Einsatz von chemisch behandeltem (geschütztem) Rapsextraktionsschrot

Versuchsbericht Teil 1: Milchkuhfütterungsversuch

SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau

Impressum

Herausgeber: **Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt**
Strenzfelder Allee 22
06406 Bernburg
Tel.: 03471 334 0
Fax: 03471 334 105
Mail: poststelle@llg.mule.sachsen-anhalt.de
Internet: https://llg.sachsen-anhalt.de
Dezember 2024

Arbeitsgruppe: **Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt**
Zentrum für Tierhaltung und Technik (ZTT)
Dezernat 32 - Milchviehhaltung/ -zucht
Marleen Zschiesche; Thomas Engelhard
E-Mail: Marleen.Zschiesche@llg.mule.sachsen-anhalt.de

Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Wunstorfer Landstraße 9, 30453 Hannover
Geschäftsbereich Landwirtschaft
Rinderfütterung, Schweinefütterung, Futterberatungsdienst e.V.
Andrea Meyer
E-Mail: Andrea.Meyer@LWK-Niedersachsen.de

SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Eine Veröffentlichung oder Vervielfältigung auch auszugsweise ist nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Bildnachweis: LLG / Marleen Zschiesche

Versuchsbericht zum Kooperationsprojekt

„Einsatz von chemisch behandeltem (geschütztem) Rapsextraktionsschrot in der Milchkuhfütterung“

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt,
Zentrum für Tierhaltung und Technik

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Universität Hohenheim, Institut für Nutztierwissenschaften

Teil 1:
Milchkuhfütterungsversuch

Versuchsplanung und Auswertung nach „Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder“ (GfE, 2001) und nach „Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle bei Milchkühen“ (DLG (2023))

Einleitung

In Angaben der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) aus dem Jahr 2001 zur Versorgung von Milchkühen mit nutzbarem Rohprotein (nXP) werden für die Erhaltung 470 g/Kuh/Tag (700 kg Lebendmasse +/- 20 g je 50 kg) und für die Milchleistung 85 g/kg (bei 3,4 % Eiweiß, +/- 4 g je 0,2 %) bei einer ausgeglichenen ruminalen N-Bilanz (RNB) ausgewiesen. Nach Empfehlungen der DLG (2023) sollten in Rationen für frischmelkende und hochleistende Kühe bei 10.000 bis 12.000 kg Herdenleistung (42 bis 47 kg Milch/Kuh/Tag) nXP-Gehalte von ≥ 155 g bis zu 175 g nXP und einer RNB von 0 bis -1 g/kg Trockenmasse (TM) bei zu erwartenden Futteraufnahmen von 24 bis 27 kg TM/Kuh/Tag nach Möglichkeit eingehalten werden. Aus der zusammenfassenden Einordnung dieser Orientierungsbereiche ergibt sich ein Gehalt von ca. 165 g nXP/kg TM für Frischmelker- bzw. Hochleistungsrationen. Daraus resultiert die Notwendigkeit, Eiweißfuttermittel mit hohen Anteilen an im Pansen unabbaubarem Rohprotein (UDP) und nXP-Gehalten einzusetzen.
Durch unterschiedliche physikalische (thermische) oder chemische Behandlungsverfahren sollen die UDP-Anteile in Rapsextraktionsschroten (RES) und dadurch deren nXP-Gehalte erhöht werden. So könnten gegenüber der Fütterung von unbehandeltem RES eine gleichbleibende Bereitstellung an nXP mit den Rationen bei reduzierten RES-Anteilen oder höhere nXP-Angebote bei unveränderten RES-Anteilen ermöglicht werden. Zielstellungen dabei wären eine Steigerung der Milcheiweißleistung je Kuh und/oder die Erhöhung der Futter-N-Effizienz und/oder die Reduzierung der N-Ausscheidungen und N-Bilanzen. Firmenseitige Angaben und vorliegende Ergebnisse zum Umfang der Reduzierung des Rohproteinabbaus im Pansen bzw. zur Erhöhung der UDP-Anteile variieren mit den angewendeten Behandlungsverfahren. RES aus dem etablierten Verfahren chemischer Behandlung mit Formaldehyd steht für die Fütterungspraxis nicht mehr zur Verfügung. Dieses könnte im Bedarfsfall durch andere am Markt verfügbare chemisch behandelte RES ersetzt werden. Infrage kommt dafür u.a. RES, das mit einer Substanz aus der Gruppe der Lignosulfonate behandelt wurde, welche eine Bildung von Komplexen zur Verlangsamung des mikrobiellen Proteinabbaus im Pansen bewirken sollen. Wright et al. (2005) stellten für RES, welches in diesem Verfahren behandelt wurde, in Untersuchungen an Milchkühen gegenüber unbehandelten sowie thermisch behandelten RES einen um ca.

40 Prozentpunkte reduzierten ruminalen Rohproteinabbau sowie eine Steigerung der Milchmengenleistung fest.

In einem Milchkuhfütterungsversuch an der LLG Sachsen-Anhalt wurde in einem Kooperationsprojekt mit der Landwirtschaftskammer Niedersachsen ein mit Lignosulfonaten behandeltes RES in seiner Fütterungswirkung (Futteraufnahmen, Milcheiweißleistung, Futter-N-Verwertung/-effizienz) unter praxisnahen Rahmenbedingungen mit einem unbehandelten RES verglichen.

Material und Methoden

Der Fütterungsversuch mit insgesamt 73 Milchkühen (≥ 2. Laktation, Rasse Deutsche Holstein) wurde von 06/2023 bis 12/2023 am Zentrum für Tierhaltung und Technik in Iden (Sachsen-Anhalt) durchgeführt. Dazu erfolgte die Bildung einer *Versuchsgruppe (VG)* und einer *Kontrollgruppe (KG).* Die Kühe wurden zwischen dem 5. und 20. Laktationstag (LT) (*VG*) bzw. 4. und 19. LT (*KG*) den Gruppen zugeordnet und dann mit den unterschiedlichen Total-Mischrationen (TMR) (*Versuch, VR*; *Kontrolle, KR*) gefüttert. Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte zufällig unter Berücksichtigung der vergleichbaren Verteilung von Laktationsnummern, Lebendmassen (LM), Rückenfettdicken (RFD) sowie anhand der Milchleistungsparameter der Vorlaktation (Tabelle 1).

Tabelle 1: Beschreibung der Gruppen im Fütterungsversuch (Mittelwerte ± Standardabweichung)

	Versuchsbeginn				Vorlaktation		
n	Laktations-nummer	Laktations-tag	Lebend-masse, kg	RFD, mm	Milch-menge, kg	Fett-gehalt, %	Eiweiß-gehalt, %
Versuchsgruppe (VG)							
36	3,0 *± 1,1*	9,6 *± 4,3*	725 *± 71*	18,7 *± 6,9*	11.059 *± 1.789*	3,99 *± 0,47*	3,60 *± 0,15*
Kontrollgruppe (KG)							
37	3,2 *± 1,1*	8,9 *± 3,8*	744 *± 78*	20,9 *± 5,7*	10.999 *± 1.987*	3,99 *± 0,43*	3,57 *± 0,19*

Die Tiere wurden bei gegebenem gutem Fitness-/Gesundheitsstand möglichst früh im Laktationsverlauf in das Versuchsabteil umgestellt und in die Datenerfassung einbezogen. Tabelle 2 zeigt die Anzahl der Kühe in den Gruppen in den Testwochen (TW)/Kalenderwochen der Versuchsdurchführung sowie in den Laktationswochen (LW). Sowohl die statistischen Auswertungen der im Versuch erfassten Daten als auch die Betrachtung der Verläufe von Mittelwerten zur Versorgungslage und zu den Milchleistungen bzw. Milchinhaltstoffen in den Kuhgruppen erfolgten unter Berücksichtigung der TW sowie der LW. Bei der Betrachtung und Interpretation dieser Verläufe von ausgewählten Parametern (Abbildungen 1 bis 15) sind die geringeren und zwischen den Gruppen unterschiedlichen Tierzahlen zum Versuchs- und auch Laktationsstart zu berücksichtigen (Tabelle 2). Diese resultierte aus der vorgesehenen vergleichbaren Verteilung der Kühe auf die Versuchsvarianten. Bei stetiger Zunahme ab dem Versuchsbeginn wurden die kompletten Tierzahlen in beiden Gruppen weitestgehend in der neunten TW und vollständig in der 11. TW erreicht. Dies ist in einer Betrachtung des Laktationsverlaufs schon früher in der dritten bzw. vierten LW der Fall, wobei dabei die Anzahl im späteren Abschnitt nach der 19. LW zum Versuchsende hin wieder abnimmt.

