Milchkuhrationen mit differenzierten Kohlenhydratgehalten bei geringen Anteilen langer Futterpartikel

Versuchsbericht

SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau

IMPRESSUM

Herausgeber: Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG)
Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg
Tel.: (03471)334-0; Fax: (03471)334-105
Mail: poststelle@llg.mlu.sachsen-anhalt.de
www.llg.sachsen-anhalt.de
Juni 2024

Arbeitsgruppe: Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt,
Zentrum für Tierhaltung und Technik Iden (ZTT)
Lindenstraße 18, 39606 Iden
Marleen Zschiesche, Petra Kühne, Thomas Engelhard
Mail: poststelle.iden@llg.mlu.sachsen-anhalt.de

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Hans-Böckler-Allee 20, 30173 Hannover
Andrea Meyer

Georg-August-Universität Göttingen,
Department Nutztierwissenschaften, Abteilung Wiederkäuerernährung
Kellnerweg 6, 37077 Göttingen
Dr. Martin Hünerberg, Anne-Maria Harren

Hochschule Anhalt,
FB Landwirtschaft, Ökotrophologie und Landschaftsentwicklung,
Strenzfelder Allee 28, 06406 Bernburg,
Prof. Dr. Heiko Scholz, Lina Celine Hentschel

Fotos Titelseite: LLG

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Eine Veröffentlichung und Vervielfältigung (auch auszugsweise) ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Versuchsbericht

Milchkuhrationen mit differenzierten Kohlenhydratgehalten bei geringen Anteilen langer Futterpartikel

Teil 1: Milchkuhfütterungsversuch

Teil 2: Beurteilung von Kotproben

Teil 1: Milchkuhfütterungsversuch

1. Einleitung

Erfolgreiche Fütterung bei höheren Leistungen erfordert eine ungestörte Pansengesundheit und –funktion. Milchkühe müssen dafür wiederkäuer- und gleichzeitig bedarfsgerecht mit Energie versorgt werden. Dazu sind die Gehalte sowohl an Strukturkohlenhydraten ($aNDF_{om}$, ADF_{om}, Rohfaser) als auch an Stärke und Zucker in den Rationen richtig einzustellen. Für laktierende Kühe sollte die Futterpartikelfraktion > 8 mm bis 19 mm den Hauptanteil ausmachen (GfE, 2023). Faserreiche Grobfuttermittel besitzen eine höhere Strukturwirksamkeit, sind gegenüber Konzentratfutter aber energieärmer. Viele Konzentratfuttermittel enthalten erhöhte Anteile an im Pansen leicht fermentierbaren Kohlenhydraten. Leicht fermentierbare Kohlenhydrate, wie z.B. Stärke, sind wichtig für die Energieversorgung führen aber zu einer relativ schnellen Bildung von kurzkettigen Fettsäuren (v.a. Propionat) und können deshalb eine rasche Absenkung des Pansen-pH bewirken. In unangepassten Rationen können so subakute (SARA) oder sogar akute Pansenazidose (ARA) verursacht werden.

Um Störungen der Pansenfunktion zu vermeiden und leistungsstarke Kühe trotzdem ausreichend mit Energie zu versorgen, gibt es praktische Empfehlungen für die Rationsoptimierung (DLG, 2023). Ziel des beschriebenen Versuchs war es, totale Mischrationen (TMR), welche durch geringe Anteile an Futterpartikeln > 8 mm gekennzeichnet waren, aber unterschiedliche Gehalte an Struktur- und leichtverdaulichen Kohlenhydraten hatten, zu untersuchen.

2. Material und Methoden

Die Einzeltierfütterungsuntersuchung wurde vom 19.09.2022 bis 27.02.2023 in dem mit automatischen Wiegetrögen ausgestatteten Abteil des Milchkuhstalles Iden durchgeführt. Zwei Fütterungsgruppen (Gruppe A „Stärke“; Gruppe B „Faser“) wurden mit Rationen gefüttert, die sich wesentlich in ihren Gehalten an Stärke sowie an $aNDF_{om}$ unterschieden (Tab. 1). Dafür wurden die oberen und unteren Grenzen der Orientierungsbereiche für TMR (DLG, 2012) als jeweilige Zielbereiche definiert.

Tabelle 1: Beschreibung der im Versuch gefütterten TMR

Anteil Futtermittel (% TM der TMR, gerundet)	**Gruppe A** **„Stärke“**	**Gruppe B** **„Faser“**
Grassilage | Luzernesilage | Stroh	13 | 9 | 2	18 | 11 | 2
Maissilage | Maisschrot (feucht)	36 | 7	34 | 5
Getreide-Mais-Mischung[1)]	16	10
Rapsextraktionsschrot	14	15
Trockenschnitzel	2	5
Rationsergänzung[2)]	2	1
Gehalt je kg TM		
NEL, MJ	7,0	6,8
Stärke | Zucker, g	262 | 37	206 | 39
$aNDF_{om}$ | $aNDF_{om}$ GF, g	320 | 228	347 | 259
ADF_{om}, g	196	218
Rohprotein | nXP, g	161 | 158	160 | 157
DCAB, meq	114	109

[1)] 34 % Mais, 21 % Gerste, 21 % Roggen, 20 % Rapsschrot, 4 % Melasse/Glycerin
[2)] Mineralfutter, Harnstoff, Futterkalk, Kaliumcarbonat

In die Untersuchung wurden 54 Mehrkalbskühe und 18 Erstkalbskühe der Rasse Deutsche Holstein einbezogen. Diese befanden sich zu Beginn der Untersuchung im Mittel zwischen dem 18. und 28. Laktationstag (LT) und wurden nach und nach in die Untersuchung aufgenommen. Die Untersuchung erfolgte demnach im ersten Laktationsdrittel der Kühe (100 LT ± 34 LT).

Die Zuordnung zur Zusammenstellung der vergleichbaren Gruppen A und B erfolgte unter Berücksichtigung der Laktationsnummern, der Leistungen vor Untersuchungsbeginn, der Vorlaktationsleistungen, der genomischen Zuchtwerte sowie der Lebendmassen und Rückenfettdicken der Tiere.

Die Silagen und TMR beider Gruppen wurden zweimal pro Woche beprobt. Die Analyse erfolgte durch die LKSmbH in Lichtenwalde. Die Partikellängenverteilung und der Anteil der

physikalisch effektiven NDF ($peNDF_{8mm}$) in beiden TMR wurden zweimal pro Woche mit dem Penn State Particle Separator bestimmt.

Die Tiere wurden zweimal am Tag im Side-by-Side Melkstand gemolken, ihre Milchmengen täglich erfasst und für die Testwoche gemittelt. Die Bestimmung der Milchinhaltsstoffe erfolgte einmal pro Woche auf Einzeltierbasis.

Das Wiederkauverhalten wurde mittels Heatime® (SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel) für jedes Tier täglich erfasst und ebenfalls für die jeweilige Testwoche gemittelt. Täglich erfolgten die Trockenmassebestimmung in den Grobfuttermitteln und der TMR beider Gruppen sowie die Dokumentation der Rationszusammensetzung über das digitale Ladeprotokoll des Futtermischwagens und die Bestimmung der Futteraufnahmen, welche ebenfalls zum Wochenmittel zusammengefasst wurden. Zum Beginn und zum Ende des Versuchs wurden die Kühe gewogen und deren Rückenfettdicke mit einem bildgebenden Ultraschallgerät gemessen.

