

**Schlussbericht**  
**nach Nr. 3.2 BNBest-BMBF 98**

<p><b>ZE:</b> Christian-Albrechts Universität zu Kiel Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät Institut für Pflanzenbau und -züchtung Grünland und Futterbau/Ökol. Landbau</p>	<p><b>Förderkennzeichen:</b> <b>2817ERA13D</b></p> <p><b>Aktenzeichen:</b> <b>315-06.01-2817ERA13D</b></p>
<p><b>Vorhabensbezeichnung:</b> <b>“Increasing productivity, resource efficiency and product quality to increase the economic competitiveness of forage and grazing based cattle production systems” (SusCatt)</b></p>	
<p><b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 09.2017 bis 12.2020</p>	

# I. Teil - Kurzdarstellung

## 1. Aufgabenstellung

Das Projekt SusCatt hatte als Ziel, die Nahrungsmittelkonkurrenz zwischen dem Futter der Milchkühe und der Humanernährung durch die verstärkte Nutzung von Weide und regional produziertem Grünfutter zu reduzieren. Dies wird potenziell die Produktionskosten senken, das Tierwohl und die Produktqualität verbessern und gleichzeitig die Abhängigkeit von importiertem Tierfutter reduzieren. Hierzu sollten die Auswirkungen von einem veränderten Management zur Verbesserung der Nachhaltigkeit in einem breiten Spektrum evaluiert werden (Widerstandsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit, Management von Ressourcen zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit, Förderung von Praktiken auf dem Betrieb zur Verbesserung der Verbraucherakzeptanz und Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen). Dies sollte auf unterschiedlichen Intensivierungsstufen sowohl auf kommerziellen Betrieben als auch auf Forschungsbetrieben in verschiedenen Ländern analysiert werden.

Die Haupthypothese des Projektes war:

Die Umstellung auf Weidehaltung oder Frischgras oder auf Futter mit hohem Raufutteranteil für europäische Rinder wird:

- sowohl die Tiergesundheit und das Wohlbefinden der Tiere als auch die Produktqualität (Milch und Fleisch) verbessern und damit die Widerstandsfähigkeit der Tiere und die Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe erhöhen
- die Nahrungsmittelkonkurrenz durch den Einsatz von Futtermitteln, welche nicht direkt für den menschlichen Verzehr geeignet sind, reduzieren
- Praktiken auf landwirtschaftlichen Betrieben fördern, die von den Verbrauchern gewünscht werden, sowie die Effizienz der Produktion, den Tierschutz und die Produktqualität fördern bei gleichzeitiger Steigerung der Biodiversität und der damit verbundenen Ökosystemleistungen

Der Hauptfokus des Teil-Projektes der CAU Kiel im Konsortium SusCatt lag auf der Eruiierung des Potentials diverser Weidebestände zur Reduzierung negativer Umweltauswirkungen der Milchviehwirtschaft bei gleichzeitiger Erhöhung oder Stabilität der Milcherträge. Ein wichtiger Fokus hierbei war die Nutzung von Pflanzen, die reich an bioaktiven Inhaltsstoffen, wie z.B. den Tanninen sind. Hierzu wurden die folgenden Messgrößen betrachtet:

- Futterqualität
- Milchmenge und Milchqualität
- Nitratauswaschung in das Grundwasser

- Lachgas (N<sub>2</sub>O- Emissionen aus Kot und Urindeposition)
- Methanemissionen aus der enterischen Fermentation

Anhand dieser Messungen sollten die folgenden spezifischen Hypothesen bearbeitet werden:

1. Artenreiche Bestände können die Milchleistung verbessern
2. Insbesondere tanninhaltige Pflanzen können die Methanemissionen reduzieren
3. Von manchen Kräutern / Leguminosen können bereits geringe Artanteile Reduktionen der Methanemissionen bewirken

## **2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Das Verbundprojekt wurde im Rahmen des ERA-NET Projektes „SusCatt“ durchgeführt. Dieses Forschungsnetzwerk wurde unter den SusAn Richtlinien gefördert und beinhaltete 6 Partner aus 5 Ländern - Norwegen, Großbritannien, Polen, Schweden, Deutschland und Italien. Die CAU Kiel, als deutsches Mitglied des Konsortiums, war mit der Untersuchung von Auswirkungen der botanischen Komposition einer Weide auf die Milchleistung und –qualität, sowie auf die Umweltauswirkungen von Milchkühen in Weidesystemen betraut. Hierzu wurde sich auf die Milchleistung und Methanemissionen, sowie die Lebenszyklusanalyse des Systems fokussiert.

An der CAU Kiel wurde im Rahmen des Projektes durch die Förderung der BLE eine Doktorandenstelle geschaffen, welche die SF<sub>6</sub>-messmethode zur *in vivo* Bestimmung der Methanemissionen von Milchkühen auf der Versuchsstation Lindhof etablierte. Aufgrund eines verspäteten Projektstartes wurde diese Stelle im Rahmen einer kostenneutralen Projektverlängerung einmalig verlängert. Die technische Ausstattung für die experimentelle Durchführung, chemische Analysen und *in vitro* Tests der Verdaulichkeit und des Methanreduktionspotentials, sowie Dienstreisen zu Projekttreffen vor der Corona-Pandemie wurden ebenfalls durch die bewilligten Projektmittel finanziert. Die gesamte Infrastruktur auf dem Versuchsgut Lindhof wurde seitens der CAU Kiel zur Verfügung gestellt.

## **3. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Der Versuch wurde auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsgut Lindhof, nördlich von Kiel, durchgeführt. Der Lindhof verfügt über eine Herde aus 96 Jersey Kühen, die auf 3-jährigen Kleegrasmischungen in einer Fruchtfolge weiden. Hierzu werden drei verschiedene Klee gras Mischungen als Ackerfutterbestände untersucht, welche durch eine gezielte Manipulation der Ansaatmischung eine steigende Komplexität abbilden. Jedes Jahr wurden

drei Klee gras-Mischungen (Tabelle 1) gleichzeitig auf unterschiedlichen Flächen etabliert, sodass sämtliche Mischungen jeweils in allen Altersstufen vorhanden waren. Der parallele Test aller drei Mischungen in allen drei Altersstufen erlaubt eine wetterunabhängige Evaluierung des Gesamtsystems.

Tab. 1: Artenbestandteile der im Versuch genutzten Klee grasmischungen

<b>Binär</b>	<b>Tertiär</b>	<b>Divers</b>
Deutsches Weidelgras ( <i>Lolium perenne</i> )	Deutsches Weidelgras ( <i>Lolium perenne</i> )	Deutsches Weidelgras ( <i>Lolium perenne</i> )
Weissklee ( <i>Trifolium repens</i> )	Weissklee ( <i>Trifolium repens</i> )	Weissklee ( <i>Trifolium repens</i> )
	Rotklee ( <i>Trifolium pratense</i> )	Rotklee ( <i>Trifolium pratense</i> )
		Zichorie ( <i>Cichorium intybus</i> )
		Spitzwegerich ( <i>Plantago lanceolata</i> )
		Kleiner Wiesenknopf ( <i>Sanguisorba minor</i> )
		Gewöhnlicher Hornklee ( <i>Lotus corniculatus</i> )
		Wiesenkümmel ( <i>Carum carvi</i> )

In der diversen Mischung sind neben dem Polyphenoloxidase (PPO)-haltigen Rotklee auch zwei tanninhaltige Futtermittelarten enthalten, namentlich Hornklee (beinhaltet kondensierte Tannine) und der kleine Wiesenknopf (beinhaltet hydrolysierbare Tannine). Während PPO insbesondere die Stickstoffnutzungseffizienz in Wiederkäuern erhöhen sollen und somit gegebenenfalls Milchleistung positiv beeinflussen, haben tanninhaltige Pflanzen sowohl das Potential Methanemissionen von Wiederkäuern zu reduzieren, als auch die Lachgasemissionen und Nitratauswaschung zu minimieren. Die Untersuchungen an der CAU sollten deshalb insbesondere folgende Fragen beantworten: 1) Wie verändern sich i) die Milchqualität und –quantität, ii) die Methanemissionen der Kühe und iii) die Nitratauswaschung und Lachgasemissionen des Bodens in einem Vollweidesystem auf mehrjährigem Klee gras durch die Weidezusammensetzung? 2) Welchen Einfluss können die tanninhaltigen Pflanzen hierzu leisten, bzw. welche Tanninkonzentration und –zusammensetzung ist besonders förderlich? sowie 3) können einfache Formeln unter Einbeziehung der Futtermenge und -zusammensetzung oder in vitro Versuche wie der Hohenheimer Futterwerttest zuverlässige Schätzungen bezüglich der Methanemissionen der

Wiederkäuer liefern, im Vergleich zu teuren, aufwendigen Messmethoden wie der Respirationskammer oder SF<sub>6</sub> Tracern?

