Deshalb wurde ein technikbasierter Ansatz zum Monitoring von Wühlmausaktivität und zur Lokalisierung von Nestern entwickelt. Es wird beschrieben, dass Raubvögel ihre Fähigkeit UV-Licht wahrzunehmen, nutzen, um Mäuse zu lokalisieren (Viitala et al. 1995; Honkavaara et al. 2002). Die Theorie ist, dass die UV-Licht-Rezeptoren in ihren Augen es ihnen ermöglichen Mäuseurin scharf wahrzunehmen. Schädnerbekämpfung nutzt UV-Licht auch, um mit Hilfe von fluoreszierenden Aminosäuren ihre Laufwege nachzuvollziehen (Kolbe 2016). Da Mäuse inkontinent sind, hinterlassen sie überall Urinspuren. Der Urin aller *Microtus*-Arten weist UV-Absorption in Wellenbereichen von 370-380 nm auf (Kellie et al. 2004). Deshalb war die Idee, eine gängige Drohnenkamera mit einem UV-Filter zu versehen, um Wühlmäuse nicht nur einfach im Grünland zu lokalisieren, sondern auch ihre Aktivität ad hoc erfassen zu können. Die Hypothese war also, mit einer umgerüsteten Kamera die in der Literatur angenommene optische Wahrnehmung von Raubvögeln zu imitieren, und damit für die digitale Bildauswertung nutzbar machen zu können.

Material und Methoden

Zur Untersuchung der Arbeitshypothese wurde eine Mavic2Pro (DJI, Nanshan, China) mit einer Linse versehen, die nur den UV-Bereich des Lichtes für Aufnahmen nutzt. Diese wurde von Kolari Vision (Raritan, USA) passend hergestellt, die auch das hierfür konvertierte DJI-Modell bereitstellten, um UV-Spektralaufnahmen zu ermöglichen (Publiclab 2020). Zusätzlich wurde ein Set Nahinfrarotlinsen bestellt. Handelsübliche Taschenlampen mit UV-Passfiltern werden genutzt, um zu testen, ob damit Mäuseurin im Feld fluoreszierend zu beobachten ist. Dazu kommen Modelle mit einem Emissionsmaximum bei 365 nm, als auch solche mit 380 nm zum Einsatz.

Drohnenüberflüge und -aufnahmen fanden in variierten Höhen in einem Parzellenversuch mit der Modellierung unterschiedlicher Grünlandnutzungssysteme (Wolf & Laser 2022) auf der Grünlandversuchsstation in Meschede-Remblinghausen (399 m ü. NN) statt. Zusätzlich wurde eine Dunkelkammer und der Vergleich mit unterschiedlichen Materialien genutzt, um die Hypothese zu testen, dass Mäuseurin im Feld fluoresziert, und mittels der UV-Kamera der Drohne differenziert werden kann. Dazu fand auch ein Studentenversuch statt, der dies mittels UV-Farbe (Event Lights), Chinin (Schweppes Tonic Water dry), Uranin (Hanse Pro) und einer pulverisierten, gelösten Aminosäure (L-Tryptophan, Taste Market) im Vergleich zu, in der Nacht zuvor betrieblich auf Folie von einer gefangenen Maus gewonnenen, Urin auf verschiedenen Trägermedien untersuchte. Diese waren helles Papier, dunklere Pappe, heller Boden, dunkler Boden, letztere nass oder trocken, sowie die UV-Marker frisch appliziert und abgetrocknet (Mertens 2023).

