



UFOP-SCHRIFTEN | AGRAR

ABSCHLUSSBERICHT

Auswirkungen einer bedarfsangepassten P-Versorgung von Milchkühen mit Rapsextraktionsschrot unter den Bedingungen einer GVO-freien Milcherzeugung auf tierische Leistungen und Nährstoffausscheidungen

Autoren

Dr. Martin Pries, Bernadette Bothe
Landwirtschaftskammer NRW, FB 71 Tierproduktion, Münster

Dr. Sebastian Hoppe, Andrea Remmersmann, Jana Denißen, Silke Beintmann
Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Riswick, Kleve

Versuchsbericht

**Auswirkungen einer bedarfsangepassten P-Versorgung von Milchkühen mit
Rapsextraktionsschrot unter den Bedingungen einer GVO-freien
Milcherzeugung auf tierische Leistungen und Nährstoffausscheidungen**

Erarbeitet von:

Dr. Martin Pries, Bernadette Bothe

(Landwirtschaftskammer NRW, FB 71 Tierproduktion, Münster)

Dr. Sebastian Hoppe, Andrea Remmersmann, Jana Denißen, Silke Beintmann

(Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Riswick, Kleve)

In Zusammenarbeit mit:

Deuka (Deutsche Tiernahrung Cremer GmbH & Co. KG, Berlin)

UFOP (Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen, Düsseldorf)

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	4
Abbildungsverzeichnis.....	5
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	5
1. Einleitung.....	8
2. Material und Methoden.....	10
2.1 Versuchsdesign.....	10
2.2 Gruppeneinteilung.....	11
2.3 Fütterung.....	12
2.4 Rationsgestaltung.....	13
2.5 Datenerfassung.....	17
2.5.1 Futter- und Wasseraufnahme.....	17
2.5.2 Wiederkauaktivität	18
2.5.3 Milchmenge und Inhaltsstoffe.....	18
2.5.4 Lebendmasse und Körperkondition.....	18
2.5.5 Kot- und Harnproben	19
2.5.6 Gülleuntersuchungen	19
2.6 Datenauswertung	20
2.6.1 Datenaufbereitung.....	20
2.6.2 Statistische Auswertung	20
2.6.3 Berechnung der Phosphorausscheidung über Kot und Harn	22
2.6.3.1 Berechnung der Kotmenge.....	22
2.6.3.2 Berechnung der Phosphorausscheidung über den Kot	23
2.6.3.3 Berechnung der Harnmenge	23
2.6.3.4 Berechnung der Phosphorausscheidung über den Harn.....	24

3. Ergebnisse	25
3.1 Futter- und Nährstoffaufnahme	25
3.1.1 Trockenmasseaufnahme	25
3.1.2 Energieaufnahme	26
3.1.3 Nährstoffaufnahme	27
3.1.4 Wasseraufnahme	30
3.2 Milchleistungsparameter.....	31
3.3 Lebendmasse und Körperkondition	34
3.4 Wiederkauaktivität	35
3.5 Kot- und Harnuntersuchung	35
3.6 Gülleuntersuchung	38
3.7 Phosphorausscheidung über Kot und Harn.....	39
3.7.1 Kotmenge und Phosphorausscheidung über Kot	39
3.7.2 Harnmenge und Phosphorausscheidung über Harn	40
4. Zusammenfassung.....	41
5. Literatur	43

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Kriterien zur Erstellung homogener Versuchsgruppen	12
Tab. 2:	Zusammensetzung der Futterrationen in den Gruppen	14
Tab. 3:	Nährstoffgehalte der Futterrationen in den Gruppen.....	15
Tab. 4:	Zusammensetzung des Milchleistungsfutters in den Gruppen.....	16
Tab. 5:	Nährstoffgehalte des Milchleistungsfutters in den Gruppen (je kg FM)	17
Tab. 6:	Deskriptive Statistik der täglichen TM-Aufnahme aus der TMR	25
Tab. 7:	LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangabe der täglichen TM-Aufnahme aus der TMR (kg)	25
Tab. 8:	Deskriptive Statistik der täglichen Energieaufnahme aus der TMR	26
Tab. 9:	LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangabe der täglichen Energieaufnahme aus der TMR (MJ NEL)	27
Tab. 10:	Deskriptive Statistik der täglichen Nährstoffaufnahme aus der TMR	27
Tab. 11:	LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangaben der täglichen Nährstoffaufnahme aus der TMR (g).....	28
Tab. 12:	Deskriptive Statistik der täglichen Mengenelementaufnahme aus der TMR	28
Tab. 13:	LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangaben der täglichen Mengenelementaufnahme aus der TMR (g)	29
Tab. 14:	Deskriptive Statistik der täglichen Wasseraufnahme	31
Tab. 15:	LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangabe der täglichen Wasseraufnahme (kg).....	31
Tab. 16:	Deskriptive Statistik der Milchleistungsparameter.....	32
Tab. 17:	LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangaben der Milchleistungsparameter	33
Tab. 18:	Deskriptive Statistik der Lebendmasse und Körperkondition (BCS)	34
Tab. 19:	LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangaben der Lebendmasse (kg) und Körperkondition (BCS).....	34
Tab. 20:	Deskriptive Statistik der täglichen Wiederkaudauer	35
Tab. 21:	LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangabe der Wiederkaudauer (min.).....	35
Tab. 22:	Ergebnisse der Kotuntersuchung von der Versuchsgruppe	36
Tab. 23:	Ergebnisse der Kotuntersuchung von der Kontrollgruppe.....	37