Tabelle 2: Anzahl Kühe im Fütterungsversuch in den Testwochen (TW) und Laktationswochen (LW)

Testwochen (TW)			Laktationswochen (LW)		
Woche	*VG*	*KG*	Woche	*VG*	*KG*
1	5	8	1	2	5
2	8	14	2	21	24
3	11	16	3	30	32
4	14	18	4	36	37
5	17	23	5	36	35
6	18	24	6	36	36
7	19	27	7	35	37
8	25	29	8	35	36
9	31	32	9	36	37
10	32	34	10	36	37
11	35	36	11	36	37
12	35	35	12	35	37
13	34	35	13	36	37
14	34	37	14	36	36
15	36	37	15	34	36
16	36	37	16	34	35
17	36	36	17	34	33
18	36	36	18	30	34
19	36	36	19	30	32
20	36	35	20	24	30
21	34	35	21	21	24
22	34	34	22	18	23
23	33	34	23	16	20
24	34	34	24	16	16
25	32	34	25	12	13
26	35	34	26	7	13

Die Kühe beider Gruppen wurden mit TMR versorgt, deren Anteile an Einzelfuttermitteln sich im Mittel der Versuchsfutttertage kaum unterschieden (Tabelle 3). Die als Einzelkomponente eingesetzten RES wurden in der *VR* in der chemisch behandelten Form und in der *KR* unbehandelt verfüttert. Im Durchschnitt des Versuchszeitraums betrugen die Anteile an den RES als Einzelfuttermittel der TMR ca. 9 % der TM. Der durchschnittliche tägliche Verzehr je Kuh lag in den Gruppen bei ca. 2,7 kg Frischmasse. Mit dem zu gleichen Anteilen in die beiden TMR eingesetzten Mischfutter wurden jeweils weitere ca. 1,4 kg konventionelles RES je Kuh und Tag aufgenommen.
Das im Versuch als Einzelfuttermittel eingesetzte behandelte und unbehandelte RES entstammte jeweils einer identischen Ausgangscharge konventionellen RES. Aus dieser wurde Material anteilig chemisch behandelt (s. Einleitung).

Tabelle 3: Zusammmensetzung der gefütterten Rationen im Versuchszeitraum (Mittelwert kalkuliert aus täglichen Ladeprotokollen Futtermischwagen und untersuchten TM-Gehalten der Silagen)

Futttermittel	*Versuchsration (VR)*	*Kontrollration (KR)*
	% TM der TMR	
Maissilage	28,6	28,6
Grassilage	20,1	19,9
Biertrebersilage	7,5	7,5
Stroh	2,4	2,5
Trockenschnitzel, melassiert	5,7	5,8
Mischfutter (Getreide, Mais, Rapsextraktionsschrot)[1)]	23,6	23,6
Rapsextraktionsschrot, chemisch behandelt	9,4	-
Rapsextraktionsschrot, unbehandelt	-	9,4
Futterharnstoff	0,3	0,3
Mineralfutter (ohne P)	0,8	0,8
$CaCO_3$	0,5	0,5
$NaHCO_3$	0,4	0,4
Konservierungsmittel (organische Säuren)	0,7	0,7

[1)] 21 % Roggen, 21 % Gerste, 34 % Mais, 20 % Rapsextraktionsschrot, 2 % Glycerin, 2 % Melasse

Die Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse der Laboranalysen zu ausgewählten Futterwertparametern von Proben aus jeweils fünf Lieferungen von behandeltem sowie unbehandeltem RES, welche an den Versuchsbetrieb geliefert und als Einzelkomponente im Versuch verfütterten wurden. Für die Kalkulation der Gehalte an nXP und der RNB nach GfE (2001) wurde in Abstimmung der Projektteilnehmer sowie mit dem liefernden Unternehmen der Futtermittelindustrie Anteile an UDP5 von 70% für behandeltes und 35% für unbehandeltes RES unterstellt. Bei fast identischem mittleren Rohproteingehalt unterschieden sich aufgrund dieser Annahmen die berechneten Gehalte an nXP mit 344 und 243 g/TM im geschützten und ungeschützten RES deutlich um 101 g/kg TM. Daraus resultierten ebenfalls stark differenzierte RNB.
Auffällig waren unerklärliche Abweichungen in den Gehalten an Mengenelementen (Ca, P, Mg, K) in der Lieferung bzw. dem Probenpaar 1, bei ungewöhlich niedrigen Konzentrationen im unbehandelten RES. Durchgängig in allen Proben von behandeltem RES höhere Gehalte an Na und S sowie stärker negative DCAB lassen sich mit dem chemischen Behandlungsverfahren erklären.
Für die Differenzen im aNDFom-Gehalt im Probenpaar 3 ergab sich keine Erklärung. Deshalb muss diese als nicht repräsentativ für die aus der Charge produzierten und gefütterten RES angesehen werden.

Die einzeltierbezogenen Messungen der Futteraufnahmen der Kühe aus den in Tabelle 3 und 4 beschriebenen TMR erfolgte im Versuch permanent an Wiegetrögen mit automatischer Tiererkennung. Die Milchmenge der 2x täglich gemolkenen Kühe wurde zu jeder Melkzeit gemessen. Die Inhaltsstoffe in den einmal wöchentlich gezogenen Milchproben wurden im Labor des Landeskontrollverbandes Sachsen-Anhalt untersucht. Die Wägung und die Messung der Rückenfettdicke mittels bildgebendem Ultraschallgeräterfolgte zum Versuchsbeginn innnerhalb der ersten zwei Laktationswochen zum 50. und zum 100. Laktationstag.

Tabelle 4: Ausgewählte Analysen- und Kalkulationswerte zum Futterwert in Proben aus den Chargen/Lieferungen der im Fütterungsversuch eingesetzten RES

	Behandeltes RES						**Unbehandeltes RES**					
Parameter	Charge/Lieferung/Probenpaar					**MW**	Charge/Lieferung/Probenpaar					**MW**
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Rohprotein, g	358	372	346	356	355	**357**	344	376	354	361	353	**358**
NEL, MJ	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	**7,3**	7,2	7,4	7,4	7,4	7,4	**7,3**
ME, MJ	11,9	12,0	11,9	12,1	12,1	**11,9**	11,1	12,1	12,1	12,1	12,1	**11,9**
UDP5, %	*70 % (unterstellt)*						*35 % (Tabelle)*					
nXP, g	343	354	335	343	343	**344**	230	251	243	246	243	**243**
RNB, g	2,4	2,9	1,8	2,0	2,0	**2,2**	18,3	20,0	17,7	18,5	17,6	**18,4**
aNDFom, g	322	272	338	289	310	**306**	325	278	290	284	300	**295**
Zucker, g	96	94	87	94	100	**94**	92	94	96	99	102	**97**
Rohfett, g	42	43	53	50	52	**48**	45	46	52	50	52	**49**
Ca, g	8,6	8,4	8,8	8,2	9,1	**8,6**	5,8	7,8	8,2	8,1	8,8	**7,7**
P, g	11,9	11,5	11,9	11,9	12,2	**11,9**	8,1	11,4	11,5	11,9	12,7	**11,1**
Mg, g	5,0	5,2	4,9	4,7	5,2	**5,0**	3,3	4,9	4,9	4,8	5,5	**4,7**
Na, g	1,46	1,64	1,72	1,40	1,27	**1,50**	0,26	0,77	0,23	0,50	0,18	**0,39**
K, g	14,5	13,7	13,2	13,2	14,3	**13,8**	9,3	13,5	13,6	13,3	14,2	**12,8**
Cl^-, g	0,7	<0,6	<0,6	<0,6	0,3		0,7	<0,6	<0,6	<0,6	0,3	
S, g	9,0	9,0	8,7	8,6	9,1	**8,9**	5,0	7,9	7,3	7,5	7,8	**7,1**
DCAB, meq	-145	-151	-139	-146	-153	**-147**	-81	-125	-107	-107	-126	**-109**

Von den Grobfuttersilagen der Versuchsfütterung wurden von jedem der jeweils verwendeten drei Mais- und Grassilagen (Silos) sowie vom Biertreber drei bis fünf Proben gezogen und im Futtermittellabor der LKSmbH Lichtenwalde untersucht. Für Stroh und Kraftfuttermittel (außer RES) erfolgte dies an jeweils zwei Stichproben. Futterharnstoff und Mineralfutter gingen mit Tabellen- bzw. deklarierten Gehaltswerten in die Kalkulationen ein.

Bei vergleichbaren Rationszusammensetzungen (s. Tabelle 3) wichen die relevanten mittleren Gehaltswerte der VR und KR im Füttterungsversuch zumeist kaum voneinander ab. Unterschiede ergaben sich im nXP-Gehalt und in der RNB aufgrund der angenommenen und kalkulierten Werte in den eingesetzen behandelten und unbehandelten RES.

Die UDP5-Anteile in den beiden gefütterten TMR wurden unter Verwendung der durchschnittlichen Rohproteingehalte der eingesetzten Einzelfuttermittel und deren tabellierter oder angenommener UDP-Anteile ausgerechnet (Grassilage 15 %, Maissilage 25 %, Biertrebersilage 40 %, Mischfutter 33 %, Trockenschnitzel pelletiert 35 %, Stroh 45 %, Futterharnstoff 0 %, RES behandelt 70 %, RES unbehandelt 35 %). Für die *VR* ergab sich aus dem Rechengang bedingt durch den Einsatz des behandelten RES mit 35 % für die Gesamtration ein höherer UDP5-Anteil als für die *KR* mit 28 %.

