

Methanabgabe und N-Umsatz von Milchkühen bei Frischfütterung von Esparsette oder Klee gras

Andreas Münger¹, Lukas Eggerschwiler², Frigga Dohme-Meier¹

¹Wiederkäuerernährung und -emissionen, Agroscope, 1725 Posieux, Schweiz

²Forschungsaufträge Tiere, Agroscope, 1725 Posieux, Schweiz

Auskünfte: Frigga Dohme-Meier, frigga.dohme-meier@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs14-96> Publikationsdatum: 1. Juni 2023



Bei Fütterung von Esparsette (links) im Vergleich zu Klee gras (rechts) kann eine Reduktion der Methanemission erreicht werden; andererseits liegen unter Umständen die Stickstoffverluste höher.

(Fotos: Agroscope, Olivier Bloch / Andreas Münger)

Zusammenfassung

Esparsette ist eine Futterpflanze, die sich durch einen erhöhten Gehalt an Tanninen auszeichnet. Diese können durch ihre Bindung an Proteine und andere Futterinhaltsstoffe beim Wiederkäuer diätetische Effekte vor allem im Pansen haben. Dies kann potenziell zu verminderten Emissionen führen, aber auch negative Auswirkungen auf die Nährstoffverwertung mit sich bringen. Die Konservierung der Esparsette verringert wegen Verlusten und auch Veränderungen der Struktur der Tannine ihre Wirkung in unterschiedlichem Ausmass. Bei Frischfütterung stellt sich andererseits oft das Problem von Veränderungen und grösserer Variation der Futterqualität. Vor diesem Hintergrund wurde die Fütterung frisch geschnittener Esparsette im Vergleich zu einer Klee-Gras-Mischung bei 16 Milchkühen Mitte Laktation und an zwei Zeitpunkten in einer

cross-over-Versuchsanordnung untersucht. Dabei bestätigten sich die schon in anderen Fütterungsstudien mit konservierter Esparsette gefundenen Reduktionen der scheinbaren Nährstoffverdaulichkeiten und die Verschiebung der N-Ausscheidungen vom Harn zum Kot. Allerdings war die Gesamt-N-Ausscheidung bedingt durch eine höhere N-Aufnahme mit Esparsette höher als mit Klee gras. Die tägliche Methanabgabe wurde durch Esparsette gegenüber Klee gras um rund 13 % reduziert, bezogen auf die Milchleistung in ähnlichem Ausmass. Sie kann jedoch in dieser Versuchsanlage mindestens zu einem Teil mit einer tieferen Faseraufnahme in der Esparsettegruppe im Vergleich zur Klee grasgruppe in Verbindung stehen.

Key words: sainfoin, tannin, dairy cow, methane.

Einleitung

Esparsette (*Onobrychis viciifolia*) ist eine Futterleguminose, die sich von anderen Wiesenpflanzen, die in der Wiederkäuerfütterung Verwendung finden, besonders durch ihren erhöhten Gehalt an kondensierten Tanninen (KT) unterscheidet. Die KT besitzen die Fähigkeit, sich an Proteine zu binden, was unter anderem den Effekt haben kann, dass diese dem mikrobiellen Abbau im Pansen des Wiederkäuers weniger ausgesetzt sind. Eine Studie mit Milchkühen, wo pelletierte Esparsette 16 % der Gesamtration ausmachte, zeigte, dass im Vergleich zur Verfütterung der gleichen Menge Luzerne die ruminale Ammoniakkonzentration, der Milchharnstoffgehalt und die Stickstoffausscheidung über den Harn gesenkt werden konnten (Grosse Brinkhaus *et al.* 2016). Während die Wirkung von Esparsette auf den Proteinabbau im Pansen mehrfach bestätigt wurde (z.B. Lazzari *et al.* 2023; Azuhwi *et al.* 2013; Scharenberg *et al.* 2007a), liegen über die Wirkung der Futterleguminose auf die ruminale Methanproduktion widersprüchliche Resultate vor. Während Williams *et al.* (2011) *in vitro* einen methansenkenden Effekt der Esparsette im Vergleich zu Luzerne feststellten, konnten Grosse Brinkhaus *et al.* (2017) diesen Effekt nicht bestätigen. Verfüttert an Milchkühe in einer totalen Mischration (Anteil 30 %) bewirkte Esparsettensilage im Vergleich zur Kontrollration mit Grassilage eine Verminderung der Methanproduktion pro kg Trockensubstanz(TS)-Aufnahme, hatte aber keinen Einfluss auf die tägliche Methanproduktion (Huyen *et al.* 2016). Lazzari *et al.* (2023b) fanden im Vergleich von Silagerationen bei der Verfütterung von Esparsettensilage gegenüber Grassilage bei Milchkühen eine Reduktion der Tagesmethanmenge von 9 %. In bisherigen Studien wurde in erster Linie konservierte bzw. verarbeitete Esparsette (getrocknet, siliert, pelletiert) verwendet. Allerdings hat sich gezeigt, dass die Konservierung die Struktur der KT verändern kann (Girard *et al.* 2018; Scharenberg *et al.* 2007b). Über die Wirkung von frisch verfütterter Esparsette auf die Methanausscheidung von Milchkühen liegen bisher noch keine Untersuchungen vor, weshalb diese Fragestellung, nebst Einflüssen auf den Stickstoff(N)-Umsatz und die N-Ausscheidungen, Gegenstand der vorliegenden Studie war.