Tab. 24: Ergebnisse der Harnuntersuchung von der Versuchsgruppe.....	37
Tab. 25: Ergebnisse der Harnuntersuchung von der Kontrollgruppe	38
Tab. 26: Ergebnisse der Gülleuntersuchung	39
Tab. 27: Ergebnisse der Güllendichtmessung	39
Tab. 28: Phosphorausscheidung über Kot.....	40
Tab. 29: Phosphorausscheidung über Harn	40

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Stallgrundriss der genutzten Versuchsabteile 3 und 4 in R6 des VBZL	11
Abb. 2: Verlauf der TM-Aufnahme der zwei Gruppen im wöchentlichen Mittel.....	26
Abb. 3: Verlauf der P-Aufnahme der zwei Gruppen im wöchentlichen Mittel	30
Abb. 4: Verlauf der Milchleistung der zwei Gruppen im wöchentlichen Mittel.....	33

Symbol- und Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
ADFom	Säure-Detergenzien-Faser (aschefrei)
aNDFom	Neutral-Detergenzien-Faser (aschefrei und Amylase behandelt)
BCS	Body Condition Score
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BSA	Bundessortenamt
bXS	beständige Stärke
Ca	Calcium
ca.	circa
Cl	Chlor
cm³	Kubikzentimeter
DCAB	Kationen-Anionen-Bilanz
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
dsp	Data Service Paretz GmbH
ECM	energiekorrigierte Milch
EDV	elektronische Datenverarbeitung
et al.	und andere
FM	Frischmasse
g	Gramm
GEA	Global Engineering Alliance

GFE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GVO	gentechnisch veränderte Organismen
ha	Hektar
K	Kalium
K₂O	Kaliumoxid
kg	Kilogramm
l	Liter
Laktnr.	Laktationsnummer
LKS	Landwirtschaftliche Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH
LKV	Landeskontrollverband
log	Logarithmus
LSM	least square means
LSQ	least square
LT	Laktationstag
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt NRW
m³	Kubikmeter
max	Maximum
meq	Äquivalentkonzentration
mg	Milligramm
Mg	Magnesium
min	Minimum
min.	Minuten
MJ	Megajoule
MLF	Milchleistungsfutter
MLP	Milchleistungsprüfung
n	Stichprobengröße
Na	Natrium
NEL	Nettoenergie Laktation
NFC	Nichtfaser-Kohlenhydrate
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
NRW	Nordrhein-Westfalen
nXP	nutzbares Rohprotein am Darm
Ø	Durchschnitt

OS	organische Substanz
p	Signifikanzniveau
P	Phosphor
P₂O₅	Phosphat
ppm	Parts per million
RES	Rapsextraktionsschrot
RNB	Ruminale-Stickstoff-Bilanz
S	Schwefel
SAS	Statistical Analysis Software
SD	Standardabweichung (standard deviation)
SE	Standardfehler (standard error)
SW	Strukturwert
TM	Trockenmasse
TM_k	korrigierter Trockenmassegehalt
TMR	totale Mischration
TM_u	unkorrigierter Trockenmassegehalt
TS	Trockensubstanz
UDP	unabbaubares Rohprotein
VBZL	Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft
VQ	Verdaulichkeitsquotient
\bar{x}	Mittelwert
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XS	Stärke
XZ	Rohzucker
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