Um das SARA-Risiko zu quantifizieren, wurden die Tiere mit einem Fett-Eiweiß-Quotienten < 1,0 (Brinkmann et al., 2016) und Tiere mit einem Milchfettgehalt (F) < Fmin (Fmin = (5,06 – 0,033 * kg Milch/Tag) * (1 – 0,68/4,20)) (DLG, 2020) ermittelt. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit SAS Version 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, 2017). Für den Vergleich aller gemessenen Parameter zwischen Gruppe A und B wurde ein gemischtes Modell (PROC MIXED) genutzt. Als fixe Effekte wurden die Fütterungsgruppe, die Testwoche und deren Wechselwirkung in das Modell aufgenommen. Das Einzeltier innerhalb der Gruppe A und B wurde als zufälliger Effekt im Model berücksichtigt. Das Signifikanzniveau lag bei 5% ($P<0,05$).

3. Ergebnisse und Diskussion

Die unteren und oberen Grenzen der Orientierungswerte für Stärke, Zucker sowie $aNDF_{om}$ konnten in der Untersuchung umgesetzt werden und führten zu den differenzierten Nährstoffaufnahmen beider Gruppen. Obwohl die Trockenmasseaufnahme auch vom Anteil Konzentratfuttermittel in der Ration abhängig ist (Gruber et al., 2006), war in der „Stärke“-Gruppe keine höhere Trockenmasseaufnahme erkennbar. In Tabelle 2 sind die mittleren Futter-, Energie- und ausgewählte Nährstoffaufnahmen der Gruppen A („Stärke“) und B („Faser“) dargestellt. Neben der Trockenmasseaufnahme glichen sich die Aufnahmen an

Energie und nXP bei ähnlichen Gehalten beider Rationen. Als Folge der höheren Stärke- und geringeren $aNDF_{om}$-Gehalte der TMR waren für die Gruppe A signifikant höhere Stärke-Aufnahmen sowie signifikant geringere Aufnahmen an $aNDF_{om}$ zu verzeichnen.

Tabelle 2: Futter-, Nährstoff- und Energieaufnahmen

Parameter	**Einheit**	**Gruppe**		**SEM**	***p*-Wert**
		A „Stärke“	**B „Faser“**		
Trockenmasse	kg/Kuh/Tag	23,5	23,7	0,5	*0,842*
NEL	MJ/Kuh/Tag	164	161	3	*0,558*
Zucker	g/Kuh/Tag	863	937	18	***0,004***
Stärke	g/Kuh/Tag	6.168	4.887	114	***<0,001***
$aNDF_{om}$	g/Kuh/Tag	7.517	8.234	157	***0,002***
ADF_{om}	g/Kuh/Tag	4.616	5.163	97	***<0,001***
Rohprotein	g/Kuh/Tag	3.759	3.768	76	*0,931*
nXP	g/Kuh/Tag	3.704	3.690	74	*0,897*

Die Verteilung der Futterpartikelfraktionen beider Rationen ist in Tabelle 3 aufgezeigt. Die ermittelte $peNDF_{8mm}$ lag im Mittel bei 12 % (Gruppe „Stärke“) und 13 % (Gruppe „Faser“) und somit deutlich unter dem Zielwert von 21 % (Gruppe „Stärke“) bzw. 19,5 % (Gruppe „Faser“) nach GfE (2023). Auch die Partikelfraktionen > 8 mm befanden sich sowohl in der „Stärke“ als auch in der „Faser“-Gruppe deutlich unter 45 % und bildeten nicht den Hauptanteil. Trotzdem waren die Wiederkauzeiten mit jeweils mehr als 8 Std. je Tag auf einem physiologischen Niveau (Brade und Wunderlich, 2020).

Tabelle 3: Anteile an Futterpartikellängenfraktionen der im Versuch gefütterten TMR und Empfehlungen der DLG (2001)

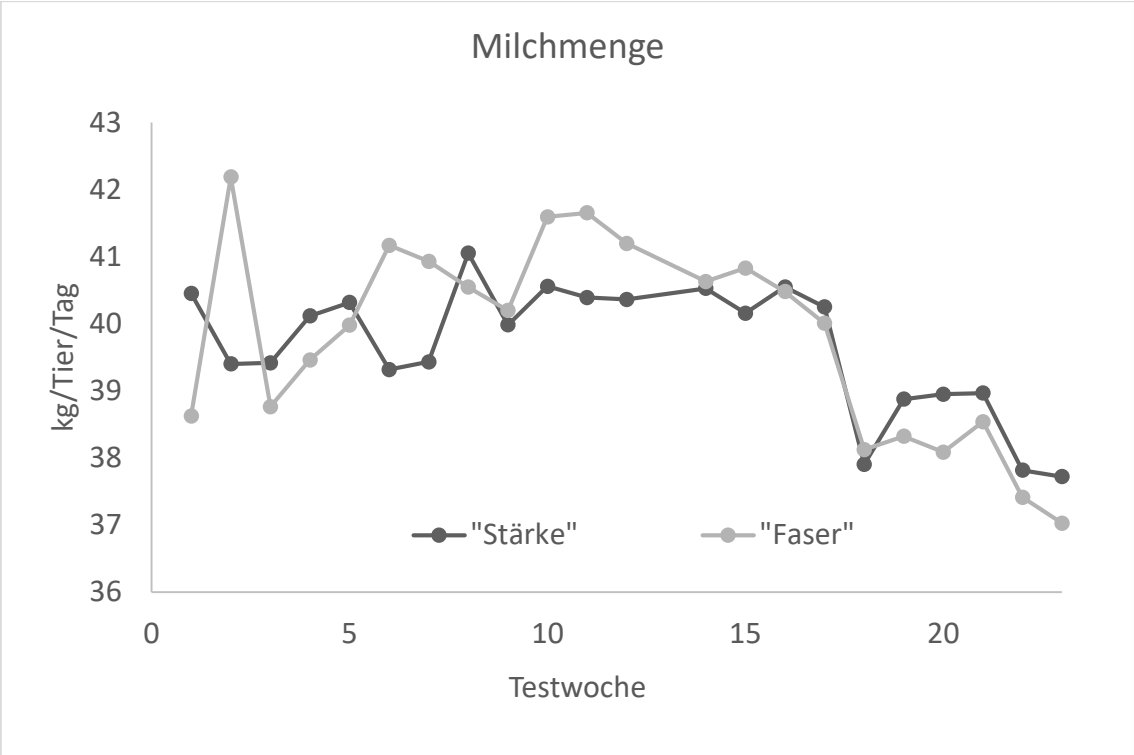
Partikelfraktionen	Einheit	Gruppe		DLG (2001)
		A „Stärke“	B „Faser“	
> 19 mm	%	1,2	1,5	5 – 10
8 – 19 mm	%	35,3	35,4	30 – 50
1,18 – 8 mm	%	56,6	54,5	
< 1,18 mm	%	6,9	8,6	< 20

Die Milchleistungen beider Gruppen lagen bei über 40 kg je Kuh und Tag (Tab. 4, Abb. 1). Die Milchfettgehalte unterschieden sich signifikant und lagen in der „Faser“-Gruppe höher im Vergleich zur „Stärke“-Gruppe. Dieser lässt sich durch die unterschiedlichen Gehalte an Kohlenhydraten und deren Fermentation im Pansen erklären. Acetat, welches vermehrt aus dem Abbau von Zellulose und Hemizellulose entsteht, steht in direkten Zusammenhang mit der Milchfettbildung. Dagegen fördert ein höherer Anteil leicht fermentierbarer Kohlenhydrate, wie Stärke, die Propionatbildung (Bauman und Griinari, 2003). Im Verlauf (Abb. 1) lässt sich erkennen, dass die „Stärke“-Gruppe bis Testwoche fünf höhere Milchfettgehalte aufwies. Dies kann einerseits durch die geringeren Tierzahlen zu Beginn (n_{Tiere} < 10 bis Testwoche 4) begründet sein als auch durch eine stärkere Mobilisierung von Körperfett.