Material und Methoden

Sechzehn erst- (6 Tiere) und mehrlaktierende Milchkühe vom Rassentyp Holstein mit zum Teil genetischen Anteilen von Fleckvieh (In der Vorversuchswoche: Mittelwert \pm Standardabweichung: Laktationstage $146 \pm 6,1$;

Milchleistung $32,7 \pm 6,1$ kg/d; Lebendmasse 638 ± 71) wurden nach Laktationsnummer und tag, und der Milchleistung in zwei homogene Gruppen eingeteilt. Die Gruppen wurden in zwei Abteilen im Boxenlaufstall mit Strohhackseleinstreu und mit Zugang zu Auslauf gehalten. Die Studie war in einem *cross-over*-Design angelegt und dauerte zwei Versuchsperioden (Ende Juli–Anfang August, P1 und Mitte–Ende September 2017, P2) bestehend aus je einer Adaptations- (9 bis 11 Tage) und einer Erhebungsperiode (7 Tage). Den beiden Gruppen wurden zwei unterschiedliche Grünfütterationen vorgelegt, die in der zweiten Versuchsperiode getauscht wurden. Die Rationen bestanden aus täglich frisch geschnittenem Grünfütter *ad libitum* entweder von einer Standardmischung 440 (Suter 2017) im zweiten Nutzungsjahr und vom dritten und vierten Schnitt mit den Hauptanteilen in der Frischmasse (Mittel \pm s aus 13 Erhebungen: $30,7 \pm 13,6$ % Raigras, $39,9 \pm 12,8$ % Rotklee, $18,4 \pm 5,1$ % Weissklee) oder von Esparsette der Sorte «Perly» vom ersten Nutzungsjahr und dem zweiten und dritten Schnitt ($96,1 \pm 3,0$ % Esparsette; 14 Erhebungen). Viehsalz und Mineralstoffmischung standen aus Leckschalen zur freien Verfügung.

Die Futteraufnahme wurde an Wiegetrögen (RIC, In-sentec, Marknesse NL) individuell täglich erfasst. Vom geernteten Grünfütter beider Behandlungen wurde täglich eine Probe genommen und die TS durch Gefrier Trocknung (Delta 1-24 LSC, Christ, Osterode D), bzw. falls keine weiteren Analysen vorgesehen durch Ofentrocknung (3 h bei 105°C nach Vortrocknung bei 60°C) bestimmt. Zur Ermittlung der ausgeschiedenen Kotmenge wurde die Alkan-Markermethode nach Mayes (1997) angewendet. Ab vier Tagen vor bis zum Ende der Erhebungsperioden wurde täglich zweimal jedem Tier eine Kapsel mit 500 mg Dotriacontan ($\text{C}_{32}\text{H}_{66}$) oral eingegeben. Während der Erhebungswochen wurde jeweils morgens nach dem Melken eine Probe von 100 g Kot, spontan oder nach Stimulierung abgesetzt, gewonnen und eingefroren. Diese Proben wurden über sieben Tage in der ersten bzw. fünf Tage in der zweiten Versuchsperiode gepoolt, und gefriergetrocknet. In den Tagesfütterproben der Erhebungsperiode und in den Kotproben wurden Rohasche (RA), Rohprotein (RP), Säure- und Neutraldetergenzienfaser (ADF, NDF) und die Alkane $\text{C}_{26}\text{H}_{54}$ – $\text{C}_{36}\text{H}_{74}$ analysiert wie bei Denninger *et al.* (2019) beschrieben. In jeder zweiten Tagesprobe der Esparsette und in jeweils zwei Proben der Klee gras-Mischung pro Erhebungsperiode wurden die gesamten Polyphenole (von welchen KT eine Fraktion darstellen)

wie in Grosse Brinkhaus *et al.* (2016) beschrieben analysiert. Die Milchproduktion wurde bei jedem Melken im Melkstand gemessen (Pulsameter 2, SAC, Kolding DK). Milchproben wurden bei jedem Gemelk genommen (in der zweiten Versuchsperiode an 5 von 7 Tagen), in eine Tagesprobe pro Tier gepoolt und die Inhaltsstoffe mittels Mittelinfrarot Spektroskopie-Analytik (LAAF, Grangeneuve CH) analysiert. Der Milchharnstoffgehalt wurde in zwei Proben pro Erhebungsperiode enzymatisch (MEA 549 EC Milk Urease, Eurochem, Moskau, RU) bestimmt.

Zweimal pro Sammelperiode wurde bei jedem Tier morgens nach dem Melken mittels einer Schlundsonde und Handpumpe (Selekt, Quidee, Homberg D) eine Probe von Pansenflüssigkeit entnommen, stabilisiert und eingefroren. In den Proben wurden anschliessend die Konzentrationen an flüchtigen Fettsäuren (FFS) und an Ammoniak analysiert (Denninger *et al.* 2019). An den gleichen Zeitpunkten wurde an der Jugularvene eine Blutprobe zur enzymatischen Bestimmung des Blutharnstoffgehaltes (Test-Kit Nr. 61974 BioMerieux, Marcy l'Etoile, FRA) entnommen.

Die individuelle Methanabgabe wurde mit Spotmessungen am GreenFeed-System (C-Lock, Rapid City, USA) erfasst, wobei die Kühe pro 24h maximal sechs Besuche an der Station machen konnten, bei denen je maximal acht Portionen Lockfutter (je 30g, Mais-Ganzpflanzpellets) im Abstand von ca. 20 sec ausgelöst wurden, um die Tiere für eine gültige Messung ausreichend lange an der Messstelle zu halten. Je nach Besuchsverhalten nahmen die Kühe zwischen 0,5 und 1,3kg Lockfutter pro Tag auf. Die Spotmessungen (mit mehr als 2 Minuten Dauer) wurden pro Tier über die Erhebungsperiode zu einem Wert gemittelt.