Zu den Zielen in der heutigen, modernen Milchviehhaltung zählen besonders eine hohe Milchleistung, gesunde Kuhherden, optimierte Futterkosten und eine umweltschonende Wirtschaftsweise. Diese Ziele sind maßgeblich durch die Fütterung zu beeinflussen. Eine gezielte Vorgehensweise und eine durchdachte Fütterungskonzeption sind daher unerlässlich (SPIEKERS & POTTHAST 2004). Hinsichtlich des Nährstoffbedarfs hochleistender Tiere ist insbesondere auf eine leistungsangepasste Energie- und Proteinversorgung zu achten. Die Proteinversorgung spielt in der Milchviehfütterung für den Erhalt und die Milchproduktion eine bedeutende Rolle (KIRCHGEßNER 2004). Ein gezielter Einsatz von Milchleistungsfutter kann gewährleisten, dass die Milchkuh ihrer Leistung entsprechend mit den notwendigen Nährstoffen versorgt wird (SPIEKERS et al. 2009). Neben anderen Futtermitteln stehen Raps- und Sojaextraktionsschrote als Proteinlieferanten zur Verfügung (SPIEKERS & POTTHAST 2004). Da in Deutschland derzeit in zunehmendem Maße eine GVO-freie Milcherzeugung angestrebt wird, sollte Sojaextraktionsschrot in der Fütterung größtenteils oder auch komplett durch Rapsextraktionsschrot ersetzt werden (OFFERMANN et al. 2018, SPIEKERS et al. 2011). Diese Veränderung in der Auswahl des Proteinlieferanten hat allerdings zur Folge, dass die Phosphorgehalte in den Rationen oft deutlich oberhalb der Versorgungsempfehlung liegen. Denn der Phosphorgehalt von Rapsextraktionsschrot liegt mit 12,5g/kg TM deutlich über dem von Sojaextraktionsschrot mit 7,3g/kg TM (PRIES & BOTHE 2018). Diese überhöhte Anreicherung von Phosphor in der Ration führt dementsprechend auch zu einer erhöhten Ausscheidung von Phosphor über Kot und Harn und belastet somit die Nährstoffbilanz des Betriebes (DLG 2014). Da mit Inkrafttreten der neuen Düngeverordnung am 02.06.2017 die tolerierbaren P_2O_5 -Bilanzsalden auf 10kg/ha halbiert wurden, stellt dieser erhöhter Anfall von Phosphor in den Ausscheidungen der Tiere ein großes Problem dar (BLE 2018). Da aber nur schwer auf die Zufütterung von Rapsextraktionsschrot verzichtet werden kann, weil proteinreiche Körnerleguminosen ein knappes Gut darstellen und eine Produktion auf Grundlage von nicht gentechnisch veränderter Sojafuttermitteln mit erhöhten Kosten verbunden ist (THOMSEN 2017, DBV 2018), stellt sich die Frage, ob es möglich ist Rapsextraktionsschrot mit phosphorarmen Futtermitteln zu kombinieren, ohne dabei die Milchleistung oder die Gesundheit der Kuhherde zu beeinträchtigen. In der

vorliegenden Arbeit soll geprüft werden, ob mit Hilfe phosphorarmer Futtermittel wie z.B. Getreide oder Melasseschnitzel und einem ausschließlichen Einsatz von Rapsprodukten eine bedarfsgerechte Versorgung der Tiere mit nutzbarem Rohprotein und Phosphor zu bewerkstelligen ist.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsdesign

In dem Zeitraum vom 10. März bis zum 09. Juli 2018 wurde in dem Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft (VBZL) Haus Riswick in Kleve ein Fütterungsversuch zur phosphorangepassten Fütterung über 121 Tage durchgeführt. Dazu wurde der 2010 erbaute Milchviehversuchsstall R6 verwendet. Haus Riswick ist eines der beiden Versuchs- und Bildungszentren Landwirtschaft der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. Insgesamt werden hier ca. 250 Milchkühe der Rasse Deutsche Holstein im konventionellen Bereich des Versuchs- und Bildungszentrums gehalten. Hinzu kommt die weibliche Nachzucht mit ungefähr 200 Tieren. Zur Futterproduktion stehen dem konventionellen Betriebszweig ca. 130 ha Grünland und 110 ha Ackerland zur Verfügung.