Die Einschätzung des SARA-Risikos nach FEQ < 1,0 ergab für die „Stärke“-Gruppe insgesamt 21 % und die „Faser“-Gruppe 6 % der Tiere. Dagegen waren nach F < Fmin lediglich 5 % der Tiere in der „Stärke“-Gruppe und 3 % der Tiere in der „Faser“-Gruppe positiv klassifiziert. Der Verlauf über die Testwochen ist in Abb. 2 aufgezeigt.

Tabelle 4: Leistungsparameter und Wiederkauverhalten der Kühe im Fütterungsversuch

Parameter	**Einheit**	**Gruppe**		**SEM**	***p*-Wert**
		A „Stärke“	**B „Faser“**		
Milchmenge	kg/Kuh/Tag	40,4	40,3	1,0	*0,954*
ECM	kg/Kuh/Tag	39,7	40,7	76	*0,443*
Milchfettgehalt	%	3,91	4,12	0,07	***0,032***
Milcheiweißgehalt	%	3,36	3,38	0,03	*0,779*
Fett-Eiweiß-Quotient		1,16	1,22	0,02	***<0,001***
Milchfettmenge,	g/Kuh/Tag	1.565	1.652	80	***<0,001***
Milcheiweißmenge	g/Kuh/Tag	1.355	1.352	28	*0,940*
Milchharnstoffgehalt	mg/l	161	161	79	*0,871*
Wiederkauen	min/Kuh/Tag	508	521	6,1	*0,130*



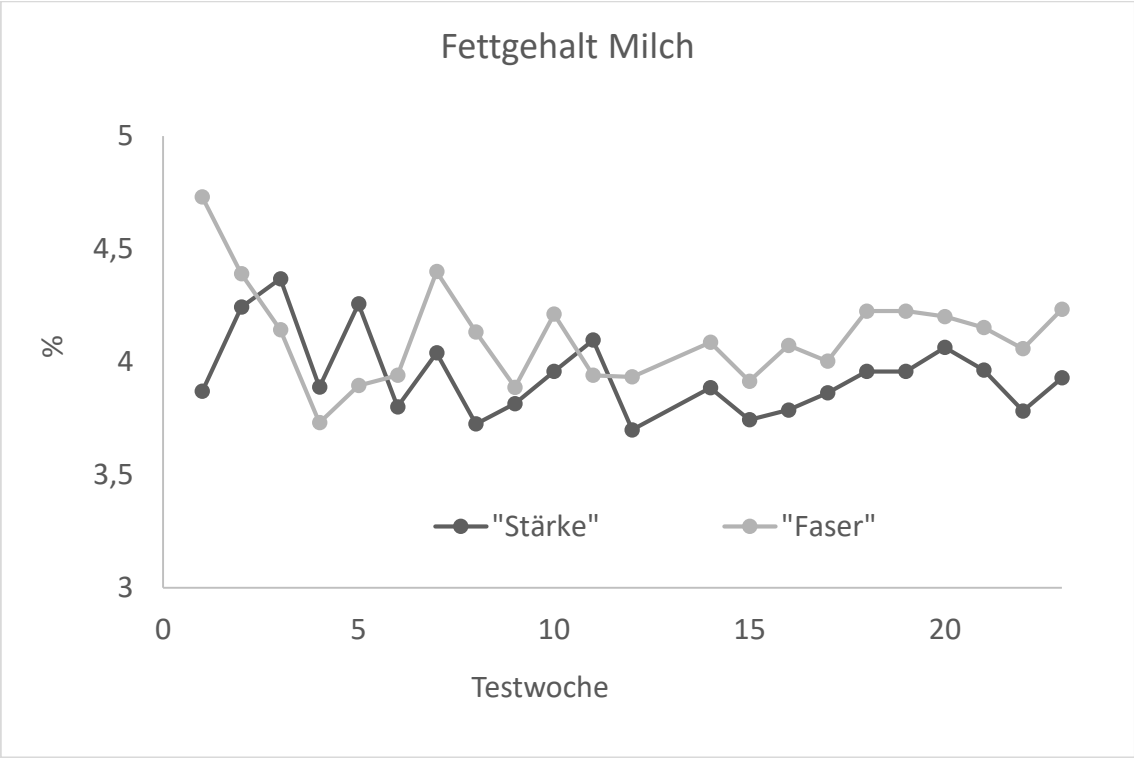
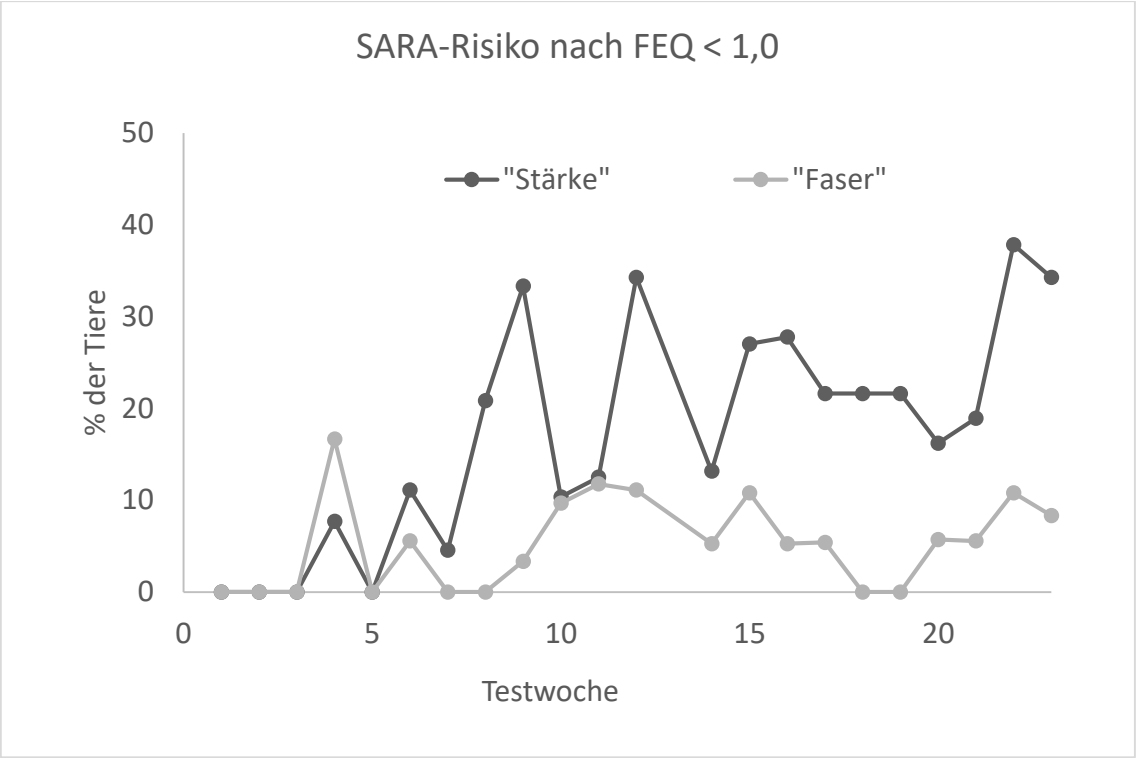


Abbildung 1: Verlauf der Milchmengenleistungen und des Milchfettgehaltes der Kühe im Untersuchungszeitraum.