Die Menge des ausgeschiedenen Kotes wurde aus der verabreichten und im Futter aufgenommenen $C_{32}H_{66}$ -Menge und dem analysierten Gehalt an $C_{32}H_{66}$ im Kot errechnet, wobei eine Wiederfindungsrate von 0,84 angenommen wurde (Wright 2019). Die N-Ausscheidung im Kot und die scheinbare Verdaulichkeiten der Nährstoffe wurden aus der Kot- und Verzehrsmenge und den entsprechenden Analysenwerten berechnet. Die Harn-N-Ausscheidung entspricht der Differenz zwischen der Aufnahme und den Ausscheidungen über Kot und Milch, unter der Annahme, dass die Tiere im betrachteten Zeitraum keinen N-Ansatz hatten. Die Nährwerte Nettoenergie Laktation (NEL) und Absorbierbares Protein am Duodenum (APD) wurden gemäss Agroscope (2017) geschätzt. Die energiekorrigierte Milchproduktion (ECM) wurde nach Sjaunja (1990) berechnet: $ECM [kg] = (38 \times \text{Fett [g/kg]} + 24 \times \text{Protein [g/kg]} + 17 \times \text{Laktose [g/kg]}) / 3,14 \times \text{Milch [kg]}$

Für die statistische Auswertung der Daten (pro Tier über die Erhebungsperiode gemittelte Werte) wurde ein lineares Modell mit Periode und Ration als fixen Effekten und Berücksichtigung ihrer Interaktion gewählt (SYSTAT 13; Systat Software, San Jose USA). In den Resultattabellen werden die Mittelwerte und als Streuungsmass der mit dem verwendeten statistischen Modell geschätzte Standardfehler angegeben.

Resultate und Diskussion

Futter- und Nährstoffaufnahme

Aufgrund ungünstiger Wachstumsbedingungen und knapp bemessener Anbaufläche der Esparsette war der Abstand zwischen den beiden Versuchsperioden verlängert. Zwischen den Versuchsperioden musste zeitweise

Tab.1 | Chemische Zusammensetzung und berechneter Nährwert des Grünfutters

		Esparsette				Klee gras			
		Periode 1		Periode 2		Periode 1		Periode 2	
		MW	s	MW	s	MW	s	MW	s
Trockensubstanz	g/kg	172	22	179	26	155	19	158	25
Organische Substanz	g/kg TS	903	7	847	39	896	8	850	37
Rohprotein	g/kg TS	177	15	199	17	165	7	182	18
ADF	g/kg TS	238	14	178	23	283	13	202	44
NDF	g/kg TS	315	17	235	27	420	18	310	71
Polyphenole (gesamt)	g/kg TS	38,9	2,1	35,3	1,8	18,9	0,6	15,5	0,5
Berechnete Energie- und Proteingehalte ¹									
NEL	MJ/kg TS	6,1	0,1	6,2	0,3	5,6	0,2	6,0	0,3
APDE	g/kg TS	104	3	107	6	98	2	103	5
APDN	g/kg TS	118	10	133	11	110	5	122	12

MW: Mittelwert; s: Standardabweichung; ADF, saure Detergenzienfasern; NDF, neutrale Detergenzienfasern, NEL, Nettoenergie Laktation; APDE/APDN, Absorbierbares Protein im Duodenum aufgrund von pansenverfügbarer Energie/N; TS, Trockensubstanz

¹ Agroscope (2021)

Tab. 2 | Futter- und Nährstoffaufnahme und Verdaulichkeit

		Esparsette			Klee gras				P-Wert		
		P1	P2	Ø	P1	P2	Ø	SEE	Beh	Per	Per × Beh
TSV Grünfutter	kg/d	21,4	23,5	22,3	19,7	20,7	20,2	3,47	0,10	0,16	0,53
TSV total	kg/d	22,1	24,6	23,4	20,7	21,7	21,2	3,44	0,08	0,17	0,54
Aufnahme OS	kg/d	20,0	21,1	20,5	18,9	18,5	18,7	3,00	0,09	0,74	0,49
Aufnahme NDF	kg/d	7,17	5,71	6,44	8,92	6,62	7,77	1,07	<0,01	<0,01	0,28
Aufnahme Polyphenole	g/d	822	852	837	382	331	357	95,0	<0,01	0,75	0,24
Verdaulichkeit OS	%	70,4	75,1	72,8	72,7	77,1	74,9	2,23	0,01	<0,01	0,85
Verdaulichkeit RP	%	57,8	65,9	61,8	69,4	69,0	69,2	3,65	<0,01	<0,01	<0,01
Verdaulichkeit NDF	%	56,5	57,4	57,0	68,6	74,5	71,6	3,76	<0,01	0,02	0,08