Tabelle 5: Gehaltswerte der TMR im Fütterungsversuch
(Mittelwert kalkuliert aus Rationszusammensetzungen, s. Tab. 3 und Gehaltswerten der Einzelkomponenten)

Parameter	Ration	
	Versuch	Kontrolle
TM-Gehalt, %	40	40
Gehalt je kg TM der TMR		
Rohprotein, g	159	158
nXP[1)], g	167	157
RNB[1)], g	-1,3	0,2
NEL, MJ	7,0	7,0
aNDFom, g	356	355
aNDFom Grobfutter, g	263	263
ADFom,g	202	202
Stärke, g	220	221
Zucker, g	40	40
Rohfett, g	30	30
Ca, g	7,1	7,0
P, g	4,2	4,1
Na, g	2,7	2,6
Mg, g	2,4	2,4
K, g	12,2	12,0
Cl^-, g	4,3	4,3
S, g	2,6	2,4
DCAB, meq	146	148

[1)] Kalkuliert unter Verwendung der Gehalte an nXP bei unterstellten UDP5-Anteilen von 70 % (behandeltes RES) und 35 % (unbehandeltes RES), s. Tabelle 4

Die Auswertung der Daten und Verläufe wurde in Bezug auf die Test-/Kalender- sowie auf die Laktationswoche vorgenommen (s. oben), um mögliche Effekte der vorgenommenen oder nicht erfolgten Behandlung an wechselnden RES-Chargen unmittelbar zum jeweiligen Fütterungseinsatz oder aber von chemisch behandeltem und unbehandeltem RES grundsätzlich im ersten Laktationsdrittel bei hohem Milchleistungspotenzial der Kühe zu betrachten.
Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit R Studio (R Core Team 2020). Für den Vergleich aller gemessenen Parameter zwischen der Versuchs- und Kontrollgruppe wurden zwei gemischte Modell (lme4) genutzt. Als fixe Effekte wurden die Behandlung, im Modell 1 (LMM1) die Test- und im Modell 2 (LMM2) die Laktationswoche sowie deren Wechselwirkung (Behandlung × Test- oder Laktationswoche) in das Modell aufgenommen.
Das Einzeltier innerhalb der Versuchs- und Kontrollgruppe wurde als zufälliger Effekt im Model berücksichtigt. Das Signifikanzniveau lag bei 5% (*P<0,05*). Die grafische Aufbereitung sowie die Auswertung von LM- und RFD-Veränderungen einschließlich t-Test fanden mit dem Programm „Excel“ statt.

Ergebnisse

In der Tabelle 6 sind die Mittelwerte (LMM1) ausgewählter Parameter für die *VG* und die *KG* im Versuchszeitraum dargestellt. In der statistischen Auswertung der direkt gemessenen Paramter wurden keine signifikanten Mittewertdifferenzen festgestellt. Die Futteraufnahmen lagen auf nahezu identischem Niveau und somit ebenso bei kaum unterschiedlichen Gehalten der TMR die Aufnahmen an Rohprotein sowie aNDFom und Stärke. Dies trifft auch die Energieaufnahmen (NEL) sowie für alle anderen erfassten und geprüften Nährstoffe einschließlich der Mengenelemnte zu. Die signifikant höheren nXP-Aufnahmen und die geringere (negative) RNB für die *VG* resultieren aus den unter An-

nahme eines UDP5-Anteil von 70 % kakulierten Wertes des behandelten RES in der *VR* gegenüber 35 % UDP5 im unbehandelten RES in der *KR*.

Bei Betrachtung der Verläufe der TM-Aufnahmen im Versuchszeitraum in den einzelnen TW (Abbildung 1) und der dabei festzustellenden anfänglichen Überlegenheit der *KG* 4 sind die zum Versuchsbeginn bis zur achten TW noch geringen bzw. geringeren Tierzahlen in den beiden Gruppen sowie deren daraus resultierende mangelnde Vergleichbarkeit zu berücksichtigen (siehe Material und Methode, Tabelle 2). Der zwischenzeitliche Rückgang der Futteraufnahmen in *VG* und *KG* nach der achten TW in beiden Gruppen lässt sich mit der Wirkung von Hitzestress sowie mit der mangelnden Grobfutterqualität (Nacherwärmung Grassilage) erklären. Mit zunehmender Tierzahl und gegebener Ausgeglichenheit bzw. Vergleichbarkeit der beiden Gruppen nähern sich die Futteraufnahmen von *VG* und *KG* auf einem ähnlichen Niveau an. Dies betrifft bei vergleichbaren Gehalten ebenso die Aufnahmen auch an Rohprotein (Abbildung 2) sowie an Energie (NEL), Kohlenhydraten (aNDFom, Stärke, Zucker) und Mengenelementen. Die höheren Aufnahmen an nXP ab der sechsten TW (Abbildung 3) ergeben sich aus den Annahmen für den UDP5-Anteil in den RES (s. Erklärung zu Tabelle 6).

Die Milchmenge, die Milchinhaltsstoff- einschließlich der Milchharnstoffgehalte sowie die berechneten N-Effizienzen und N-Ausscheidungen unterschieden sich in der Auswertung nach LMM1 nicht signifikant voneinander (Tabelle 6). Nummerische Differenzen der Mittelwerte (LMM1 und LMM2) sowie die Verläufe der Milchmengen, der Milcheiweißgehalte und -mengen sowie der Milchharnstoffgehalte für die *VG* und die *KG* (Abbildungen 4 bis 7) ab der neunten TW könnten jedoch als ein Hinweis auf Effekte eines reduzierten ruminalen Rohproteinabbaus im behandelten RES sowie für einen gesteigerten UDP-Anteil und höheren nXP-Gehalt in der *VR* eingeordnet werden. Die nicht gegebene statistische Absicherung solcher Annahmen und die gegenüber den Erwartungen zurückbleibende Leistungseffekte in der *VG* bleiben aber unbedingt zu beachten.

Tabelle 6: Ausgewählte Ergebnisse des Fütterungsversuch (Modell LMM1)

Parameter	Einheit	Versuch	Kontrolle	SEM	*p-Wert*
TM-Aufnahmen	kg/Tag	25,6	25,5	0,5	*0,868*
Rohproteinaufnahmen	g/Tag	4057	4020	74	*0,963*
nXP-Aufnahme[1)]	g/Tag	**4269**	**3996**	**77**	***0,04***
RNB[1)]	g/Tag	**-33,8**	**3,8**	**0,9**	***<0,001***
aNDFom	g/Tag	9143	9070	163	*0,782*
Stärke	g/Tag	5641	5616	31	*0,953*
Milchmenge	kg/Tag	44,5	44,3	1,4	*0,440*
ECM		43,8	43,7	1,0	*0,474*
Eiweißgehalt	%	3,40	3,35	0,06	*0,145*
Fettgehalt		3,86	3,90	0,08	*0,909*
Eiweißmenge	g/Tag	1505	1478	41	*0,961*
Fettmenge		1714	1720	37	*0,487*
Harnstoff Referenzmethode[2)]	mg/dl	18,3	19,7	0,6	*0,738*
Harnstoff MIR-Spektren		18,0	19,2	0,5	*0,574*
N-Effizienz	%	36,7	36,3	0,8	*0,734*
N-Ausscheidungen[3)]	g/Tag	372	374	9	*0,378*

[1)] Kalkuliert unter Verwendung der Gehalte an nXP bei unterstellten UDP5-Anteilen von 70 % (behandeltes RES) und 35 % (unbehandeltes RES), s. Tabelle 4

[2)]nach DLQ-Richtlinie 1.13, kontinuierliche Durchflussanalyse

[3)] Kalkuliert nach Bannink und Hindle (2003)

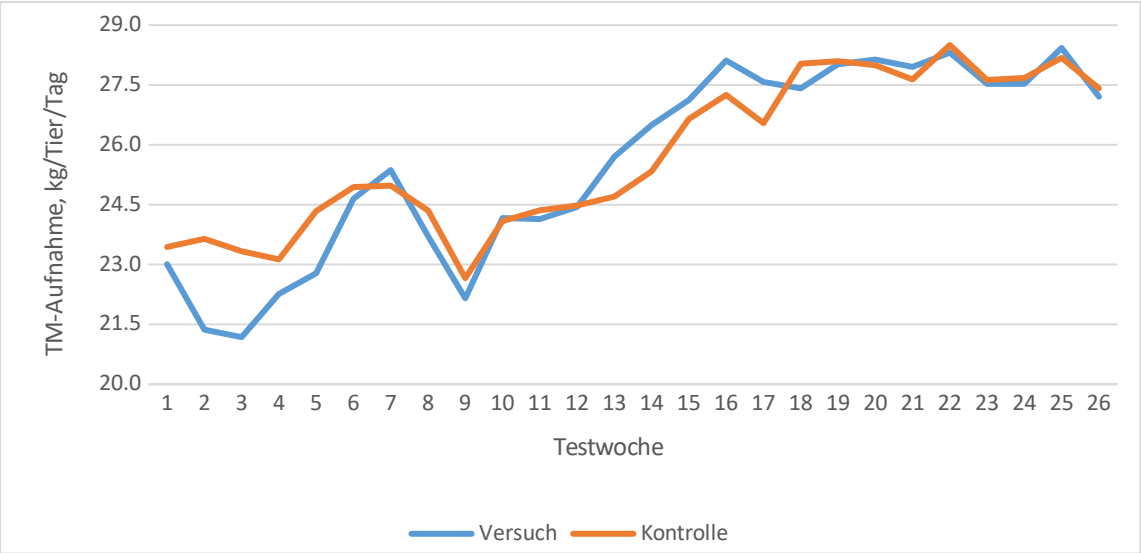

Abbildung 1: Mittlere TM-Aufnahmen von *VG* (blau) und *KG (rot)* in den Testwochen