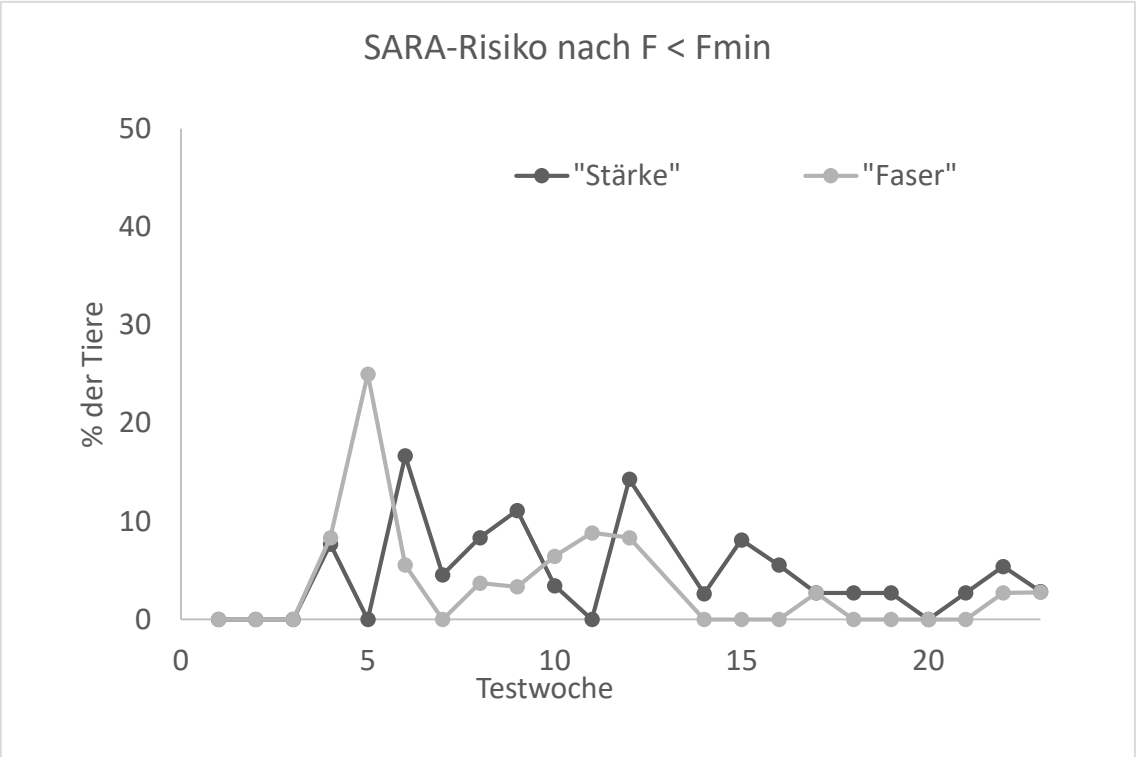


Abbildung 2: SARA-Risiko-Einschätzung anhand des FEQ (SARA positiv, wenn FEQ < 1,0) und des Fmin (F < Fmin) nach DLG-Merkblatt 451 (2022)

4. Fazit

Ohne dass die Fütterung der stärkebetonten Ration erkennbare Probleme verursacht hätte, deuteten sich für die faserbetontere Fütterung Vorteile an. Diese Variante bietet mehr Sicherheit für die Wiederkäuerverdauung, ohne dass in diesem Versuch die Futteraufnahmen oder die Leistungen der Kühe gemindert wurden. Die Obergrenzen der Orientierungsbereiche für die Gehalte an leicht verdaulichen Kohlenhydraten in Hochleistungsrationen sollten in der praktischen Fütterung auf keinen Fall überschritten, die für Strukturkohlenhydrate eingehalten werden. Über die physikalische Struktur der Mischrationen ist auf den Betrieben nach den gegebenen Rahmenbedingungen und Zielstellungen zu entscheiden, deren Wirkung dann in einem intensiven und komplexen Controlling zu beobachten und bei Bedarf anzupassen ist. Die Sicherung wiederkäuergerechter Versorgung besitzt dabei immer Priorität.

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass in diesem Versuch nach der Fütterung der beiden sehr fein strukturierten TMR mit differenzierten Gehalten an $aNDF_{om}$ sowie an Stärke und Zucker wenig Unterschiede in den Reaktionen der Kühe festgestellt wurden. Aus dem praxisnah durchgeführten Controlling ergaben sich keine Hinweise auf eine beeinträchtigte wiederkäueregerechte Versorgung und für das Auftreten von Pansenfermentationsstörungen. Auffällig waren die sehr voneinander abweichenden Ergebnisse einer Beurteilung des SARA-Risikos unter Verwendung der Milchinhaltsstoffe nach bisherigem Verfahren (FEQ) sowie nach den neuesten Empfehlungen ($F < Fmin$). Dies unterstreicht die bestehende Unsicherheit der Beurteilung der wiederkäuergerechten Fütterung auf Basis der MLP- und der Tankmilchdaten. Trotzdem bleiben diese ein zu beachtender Parameter zur Vorbeugung von SARA. Zukünftig könnten direkte digitale Messungen des Pansen-pH zusammen mit einer erweiterten Milchanalytik (Fettsäuren) die Sicherheit des Verfahrens steigern.

5. Literatur

Bauman, D.E.; Griinari, J.M. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 2003, 23, pp 203-227, doi: 10.1146/annurev.nutr.23.011702.073408.

Brade, W.; Wunderlich, C. 2020. Erkenntnisse zur Verdauungsphysiologie hochleistender Milchkühe, Teil 1: Tägliche Wiederkäuzeit. Bauernblatt 2020, pp. 38 – 40.

Brinkmann, J., Ivemeyer, S.; Pelzer, A.; Winckler, C. und Zapf, R. 2016. Milchkühe. In Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Rind. KTBL. Darmstadt, Germany. pp. 14

DLG. 2001. Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh. DLG-Information 2/2001. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main.

DLG. 2012. Fütterungsempfehlungen für Milchkühe im geburtsnahen Zeitraum: Versorgung während des Trockenstehens und in der Frühlaktation; eine Information des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung, DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main.

DLG. 2020. Nutzung von Milchkontrolldaten zur Fütterungs- und Gesundheitskontrolle bei Milchkühen. Die neue Dummerstorfer Fütterungsbewertung. DLG-Merkblatt 451. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main.

DLG. 2023. DLG Information. Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle bei Milchkühen. 1. Auflage. Stand 09/2023. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main.

GfE. 2023. Energie- und Nährstoffbedarf Landwirtschaftlicher Nutztiere. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. 12th ed. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main.

Gruber L.; Pries, M.; Schwarz, F.-J.; Spiekers, H.; Staudacher, W. 2006. Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh. DLG-Information 1/2006. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main.

Teil 2: Beurteilung von Kotproben

1. Einleitung

Schwankende Futteraufnahmen, veränderte Gehaltswerte der Silagen innerhalb eines Silos und eine potentielle Selektion während der Futteraufnahme können zu Abweichungen der aufgenommenen Ration von der berechneten Ration führen. Aber auch der Gehalt an verschiedenen Kohlenhydraten wie Stärke oder NDF muss als Anhaltspunkt für die aufgenommene Ration berücksichtigt werden. Vor diesem Hintergrund ist die Nutzung verschiedener Kennzahlen aus dem Fütterungscontrolling zur Überwachung der Milchkühe essentiell. Innerhalb der Vielzahl der Parameter ist die Bewertung des Kotes bei Milchkühen eine gute Möglichkeit für eine Einzeltier-bezogene oder eine Gruppen-bezogene Analyse, denn durch die sehr gute Durchmischung im Verdauungstrakt und die längere Verweildauer kann von einer repräsentativen Probe ausgegangen werden. Für die vorliegende Untersuchungen wurden aufbauend auf den Kohlenhydratversuch der LLG Iden aus dem Jahr 2022 an verschiedenen Terminen Kotproben der Milchkühe der beiden Fütterungsgruppen analysiert, um potentielle Unterschiede in der Verdauung der Tiere zu ermitteln. Dabei stand die Frage im Fokus, ob zwischen einer Stärke-reichen und einer NDF-reichen TMR auch Unterschiede in der Kotpartikel-Verteilung beobachtet werden können.