P1, P2: Messperioden 1, bzw 2; Ø: Mittelwert; SEE: Reststreuung aus der Schätzung des statistischen Auswertungsmodells; Beh, Per, Per × Beh: Irrtumswahrscheinlichkeit für die Annahme eines Effektes der Behandlung, Periode bzw. Interaktion
NDF: neutrale Detergenzienfasern, OS: organische Substanz, RP: Rohprotein, TSV: Trockensubstanzverzehr

die Grünfütterung ausgesetzt werden, da nicht genügend Futter nachgewachsen war. Die chemische Zusammensetzung sowie der Nährwert der beiden Grünfütter sind in Tabelle 1 dargestellt. Die fortgeschrittene Vegetationsperiode führte dazu, dass sich die Grünfütter in ihrer Zusammensetzung in P1 und P2 deutlich unterschieden, wobei die RP-Gehalte zunahmen und die Gehalte an organischer Substanz (OS) und Fasern abnahmen, was für bestimmte Esparsettenarten bereits früher beobachtet wurde, wenn die Qualität des ersten mit dem zweiten Schnitt verglichen wurde (Azuhwi *et al.* 2012). Die Esparsette hatte höhere RP-Gehalte und tiefere Fasergehalte als die Klee-Gras-Mischung und hatte daher einen höheren berechneten Energiegehalt und mehr am Duodenum absorbierbares Protein. Der Polyphenolgehalt der Esparsette lag in einem Bereich wie er auch in vorhergehenden Studien (Grosse Brinkhaus *et al.* 2016) gefunden wurde. Unterschiede in der Futterqualität zwischen den Perioden führten dazu, dass es bei einigen Merkmalen, die die Nährstoffaufnahme und Verdauung der Nährstoffe betreffen, zu Effekten der Periode kam. Der Grünfütterverzehr in der Esparsetten-Gruppe war numerisch, aber nicht signifikant höher ($P=0,10$) als jener der Klee gras-Gruppe (Tab. 2). Beim Gesamtverzehr zeigte sich ein ähnliches Bild ($P=0,08$), da die mittlere Lockfütteraufnahme praktisch identisch war (Esparsette, 1,1 kg TS/d; Klee gras, 1,0 kg TS/d). Eine Erklärung für den numerisch höheren Verzehr der Esparsette könnte zum einen der tiefere Fasergehalt sein. Ausserdem wäre es möglich, dass die Appetenz des Klee gras wegen Rostpilzbefall und – bedingt durch einen tieferen Schnitt – höheren Anteil welcher Pflanzenteile beeinträchtigt war. Allerdings zeigte eine Untersuchung bei Schafen auch, dass die Schmackhaftigkeit von Esparsette im Vergleich zu einer Raigras-Klee-Mischung und zu anderen tanninhalten Pflanzen grundsätzlich

hoch sein kann (Scharenberg *et al.* 2007b). Aufgrund der unterschiedlichen Gehaltswerte des Grünfütters lag die Aufnahme von OS mit Esparsette numerisch höher als mit Klee gras ($P=0,09$), dagegen die von NDF tiefer ($P < 0,01$). Wie erwartet nahmen die Kühe mit Esparsette mehr Polyphenole auf als mit Klee gras ($P < 0,01$). Es kann davon ausgegangen werden, dass bezüglich der Aufnahme von Tanninen dieser Unterschied noch deutlicher war, da Tannine bei den Polyphenolen der Esparsette einen hohen, dagegen bei denen der Hauptkomponenten der Klee-Gras-Mischung nur geringe Anteile ausmachen (Jackson *et al.* 1996). Tannine können im Pansen mit Proteinen Verbindungen eingehen und ihren Abbau vermindern, sie können aber auch einen negativen Effekt auf die Fermentation und Verdaulichkeit von Kohlenhydraten haben (Übersichtsarbeit von Kelln *et al.* 2020), was die schlechtere Verdaulichkeit der NDF ($P < 0,01$) und der OS ($P=0,01$) bei der Verfütterung von Esparsette im Vergleich zu Klee gras erklären könnte (Tab. 2). Trotz der Unterschiede bei der Verdaulichkeit war die Konzentration der FFS (Tab. 3) zwischen den Behandlungen nicht unterschiedlich ($P=0,62$), was ebenfalls bei geringerer Verdaulichkeit von OS und NDF von Scharenberg *et al.* (2007a) beobachtet wurde, wenn Esparsette im Vergleich zu einer Raigras-Klee-Mischung an Lämmer verfüttert wurde. Obwohl die Kühe in der Esparsetten-Gruppe weniger NDF aufgenommen hatten als die Kühe in der Klee gras-Gruppe war der Anteil an Azetat im Pansensaft tendenziell höher ($P=0,06$) und jener von Propionat tiefer ($P < 0,01$). Es traten Interaktionen zwischen Behandlung und Periode auf, da beim Azetat ($P=0,03$) die Unterschiede besonders ausgeprägt in P1 und beim Propionat ($P=0,01$) in P2 waren. Der Anteil an Butyrat unterschied sich nicht zwischen den Behandlungen ($P=0,80$), allerdings waren die Unterschiede bei der Verfütterung von Esparsette zwischen den

Perioden deutlich grösser als bei der Verfütterung von Klee gras, was zu einer Interaktion zwischen Behandlung und Periode führte ($P < 0,01$).