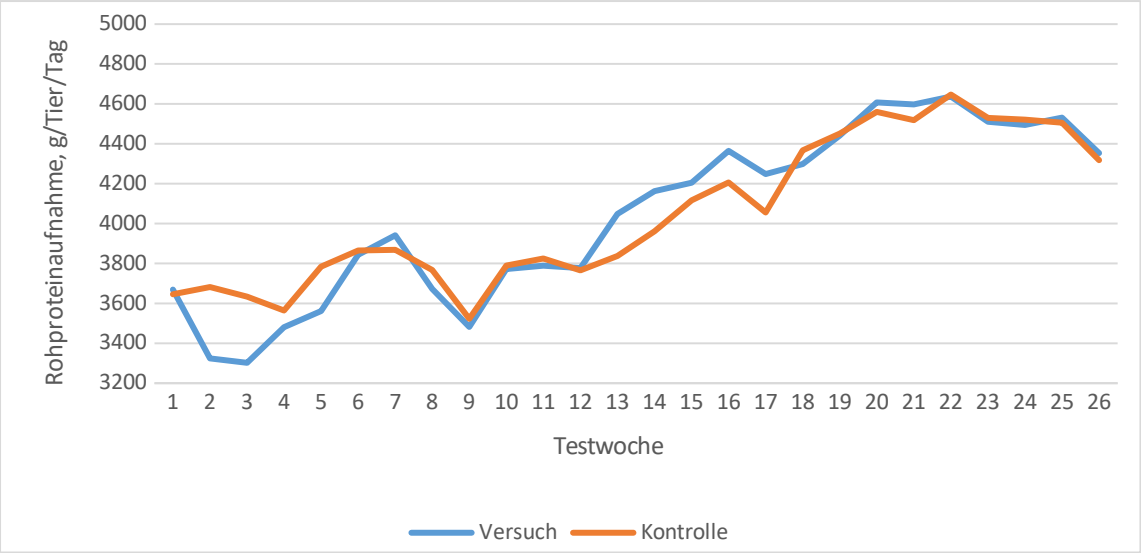

Abbildung 2: Mittlere Rohproteinaufnahmen von *VG* (blau) und *KG (rot)* in den Testwochen

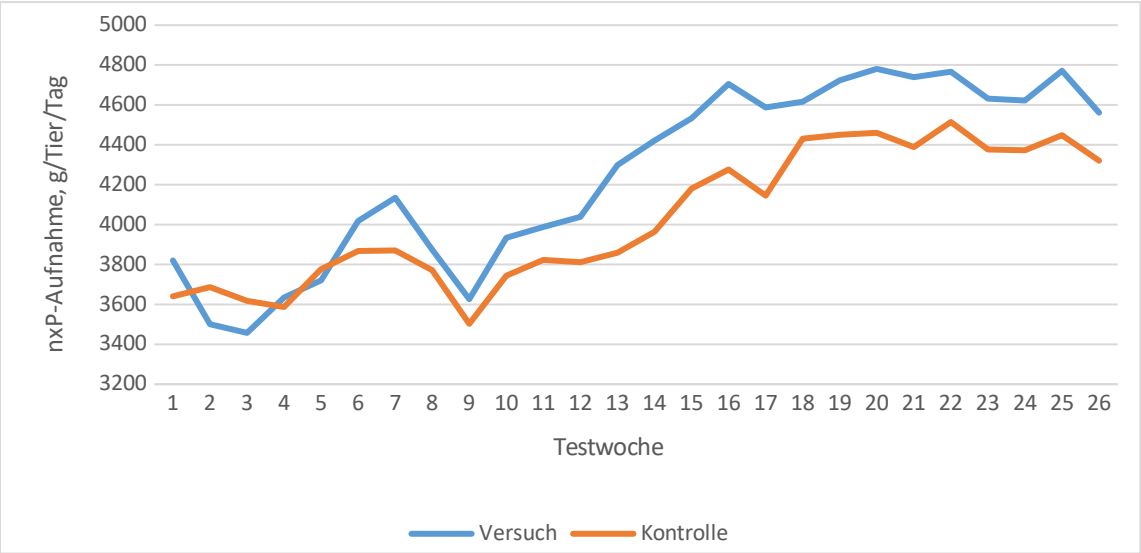

Abbildung 3: Mittlere nXP-Aufnahmen von *VG (blau)* und *KG (rot)* in den Testwochen

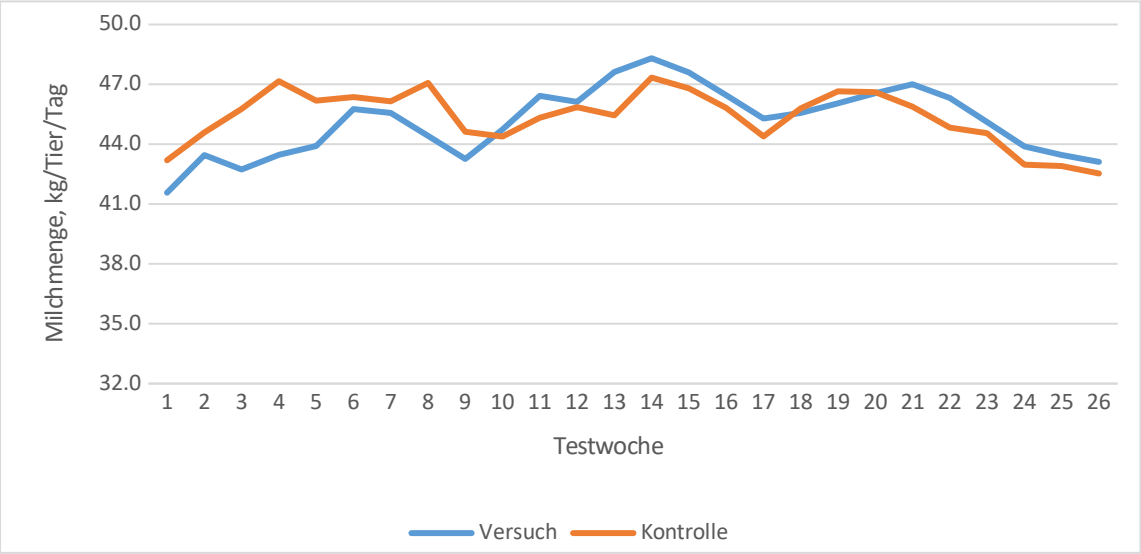

Abbildung 4: Mittlere Milchmengenleistung von *VG (blau)* und *KG (rot)* in den Testwochen

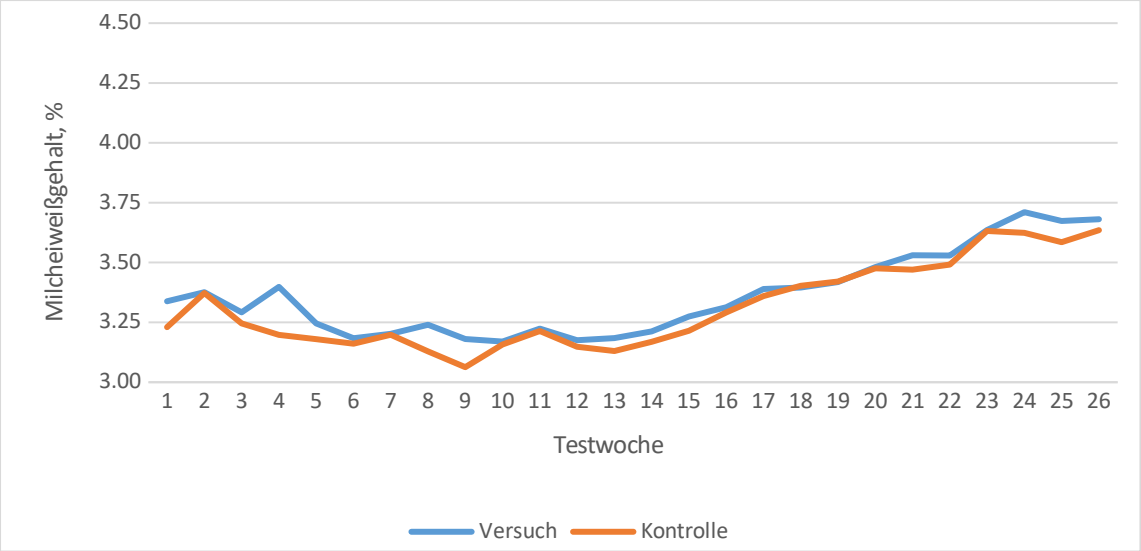

Abbildung 5: Mittlere Milcheiweißgehalte von *VG* (blau) und *KG (rot)* in den Testwochen