2. Material und Methoden

In den Untersuchungen wurde der Kot der Milchkühe der beiden Fütterungsgruppe „31 – Stärke“ und „32 – Faser“ an 4 Terminen im Februar und März 2023 genutzt. Dabei stand je Fütterungsgruppe der Kot von 14 Kühen zur Verfügung, wobei die Tiere zu jedem Zeitpunkt der Probenahme die gleichen waren. In der Summe standen 112 Datensätze für die Auswertung zur Verfügung. Zeitnah nach der Probenahme wurde der pH-Wert des Kotes gemessen und dann die Proben bei – 18 °C im Frost bis zur Analyse gelagert. Vor der Analyse wurde der Kot 24 Stunden aufgetaut und dann für die Siebungen mit den differenzierten Systemen genutzt. Die separierten Partikel wurden dann bei 60 °C für mindestens 24

Stunden getrocknet und erneut verwogen, um auch die Verteilung der getrockneten Kotpartikel in die Auswertungen einbeziehen zu können.

Für die vorliegenden Untersuchungen wurde das System „RETSCH AS 200 BASIC“ im Labor der LLG Iden genutzt. Dabei wurden folgende Siebe benutzt: [1] 4 mm, [2] 1 mm und [3] 0,125 mm. Die Kotproben wurden auf das oberste Sieb geschüttet und mit etwa einem Liter Wasser übergossen. Anschließend wurde der Deckel der Apparatur, welcher den Wasserzufluss sicherstellt, aufgesetzt und durch Hilfe von zwei Schraubstangen fest verschlossen. Die Dauer für die Siebung einer jeder Kotprobe betrug 10 Minuten bei einer durchschnittlichen Schwingungsamplitute von 2,5 mm. Während des Siebvorganges war ein sprühender Wasserdurchlauf von kalkulierten 2 Litern pro Minute gegeben. Das Sieb der SWEEP-AGRO besteht aus 3 Teilen, die sich in das 5 mm-Sieb, das 3 mm-Sieb und das 1 mm-Sieb untergliedern lässt. Für die Siebung des Kotes wird eine definierte Menge an Kot in das Obersieb gelegt und mittels stärkerem Wasserfluss dann in die Partikelgrößen verteilt. Dabei wird das Wasser solange benutzt, bis aus dem Sieb nur klares Wasser austritt.

Zur Bewertung der Struktur wurden zu den 4 Terminen auch jeweils die beiden Rationen (TMR) der Fütterungsgruppen mittels Penstate Particel Seperator (PSPS) analysiert, wobei immer eine Geschwindigkeit von mehr als 1,2 Hertz je Minute erreicht werden konnte. Dabei erfolgte die Analyse mittels 3er-Box (19 mm, 8 mm und Auffangboden) und der 4er-Box (19 mm, 8 mm, 1,18 mm und Auffangboden). Durch die Multiplikation der addierten Siebanteile mit dem NDF-Gehalt der Rationen konnte der Gehalt an $_{pe}NDF_{>8mm}$ und der Gehalt an $_{pe}NDF_{1,18mm}$ ermittelt werden (DLG, 2023).

Für die statistischen Analysen wurde das Programmpaket Microsoft SPSS (Version 29.0) verwendet. Für die Analyse der Kotpartikelverteilung als auch der $_{pe}$NDF-Gehalte sowie des Kot-pH-Wertes wurden die fixen Effekte der Fütterungsgruppe und des Termins der Probenahme festgelegt. Für alle statistischen Auswertungen gilt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ($p < 0,05$).

3. Ergebnisse

Der mittlere pH-Wert im Kot der Milchkühe betrug 6,2 ± 0,3 und wies zwischen den Fütterungsgruppen ($p = 0,453$) keine Unterschiede auf. Im Verlauf der 4 Termine kann dabei eine sinkende Tendenz der Werte beobachtet werden (Kot-pH-Wert von 6,3 auf 6,0), wobei der Termin mit $p \leq 0,001$ einen signifikanten Effekt ausübte. Es konnten aber keine Wechselwirkungen zwischen Gruppe und Termin nachgewiesen werden ($p = 0,148$).

Mit 28 % konnte im Mittel ein Anteil der Kotpartikel mit mehr als 4 mm ermittelt werden, der sich aber zwischen den beiden Fütterungsgruppen signifikant mit höheren Anteilen für die Faser-Gruppe unterschied. Die Partikel auf dem 1 mm-Sieb waren dagegen mit 21 % in der Stärke-Gruppe um 5 % gegenüber den Tieren der Faser-Gruppe signifikant erhöht. Auf dem kleinsten Sieb konnten jedoch keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Verteilung der Partikel im frischen Kot der Milchkühe in Abhängigkeit von der Fütterungsgruppe mittels RETSCH-Turms

Sieb	Mittelwert	Stärke [31]	Faser [32]
4 mm	27,9 ± 8,3 %	$25,6^{a}$ ± 8,5 %	$30,1^{b}$ ± 7,6 %
1 mm	18,5 ± 8,1 %	$21,1^{a}$ ± 8,9 %	$15,9^{b}$ ± 6,3 %
0,125 mm	53,6 ± 6,2 %	53,2 ± 5,6 %	54,0 ± 6,7 %

Neben der Fütterungsgruppe ($p < 0,001$) konnte in Bezug auf den Anteil der Partikel mittels RETSCH-Turms auf dem 4 mm-Sieb und dem 1-mm-Sieb auch ein Effekt des Termins der Probenahme ermittelt werden ($p < 0,001$). Zwischen den beiden fixen Effekte der Gruppe und des Termins konnten jedoch keine Wechselwirkungen beobachtet werden (Abbildung 1 und Abbildung 2). Auf dem 0,125-mm-Sieb ergaben sich keine statistisch abgesicherten Effekte zwischen den beiden Fütterungsgruppen.

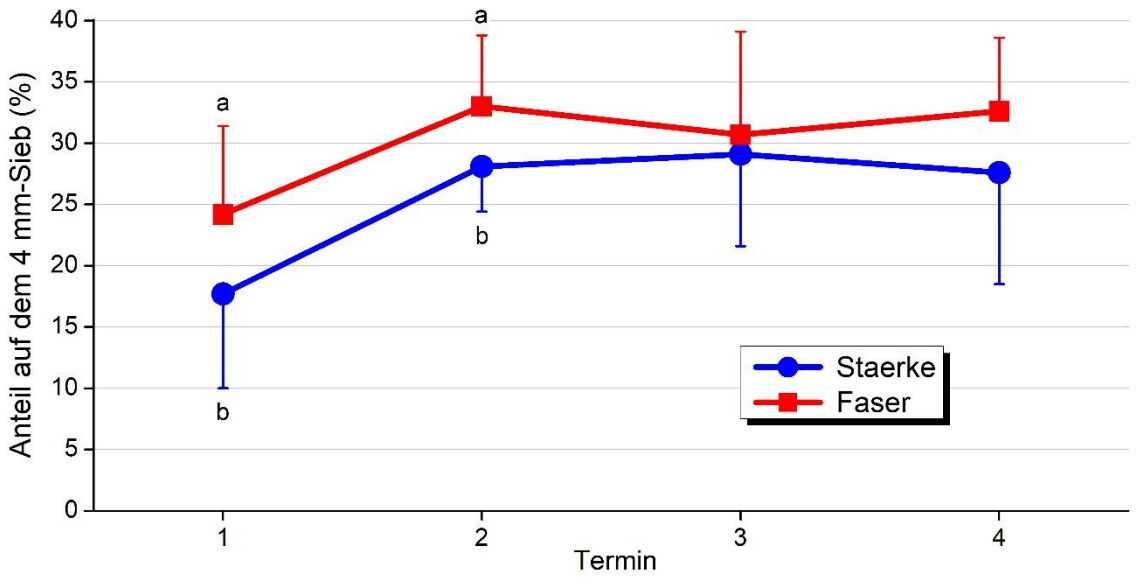


Abbildung 1: Verlauf des mittleren Anteils auf dem 4 mm-Sieb im frischen Kot der Milchkühe in Abhängigkeit von der Gruppe und dem Termin mittels RETSCH-Turms