Sämtliche Ergebnisse, die in diesen Versuchen generiert werden, sollten zudem in eine Lebenszyklusanalyse einfließen, welche in Kooperation mit dem gesamten Konsortium erstellt werden soll. Diese sollte die Einflüsse von Milch- und Fleischproduktion auf Biodiversität, Bodenqualität, Kohlenstoffsequestrierungspotential und ähnliches quantifizieren. Des Weiteren sollen alle neugewonnenen Erkenntnisse durch das Konsortium aufbereitet werden, um es sowohl dem wissenschaftlichen als auch dem praxisorientierten Fachpublikum zur Verfügung stellen zu können.

Arbeitsplan:

SusCatt beinhaltet 5 Arbeitspakete (WP).

WP1, unter der Leitung des „Norwegian Institute of Bioeconomy Research“, war für die Koordination des Projektes sowie die Kommunikation mit dem SusAn Sekretariat zuständig.

WP2 behandelte die Rindfleischproduktion und befasste sich hierzu mit Möglichkeiten, die Nahrungsmittelkonkurrenz zur Humanernährung sowie die Umweltauswirkungen zu reduzieren. Wichtigste Partner für WP2 waren die Newcastle University, die Swedish University of Agricultural Sciences und die University of Padova.

WP3 behandelte die Milchproduktion mit Milchkühen und befasst sich hierzu ebenfalls mit Möglichkeiten die Nahrungsmittelkonkurrenz zur Humanernährung, sowie die Umweltauswirkungen zu reduzieren. Wichtigste Partner für WP3 waren neben der CAU Kiel auch das Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN Jastrzebiec.

WP4 hatte als Ziel das neu generierte Wissen aus WP2 und WP3 zu nutzen, um eine umfassende Lebenszyklusanalyse durchzuführen. An WP4 waren sämtliche Partner beteiligt.

WP5 war für die Verbreitung des neu generierten Wissens zuständig und soll über die wissenschaftlichen Publikationen hinaus das Wissen auch für andere involvierte Akteure (Landwirten, Politikern, Konsumenten) aufbereiten und zur Verfügung stellen. Auch an WP5 waren sämtliche Partner beteiligt.

Die CAU Kiel war durch zwei Gegebenheiten sehr stark mit den anderen Partnern aus WP3 verknüpft: Um eine hohe Repräsentativität zu erreichen und um Verallgemeinerungen für Gesamteuropa daraus ableiten zu können, musste der Einfluss von Umweltbedingungen und Produktionssystem bekannt sein. Die CAU Kiel verfügte als einziger Partner im Konsortium über Versuchsflächen mit etablierten Beständen in verschiedenen Zusammensetzungen und war daher essentiell für die Einschätzung, mit welchen Weidezusammensetzungen die

Umwelteinflüsse reduziert werden können bei gleichzeitiger Einhaltung einer hohen Milchleistung pro Fläche. Der CAU kam eine besondere Gewichtung zu, da bei keinem anderen Partner die vorherrschenden Bedingungen auf der Weide in ähnlich hoher Auflösung quantifiziert werden können. Zudem war mit der CAU als Partner die Messung von Methan mit verschiedensten Methoden sowohl in vitro (und dadurch mit einer hohen Probenzahl) als auch in vivo möglich, sodass sehr genaue Abschätzungen der realen Emissionen möglich waren und mit früheren Studien vergleichbar gemacht werden konnten. Dies war insbesondere auch für die Lebenszyklusanalyse in WP4 von großer Bedeutung. Zudem war mit der CAU ein gemäßigttes, maritimes Klima mit relativ milden Wintern vertreten, wodurch eine Vollweide nahezu durchgängig möglich ist.

Die Meilensteine der CAU Kiel waren

M3.15 – Monat 3: Das Experiment ist etabliert. Hierzu sind die Kühe ausgewählt, die Saugkerzen und Messkammern für Lachgasemissionen sind installiert und die Techniken für die Treibhausgasmessungen werden erprobt.

M3.16 – Monat 17: Die Probennahmen des ersten Jahres sind abgeschlossen und erste statistische Auswertungen des Jahres wurden für Nitratauswaschung, Lachgasemissionen, sowie Milchquantität und –qualität vorgenommen.

M3.17 – Monat 29: Die Messungen des ersten und zweiten Versuchsjahres sind komplett. Die statistische Auswertung für die Feldmessungen (siehe M3.16) sowie die in vitro und in vivo Methanemissionen wurde vorgenommen.

M3.18 – Monat 33: Sämtliche Analysen und Auswertungen sind abgeschlossen. Die Energieeffizienz wurde abgeschätzt. Die verschiedenen Methoden zur Methanmessung wurden verglichen und evaluiert. Die ökonomische Auswertung zur Produktivität wurde durchgeführt. Die Lebenszyklusanalyse wurde basierend auf den drei verschiedenen Weidezusammensetzungen sowie den Krafffutterzugaben durchgeführt.

Der Arbeitsplan als zeitlicher Ablauf wird in Abbildung 1 gezeigt.

Aktivität	2017						2018						2019						2020																				
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6			
Aufbau Feldequipment/Tierauswahl	■	■	■																																				
M3.15			X																																				
Kickoff Workshop			■																																				
Probelauf/Eingewöhnung Respirationskammer				■	■	■	■																																
Umwelt-/Milchmessungen im Feld							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																					
M3.16																																							
In vitro Versuche Tannin Pflanzen																			■	■	■	■																	
Umwelt-/Milchmessungen im Feld*																				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
Methodenvergleich in vitro/in vivo Methanmessungen																							■	■	■	■	■												
M3.17																																							
Auswertung Daten																																		■	■	■	■	■	■
Zuarbeit Lebenszyklusanalyse**																																		■	■	■	■	■	■
M3.18																																					X		
Manuskripte schreiben																																						■	■
Dissemination***																																						■	■

Abbildung 1: Zeitplan der geplanten Arbeiten im Rahmen des Verbundprojektes „SusCatt“ welche an der CAU Kiel durchgeführt werden sollten

Im Laufe des Projektes mussten allerdings einige Teilaspekte entgegen der ursprünglichen Planung angepasst werden. Alle Änderungen wurden im Rahmen der Zwischenberichte angezeigt und erst nach vorheriger Inkenntnissetzung und nach Zusage der BLE implementiert. Die wesentlichen Änderungen waren:

1. Aufgrund der vorherrschenden Bedingungen im Versuchsjahr 2018 fand allerdings nahezu den gesamten Sommer aufgrund der anhaltenden Dürre keinerlei Aufwuchs statt, wodurch eine Beweidung über lange Zeit nicht möglich war. Hierdurch konnten in diesem Jahr keine *in vivo* Methanmessungen durchgeführt werden.
2. Die Methanmessungen wiesen eine höhere Streuung auf als ursprünglich antizipiert. Deswegen wurde ein cross-over design implementiert, in welchem die geteilten Herden jeweils nacheinander die Mischungen beweideten sollten, sodass jedes Tier jede Mischung einmal beweideten sollte, um den „Tier-effekt“ zu eliminieren. Da sich hierdurch die Messkampagnenzahl potenzierte, konnten statt drei Weidemischungen nur zwei Mischungen analysiert werden. Hierfür wurden die Extreme: „Binär“ und „Divers“ gewählt.