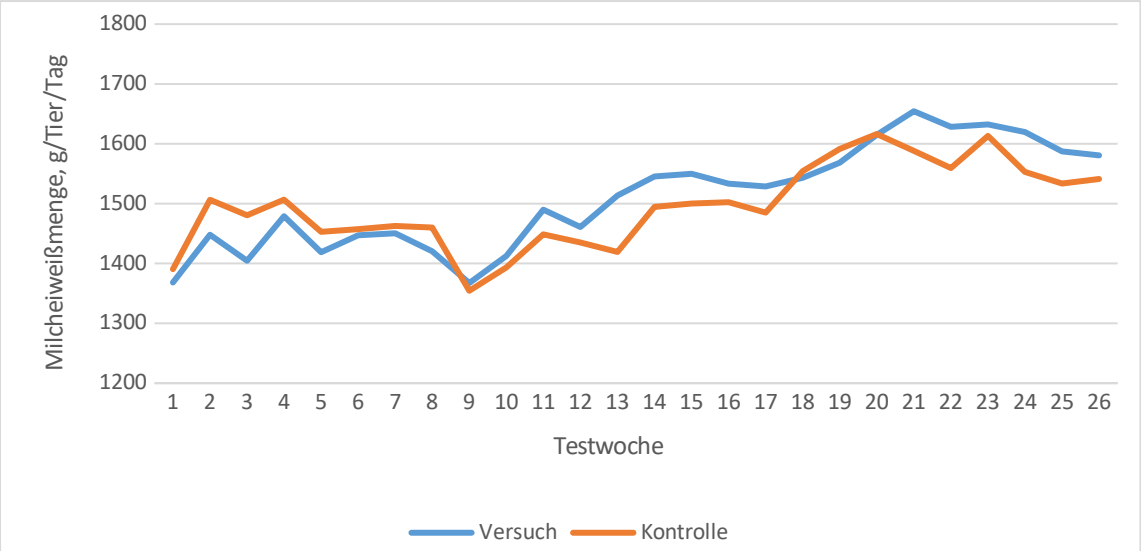

Abbildung 6: Mittlere Milcheiweißmengen von *VG* (blau) und *KG (rot)* in den Testwochen

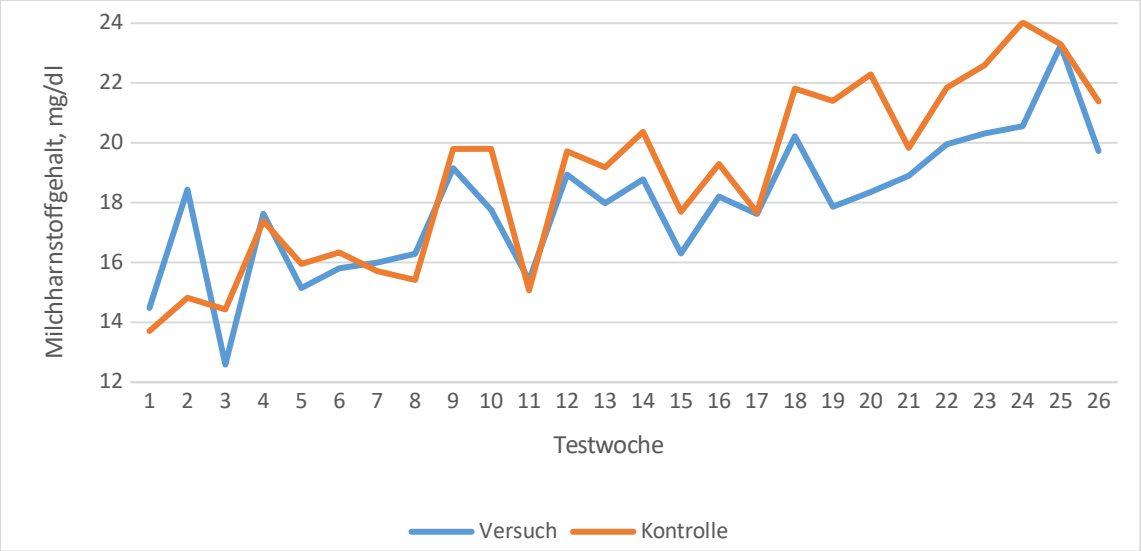

Abbildung 7: Mittlere Milchharnstoffgehalte (Referenzmethode) von *VG (blau)* und *KG (rot)* in den Testwochen

Die Ergebnisse der statistischen Auswertungen unter Anwendung des LMM2 (Tabelle 7), in dem die LW statt der TW als fixer Effekt Verwendung fand, ergaben außer den in der Ursache bereits erklärten Differenzen in den nXP-Aufnahmen und der RNB ebenso wie im Modell 1 (s. Tabelle 6) keine signifikanten unterschiedlichen Mittelwerte für *VG* und *KG*.
Während bei Betrachtung der Verläufe wichtiger Parameter nach TW deren Aussage durch die geringen Tierzahlen vor der neunten TW als eingeschränkt hinsichtlich der Effekte der Fütterung von *VR* und *KR* einzuordnen ist, trifft dies bei der Betrachtung der Verläufe nach LW für den letzten Abschnitt nach der 20. LW zu (Abbildungen 8 bis 14).
Die Verläufe mit nummerische höheren Milcheiweißleistungen in der *VG* bis zur 16. LW (Abbildung 13) und geringeren Milchharnstoffgehalte (Abbildung 14) könnten wiederum auf mögliche Effekte der Fütterung der *VR* mit behandeltem RES und dessen reduzierten ruminalen Rohproteinabbau hinweisen.

Tabelle 7: Ausgewählte Ergebnisse des Fütterungsversuch (Modell LMM2)

Parameter	Einheit	Versuch	Kontrolle	SEM	*p-Wert*
TM-Aufnahme	kg/Tag	26,3	26,0	0,3	*0,826*
Rohproteinaufnahme	g/Tag	4178	4097	51	*0,66*
nXP-Aufnahme[1)]	g/Tag	**4397**	**4079**	**51**	***0,0086***
RNB[1)]	g/Tag	**-34,8**	**2,7**	**0,4**	***<0,001***
aNDFom	g/Tag	9397	9235	111	*0,882*
Stärke	g/Tag	5781	5733	66	*0,998*
Milchmenge	kg/Tag	45,7	45,2	0,8	*0,719*
ECM		44,3	44,0	0,7	*0,775*
Eiweißgehalt	%	3,38	3,33	0,03	*0,140*
Fettgehalt		3,79	3,84	0,06	*0,985*
Eiweißmenge	g/Tag	1539	1469	26	*0,669*
Fettmenge		1715	1719	28	*0,630*
Harnstoff Referenzmethode	mg/dl	18,8	19,9	0,4	*0,705*
Harnstoff NIRS		18,4	19,5	0,4	*0,794*
N-Effizienz	%	36,3	36,0	0,4	*0,712*
N-Ausscheidungen[3)]	g/Tag	380	378	4	*0,348*

[1)] Kalkuliert unter Verwendung der Gehalte an nXP bei unterstellten UDP5-Anteilen von 70 % (behandeltes RES) und 35 % (unbehandeltes RES), s. Tabelle 4

[2)]nach DLQ-Richtlinie 1.13, kontinuierliche Durchflussanalyse

[3)] Kalkuliert nach Bannink und Hindle (2003)

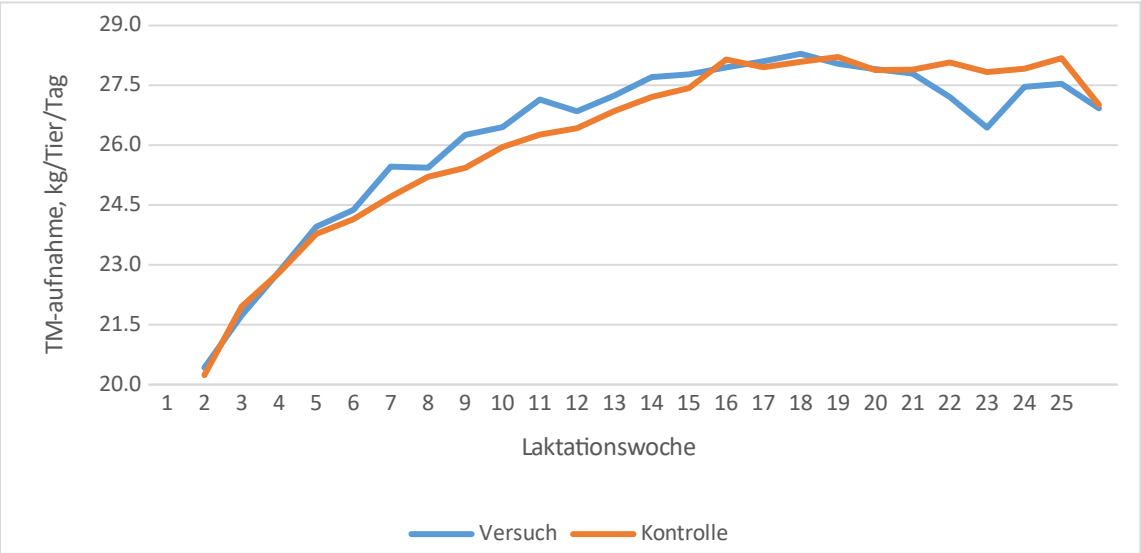

Abbildung 8: Mittlere TM-Aufnahmen *VG* (blau) und *KG (rot)* in den Laktationswochen