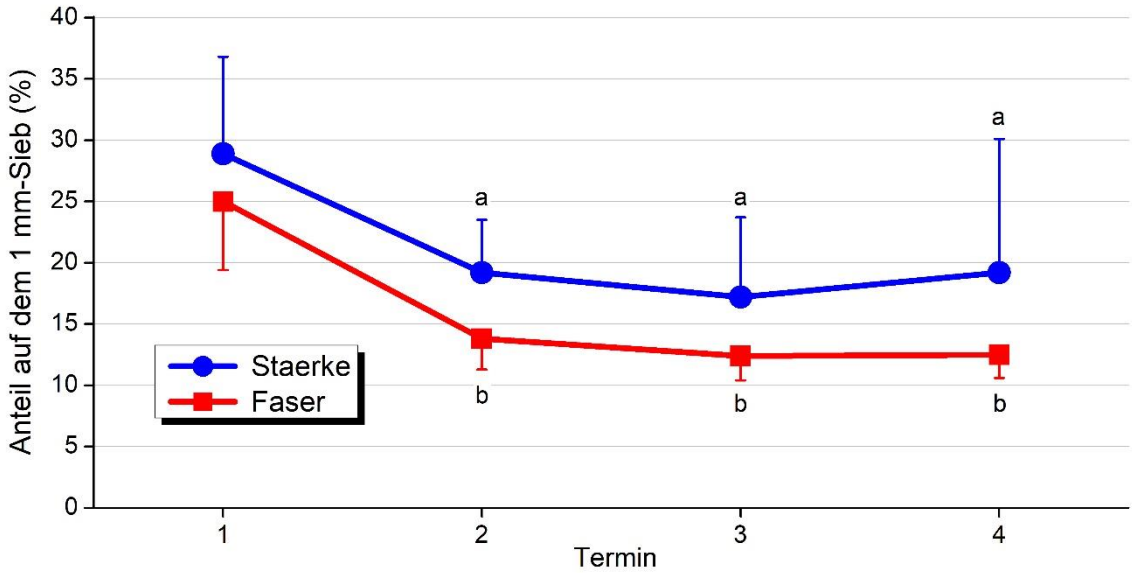


Abbildung 2: Verlauf des mittleren Anteils auf dem 1 mm-Sieb im frischen Kot der Milchkühe in Abhängigkeit von der Gruppe und dem Termin mittels RETSCH-Turms

Im Gegensatz zum RETSCH-Turm zeigten sich bei der Analyse der Kotpartikel-Verteilung mittels des SWEEP-AGRO-Siebes keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Mit im Mittel 62 % wies das Sieb mit 1 mm Lochweite den höchsten Anteil der Kotpartikel auf (Tabelle 2).

Tabelle 2: Verteilung der Partikel im frischen Kot der Milchkühe in Abhängigkeit von der Fütterungsgruppe mittels SWEEP-AGRO-Siebs

Sieb	Mittelwert	Stärke [31]	Faser [32]
5 mm	21,1 ± 5,4	20,9 ± 4,4	21,2 ± 6,3
3 mm	17,2 ± 2,5	17,0 ± 2,4	17,4 ± 2,7
1 mm	61,7 ± 6,2	62,1 ± 5,3	61,4 ± 7,1

Die prozentuale Verteilung der Kotpartikel auf dem 5 mm-Sieb der SWEEP-AGRO konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen (p = 0,737) als auch den Terminen der Analyse (p = 0,970) ermittelt werden. Bei im Mittel 17 % der Kotpartikel auf dem 1 mm-Sieb der SWEEP-AGRO wurden keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (p = 0,415) und den Terminen der Untersuchung (p = 0,171) beobachtet werden. Auch zeigten sich keine Wechselwirkungen der beiden fixen Effekte (p = 0,438). Zwischen den Terminen ergeben sich nur sehr geringe Schwankungen, wobei sich beide Gruppen wechselseitig schneiden. Der höchste Anteil der Kotpartikel im frischen Kot konnte mit 62 % auf dem 1 mm-Sieb der SWEEP-AGRO nachgewiesen werden (Abbildung 3 und Abbildung 4).

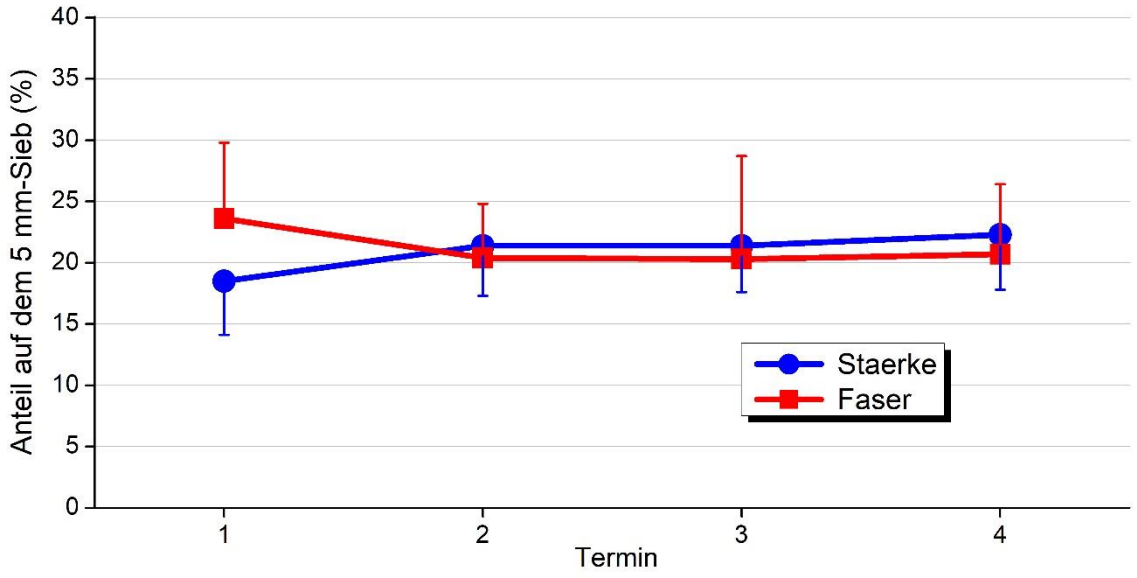


Abbildung 3: Verlauf des mittleren Anteils auf dem 5 mm-Sieb im frischen Kot der Milchkühe in Abhängigkeit von der Gruppe und dem Termin mittels SWEEP-AGRO-Siebs