Trotz der Änderungen hatten diese Anpassungen keine Auswirkungen auf die Erreichung der wesentlichen Ziele des Vorhabens innerhalb der Projektlaufzeit. Jedoch musste der Umfang, der in der Projektlaufzeit zu bearbeitenden Aufgaben für die Fragestellungen der Abbauplanung reduziert werden, da sich diese als sehr komplex erwiesen. Die Kernfragen wurden allerdings wie geplant bearbeitet und erfolgreich eruiert. Einzig der Methodenvergleich zwischen der SF<sub>6</sub> Methode und den *in vitro* Versuchen konnte aufgrund der reduzierten Probenanzahl nicht weiter verfolgt werden. Allerdings wurde die Versuchsfrage dahingehend verändert, dass der notwendige Anteil von Kräutern in der Mischung für eine optimale Methanreduktion eruiert wurde. Hierdurch wurde weiterhin durch gezielte *in vitro* Studien eine sinnvolle Ergänzung zu dem *in vivo* Versuch erzielt. Zudem war dies zwar eine ursprüngliche Hypothese, allerdings nicht an ein konkretes Ziel gebunden.

#### **4. wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

Zum Start des Projektes existierte sowohl bereits Forschung, die die Vorteile von diversen Pflanzenbeständen auf die Biomassebildung (Finn et al., 2018; Nyfeler et al., 2009) und die Stickstoffnutzungseffizienz (Suter et al., 2017) sowie generell auf ökologische und ökonomische Kenngrößen untersucht (Lüscher et al., 2014). Zudem gab es Indikatoren, dass diverse Mischungen Milchleistung steigern können und N Verluste reduzieren können (Totty et al., 2013). Für tanninhaltige Pflanzen war zudem bekannt, dass diese die Methanemissionen reduzieren können (Flachowsky et al., 2012; A. Jayanegara et al., 2012; Anuraga Jayanegara et al., 2013; Niderkorn et al., 2012). Allerdings waren diese Resultate inkonklusiv und basierten in erster Linie auf *in vitro* Studien. Zudem gab es keinerlei Indizien,

wie hoch der Anteil der tanninhaltigen Arten in einer Mischung sein müsste, um Effekte zu erzielen, da nahezu sämtliche Arten entweder mit Reinkulturen, oder nur mit einer einzigen Mischung durchgeführt wurden. Das Füttern von Reinbeständen tanninhaltiger Arten hat allerdings keine Praxisrelevanz. Insofern war die Evaluation des Methanunterdrückungspotentiales von Mischungen mit tanninhaltigen Pflanzen in unterschiedlichen Zusammensetzungen sowie von artenreichen Beständen generell eine notwendige Innovation.

Zudem gab es große Unsicherheit bezüglich der Nitrat auswaschungen von diversen Grünlandbeständen. So war durchaus bekannt, dass eine steigende Artenvielfalt mit einer potentiell niedrigeren N-Auswaschung einhergeht (Beukes et al., 2014), allerdings können höhere Leguminosenanteile gleichzeitig die Nitrat auswaschung erhöhen (Scherer-Lorenzen et al., 2003) und Wachstumsaktivität im Winter konnte wichtiger sein als Artenvielfalt per se (Malcolm et al., 2014). Zudem war ebenfalls bekannt, dass Spitzwegerich – und insbesondere das in diesem enthaltene Aucubin - die N-Auswaschung durch die Inhibition der N Mineralisierung reduzieren kann (Dietz et al., 2013). Ähnlich unklar war die Faktenlage auch für Lachgasemissionen, welche den gleichen Faktoren wie die Nitrat auswaschung unterworfen sind.

## **5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.**

Zur Realisierung der Projektziele war eine enge Zusammenarbeit innerhalb der Projektpartner notwendig. So fanden alle 1-2 Monate digitale Treffen statt, in denen über die Projektfortschritte und notwendige Koordinierungen bezüglich des Proben- und Informationsaustausches diskutiert wurden. Zudem fanden ursprünglich einmal jährlich Treffen an einem der Versuchsstandorte statt, um den anderen Teilnehmer die Versuche zu zeigen. Dies wurde allerdings durch die Corona Pandemie später nicht mehr möglich. Bezüglich weiteren Austausches wurden seitens der CAU Kiel Milchproben an die Newcastle University geschickt, an der diese auf ihr Fettsäureprofil analysiert wurden.

## **II. Eingehende Darstellung**

### **1. der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele**

Trotz der Änderungen im Versuchsplan wurden alle Ziele erreicht. *In vitro* wurde ein Potenzial verschiedener Futterarten zur Verringerung der Methanemissionen im Vergleich zu mehrjährigem Weidelgras identifiziert, wobei das größte Minderungspotenzial bei dem kleinen Wiesenknopf bestand. Wird allerdings auch die Verdaulichkeit betrachtet, so kann die Zichorie durch zwar geringere Methanreduktionen, bei allerdings höherer Verdaulichkeit, ebenfalls überzeugen. Zusätzlich wurde *in vivo* gezeigt, dass Weidezyklen, die für eine hohe

Verdaulichkeit des Futters optimiert sind, unabhängig von der Weidevielfalt zu sehr hohen Milchleistungen und niedrigen Methanemissionen führen können. So führte eine erhöhte Weidevielfalt zwar zu einer weiteren Steigerung der Milchleistung, aber auch zu einem leichten Anstieg der Methanemissionen. Dies war wahrscheinlich eine Folge der höheren Aufnahme aufgrund der hohen Schmackhaftigkeit sowie der geringen Anteile der bioaktiven Futtermittel aufgrund ihrer geringen Konkurrenzfähigkeit. Zusätzlich zu den Methanmessungen wurden in den Herbst- und Winterperioden 2017/2018 und 2018/2019 erfolgreich Nitrat auswaschungsproben genommen. Hier hatte das Alter der Grasnarbe einen deutlich stärkeren Einfluss als die Artenvielfalt, wobei die Emissionen im dritten Jahr generell zunahmten. Die nachfolgenden Abschnitte beinhalten die Darstellung der Ergebnisse der einzelnen Aufgaben.

### **Aufgabe 5 (CAU) Beweidung von Klee-Gras-Beständen für eine ressourcenschonende Milchwirtschaft**

Die Aufgabe lautete, verschiedene Kombinationen von Gräsern und Leguminosen parallel zu vergleichen. Jede Mischung sollte von Jersey-Milchkühen mit geringer Krafftuttergabe beweidet werden. Messungen beinhalten: Besatzdichte, Stickstoffflüsse, THG-Emissionen (Methan und Lachgas), Tiergesundheit, Milchproduktion und -qualität, einschließlich Spurenelementstatus. Wie bereits geschildert konnten entgegen der ursprünglichen Pläne nur zwei anstelle der drei ursprünglich geplanten Weidemischungen parallel auf ihren Einfluss auf die Produktivität der Tiere und Umweltparameter untersucht werden. Die untersuchten Unterschiede zwischen der einfachen und diversen Mischung werden im Folgenden der Übersichtlichkeit halber auf die folgenden Parameter aufgeteilt:

#### **Milchleistung und -qualität**

Sowohl die Milchleistung als auch die ECM-Erträge stiegen, wenn die Kühe auf den diversen Pflanzenbeständen weideten (+4%,  $P < 0,001$ , Tabelle 1). Auch die Milchzusammensetzung wurde durch die Weidevielfalt beeinflusst: während der Fett- und Laktosegehalt im Durchschnitt um 4,2 % ( $P < 0,05$ ) abnahm, sank der Proteingehalt um 1,7 % ( $P < 0,001$ ), wenn die Vielfalt zunahm. Dennoch waren die MilCHFeststoffträge in vielfältigen Mischungen größer (durchschnittlich 2,4 % für Fett und Laktose und 4,8 % für Protein;  $P < 0,05$ ), was eine Folge der höheren Milcherträge war. Über das gesamte Laktationsstadium hinweg sank der Gehalt an Milchtrockenmasse im Allgemeinen von der Weideperiode P1 zu der Weideperiode P2 um 3 % ( $P < 0,001$ ).