Ergebnisse und Diskussion

Drohnenaufnahmen mit der mit Kolarivision-UV-Filter versehenen, und entsprechend konvertierten DJI Mavic2Pro zeigten deutlich hervorgehobene, leuchtende Bereiche, wo aktive Wühlmausnester in der Grünlandnarbe zu finden waren (Abb. 1). Kontrollen zu Fuß, mit schwebender Drohne und Kameraansicht auf dem mit der Fernbedienung, zeigten aber schnell, dass dieser Effekt auf UV-Reflektionen durch Steine hervorgerufen wurde. In Remblinghausen ist Schiefer das Ausgangsgestein, der eventuell besonders gut glatte, spiegelnde Flächen bietet. Auf einer unbewachsenen, brachliegenden Fläche leuchtete Schiefer aber in den UV-Aufnahmen nicht. Dies könnte der Tatsache zugeordnet werden, dass von Wühlmäusen frisch bei Grabtätigkeiten ausgeworfene Steine meist vertikal abgewinkelt liegen. Auf unbewachsenem Boden, der Witterung ausgesetzt, liegen die Steine hingegen eher horizontal. Im Drohnenbild war keine Differenzierung zwischen kleinen und großen Steinen festzustellen, und alles verfloß zu grellen Bereichen. In der Hand reflektierten einzelne Steine je nach Neigung zur Kameralinse. Diese Reflektion war bei Steinen, die nicht frisch aus dem Boden kamen, sondern an der Oberfläche lagen, vermindert zu finden. Bei dem Wetter im Juni waren dabei alle Steinoberflächen trocken.

Diese Effekte waren, anders als während Hitzetagen im Juni mit voller Sonneneinstrahlung, an bewölkten Tagen im Oktober, als die Mäusepopulationen ihren Zenit erreichten, nicht festzustellen. Untersuchungen erfolgten auch mit Dunkelbereich (gebaut aus einem an den Boden gedrücktem Karton, mit Seitenloch im Durchmesser einer Taschenlampe, und oben eingesetztem Guckloch für Kameraaufnahmen aus einer ein Meter langen Papprohre). Unter UV-Licht fluoreszierten bislang weder bei trockenem, heißen Wetter, noch bei kühlen, feuchten Bedingungen Wühlmäuseurinspuren oder frischer -kot. In Wirtschaftshallen war dies hingegen durchaus der Fall. Im Gegenzug leuchteten aber etwa Insektenbeine oder bestimmte Samenhülsen von Pflanzen deutlich. Das gilt auch für vereinzelte Biokrusten, die auf Steinen zu finden waren. Letztere könnten, auch ohne fluoreszierende Bereiche, dazu beitragen, dass Steine, die aus Mausbauten beim Graben abtransportiert wurden, stärker reflektieren, als solche, die lange an der Oberfläche lagen.

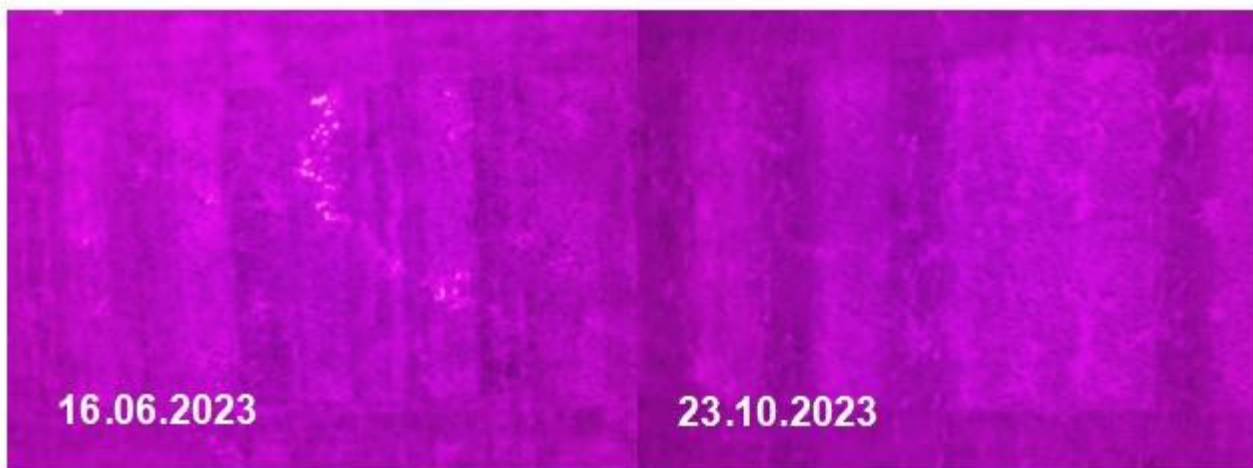


Abb. 1: Aufnahmen im UV-Spektrum der DJI-Mavic2Pro, in 10 Meter Flughöhe zu Terminen im Juni und Oktober 2023.