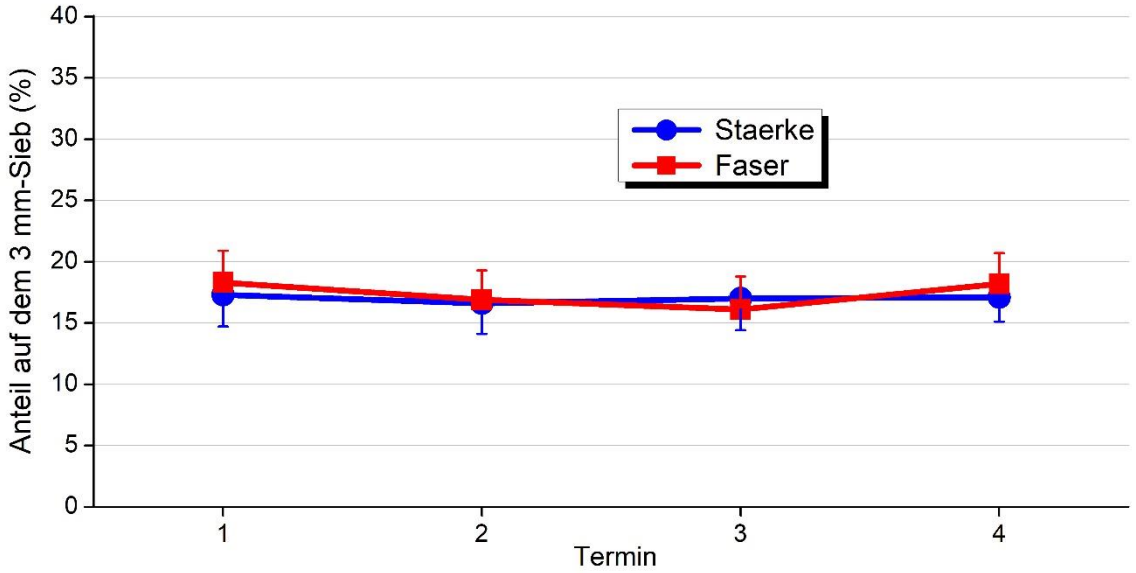


Abbildung 4: Verlauf des mittleren Anteils auf dem 1 mm-Sieb im frischen Kot der Milchkühe in Abhängigkeit von der Gruppe und dem Termin mittels SWEEP-AGRO-Siebs

Im Untersuchungszeitraum wurde eine $_{pe}NDF_{>8mm}$ mit im Mittel 12,9 ± 3,1 % ermittelt, die sich zwischen den beiden Gruppen nicht signifikant unterscheidet ($p = 0,150$). Während die Ration der Stärke-reichen Gruppe mit im Mittel 12,4 % erreichte, konnte bei den Rationen der Faser-reichen Gruppe eine um 1,0 % höhere $peNDF_{>8mm}$ nachgewiesen werden. Den Verlauf der mittleren $peNDF_{>8mm}$ beider Fütterungsgruppen zeigt Abbildung 3. Die mittlere $_{pe}NDF_{1,18mm}$ der Rationen beider Gruppen lag im gesamten Zeitraum der Untersuchung bei durchschnittlich 32,2 ± 2,5 %. Die Faser-Gruppe konnte dabei mit im Mittel 33,0 ± 2,7 % einen um 1,6 % signifikant höheren Gehalt an $peNDF_{1,18mm}$ gegenüber der Stärke-Gruppe (31,4 ± 2,0 %) aufweisen ($p \leq 0,001$). Neben der Gruppe (Stärke versus Faser) konnte auch der Monat der Analyse als signifikanter Effekt mit $p \leq 0,001$ ermittelt werden. Wechselwirkungen zwischen den beiden fixen Effekten der Gruppe und des Monats konnten dabei nicht ermittelt werden. Den Verlauf zeigen Abbildung 5 und Abbildung 6.

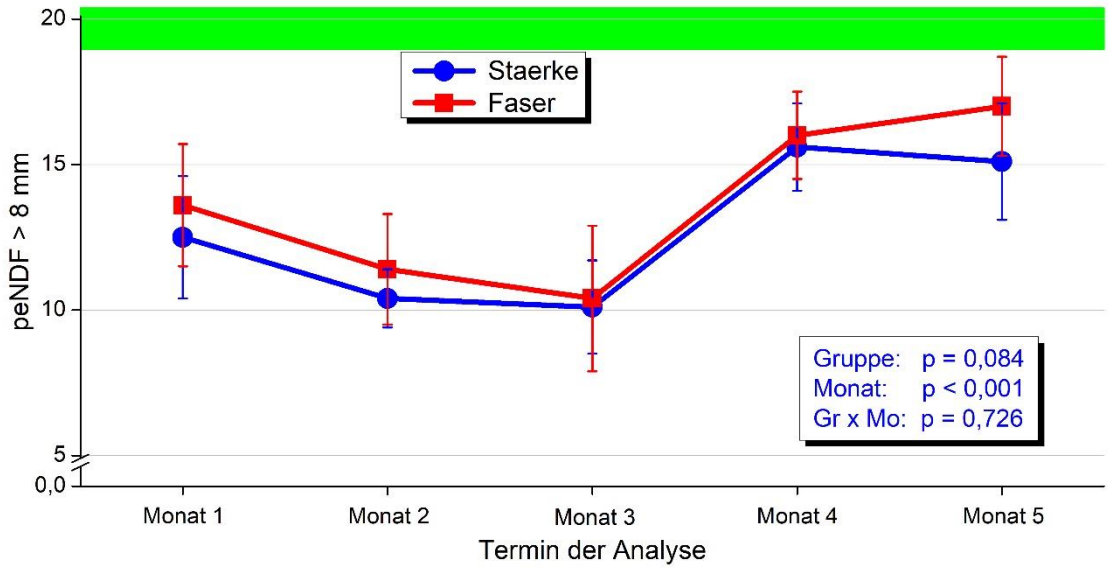


Abbildung 5: Verlauf der $_{pe}NDF_{>8mm}$ beider Fütterungsgruppen zu den 4 Terminen der Analyse des Futters mittels PSPS

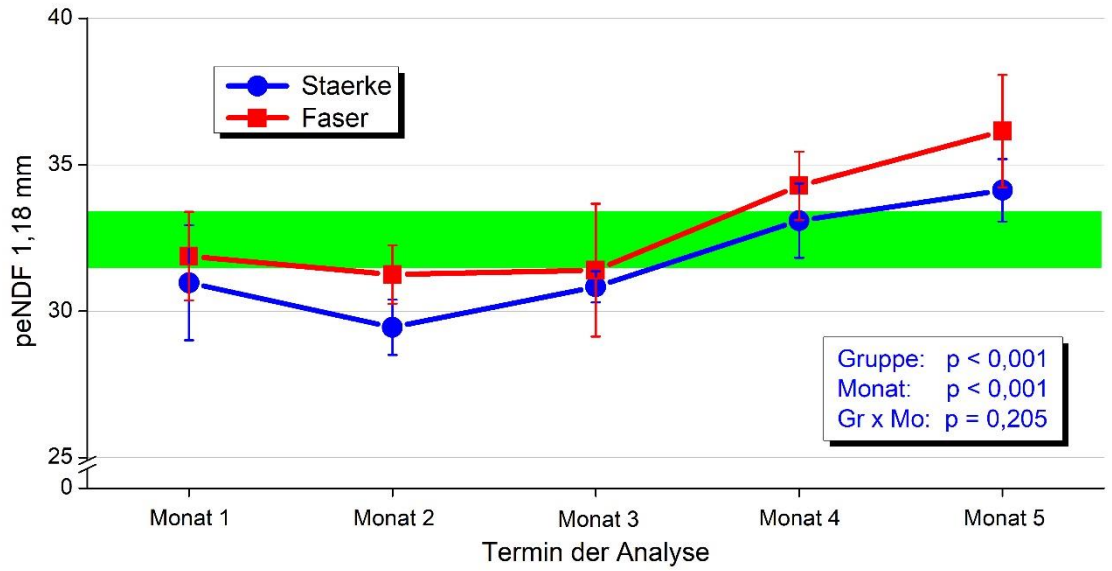


Abbildung 6: Verlauf der $_{pe}NDF_{1,18mm}$ beider Fütterungsgruppen zu den 4 Terminen der Analyse des Futters mittels PSPS