**Tabelle 1:** Mittelwerte der Weideparameter, Milchleistung – und -qualität sowie der Methan Emissionen. Die Abkürzungen lauten wie folgt: OM: Organische Masse, ME: Umsetzbare

Energie, NEL: Nettoenergie Laktation, XP: Rohprotein, NDF: Neutrale Detergenzien Faser, ADF: Saure Detergenzien Faser, ECM: Energiekorrigierte Milch, TMA: Trockenmasseaufnahme. Die Zahlen in der Klammer geben den Standardfehler an.

	P1 (Mai 2 - 18, 2019)		P2 (August 15 to 30, 2019)	
	Binary	Diverse	Binary	Diverse
<b>Weideparameter</b>				
Futterangebot (kg DM ha <sup>-1</sup> )	2460 (177) <sup>Aa</sup>	2157 (68) <sup>Aa</sup>	677 (95) <sup>Bb</sup>	1218 (151) <sup>Aa</sup>
OM Verdaulichkeit	87.6 (0.25) <sup>Aa</sup>	84.4 (0.17) <sup>Ba</sup>	80.2 (0.36) <sup>Ab</sup>	77.9 (0.44) <sup>Bb</sup>
ME (MJ kg DM <sup>-1</sup> )	12.5 (0.03) <sup>Aa</sup>	12.1 (0.01) <sup>Ba</sup>	11.3 (0.09) <sup>Ab</sup>	11.1 (0.05) <sup>Bb</sup>
NEL (MJ kg DM <sup>-1</sup> )	7.7 (0.01) <sup>Aa</sup>	7.5 (0.01) <sup>Ba</sup>	6.9 (0.06) <sup>Ab</sup>	6.7 (0.03) <sup>Bb</sup>
<b>Futterqualität (in %)</b>				
XP	11.5 (0.52) <sup>Ba</sup>	15.6 (0.14) <sup>Aa</sup>	18.5 (0.79) <sup>Bb</sup>	20.3 (0.51) <sup>Ab</sup>
NDF	35.5 (0.29) <sup>Ba</sup>	38 (0.30) <sup>Aa</sup>	49.9 (0.66) <sup>Bb</sup>	45.3 (0.46) <sup>Ab</sup>
ADF	16.6 (0.20) <sup>Ba</sup>	19.5 (0.17) <sup>Aa</sup>	22.8 (0.40) <sup>Bb</sup>	26.7 (0.33) <sup>Ab</sup>
Fett	2.7 (0.1) <sup>Bb</sup>	3.1 (0.05) <sup>Aa</sup>	4.1(0.08) <sup>Aa</sup>	3.6 (0.06) <sup>Ba</sup>
<b>Milchleistung</b>				
Laktationstag	49 (28)	49 (28)	154 (26)	154 (26)
Milchertrag (kg cow <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )	23.4 (0.77) <sup>B,a</sup>	24.9 (0.86) <sup>A,a</sup>	18.6 (0.71) <sup>B,b</sup>	19.8 (0.66) <sup>A,b</sup>
ECM Ertrag (kg cow <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )	29.4 (0.91) <sup>B,a</sup>	30.3 (0.98) <sup>A,a</sup>	22.1 (0.61) <sup>B,b</sup>	23.5 (0.64) <sup>A,b</sup>
<b>Milchzusammensetzung</b>				
Fettgehalt (g kg DM <sup>-1</sup> )	59.2 (1.09) <sup>A,a</sup>	56.6 (1.08) <sup>B,a</sup>	53.6 (1.19) <sup>B,b</sup>	53.7 (1.08) <sup>A,b</sup>
Proteingehalt (g kg DM <sup>-1</sup> )	35.7 (0.60) <sup>A,b</sup>	35.1 (0.51) <sup>B,b</sup>	38.0 (0.71) <sup>A,a</sup>	36.8 (0.66) <sup>B,a</sup>
Laktosegehalt (g kg DM <sup>-1</sup> )	47.9 (0.19) <sup>A,a</sup>	46.0 (0.21) <sup>B,a</sup>	45.8 (0.17) <sup>A,b</sup>	44.7 (0.17) <sup>B,b</sup>
Fett Ertrag (kg day <sup>-1</sup> )	1.38 (0.05) <sup>B,a</sup>	1.41(0.05) <sup>A,a</sup>	0.98 (0.03) <sup>B,a</sup>	1.05 (0.03) <sup>B,a</sup>
Protein Ertrag (kg day <sup>-1</sup> )	0.83 (0.02) <sup>B,a</sup>	0.87 (0.03) <sup>A,a</sup>	0.69 (0.02) <sup>B,a</sup>	0.71 (0.02) <sup>B,a</sup>
Laktose Ertrag (kg day <sup>-1</sup> )	1.12 (0.04) <sup>B,a</sup>	1.15 (0.04) <sup>A,a</sup>	0.85 (0.03) <sup>B,a</sup>	0.89 (0.03) <sup>B,a</sup>
Angestrebtes Futterangebot (kg DM Kuh Tag <sup>-1</sup> )	18	18	14	14
Trockenmasseaufnahme (kg DM Kuh Tag <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	16.7	16.8	11.5	11.5
Trockenmasseaufnahme (kg DM Kuh Tag <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	13.0	15.0	10.6	13.0
Futteraufnahmeeffizienz (%)	58	66	69	77
<b>Methan-Emissionen</b>				
g CH <sub>4</sub> Kuh Tag <sup>-1</sup>	239 (8) <sup>B,b</sup>	277 (11) <sup>A,a</sup>	203 (8) <sup>B,b</sup>	242 (15) <sup>A,a</sup>
g CH <sub>4</sub> kg Milch <sup>-1</sup>	10.4 (0.4) <sup>B,a</sup>	11.2 (0.4) <sup>A,a</sup>	11.2 (0.4) <sup>B,a</sup>	12.6 (0.8) <sup>A,a</sup>
g CH <sub>4</sub> kg ECM <sup>-1</sup>	8.3 (0.4) <sup>B,b</sup>	9.2 (0.3) <sup>A,a</sup>	9.3 (0.6) <sup>B,b</sup>	10.4 (0.3) <sup>A,a</sup>
g CH <sub>4</sub> kg TMA <sup>-1</sup>	14.3	16.5	17.7	21

<sup>1</sup> Geschätzt nach Gruber et al. (2004), beinhaltet 2 kg Konzentrat.

<sup>2</sup> Geschätzt basierend auf Vor- und Nachweide Messungen der Biomasse, beinhaltet 2 kg Konzentrat

## Fettsäurezusammensetzung der Milch

Die Anteile der mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) stiegen deutlich an, nachdem die Winterfütterung mit Silage im Stall abgeschlossen war und frisches Gras gefüttert wurde. So lagen zu Beginn der Laktation unter Silagefütterung die PUFA Gehalte im Durchschnitt bei 3.48%, während diese in der Beweidung mit der binären Mischung auf 4.19% und in der diversen Mischung sogar auf 4.53% stiegen. Auch der Anteil der n-3 Fettsäuren stieg durch die Weidefütterung von 0.89 auf 1.49, bzw 1.66% an. Die n-6 Fettsäuren hingegen waren am höchsten während der Silagefütterung mit 2.19%, während sie unabhängig von der

Weidezusammensetzung während der Weideperiode geringere Konzentrationen von ca. 1.8% erzielten.