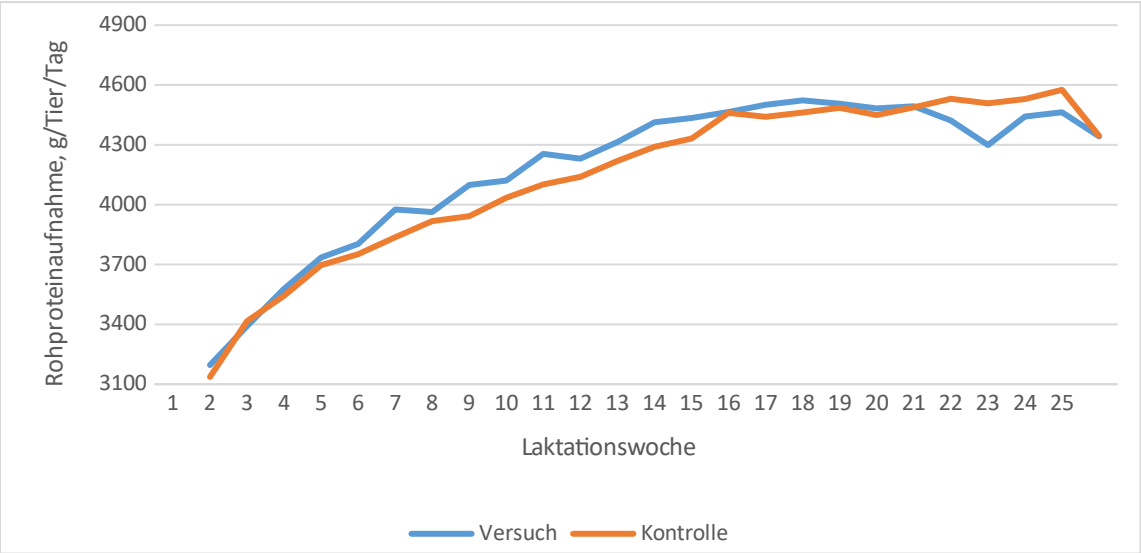

Abbildung 9: Mittlere Rohproteinaufnahmen *VG (blau)* und *KG (rot)* in den Laktationswochen

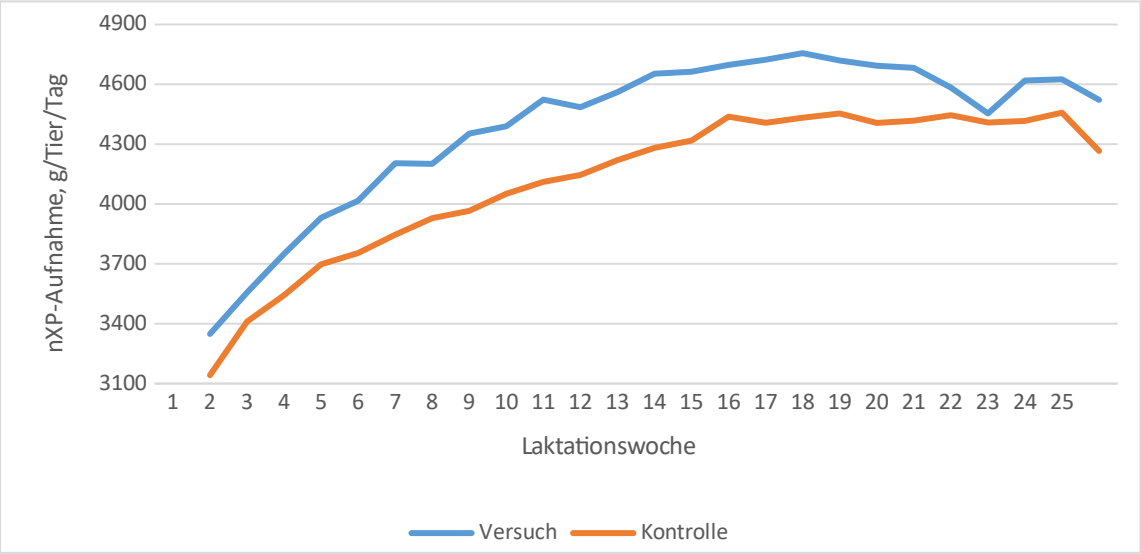

Abbildung 10: Mittlere kalkulierte nXP-Aufnahmen *VG* (blau) und *KG (rot)* in den Laktationswochen

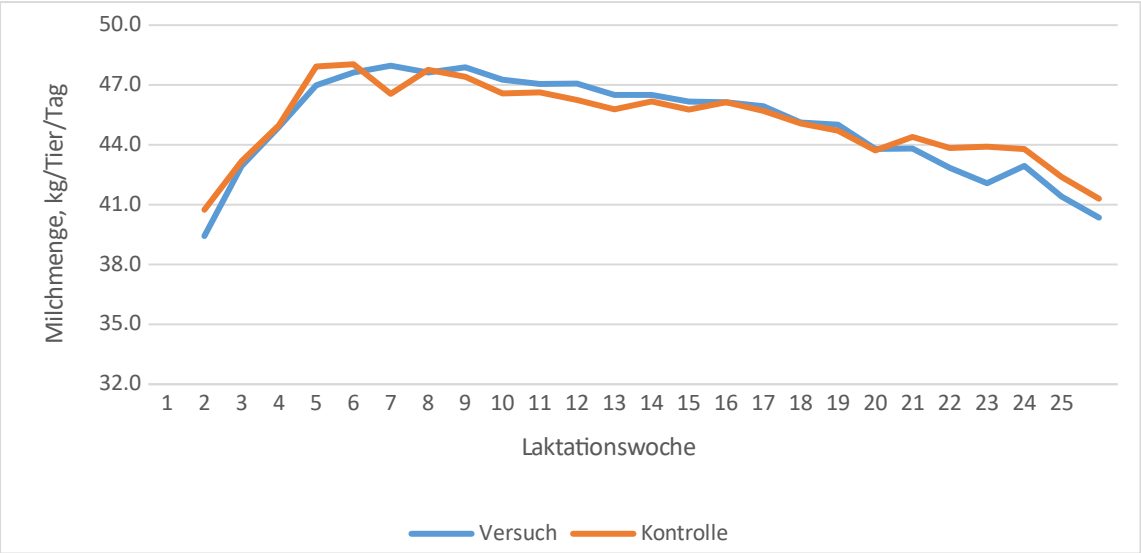

Abbildung 11: Mittlere Milchmengenleistungen von *VG* (blau) und *KG (rot)* in den Laktationswochen

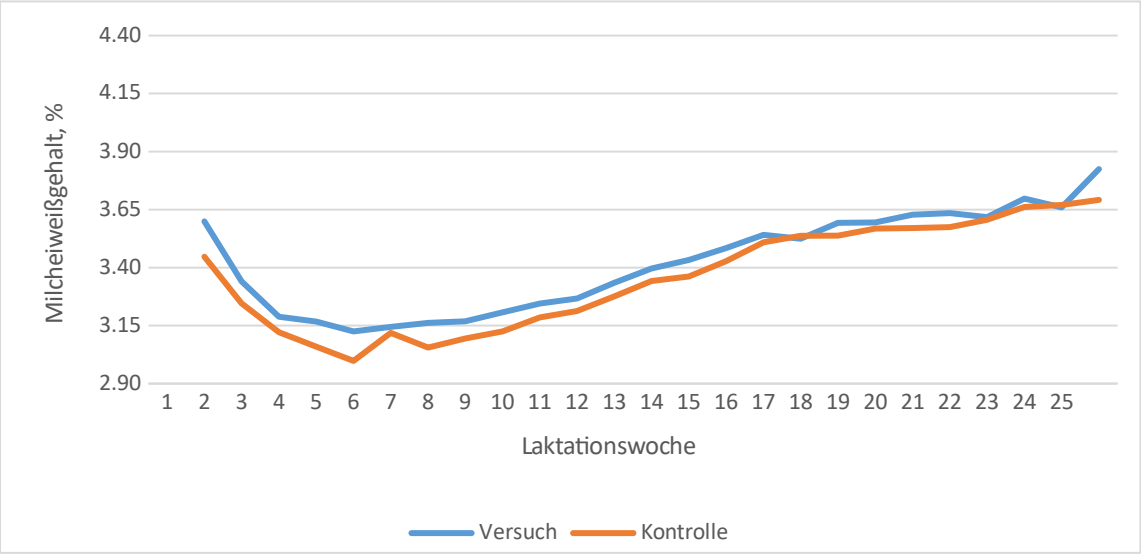

Abbildung 12: Mittlere Milcheiweißgehalte von *VG* (blau) und *KG (rot)* in den Laktationswochen