Beim Vergleich verschiedener UV-Marker konnten in den Aufnahmen im UV-Spektrum der mit Speziallinse versehenen DJI-Mavic2Pro-Drohne durchaus deutliche Differenzierungen der Aufnahmebereiche festgestellt werden. Vollständige Absorption des UV-Lichts (UV-Farbe, Chinin, eingeschränkt auch Uranin) resultierte in den dunkelsten Bereichen, wurden die Medien auf Pappe aufgetragen. Reflektion eines bestimmten UV-Spektrums wurde durch helle Bereiche deutlich, sei es durch normale weiße Farben, Flechten auf Pflastersteinen, oder Tryptophan-Pulver (Abbildung 2). Dieses wies sogar einen anderen Farbbereich im UV-Spektrum auf, als der Umgebungsbereich. Besonders sichtbar wurde dies nach dem Abtrocknen, wenn Oberflächen von Flüssigkeitstropfen nicht das Licht gebrochen reflektierten. Ein eigener Farbbereich fluoreszierender Medien, wie Chinin, oder gelöstes Tryptophan, war jedoch am deutlichsten, wurden Aufnahmen mit dem durch die Flüssigkeit geleiteten Licht gemacht. Auf Boden waren diese Effekte kaum bis gar nicht reproduziert, nachdem die feuchten Medien in den Boden versickerten. Offenbar war morgens frisch gesammelter Mäuseurin durchaus auch auf Boden in UV-Aufnahmen der DJI Mavic2Pro zu

differenzieren (Mertens 2024). Dabei traten aber nur geringere Helligkeitsunterschiede oder Farbvariationen auf, als etwa mit voller Absorption oder Tryptophan auf Pappe. Erschwerend kommt hinzu, dass mit UV-Filter erstellte Aufnahmen nur geringe Auflösungen aufweisen, da ja auch nur noch ein Teil des Lichtes durch die Linse gelangt. Dieses Problem ist umso bedeutender, desto höher die Flughöhe gewählt wurde. Im Juni sind dabei die besten Auflösungen und stärksten Kontraste in UV-Aufnahmen zu erzielen, da dann am meisten UV-Licht in hiesigen Breiten auftritt. Auch sonniges Wetter hat einen positiven Einfluss.



Abb. 2: Mögliche UV-Marker und Kontrolle auf Pappe, aufgenommen (1 m Abstand) im menschlich wahrnehmbaren Lichtspektrum (links), im Dunkeln mit Licht durch UV-Filter (285 nm) bestrahlt (mittig), und bei Tageslicht (bewölkt, 13.12.2023) mit Kolaris-UV-Linse und DJI Mavic2Pro aufgenommen (rechts). Es handelt sich um (von links nach rechts): UV-Lack, Tonic/Chinin, Tryptophan, Uranin, Aqua destilata und Mäuseurin, jeweils in abgetrocknetem Zustand.

Eine sehr gute Differenzierbarkeit von vegetationslosen Bereichen und solchen, die mit Vegetation bedeckt waren, war auf Aufnahmen der DJI Mavic2Pro zu finden, die mit Infrarotfilter (665 nm) gemacht wurden. Dabei waren auch deutlich Gangsysteme und Nestbereiche mit Gangkreuzungen von der Wühlmaus (*Microtus arvalis*) auszumachen. Ähnliches gilt für Hügel von Schermäusen (*Arvicola terrestris*). Dies war bis in eine Flughöhe von etwa 15 m möglich. Größere Aufnahmehöhen erlaubten keine Differenzierung zwischen einfachen Vegetationslücken, und solchen, die aus Bauaktivitäten von Nagetieren resultierten.