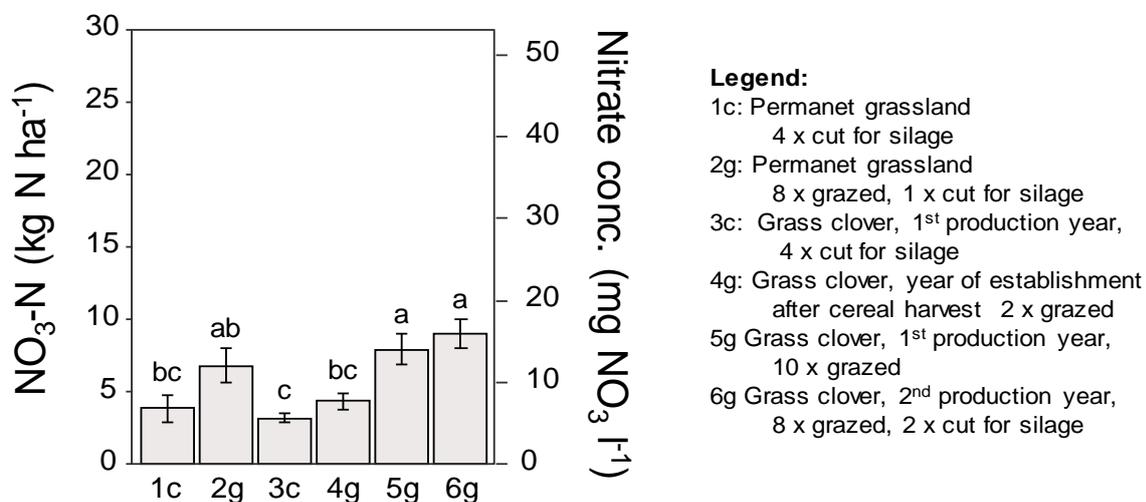
### **Methanemissionen *in vivo***

Die täglichen Methanemissionen stiegen mit der Diversität der Weiden an und die Mittelwerte waren 18 % höher ( $P < 0.01$ ) bei diversen Weiden mit Mittelwerten von 221 und 260 g CH<sub>4</sub> Tag<sup>-1</sup> für binäre bzw. diverse Mischungen. Die Emissionen nahmen im Allgemeinen über die Laktationskurve ab ( $P < 0,01$ ), mit Mittelwerten von 258 und 223 g CH<sub>4</sub> Tag<sup>-1</sup> für die erste und zweite Messperiode. Die geschätzte TM-Aufnahme wurde durch die Weidevielfalt in beiden Zeiträumen nicht beeinflusst. Im Gegensatz dazu war die Aufnahme in P1 war im Vergleich zu P2 um 45 % höher. Es gab keine signifikante Interaktion zwischen Behandlung und Zeitraum für die fixen Variablen. Die Mittelwerte für die Methanemissionen pro kg ECM waren bei diversen Beständen um 11 % höher ( $P < 0.01$ ) im Vergleich zu binären Mischungen, mit durchschnittlich 9,8 bzw. 8,8 g CH<sub>4</sub> kg ECM<sup>-1</sup> (Tabelle 3). Im Laufe der Zeit nahm die Methanintensität generell zu und war in der ersten Messperiode mit einem Mittelwert von 8.8 g CH<sub>4</sub> kg ECM<sup>-1</sup> um 11 % niedriger ( $P < 0.05$ ) als in der zweiten Messperiode mit 9.9 g CH<sub>4</sub> kg ECM<sup>-1</sup>.

Die Gründe, warum die CH<sub>4</sub>-Methan-Emissionen in der artenreichen Weide zunahmen, sind wahrscheinlich eine Kombination aus drei Faktoren: a) die artenreichen Mischungen hatten eine geringere OM-Verdaulichkeit, die wahrscheinlich auf erhöhte Strukturkohlenhydrate zurückzuführen ist. Dies ist aufgrund des Anteils von Kräutern, die reich an Strukturkohlenhydraten sind, wie z. B. des Spitzwegeriches. Zudem erhöht die zeitliche Asynchronität zwischen den Arten die Schwierigkeit, alle Arten unter optimalen Bedingungen zu ernten. Dies führt zu erhöhten Stängelanteilen bei vielen Arten führt. Höhere Anteile an Strukturkohlenhydraten führen zu einer erhöhten CH<sub>4</sub>-Bildung während der Fermentation im Pansen. Der zweite Faktor ist, dass b) Kühe, die auf der vielfältigen Weide fraßen, eine höhere TM-Aufnahme hatten. Dies war aus den Gruppenaufnahmen ersichtlich, die aus der angebotenen und verbleibenden Biomasse berechnet wurden. Und c) führte die Bewirtschaftungsintensität des Rotationsweidesystems mit insgesamt 9-10 Beweidungszyklen pro Jahr dazu, dass die ausgewählten tanninhaltigen Arten verdrängt wurden. So werden Arten wie z.B. der Hornklee und der kleine Wiesenknopf von Arten verdrängt, die an einen höheren Beweidungsdruck angepasst sind, nämlich dem Weidelgras sowie dem Rot- und Weißklee. Dadurch konnten das gegebenenfalls methanreduzierende Potential der tanninhaltigen Arten nicht genutzt werden.

### **Nitratauswaschung der Weidesysteme**

Da die Auswaschung in Norddeutschland auf den Winter beschränkt ist, zeigt Abb. 1 die Nitrat-N-Auswaschungsverluste über den Winter für unterschiedlich bewirtschaftete Grünland- und Mähwiesen am Lindhof als Mittelwert über drei Auswaschungsperioden. Über die gesamte Futterfläche gemittelt, blieben die Nitratkonzentrationen bei der Auswaschung ins Grundwasser mit  $12 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$  weit unter dem EU-Schwellenwert von  $50 \text{ mg l}^{-1}$ . Wie erwartet traten bei der Beweidung höhere  $\text{NO}_3$ -Verluste auf als beim Schnitt. Innerhalb der beweideten Flächen stiegen die Auswaschungsverluste mit dem Alter der Grasnarbe an. Im Durchschnitt gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen Dauergrünland und Kleegrasmischungen. Die relativ geringen Stickstoffverluste von beweideten Wiesen können mit dem geringeren Kleegehalt der Grasnarbe bei beweideten Wiesen im Vergleich zu gemähten Wiesen erklärt werden.

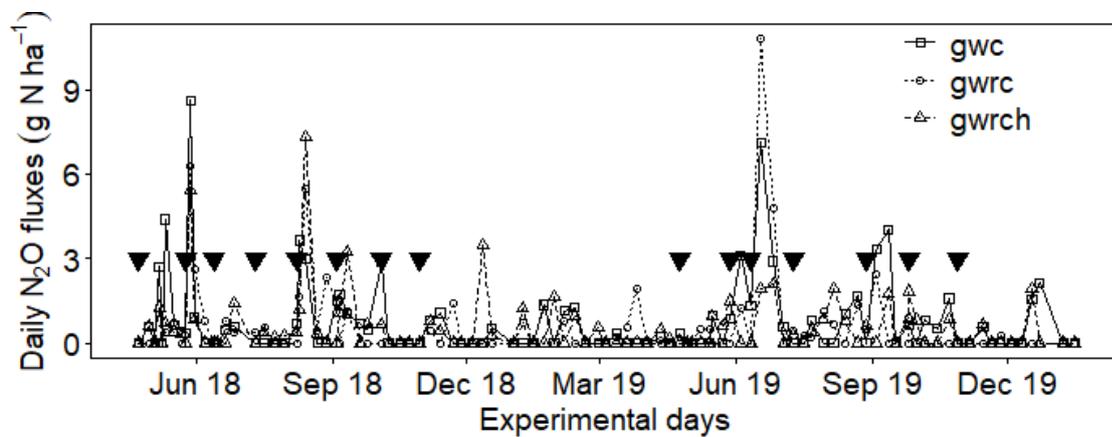


**Abbildung 1:** Winterliche Nitrat-N-Auswaschung ins Grundwasser für Dauergrünland in Schnittnutzung (1c) und Weidenutzung (2g), sowie Klee-Gras in Schnittnutzung im 1. Hauptnutzungsjahr (3c), und Klee-Gras unter Beweidung im Etablierungsjahr (4g), sowie im ersten (5g) und zweiten (6g) Hauptnutzungsjahr. Die Daten zeigen die Mittelwerte der drei Auswaschungsperioden zwischen 2016/17 und 2018/19. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede mit  $P < 0.05$  an.