Methanproduktion

Kühe, die Esparsette fressen, produzierten 13 % weniger Methan (Mittelwert 373 g) pro Tag ($P = 0,02$; Abbildung 1 [1]) als Kühe, die Klee gras bekamen (428 g). Auch Lazzari *et al.* (2023b) beobachteten mit der Verfütterung von Esparsettensilage eine signifikante Reduktion der Methanproduktion um rund 9 % im Vergleich zur Verfütterung von Kleesilage. Fasern sind das Hauptsubstrat für die Methanogenese (Janssen, 2010). Die Faseraufnahme war mit Esparsette tiefer, was eine Erklärung für die verringerte Methanproduktion sein könnte und gestützt wird durch die Tatsache, dass die Methanproduktion bezogen auf die NDF Aufnahme nicht unterschiedlich zwischen Behandlungen war ($P = 0,38$; Abbildung 1(3); Mittelwerte: Esparsette 59,5, Klee gras 57,6 g/kg). Gleichzeitig ist zu erkennen, dass mit beiden Behandlungen in P2 verglichen mit P1 die NDF-Aufnahme sank (Tab. 2), die Methanproduktion sich aber nicht zwischen den beiden Perioden unterschied ($P = 0,29$), was möglicherweise auf eine unterschiedliche Zusammensetzung bzw. Fermentierbarkeit der NDF hindeuten könnte. Janssen (2010) führt in seiner Übersichtsarbeit aus, dass bei Fermentierung von Hemizellulose mehr Methan gebildet wird als bei Zellulose. Bezogen auf den TS-Verzehr ist der Unterschied zwischen den Behandlungen mit 22 % deutlich ($P < 0,01$; Abbildung 1 [2]) sichtbar (Mittelwert Esparsette 15,8, Klee gras 20,3 g/kg). Auch Huyen *et al.* (2016) stellten bei diesem Merkmal einen senkenden Effekt von 6 % fest, wenn eine Ration mit 30 % Esparsettensilage im Vergleich zu einer Ration mit Grassilage an Milchkühe verfüttert wurde. Ähnlich wie bei der täglich produzierten Methanmenge präsentiert sich die Reduktion bei der Verfütterung von Esparsette, wenn die Methanmenge auf die Milchproduktion bezogen wurde (-15 %; $P < 0,01$; Abbildung 1 [4]; Mittelwert

Esparsette 14,5, Klee gras 17,0 g/kg). Neben der NDF-Aufnahme könnten auch die Polyphenole in der Esparsette eine senkende Wirkung auf die Methanproduktion haben. Es ist bekannt, dass kondensierte Tannine die Bildung von Methan *in vitro* reduzieren (Tavendale *et al.* 2005). Die Tannine befinden sich in erster Linie in den Blättern der Pflanze (Malisch *et al.* 2015), was erklären könnte, warum bei der Verfütterung von frischer Esparsette, wo weniger Blattverluste zu erwarten sind als bei Verfütterung von konserviertem Futter wie bei Huyen *et al.* (2016) oder Lazzari *et al.* (2023b), der Effekt auf die Methanproduktion grösser war. Ferner spielt vermutlich ebenfalls der Anteil der Esparsette in der Ration eine Rolle in Bezug auf die Wirkung. In der vorliegenden Untersuchung wurde sie als alleiniges Futter angeboten, während sie in der Studie von Huyen *et al.* (2016) 30 % der Ration ausmachte und bei Lazzari *et al.* (2023b) rund 80 %.

Stickstoffverwertung

Die tägliche N-Aufnahme war in der Esparsetten-Gruppe im Vergleich zur Klee gras-Gruppe höher ($P < 0,01$), was bei Esparsette zu zusätzlichen täglichen Ausscheidungen an N mit dem Kot ($P < 0,01$), nicht aber mit dem Harn ($P = 0,26$) führte (Tab. 4). Bei der Harn-N-Ausscheidung trat eine Interaktion Behandlung \times Periode ($P = 0,05$) auf, die darin begründet liegt, dass die Ausscheidung in der Esparsetten-Gruppe in P1 tiefer, in P2 dagegen deutlich höher war im Vergleich zur Klee gras-Gruppe. Die N-Verwertung, ausgedrückt als Milch-N-Ausscheidung bezogen auf die N-Aufnahme war mit Esparsette tiefer ($P < 0,01$) als mit Klee gras. Dies bestätigt Beobachtungen von einer schlechteren N-Verwertung bei höherer N-Aufnahme mit silagebetonten Rationen (Lazzari *et al.* (2023a).

Es wurde mehrfach beobachtet, dass es beim Einsatz von Esparsette in der Ration eine Verschiebung bei den Ausscheidungen gibt, und zwar, dass mehr N mit dem Kot ausgeschieden wird und weniger mit dem Harn (Scha-

Tab. 3 | Merkmale der Pansenfermentation

		Esparsette			Klee gras				P-Wert		
		P1	P2	Ø	P1	P2	Ø	SEE	Beh	per	Per \times Beh
FFS	mmol/l	83,4	63,4	73,4	81,3	62,7	72,0	7,82	0,62	<0,01	0,82
Azetat	mol%	72,3	68,8	70,5	71,0	68,9	69,9	0,84	0,06	<0,01	0,03
Propionat	mol%	14,7	14,2	14,4	14,9	16,0	15,4	0,84	<0,01	0,35	0,01
Butyrat	mol%	9,9	12,8	11,4	11,1	11,4	11,2	1,21	0,80	<0,01	<0,01
NH ₃ Pansen	mmol/l	6,28	8,44	7,36	6,28	6,19	6,23	0,98	<0,01	0,01	<0,01

FFS: Flüchtige Fettsäuren; NH₃: Ammoniak

Beh, Per, Per \times Beh: Irrtumswahrscheinlichkeit für die Annahme eines Effektes der Behandlung, Periode bzw. Interaktion

renberg *et al.* 2007a, Grosse Brinkhaus *et al.* 2016). Dies wird in Bezug auf die Umwelt als positiv angesehen, da geringere N-Ausscheidungen über den Harn mit weniger Ammoniakbildung aus den Exkrementen einhergehen können (Lazzari *et al.* 2023a). Auch in der vorliegenden Studie war dies zu beobachten, wenn die Kot-N- ($P < 0,01$) und Harn-N-Ausscheidungen ($P = 0,05$) auf die Aufnahme

bezogen wurden (Tab. 4). Gleichzeitig wurden bei diesen Merkmalen Behandlung \times Perioden Interaktionen (beide $P < 0,01$) festgestellt, die vermutlich daher stammen, dass bei Verfütterung von Esparsette die Unterschiede zwischen den Perioden deutlicher waren als bei der Verfütterung des Klee gras. Die höhere N-Aufnahme besonders in P2 war möglicherweise auch der Grund, warum