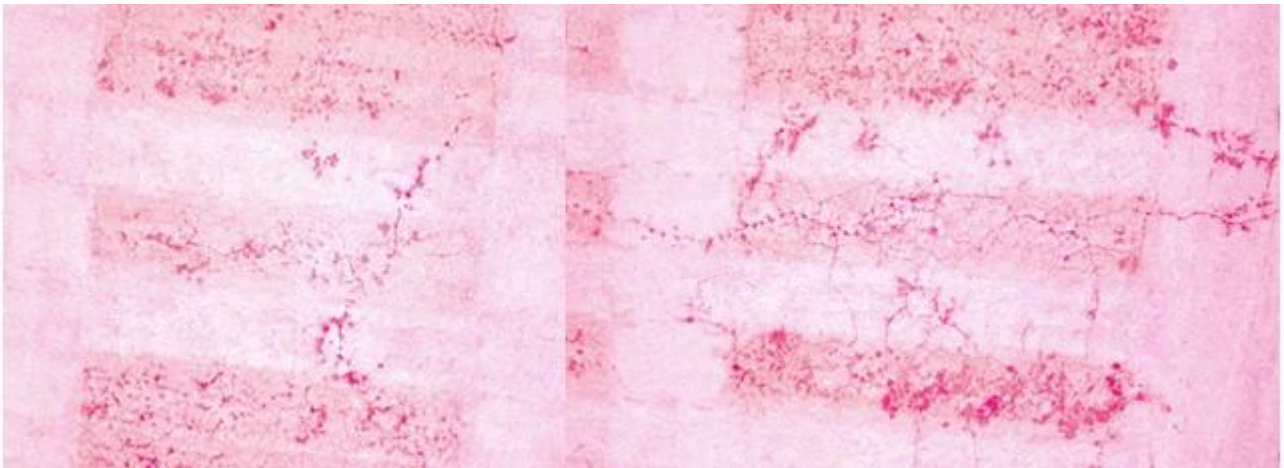


Abb. 3: Aufnahmen der Versuchspartellen im Nahinfrarotbereich (665 nm), aufgenommen mit DJI Mavic2Pro am 23.10.2023. Zu sehen sind, dunkel hervorgehoben, Bestandeslücken ohne Bezug oder Gangsysteme von *Microtus arvalis* und Hügel von *Arvicola terrestris*.

Schlussfolgerungen

Es wurde deutlich, dass die Wahrnehmung von Licht im UV-Bereich für Raubvögel den Vorteil mit sich bringt, dass vegetationslose Bereiche vor allem in größeren Höhen kontrastreicher zu erkennen waren, als mit einer Differenzierung von Grün- und Brauntönen in dem für uns sichtbaren Licht. In der Tagesdämmerung bietet dies noch größere Vorteile. Im UV-Spektrum dunklere Bereiche sind im Grünland vor allem auch dort, wo Mäusenester mit hohen Populationsdichten auftreten. Belege dafür, dass eine aus Flughöhe wahrnehmbare Reflektion oder gar Fluoreszenz von Mäuseurinspuren besteht, konnten nicht erbracht werden. Reflektierende, leuchtende Steine machen in UV-Licht aktive Mäusenester besonders kenntlich. Mit Bewölkung, oder auf Grünlandflächen ohne Steine, konnten bislang jedoch keine in UV-Licht leuchtenden Mäuseaktivitäten beobachtet werden. Dass auch mit UV-Taschenlampe im Feld keine Fluoreszenz von Mäuseurin festgestellt werden konnte, deutet darauf hin, dass die beteiligten Aminosäuren im Freiland eine erhebliche Volatilität aufweisen, selbst bei Bewölkung.