### Lachgasemissionen aus Urin- und Dung

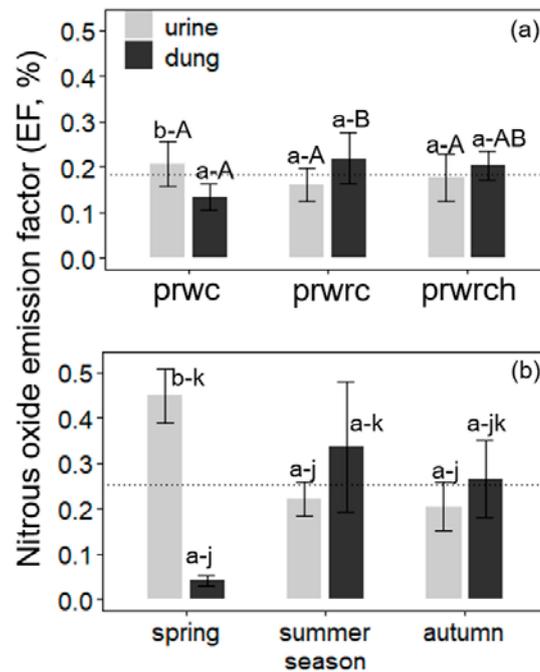
Die täglichen  $\text{N}_2\text{O}$ -Flüsse aus dem beweideten Grünland reichten von  $0-8,6 \text{ g ha}^{-1}$  (Mittelwert $\pm$ sd=  $0,77\pm 1,49$ ) in 2018 und von  $0-10,8 \text{ g ha}^{-1}$  (Mittelwert $\pm$ sd=  $0,59\pm 1,26$ ) in 2019 (Abb. 2). Die Grünlanddiversität hatte in beiden Jahren keinen eindeutigen Einfluss auf die täglichen  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Flüsse (Tab. 2); allerdings wurden die höchsten Peaks 2018 und 2019 von der binären Gras-Weißklee- (gwc) bzw. der tertiären Gras-Weiß- und Rotklee-Mischung (gwrc) beobachtet. Die Spitzenwerte folgten in der Regel auf Regenereignisse und schienen einige Tage nach einer Beweidung aufzutreten. Trotz fehlender Beweidungsereignisse traten auch in den Wintermonaten nennenswerte Emissionen (bis zu  $3,5 \text{ g ha}^{-1}$ ) auf. Die jährlichen

Emissionen von den beweideten Feldern reichten von 0,17-0,28 kg ha<sup>-1</sup> und waren im Jahr 2019 im Vergleich zur Saison 2018 etwas höher (ca. 14 %) (0,20±0,06 vs. 0,22±0,14 kg ha<sup>-1</sup>).



**Abbildung 2:** Lachgas (N<sub>2</sub>O) Emissionen aus beweideten Klee-grasbeständen. Die Pfeile zeigen den Zeitpunkt einer Beweidung dieser Flächen an. gwc bezeichnet die binäre Mischung aus Gras und Weissklee, gwrc die tertiäre Mischung mit zusätzlich Rotklee und gwrch die diverse Mischung.

Bei einem Folgeversuch in dem gezielt gleiche Mengen an Dung und Urin in die drei verschiedenen Weidesysteme ausgebracht wurden um die aus Ihnen resultierenden N<sub>2</sub>O Emissionen zu quantifizieren hatte die Weidediversität keinen Einfluss auf die Emissionen. Die N<sub>2</sub>O-Emissionen wurden aber durch die Art der Ausscheidungen (Urin oder Dung) oder den Zeitpunkt der Ausbringung (Frühjahr, Herbst oder Sommer) beeinflusst ( $p < 0,05$ ). Dementsprechend waren die kumulativen N<sub>2</sub>O-N-Emissionen bei den Urin- und Dungbehandlungen 8-10 mal höher als bei der Kontrolle. Im Frühjahr lagen die Emissionen mit 420 g N ha<sup>-1</sup> am höchsten und im Herbst mit 230 g N ha<sup>-1</sup> am niedrigsten. Allerdings waren die Interaktionseffekte zwischen Bestandesdiversität und Jahreszeit oder Ausscheidungstyp nicht signifikant ( $p > 0,05$ ).



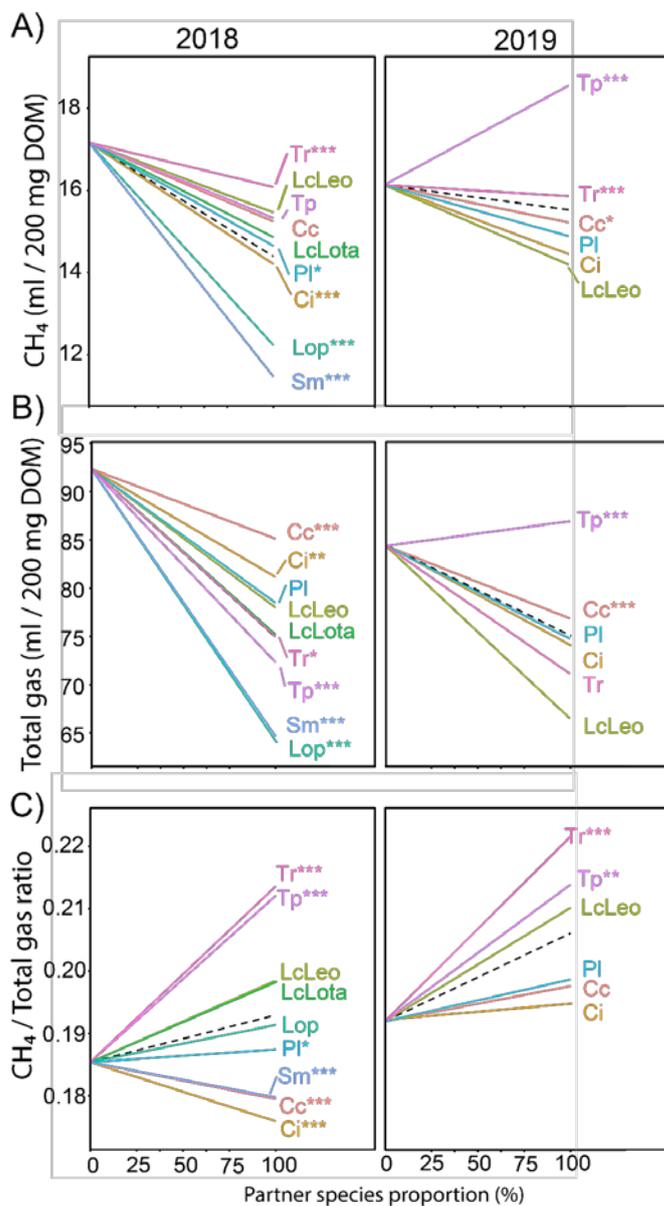
**Abbildung 3:** Balkendiagramm, das die  $N_2O$ -N Emissionsfaktoren (% des applizierten N, welches in Form von  $N_2O$  emittiert wurde) für die beiden Stickstoffquellen über a) die drei Grünlandmischungen (Abkürzungen siehe Abb. 2), sowie b) die Jahreszeiten.

### Methanemissionen aus gezielten Mischungen in vitro

Zusätzlich zu dem durchgeführten in vivo Versuch mit verschiedenen diversen Pflanzenbeständen wurden im Rahmen von SusCatt an der CAU ein in vitro Versuch durchgeführt. In diesem wurden Mischung aus deutschem Weidelgras mit einer von acht verschiedenen Futterarten in linear ansteigenden Anteilen auf ihr Methanemissionspotential untersucht. Bisher gab es keine Studie, die die erforderlichen Anteile an potenziell bioaktiven Komponenten in Futtermischungen identifiziert hat, um eine gewünschte antimethanogene Wirkung zu erzielen. Mit diesem Versuch sollten folgende Hypothesen getestet werden: a) tanninhaltige Futtermittel reduzieren die Methanemissionen im Vergleich zu nicht tanninhaltigen Futterarten, b) der antimethanogene Effekt ist nicht linear und moderate Zugaben von Partnerarten können ausreichen, um die Methanemissionen bei geringerer Reduktion der Verdaulichkeit zu reduzieren, und c) diese Ergebnisse werden von den Wachstumsbedingungen beeinflusst, aber das generelle artspezifische Reduktionspotential ist über die Erntejahre hinweg replizierbar.