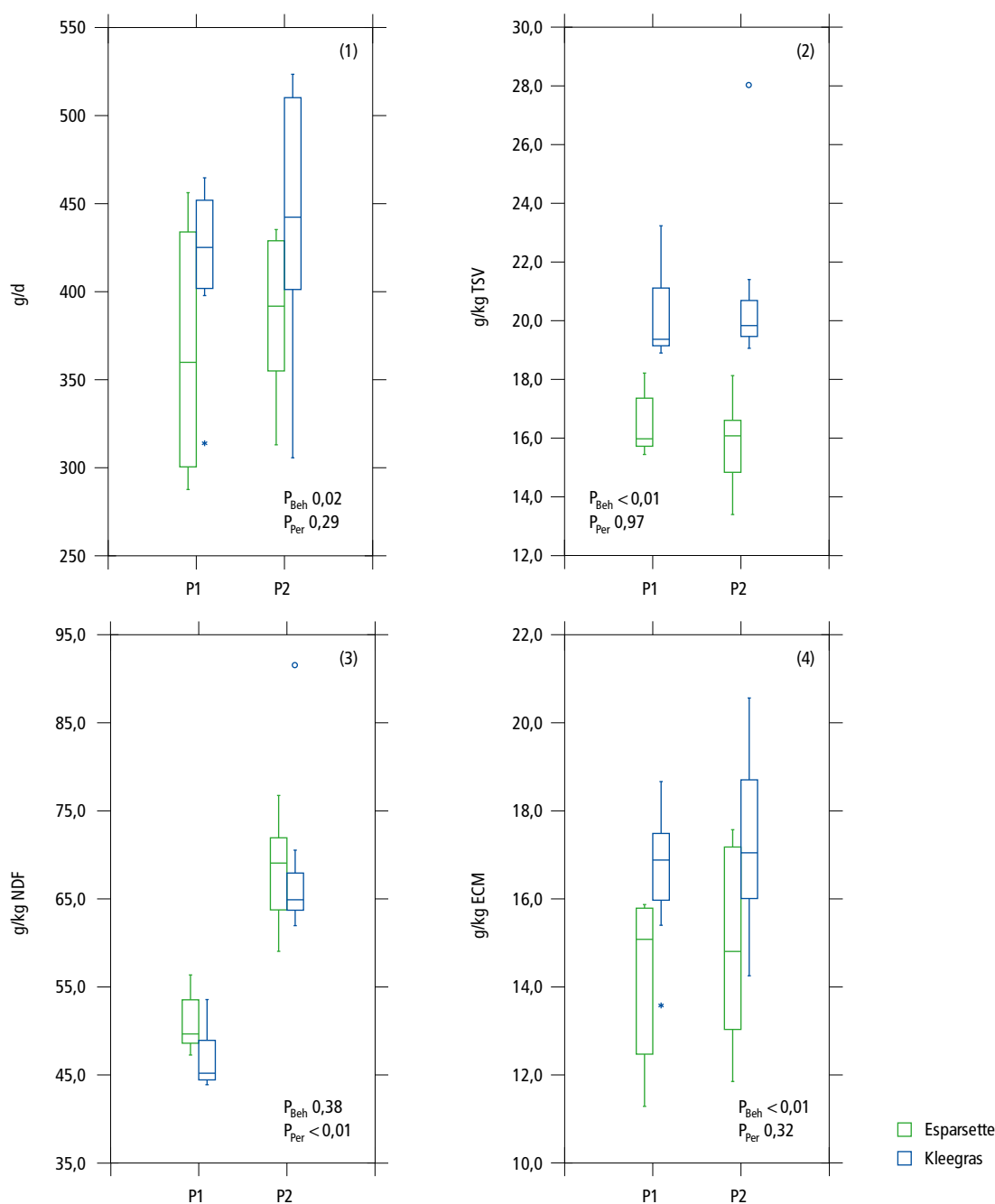


Abb. 1 | Methanabgabe pro Tag (1), pro kg Trockensubstanz-Verzehr (TSV, 2), pro kg NDF-Verzehr (3) und pro kg energie-korrigierte Milchproduktion (ECM, 4) für zwei Messperioden (P1, P2) bei Fütterung von Esparsette bzw. Klee gras.

P_{Beh} , P_{Per} : Irrtumswahrscheinlichkeit für die Annahme eines Effektes der Behandlung, bzw. Periode