4. Diskussion

In einem Fütterungsversuch mit unterschiedlichen Gehalten an Stärke und Faserkohlenhydraten wurde die Partikelverteilung im Kot der Kühe beider Gruppen analysiert. Die TMR

der beiden Gruppen wurde entsprechend der Vorgaben der DLG (2023) analysiert und zeigte bei eher zu geringen Anteilen an $_{pe}NDF_{>8mm}$ sowie ausreichenden Anteilen an $_{pe}NDF_{1,18mm}$ keine Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsgruppen auf. Bei also vergleichbarer physikalischer Futterstruktur konnte im Kot der Milchkühe der Faser-Gruppe ein signifikant höherer Anteil auf dem 4 mm-Sieb des RETSCH-Turmes beobachtet werden. KHORRAMI et al. (2022) untersuchten den Anteil des Kraftfutters bei Pansen-gefistelten Milchkühen auf den Pansen-pH-Wert und die Auswirkungen auf den pH-Wert im Kot und die Partikelverteilung der Kotbestandteile. Dabei zeigte sich, dass mit einer Erhöhung des Anteiles des Kraftfutters eine deutliche Abnahme der Partikel über 4 mm im Kot zu verzeichnen war, wobei bei 40 % Kraftfutter im Mittel 38 % und bei 60 % Kraftfutter durchschnittlich 23 % auf dem 4 mm-Sieb ermittelt wurden (KHORRAMI et al., 2022). In den vorliegenden Untersuchungen wurden 28 % auf dem 4 mm-Sieb ermittelt, wobei die Faser-reiche Gruppe mit 30 % einen signifikant höheren Anteil auf dem Obersieb erreichten. Es kann also bestätigt werden, dass der Gehalt an Faser-Kohlenhydraten in der TMR einen Effekt auf die Verteilung der Kotpartikel im Kot aufweisen kann. In den Untersuchungen von BAYAT et al. (2011) wurden differenzierte Grassilagen (früher und später Schnitt) mit 8 kg Kraftfutter verfüttert und die Kinetik im Pansen und im Kot analysiert. Im Kot wurden dann dabei 11 % Partikel mit einer Länge von mehr als 1,25 mm ermittelt (BAYAT et al., 2011). Der Anteil der kleinen Partikel kann nach MCALLISTER et al. (1993) und MCALLISTER et al. (1994) als Kennzahl für die Verdaulichkeit der Bestandteile angesehen werden, denn durch die größere Gesamtoberfläche ist der enzymatische Abbau im Verdauungstrakt effektiver. Auch in den Untersuchungen von MAULFAIR et. (2011) wird abgeleitet, dass lediglich die Summe der Anteil mit mehr als 1,18 mm im Kot für die kritische Bewertung von Rationen ausreichend sein sollte. Es kann also abgeleitet werden, dass die Ausgestaltung der Fütterung der Milchkühe einen Effekt auf die Verteilung der Kotpartikel im Kot besitzt, was beim Controlling der Partikellängen im Kot zu beachten sein sollte und durch die Studien von KLJAK et al. (2019) bestätigt wird. Für die deutschen Bedingungen könnten hierzu vertiefende Analysen angeraten werden, um den Effekt verschiedener Gehalte an Strukturkohlenhydraten und deren physikalischer Struktur bewerten zu können.

5. Fazit

Aus den Untersuchungen zur Kotpartikel-Verteilung bei Milchkühen mit einem differenzierten Gehalt an Stärke und NDF können folgende Schlussfolgerungen für das Fütterungs-Controlling abgeleitet werden:

1. Zwischen den beiden Fütterungsgruppen ergaben sich signifikante Unterschiede in der Verteilung der Kotpartikel auf den verschiedenen Sieben, wobei die NDF-reiche Ration (Gruppe 32) einen signifikant höheren Anteil auf dem Obersieb der RETSCH aufwies. Für das Controlling der Fütterung im Stall sollte also die Zusammensetzung der Ration bekannt sein, damit eine korrekte Bewertung der Ergebnisse erfolgen kann.
2. Mit dem System RETSCH können Unterschiede, die durch die Fütterung der Milchkühe begründet sind, auch in der Verteilung der Kotpartikel nachgewiesen werden. Das System SWEEP-AGRO erreicht tendenziell vergleichbare Werte, kann aber die beiden analysierten Fütterungsgruppen nicht unterschieden. Vor diesem Hintergrund sollte für wissenschaftliche Analysen das System RETSCH genutzt werden.
3. Die SWEEP-AGRO weist tendenziell die gleichen Werte im Mittel aller Tiere auf wie das System RETSCH. Daraus kann abgeleitete werden, dass die Siebe der SWEEP-AGRO für eine Beratung im Milchviehbetrieb und zur Bewertung von Änderungen in der Fütterung durchaus geeignet sein kann.

Aus den Ergebnissen kann also ein Effekt der Ausgestaltung der Ration in Bezug auf den Gehalt an Strukturkohlenhydraten auf die Verteilung der Kotpartikel abgeleitet werden. Hier sind jedoch vertiefende Analysen anzuraten, um für die Beratung auf den Milchviehbetrieben mehr Informationen zur Verfügung stellen zu können.

6. Literatur

BAYAT, A.R.; RINNE, M.; KUOPPALA, K.; AHVENJÄRVI, S.; HUHTANAN, P. (2011): Ruminal large and small particle kinetics in dairy cows fed primary growth and regrowth grass silages harvested at two stages of growth; Animal Feed Science and Technology (2011), 51-60

DLG [Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft] (2023): Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle bei Milchkühen; DLG-Information 01/2023, Frankfurt am Main, 2023

KHORRAMI, B.; KHEIRANDISCH, P.; ZEBELI, Q.; CASTILLO-LOPEZ, E. (2022): Variations in fecal pH and fecal particle size due to changes in dietary starch: Their potential as an on-farm tool for assessing the risk of ruminal acidosis in dairy cattle; Veterinary Science 52 (2022), 678-686

KLJAK, K.; HEINRICHS, B.S.; HEINRICHS, A.J. (2019): Fecal particle dry matter and fiber distribution of heifers fed ad libitum and restricted with low and high forage quality; Journal of Dairy Science 102 (2019), 4694–4703

MAULFAIR, D.D.; FUSTINI, M.; HEINRICHS, A.J. (2011): Effect of varying total mixed ration particle size on rumen digesta and fecal particle size and digestibility in lactating dairy cows; Journal of Dairy Science 94 (2011), 3527-3536

MCALLISTER, T.A.; PHILLIPPE, R.C.; RODE, L.M.; CHENG, K.J. (1993): Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms; Jorunal of Animal Science 71 (1993), 205–212

MCALLISTER, T.A.; BAE, H.D.; JONES, G.A.; CHENG, K.J. (1994): Microbial attachment and feed digestion in the rumen; Journal of Animal Science 72 (1994), 3004–3018