Es zeigte sich eine generelle Abnahme der Methanproduktion mit zunehmenden Anteilen der Partnerarten (Abbildung 3). Im Jahr 2018 wurden die größten Methanreduktionen ( $P \leq 0,001$ ) für die Arten mit den höchsten Tanninkonzentrationen, Sumpfhornklee und kleiner Wiesenknopf vorhergesagt (Abbildung 1). Darauf folgte die Zichorie. Während für den Sumpfhornklee und den kleinen Wiesenknopf jedoch auch die höchsten Reduktionen in der Verdaulichkeit vorhergesagt wurden, wurde diese bei der Zichorie deutlich weniger reduziert.

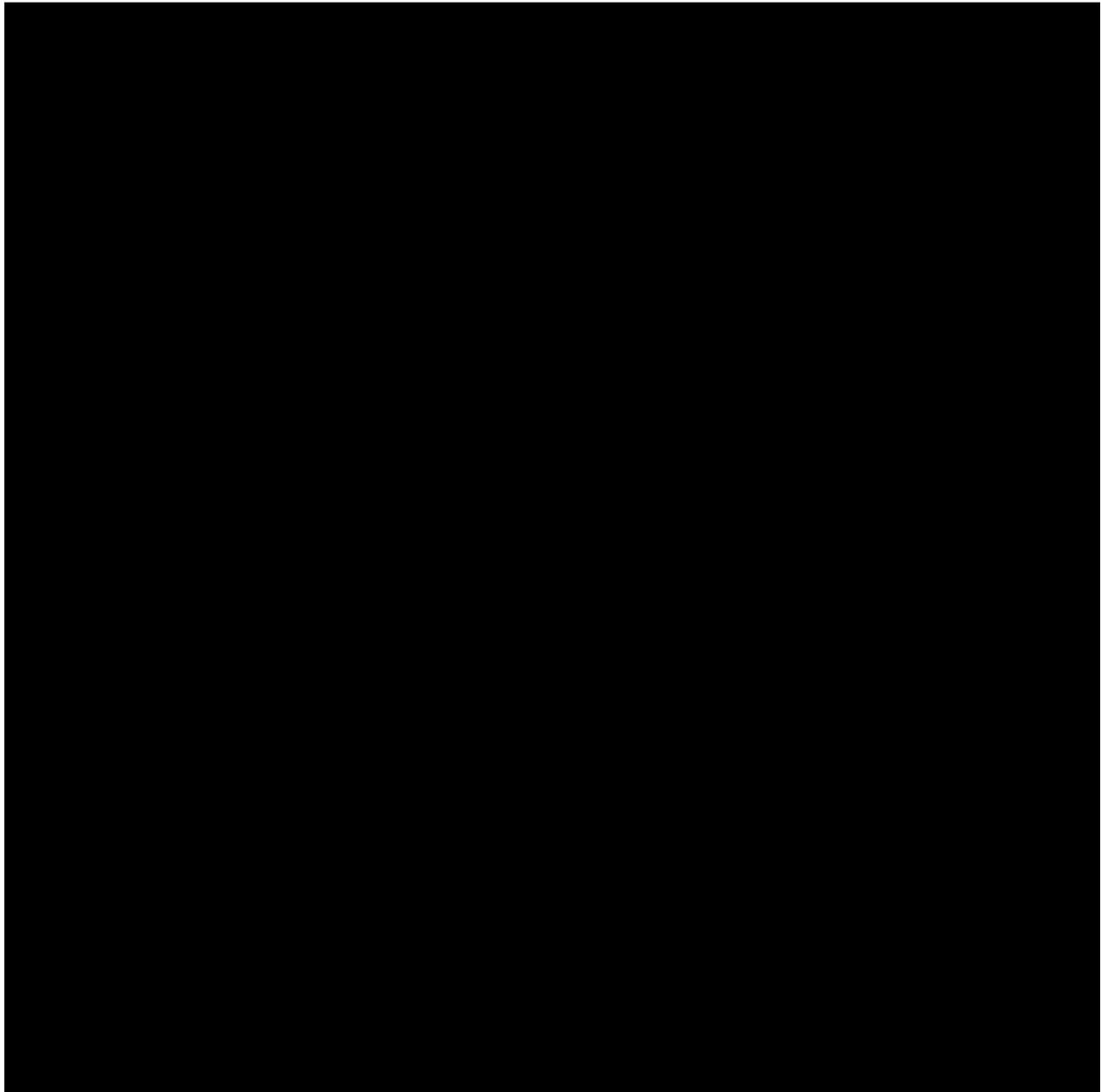
Dementsprechend sank Methankonzentration im Gesamtgas für die Zichorie am stärksten, was auf einen Hinweis auf die niedrigste Methanemission pro verdaulicher Biomasse ist. Da die tanninhaltigen Arten in den Mischungen verdrängt wurden, konnten diese nur im ersten Jahr beprobt werden. Im zweiten Jahr (2019) wurde deshalb das stärkste Methanreduktionspotenzial für die Hornkleesorte Leo vorhergesagt. Die zweitgrößte Reduktion wurde für die Zichorie beobachtet. Allerdings war auch hier wieder die tanninhaltige Art Hornklee gleichzeitig die Art, in der auch die Verdaulichkeit am höchsten reduziert war, während in der Zichorie diese Reduktion deutlich geringer war. Dadurch erzielte die Zichorie erneut die niedrigsten Methanemissionen pro verdaulicher Biomasse. Die höchste Methankonzentration pro verdaulicher Biomasse wurde allerdings für den Rot- und Weißklee identifiziert.



**Abbildung 3:** A) Methanbildung (ml/200 mg DOM), B) Gesamt Gasbildung (ml/200 mg DOM) und C) Anteil der Methanbildung an der gesamten gasbildung für Futterarten welche

in den Jahren 2018 und 2019 beprobt wurden. Sternchen zeigen signifikante Unterschiede zum Mittel aller Arten (siehe gestrichelte Linie) an mit den Leveln: \*\*\* $P \leq 0.001$ , \*\*  $P \leq 0.01$ , \*  $P \leq 0.05$  and ' '  $P > 0.05$ ). Die Abkürzungen sind wie folgt: Cc: *Carum carvi*, Ci: *Cichorium intybus*, LcLeo: *Lotus corniculatus* cv. Leo, LcLota: *Lotus corniculatus* cv. Lotanava, LoP: *Lotus pedunculatus*, Pl: *Plantago lanceolata*, Sm: *Sanguisorba minor*, Tp: *Trifolium pratense*, Tr: *Trifolium repens*.

## 2. der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises



## 3. der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die durchgeführten Forschungsarbeiten im Verbundprojekt SusCatt sowie die dafür aufgewandten Ressourcen waren notwendig und angemessen. Dies wird ersichtlich aus der einerseits erfolgreichen Erfüllung der Projektziele und andererseits aus der erfolgreichen und

effizienten Ausnutzung der Projektmittel, welche nahezu exakt verwendet wurden ohne weitere Ressourcen notwendig zu machen. Bei den geplanten Kosten für Auslandsreisen und die wissenschaftlichen Hilfskräfte konnten Mittel eingespart und für eine Optimierung der Versuchstechnik sowie eine verlängerte Vertragslaufzeit der Doktorandin eingesetzt werden.