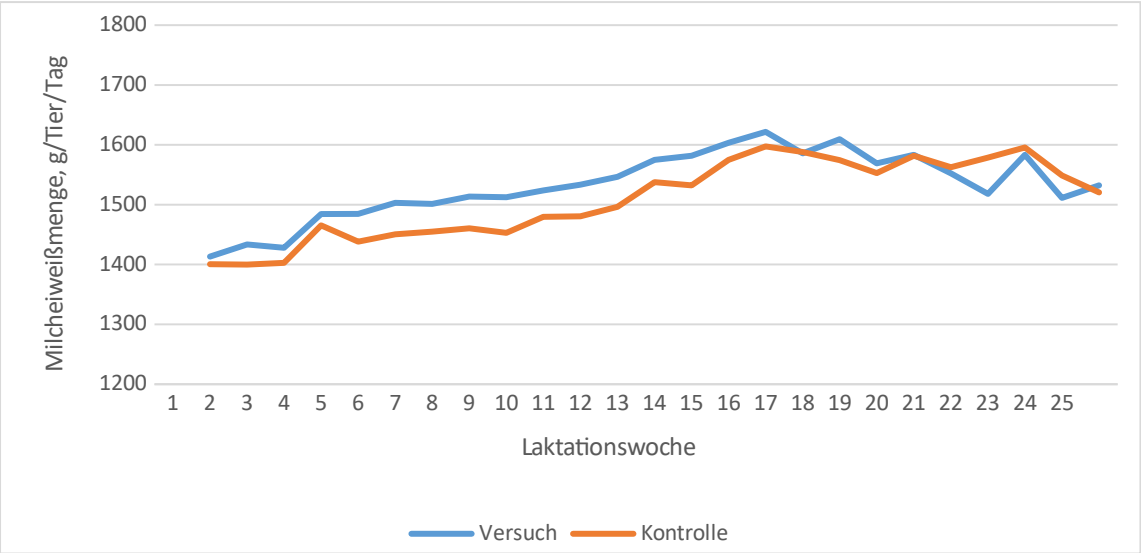

Abbildung 13: Mittlere Milcheiweißmengen von *VG (blau)* und *KG (rot)* in den Laktationswochen

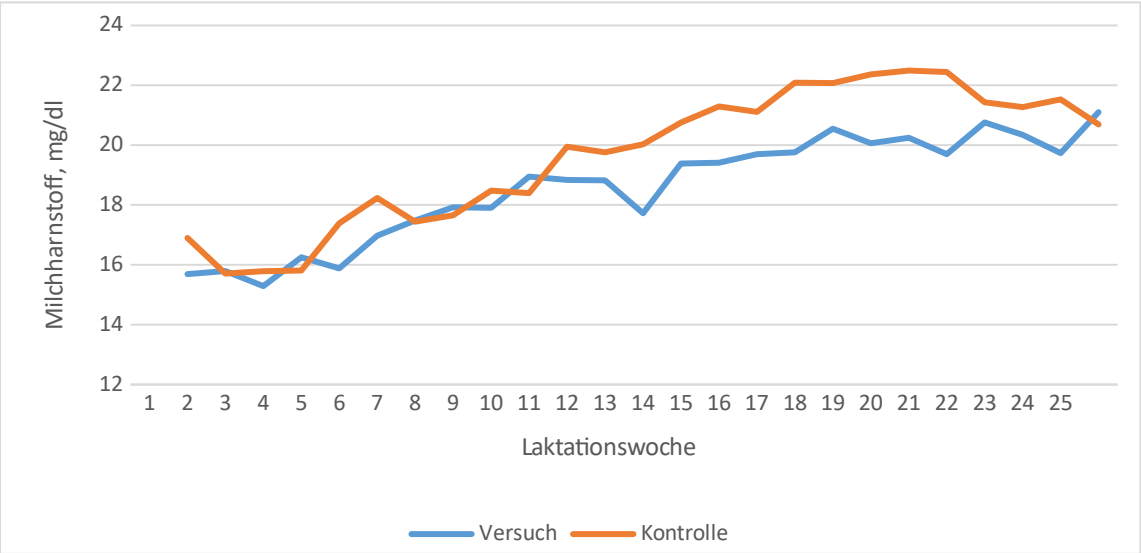

Abbildung 14: Mittlere Milchharnstoffgehalte (Referenzmethode) von *VG* (blau) und *KG (rot)* in den Laktationswochen

Aus bisher vorliegenden Ergebnissen von Laboranalysen ergeben sich keine sicheren, eindeutigen Aussagen zum Umfang der mindernden Effekte der durchgeführten chemischen Behandlung auf die ruminale Rohproteinabbaubarkeit bzw. den UDP-Anteil des RES, welches mit der Versuchsration (*VR*) an die Versuchsgruppe (*VG*) verfüttert wurde.
Aus der Inkubation in Pansensaft über 16 Stunden (ivUDP 16h, Hausmethode LKSmbH, nicht akkreditiert, nach Ross et al. (2013)) ergab sich für fünf Proben aus dem behandelten Anteil der jeweiligen RES-Chargen im Mittel ein UDP(16h)-Anteil von 42,7 %, für die jeweiligen Proben aus dem unbehandelten Anteil der RES-Chargen 31,2 %. Diese relativ deutliche Differenz liegt aber deutlich unter den Annahmen, die in der Versuchsplanung und -auswertung zu Anwendung kamen sowie ebenso unter denen, die für das behandelte RES für den praktischen Fütterungseinsatz angegeben werden. Auffällig war die Variation der Differenz im UDP(16h)-Wert vom behandelten zum unbehandelten RES in

den fünf Probenpaaren (~~1:~~ +25,8 %; +9,5 %; -4,5 %; + 14,5 %; +11,8 %). Die höchste Differenz im UDP(16h)-Wert wurde für Probenpaar/Charge 1 festgestellt, in dem die Probe vom unbehandelten RES z. T. auffällig abweichende Gehalte an Mengenelementen und einen gegenüber dem behandelten RES geringeren Rohproteingehalt auswies (s. Tabelle 4).
Aus weiteren an RES-Probenpaaren durchgeführten und für den Bericht verfügbaren Laboranalysen ergaben sich zwischen behandeltem und unbehandeltem RES geringere Differenzen in dem aus den Untersuchungen abgeleiteten UDP-Anteil.

- Rohproteinfraktionierung (nach Shannak et al., 2000), n = 2 x 4
  behandeltes RES: 41 %; unbehandeltes RES 37 %
- eHFT (nach Steingaß et al., 2001; Passagerate 7 %/h), n = 2 x 5
  behandeltes RES 37 %, unbehandeltes RES 34 %
- Enzymatisches Verfahren (nach Hippenstiel, 2015), n = 2 x 3
  behandeltes RES 41 %, unbehandeltes RES 41 %

Die durchgeführten Wägungen der Kühe im Versuch ergaben vom ersten Termin zum Ende der zweiten Laktationswoche bis zum 50. Laktationstag sehr ähnliche mittlere Lebendmasseverluste für beide Gruppen (*VG*: -28 kg, *KG*: -29 kg). Die Veränderung der Lebendmassen vom 50. bis zum 100. Laktationstag lagen für beide Gruppen in einem ausgeglichenen Bereich (*VG*: +8 kg, *KG*: -4 kg). Aus den gleichzeitig durchgeführten RFD-Messungen resultierte für beide Gruppen im ersten Abschnitt ein Abbau von 6 mm Rückenfett und von jeweils 3 mm im zweiten Abschnitt.
Die Wiege- und Messdaten weisen für beide Gruppen auf eine eher moderate Ausprägung der negativen Energiebilanz (NEB) in der Frühlaktation und eine vergleichbar gute Versorgungslage mit Energie im ersten Laktationsdrittel hin.

Auf Basis der verfügbaren im Versuch erhobenen und kalkulierten Daten zur Milcheiweißleistung, zur Lebendmasse sowie zu den TM- und nXP-Aufnahme der Kühe wurden für die *VG* und die *KG* die prozentuale nXP-Bedarfsdeckungen in den Laktationswochen und für die Ergebnissen der statistischen Auswertung (LMM2, Tabelle 7) nach GfE (2001) berechnet.