Tab. 4 | N-Ausscheidungen und Milchproduktion

		Esparsette			Klee gras				P-Wert		
		P1	P2	Ø	P1	P2	Ø	SEE	Beh	Per	Per × Beh
N-Aufnahme	g/d	598	749	674	528	607	567	99,6	<0,01	<0,01	0,31
N-Ausscheidung Kot	g/d	252	255	253	161	181	171	29,8	<0,01	0,29	0,42
N-Ausscheidung Harn	g/d	221	356	288	240	288	264	59,8	0,26	<0,01	0,06
N Kot % Aufnahme	%	42,2	34,1	38,2	30,6	31,0	30,8	3,64	<0,01	<0,01	<0,01
N Harn % Aufnahme	%	36,9	47,4	42,1	45,4	45,9	45,7	4,87	0,05	<0,01	<0,01
N-Verwertung	%	20,9	18,5	19,7	24,0	23,1	23,5	1,86	<0,01	0,02	0,28
Blutharnstoff	mmol/l	5,50	6,65	6,08	6,47	5,47	5,97	0,897	0,73	0,81	<0,01
Milchharnstoff	mg/l	231	361	296	301	292	296	33,1	0,95	<0,01	<0,01
Milchproduktion	kg/d	25,4	26,2	25,8	26,9	24,7	25,7	4,79	0,94	0,65	0,35
ECM	kg/d	26,0	26,2	26,1	25,3	25,8	25,5	4,76	0,77	0,75	0,92
Milchfettgehalt	%	4,47	4,23	4,37	4,00	4,51	4,21	0,576	0,89	0,39	0,04
Milchproteingehalt	%	3,15	3,43	3,27	3,04	3,59	3,27	0,219	0,78	<0,01	0,11

ECM: Energiekorrigierte Milchproduktion:

Beh, Per, Per × Beh: Irrtumswahrscheinlichkeit für die Annahme eines Effektes der Behandlung, Periode bzw. Interaktion

die Konzentration des im Pansen gebildeten Ammoniaks (Tab 3., Behandlung × Periode, $P < 0,01$) mit Esparsette im Vergleich zu Klee gras höher ($P < 0,01$) und nicht verringert war, wie es von Grosse Brinkhaus *et al.* (2016) beobachtet wurde. Des Weiteren konnten im Gegensatz zu Grosse Brinkhaus *et al.* (2016) keine Unterschiede im Blutharnstoff ($P = 0,74$) und im Milchharnstoff ($P = 0,95$) zwischen den Behandlungen festgestellt werden, allerdings eine Behandlung × Periode Interaktion (Blutharnstoff, $P < 0,01$; Milchharnstoff, $P < 0,01$).

Obwohl der berechnete Nährwert der Esparsette leicht besser war, waren im Vergleich der Behandlungen die täglich produzierte Milchmenge (Tab.3, $P = 0,94$), sowie die Milchfett- ($P = 0,89$) und Milchproteingehalte ($P = 0,78$) identisch, woraus sich ergab, dass auch die täglich produzierte Menge an ECM gleich war ($P = 0,77$). Auch in der Studie von Grosse Brinkhaus *et al.* (2016), wo 16 % Esparsettenpellets in der Ration an Milchkühe verfüttert wurden, gab es im Vergleich zur Verfütterung der gleichen Menge an Luzerne- oder Hornkleepellets keine Unterschiede in der Milchmenge und dem Fettgehalt. In einer Studie (Huyen *et al.* 2016), wo 30 % Esparsettenpellets statt Grassilage an Milchkühe gefüttert wurde, war die Milchmenge in der Esparsetten-Gruppe höher, die Milchinhaltstoffe aber unbeeinflusst. Bei der täglich produzierten Milchmenge und den Milchinhaltstoffen gab es in der vorliegenden Studie keine Veränderung zwischen den Perioden. Dies ist bemerkenswert, denn bevor P2 starten konnte, war die Laktation der Kühe im Vergleich zu P1 um 50 Tage fortgeschritten. Ein Erklärungsansatz dazu könnte die leicht, aber nicht signifikant höhere Futteraufnahme und die verbesserte Futterqualität in P2 sein. Beim Milchfettgehalt trat eine

Behandlung × Perioden Interaktion ($P = 0,04$) auf, die möglicherweise daher rührte, dass in P1 der Milchfettgehalt mit Esparsette höher war und in P2 mit Klee gras.

Schlussfolgerungen

Die Verfütterung von Grünfütter kann mit beträchtlichen Schwankungen in der Futterqualität verbunden sein, was wiederum die Methanemissionen und N-Ausscheidungen massgeblich beeinflusst. Die Aussagekraft der beobachteten Effekte beschränkt sich daher auf die in der Studie gegebenen Bedingungen und Futterqualitäten. Frische Esparsette verfüttert an Milchkühe hatte im Vergleich zur Verfütterung von Klee gras eine methansenkende Wirkung, ohne die Milchleistung zu beeinträchtigen. Dieser Effekt kann zumindest teilweise der verminderten Faseraufnahme zugeschrieben werden. Zudem war bei den N-Ausscheidungen die bei der Verfütterung von Esparsette schon häufig beobachtete Verschiebung der N-Ausscheidungen vom Harn hin zum Kot zu beobachten, was sich möglicherweise positiv auf die Ammoniakemissionen auswirken könnte. Allerdings muss in diesem Zusammenhang berücksichtigt werden, dass die Menge an ausgeschiedenem Harn-N pro Tag mit Esparsette zwar über beide Perioden nicht signifikant aber in P2 deutlich höher war als mit Klee gras. Die Ausscheidungen werden stark durch die N-Aufnahme bestimmt, die mit Esparsette ebenfalls höher war als mit Klee gras. Das Beispiel Esparsette zeigt damit auf, dass es beim Bestreben, Emissionen aus der Tierhaltung über Fütterungsmassnahmen zu senken wichtig ist, die Emissionen gesamthaft im Auge zu behalten. ■