#### **4. des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans**

Das Ziel dieses Projektes war es, zu testen, ob Weideproduktion eine gute Alternative zur Stallhaltung darstellen kann. Diese Frage konnte eindeutig positiv beantwortet werden und die Ergebnisse stützen die Aussage, dass gutes Management vorausgesetzt, die Weide qualitativ hochwertiges Futter für Milchkühe liefern kann. Zudem konnte gezeigt werden, dass artenreiche Bestände dieses Potential sogar noch steigern können. So wurden exzellente Futterqualitäten und sehr hohe Milcherträge realisiert. Auch die Methanemissionen waren generell sehr niedrig, trotz einer leichten Steigerung der Weide Diversität. Das Hauptproblem bleibt die geringe Konkurrenzkraft der Arten, welche Tannine oder andere wichtige Pflanzenmetabolite beinhalten. Daraus lässt sich ableiten, dass für intensive Systeme, wie das untersuchte, die Kombination vieler Praktiken, einschließlich der Erhöhung der Futtervielfalt, der Verwendung von Kühen mit hoher genetischer Leistung, eine Alternative zu sein scheint, die eher erfolgreich sein kann. In extensiveren Systemen könnten tanninhaltige Pflanzen vielversprechendes Potential haben, doch ist weitere Forschung notwendig, um dies zu verifizieren.

#### **5. des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Im Projektzeitraum sind uns keine Kenntnisse über Ergebnisse Dritter bekannt geworden, welche die Durchführung des Vorhabens gefährdet hätten. Neben dem Studium einschlägiger Fachzeitschriften wurden hierfür die nachstehenden Datenbanken explizit mit Hilfe relevanter Stichworte regelmäßig durchsucht. Zwar wurde mit der Studie von Jonker et al (2018) eine Studie publiziert, welcher eine ähnliche Fragestellung (mit auch durchaus ähnlichen Resultaten) zugrundelag, allerdings basierte diese Studie nur auf einer einzigen Messkampagne von 16 Tagen. Aufgrund der hohen Variabilität bei Methanemissionen von Wiederkäuern sind verschiedene Studien als Vorteil und nicht Nachteil zu erachten. Insofern ist die Tatsache, dass ähnliche Ergebnisse vorliegen (jedoch mit noch niedrigeren Emissionen in unserer Studie) als Vorteil zu erachten.

Jonker, A., Farrell, L., Scobie, D., Dynes, R., Edwards, G., Hague, H., McAuliffe, R., Taylor, A., Knight, T., Waghorn, G., 2018. Methane and carbon dioxide emissions from lactating

dairy cows grazing mature ryegrass/white clover or a diverse pasture comprising ryegrass, legumes and herbs. *Animal Production Science*.

## **6. erfolgte oder geplanten Veröffentlichungen der Ergebnisse**

Aus dem Teilprojekt der CAU Kiel erfolgten bisher 3 peer-review Veröffentlichungen:

Loza, C., Verma, S., Wolfram, S., Susenbeth, A., Blank, R., Taube, F., Loges, R., Hasler, M., Kluß, C., Malisch, C.S. 2021. Assessing the potential of diverse forage mixtures to reduce enteric methane emissions in vitro. *Animals*, 11(4), 1126;

Loza, C., Reinsch, T., Loges, R., Taube, F., Gere, J.I., Kluß, C., Hasler, M., Malisch, C.S., 2021. Methane Emission and Milk Production from Jersey Cows Grazing Perennial Ryegrass–White Clover and Multispecies Forage Mixtures. *Agriculture* 11, 175.

Nyameasem, J.K., Malisch, C.S., Loges, R., Taube, F., Kluß, C., Vogeler, I., Reinsch, T., 2021. Nitrous Oxide Emission from Grazing Is Low across a Gradient of Plant Functional Diversity and Soil Conditions. *Atmosphere* 12, 223.

Weitere Publikationen mit Absicht zur Publikation in peer-review Journals sind derzeit in Vorbereitung:

Smit, H.P.J., Reinsch, T., Loges, R., Kluß C., Taube, F. Nitrogen Leaching under Grazing Conditions in Northern Germany

### **Konferenzbeiträge:**

Aufgrund der Corona-Pandemie und der vielen Verschiebungen/ Absagen von wissenschaftlichen Konferenzen gab es nur 3 Konferenzbeiträge: Diese waren:

Loges R., Loza C., Voss P., Klus C., Malisch C. and Taube F. The potential of multispecies swards for eco-efficient dairy production in Northern Germany. Proceedings of the 28th General Meeting of the European Grassland Federation Helsinki, Finland. 19-22 October 2020

Nyameasem J.K., Reinsch T., Malisch C., Loges R., Kluß C. and Taube F. The influence of diverse grasslands on nitrous oxide emissions from urine and dung patches. Proceedings of the 28th General Meeting of the European Grassland Federation Helsinki, Finland. 19-22 October 2020

Butler G., Malisch C., Nadeau E., Woodhouse A., Flø B.E., Sakowski T., Gottardo F., Ruzzi G., Davis H. and Steinshamn H. Getting our message across. Proceedings of the 28th General Meeting of the European Grassland Federation Helsinki, Finland. 19-22 October 2020

## Dissertationen:

Es wurden zwei Dissertationen um Erlangen des Doktorgrades an der CAU eingereicht (Cecilia Loza und John Nyameasem) über deren Erfolg bis Juli 2021 entschieden wird.

## Referenzen:

- Beukes, P. C., Gregorini, P., Romera, A. J., Woodward, S. L., Khaembah, E. N., Chapman, D. F., . . . Clark, D. A. (2014). The potential of diverse pastures to reduce nitrogen leaching on New Zealand dairy farms. *Animal Production Science*, 54(12), 1971-1979.
- Dietz, M., Machill, S., Hoffmann, H. C., & Schmidtke, K. (2013). Inhibitory effects of *Plantago lanceolata* L. on soil N mineralization. *Plant and Soil*, 368(1), 445-458. doi:10.1007/s11104-012-1524-9
- Finn, J. A., Suter, M., Haughey, E., Hofer, D., & Lüscher, A. (2018). Greater gains in annual yields from increased plant diversity than losses from experimental drought in two temperate grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 258, 149-153. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.014>
- Flachowsky, G., & Lebzien, P. (2012). Effects of phytogenic substances on rumen fermentation and methane emissions: A proposal for a research process. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1), 70-77. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.009>
- Jayanegara, A., Leiber, F., & Kreuzer, M. (2012). Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(3), 365-375. doi:10.1111/j.1439-0396.2011.01172.x
- Jayanegara, A., Marquardt, S., Wina, E., Kreuzer, M., & Leiber, F. (2013). In vitro indications for favourable non-additive effects on ruminal methane mitigation between high-phenolic and high-quality forages. *British Journal of Nutrition*, 109(4), 615-622. doi:10.1017/S0007114512001742
- Lüscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, J. F., Rees, R. M., & Peyraud, J. L. (2014). Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science*, 69(2), 206-228. doi:10.1111/gfs.12124
- Malcolm, B. J., Cameron, K. C., Di, H. J., Edwards, G. R., & Moir, J. L. (2014). The effect of four different pasture species compositions on nitrate leaching losses under high N loading. *Soil Use and Management*, 30(1), 58-68. doi:<https://doi.org/10.1111/sum.12101>
- Niderkorn, V., Mueller-Harvey, I., Le Morvan, A., & Aufrere, J. (2012). Synergistic effects of mixing cocksfoot and sainfoin on in vitro rumen fermentation. Role of condensed tannins. *Animal Feed Science and Technology*, 178(1-2), 48-56. doi:DOI 10.1016/j.anifeedsci.2012.09.014
- Nyfeler, D., Huguenin-Elie, O., Suter, M., Frossard, E., Connolly, J., & Luscher, A. (2009). Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology*, 46(3), 683-691. doi:10.1111/j.1365-2664.2009.01653.x
- Scherer-Lorenzen, M., Palmborg, C., Prinz, A., & Schulze, E. D. (2003). The role of plant diversity and composition for nitrate leaching in grasslands. *Ecology*, 84(6), 1539-1552. doi:Doi 10.1890/0012-9658(2003)084[1539:Tropda]2.0.Co;2
- Suter, M., Hofer, D., & Lüscher, A. (2017). Weed suppression enhanced by increasing functional trait dispersion and resource capture in forage ley mixtures. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 240, 329-339. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.007>
- Totty, V. K., Greenwood, S. L., Bryant, R. H., & Edwards, G. R. (2013). Nitrogen partitioning and milk production of dairy cows grazing simple and diverse pastures. *Journal of Dairy Science*, 96(1), 141-149. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2012-5504>