Es konnten Nachweise erbracht werden, dass frische Mäuseurinspuren in UV-Aufnahmen differenziert sichtbar sind. Dieser Effekt ist aber, vor allem auf Boden, so schwach, dass innerhalb der üblichen Helligkeitsabstufungen innerhalb von UV-Aufnahmen einer Grünlandnarbe oder Vegetationslücken darin, selbst bei nur sehr niedrigen Flughöhen keine Bildanalyse möglich ist. Die Auflösung der genutzten Hasselbladkamera an der DJI ist sicherlich auch dadurch limitiert, dass UV-Licht nur 4 bis 10 % der Sonnenstrahlung ausmacht (European Commission 2007).

Infrarotaufnahmen im passenden Spektrum (665 nm) zeigen deutlich die Lücken in den Vegetationsbeständen von Grünlandflächen. Mäusegänge sind differenzierbar. Möglichkeiten zur quantitativen Bildauswertung bestehen über eine Ermittlung der vegetationslosen Flächen.

Die Untersuchungen ergaben also, dass eine mit UV-filternden Linse ausgestattete Bilddrohne geeignet ist, Mäuseaktivitäten ad hoc zu erfassen, und in großen Grünlandschlägen zu lokalisieren, jedoch nur über Grünlandböden mit hohem Skelettanteil, und nur an sonnigen Terminen in der Jahresmitte. Ansonsten sind NIR-Aufnahmen im Mäusemonitoring vorzuziehen, die jedoch quantitative Daten nur zu durch Populationsaktivitäten entstandene Vegetationslücken liefern können, nicht aber hinsichtlich ihrer tagesaktuellen Dichte oder Aktivität.

Literatur

Balmelli, L., Nentwig, W. & J. P. Airolidi (1999): Nahrungspräferenzen der Feldmaus *Microtus arvalis* in der Agrarlandschaft unter Berücksichtigung der Pflanzeninhaltsstoffe. Zeitschrift Säugetierkunde 64: 154-168.

European Commission (2007): Scientific committees, Glossary UV-Strahlung. https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/de/glossar/tuv/uv-strahlung.htm

Honkavaara, J., Koivula, M., Korpimäki, E., Siitari, H. & J. Viitala (2002): Ultraviolet vision and foraging in terrestrial vertebrates. *Oikos* 98: 505–511.

Howe, H. F., Zorn-Arnold, B., Sullivan, A. & J. S. Brown (2006): Massive and distinctive effects of meadow voles on grassland vegetation. *Ecology* 87 (12): 3007-3013.

Jacob, J. et al. (2020): Europe-wide outbreaks of common voles in 2019. *Journal of Pest Science* 93: 703–70.

Mertens, J. (2024): Praktische Anwendbarkeit einer Kameradrohne mit UV-Filter zur Schädner-Detektion anhand von Urinspuren im Grünland. Studentisches Poster beim Soester Agrarforum 2024.

Publiclab (2020): New Developments in Multi-Spectral Drone Imaging in the Ultraviolet Band. <https://publiclab.org/notes/ektopyrotic/09-14-2020/new-developments-in-multi-spectral-drone-imaging-in-the-ultraviolet-band>

Salmon, T. P. & S. J. Lawrence (2006): Anticoagulant Resistance in Meadow Voles (*Microtus californicus*). Proceedings 22nd Vertebrate Pest Conference, UC Davis.

Strotmann, K. (2018): Feldmäuse: Jetzt die Löcher zählen. <https://www.agrarheute.com/pflanze/feldmaeuse-loecher-zaehlen-549719>

Tkadle, E. et al. (2006): Winter climate and plant productivity predict abundances of small herbivores in central Europe. *Climate Research* Vol. 32: 99-108.

Viitala, J., Korpimäki, E., Palokangas, P. & M. Koivula (1995): Attraction of kestrels to vole scent marks visible in ultraviolet light. *Nature* Vol. 373: 425-427.

Wolf, M. & H. Laser (2022): Grünlandböden unter Druck – Einfluß von Bodenverdichtungen in Nutzungssystemen in einem Freilandversuch. Tagungsband der Jahrestagung der AGGF in Soest, 2022.