= nXP-Aufnahme / (Nettobedarf x 2,1) x 100

Nettobedarf =
Endogene Harn-N-Verluste (UNe) x 6,25 = (5,9206 lg kg Körpermasse - 6,75) x 6,25
+ Endogener Kot-N-Verlust x 6,25 (FNe) x 6,25 = (2,19 x kg TM-Aufnahme) x 6,25
+ Oberflächenverlust an N (VN) x 6,25 = (0,018 x kg Körpermasse^{0,75}) x 6,25
+ Milchprotein = Milchmenge x Milcheiweiß (%) x 10

Aufgrund der geringen Anzahl an Wägungen im Versuch wurde für die *VG* in der Kalkulation durchgängig von einer aus den Wägungen zum Versuchsbeginn und zum 100. LT abgeleiteten mittleren Lebendmasse von 715 kg und für die *KG* von 738 kg ausgegangen. Der sehr geringe Zuwachs in der *VG* nach dem 50. LT Lebendmassezuwachs wurde vernachlässigt und ging nicht in die Berechnungen ein.
Aus den Mittelwerten für den Gesamtversuch ergaben sich für beide Gruppen bedarfsdeckende bzw. bedarfsüberschreitende Situationen der nXP-Versorgung, welche für die *VG* stärker ausgeprägt war (106 %) als für die *KG* (102 %). Die Betrachtung der berechneten Werte für die einzelnen LW (Abbildung 15) zeigt für die *VG* ab der vierten LW eine nur noch geringfügige Unterdeckung und ab der sechsten LW eine kalkulatorische Deckung, später eine zunehmende Überschreitung des nXP-Bedarfs an. Für die *KG* kommt es ca. drei LW später zu einer Bedarfsdeckung anzeigenden Bilanz, die nachfolgende Überdeckung bleibt geringer als in der *VG*.

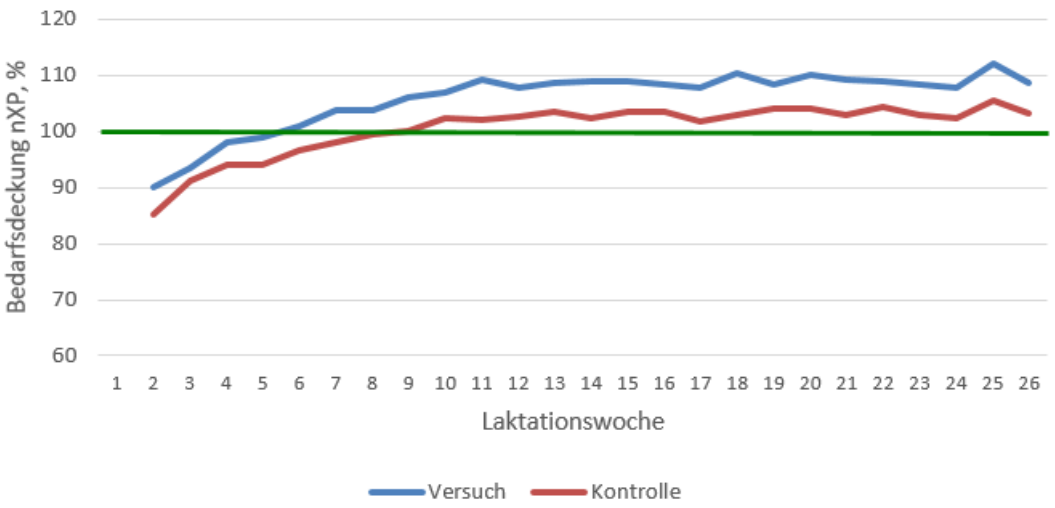

Abbildung 15: Mittlere kalkulierte nXP-Bedarfsdeckung (GfE, 2001) von *VG* (blau) und *KG (rot)* in den Laktationswochen

Zusammenfassung und Bewertung (Teil 1)

Im Milchkuhfütterungsversuch wurden eine Versuchsgruppe (*VG*) und eine Kontrollgruppe (*KG*) mit Total-Mischrationen gefüttert (Versuchsration *VR*, Kontrollration *KR*), die in ihren Futtermittelanteilen nahezu identisch zusammengesetzt waren. Das in der *VR* und in der *KR* als Einzelkomponente mit ca. 9 % an der TM der Gesamtration enthaltene Rapsextraktionsschrot (RES) entstammte jeweils einer Charge. Davon wurde das RES der *VR* im Futtermittelwerk mit einer chemischen Substanz aus der Gruppe der Lignosulfonate chemisch behandelt. Dies erfolgte mit der Zielstellung, den ruminalen Rohproteinabbau zu reduzieren und den UDP-Anteil zu erhöhen. Mit der Fütterung dieses RES bzw. von Rationen, welche dieses enthalten, soll fördernd auf die Milcheiweißleistung und/oder die Futter-N-Effizienz Einfluss genommen werden.
Die Versuchs- und Rationsplanungen und der Teil 1 der Versuchsauswertung bzw. des Versuchsberichts wurden unter Verwendung der Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe nach GfE (2001) und zur Rationsoptimierung nach DLG (2001 und 2023) erstellt.
Für das behandelte RES wurde ein UDP5-Anteil von 70 % unterstellt und nach GfE (2001, Formel VIa) ein nXP-Gehalt von 344 g/kg TM bei einer RNB von 2 g/kg TM berechnet. Für die TMR *VR* ergab die Rationsrechnung einen nXP-Gehalt von 167 g/kg TM bei einer negativen RNB von -1,3 g kg/TM. Für das unbehandelte RES wurden 35 % UDP5 angenommen und 243 g nXP bei einer RNB von 18 g berechnet, für die *KR* 157 g nXP/kg TM (RNB +0,2 g/kg TM).
Bis auf die unter den dargestellten Annahmen berechneten nXP-Aufnahmen und RNB ergaben sich aus der statistischen Auswertung keine signifikanten Mittelwertdifferenzen und zum Teil sehr geringe nummerische Unterschiede (Futteraufnahmen, Milch-/ECM-Mengen). Dies trifft auch auf die kalkulierten Futter-N-Effizienzen und die N-Ausscheidungen zu.
Aus nummerischen Differenzen (nicht signifikant) und aus den mittleren Verläufen der Milcheiweißgehalte, Eiweißmengen und Milchharnstoffgehalte für *VG* und *KG* in den Testwochen (TW) der Versuchsdurchführung und in den Laktationswochen (LW) der in die Untersuchung einbezogenen Kühe könnten Überlegungen zu möglichen Effekten der Fütterung des behandelten RES infolge eines reduzierten ruminalen Rohproteinabbaus und erhöhten UDP-Anteils resultieren. Jedoch wären diese gegebenenfalls gegenüber der Erwartung an die Wirkung eines so behandelten RES als deutlich geringer einzuordnen.

Der Versuch einer Kalkulation der nXP-Bedarfsdeckung deutet bei dem festgestellten Futteraufnahmeniveau von 25 bis 26 kg TM je Kuh und Tag bei der realisierten Leistung der Kühe (ca. 45 kg Milch und ca. 1500 g Milcheiweiß je Tag bei zweimaligem Melken) auf eine im Mittel des geprüften Abschnittes gegebene Bedarfsdeckung und zum Teil Bedarfsüberschreitung für beide Gruppen hin. Ein kalkuliertes Defizit der nXP-Bedarfsdeckung ergab sich für den Laktationsstart, jedoch in einer moderaten Ausprägung. Für die *VG* resultiert aus dem angenommenen höheren nXP-Angebot mit der *VR* mit dem behandelten RES rechnerisch eine etwas frühere Bedarfsdeckung im Laktationsverlauf und danach eine stärkere Überversorgung. Zu beachten ist hierbei wiederum, dass in dieser Kalkulation die nXP-Aufnahmen für die VG aus der VR unter Annahme des UDP5-Anteils von 70 % im behandelten RES berechnet wurden.

Weitere Untersuchungen zum ruminalen Rohproteinabbau (*in situ, in vitro* im dreistufigen enzymatischen Verfahren EIVP, Rohproteinfraktionierung) werden an der Universität Hohenheim durchgeführt bzw. fortgesetzt und in die weiteren Auswertungen des Projektes eingebracht.
Diese werden unter Verwendung der aktuellen „Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen“ der GfE (2023) vorgenommen und im Teil 2 des Projektberichtes veröffentlicht.

Literatur:

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) (2023): DLG-Information Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle bei Milchkühen. DLG e.V., Frankfurt am Main

GFE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2001): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main

Hippenstiel, F.; Kivitza, A.; Benninghoff, J.; Südekum, K.-H. (2015): Estimation of intestinal protein digestibility of protein supplements for ruminants using a three-step enzymatic *in vitro* procedure. Archives of animal nutrition 69.4. 310-318.

Ross, D.; Gutirrez-Botero, M.; Van Ambourg, M. E. (2013): Development of an *in vitro* intestinal diggestibility assay für ruminant feeds, Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Cornell Univ., East Syracuse, NY. 190 – 202.

Shannak, S.; Südekum, K.-H.; Susenbeth, A. (2000): Estimating ruminal crude protein degradation with *in situ* and chemical fractionation procedures. Anim. Feed Sci. Technol. 85, 195-214.

Steingass, H.; Nibbe, D.; Südekum, K.-H.; Lebzien, P.; Spiekers, H. (2001): Schätzung des nXP-Gehaltes mit Hilfe des modifizierten Hohenheimer Futterwerttests und dessen Anwendung zur Bewertung von Raps- und Sojaextraktionsschroten. 113. VDLUFA-Kongress, Berlin, Kurzfassungen der Vorträge, 115.

Wright, C. F.; Von Keyserlingk, M. A. G.; Swift, M. L.; Fisher, L. J.; Shelford, J. A.; Dinn, N. E. (2005): Heat- and Lignosulfonate-treated canola meal as a source of ruminal undegradable protein for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 88. 238–243