Literatur

- Agroscope (2021). Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch). Agroscope, Posieux. Zugang: www.agroscope.ch/gruenes-buch
- Azuhwi, B.N., Hertzberg, H., Arrigo, Y., Gutzwiller, A., Hess, H.D., Mueller-Harvey, I., Torgerson, P.R., Kreuzer, M., Dohme-Meier, F. (2013). Investigation of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) cultivar differences on nitrogen balance and fecal egg count in artificially infected lambs. *Journal of Animal Science* **91**, 2343–2354.
- Denninger, T. M., Dohme-Meier, F., Eggerschwiler, L., Vanlierde, A., Grandl, F., Gredler, B., Kreuzer, M., Schwarm, A., Münger, A. (2019) Persistence of differences between dairy cows categorized as low or high methane emitters, as estimated from milk mid-infrared spectra and measured by GreenFeed. *Journal of Dairy Science*, **102**(12), 11751–11765.
- Girard M., Dohme-Meier F., Ampuero Kragten S., Grosse Brinkhaus A., Arrigo Y.s, Wyss U., Bee G. (2018). Modification of the proportion of extractable and bound condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) during wilting, ensiling and pelleting processes. *Biotechnology in Animal Husbandry*, **34**(1), 1–19
- Grosse Brinkhaus, A., Bee, G., Silacci, P., Kreuzer, M., Dohme-Meier, F. (2016). Effect of exchanging *Onobrychis viciifolia* and *Lotus corniculatus* for *Medicago sativa* on ruminal fermentation and nitrogen turnover in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **99**, 4384–4397
- Grosse Brinkhaus, A., Wyss, U., Arrigo, Y., Girard, M., Bee, G., Zeitz, J.O., Kreuzer, M., Dohme-Meier, F. (2017). In vitro ruminal fermentation characteristics and utilisable crude protein supply of sainfoin and birdsfoot trefoil silages and their mixtures with other legumes. *Animal*, **11**(4), 580–590.
- Huyen, N. T., Desruets, O., Alferink, S. J., Zandstra, T., Verstegen, M. W., Hendriks, W. H., Pellikaan, W. F. (2016). Inclusion of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage in dairy cow rations affects nutrient digestibility, nitrogen utilization, energy balance, and methane emissions. *Journal of Dairy Science*, **99**, 3566–3577
- Jackson, F. S., McNabb, W. C., Barry, T. N., Foo, Y. L., & Peters, J. S. (1996). The condensed tannin content of a range of subtropical and temperate forages and the reactivity of condensed tannin with ribulose-1, 5-bis-phosphate carboxylase (rubisco) protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **72**(4), 483–492.
- Janssen, P. H. (2010). Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. *Animal Feed Science and Technology*, **160**(1–2), 1–22.
- Kelln, B. M., Penner, G. B., Acharya, S. N., McAllister, T. A., & Lardner, H. A. (2021). Impact of condensed tannin-containing legumes on ruminal fermentation, nutrition, and performance in ruminants: a review. *Canadian Journal of Animal Science*, **101**(2), 210–223.
- Lazzari, G., Münger, A., Heimo, D., Seifert, J., Camarinha-Silva, A., Borda-Molina, D., Zähler, M., Schrade, S., Kreuzer, M., Dohme-Meier, F. (2023a). Effects of Tanniferous Sainfoin and Acacia mearnsii extract on Urinary N Excretion and Ammonia Volatilization From the Slurry of Dairy Cows. *Animal Feed Science and Technology*, 115577.
- Lazzari, G., Münger, A., Eggerschwiler, L., Borda-Molina, D., Seifert, J., Camarinha-Silva, A., Schrade, S., Zähler, M., Zeyer, K., Kreuzer, M., Dohme-Meier, F. (2023b). Effects of Acacia mearnsii added to silages differing in nutrient composition and condensed tannins on ruminal and manure-derived methane emissions of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, accepted.
- Mayes, R.W., Lamb, C.S. & Colgrove, P.M. (1986). The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, **107**, 161–70.
- Scharenberg, A., Arrigo, Y., Gutzwiller, A., Wyss, U., Hess, H.D., Kreuzer, M., Dohme, F. (2007a). Effect of feeding dehydrated and ensiled tanniferous sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on nitrogen and mineral digestion and metabolism of lambs. *Archives of Animal Nutrition*, **61**(5), 390–405.
- Scharenberg, A., Arrigo, Y., Gutzwiller, A., Soliva, C.R., Wyss, U., Kreuzer, M., Dohme, F. (2007b). Palatability in sheep and in vitro nutritional value of dried and ensiled sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*), and chicory (*Cichorium intybus*). *Archives of Animal Nutrition*, **61**(6), 481–496.
- Sjaunja, L. O. (1990). A Nordic proposal for an energy-corrected milk (ECM) formula. 27th Session International Committee for Recording and Productivity of Milk Animals; 2–6 July 1990, Paris, France.
- Suter D., Rosenberg E., Mosimann E., Frick R. (2017). Standardmischungen für den Futterbau: Revision 2017–2020. *Agrarforschung Schweiz*, **8**, (1), 1-16.
- Tavendale, M. H., Meagher, L. P., Pacheco, D., Walker, N., Attwood, G. T., & Sivakumaran, S. (2005). Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. *Animal Feed Science and Technology*, **123**, 403–419.
- Williams, C. M., J.-S. Eun, J. W. MacAdam, A. J. Young, V. Fellner, and B. R. Min, 2011: Effects of forage legumes containing condensed tannins on methane and ammonia production in continuous cultures of mixed ruminal microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 364-372.
- Wright, M.M., Lewis, E., Garry, B., Galvin, N., Dunshea, F.R., Hannah, M.C., Auld, M.J., Wales, W.J., Dillon, P., Kennedy, E. (2019). Evaluation of the n-alkane technique for estimating herbage dry matter intake of dairy cows offered herbage harvested at two different stages of growth in summer and autumn. *Animal Feed Science and Technology*, **247**, 199–209. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.11.003>