Bei dem Stalltrakt R6, in dem der Versuch durchgeführt wurde, handelt es sich um einen vierreihigen Boxenlaufstall mit sechs identisch aufgebauten Stallabteilen. Jedes Stallabteil bietet mit 24 Hochboxen Platz für ebenso viele Kühe. Zudem gehören zu jedem Stallabteil 12 Wiegetröge und zwei Wiegetränken, die eine tierindividuelle Ermittlung der Futter- und Wasseraufnahme ermöglichen. Die Reinigung des planbefestigten Bodens in den Abteilen 3 und 4 erfolgt mit Hilfe einer Seilzug-Entmistungsanlage. Gemolken werden die Kühe zweimal täglich in einem 32er Außenmelkerkarussell. Für den Versuch wurden je 24 hochleistende Tiere den Stallabteilen 3 und 4, also der Kontroll- und der Versuchsgruppe, zugewiesen (siehe Abbildung 1). Die Gruppenzuteilung blieb im Verlaufe des Versuches konstant. Zum Versuchsstart befanden sich die 48 Versuchskühe im ersten Drittel der Laktation. Hinsichtlich der Gesamtration erhielten beide Gruppen die gleichen Grobfutterkomponenten und das gleiche Mineralfutter. Der Unterschied in der Fütterung bezog sich ausschließlich auf das Milchleistungsfutter (MLF). Der Phosphorgehalt im MLF der Versuchsgruppe wurde beispielsweise auf 5,5g/kg TM reduziert. Der Phosphorgehalt in dem MLF der Kontrollgruppe betrug hingegen 7,2g/kg TM.

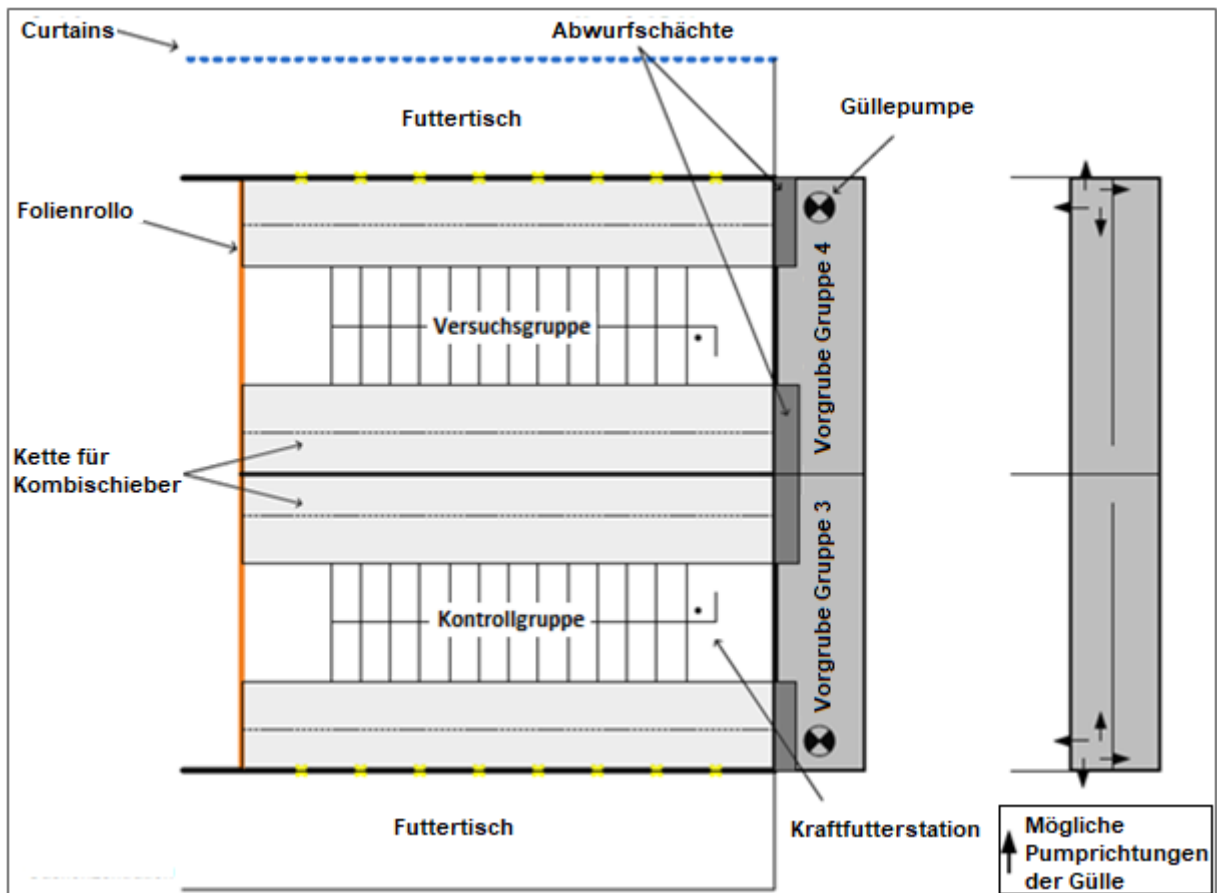


Abb. 1: Stallgrundriss der genutzten Versuchsabteile 3 und 4 in R6 des VBZL Haus Riswick

2.2 Gruppeneinteilung

Die Einteilung der Versuchsgruppen erfolgte nach den Kriterien der Laktationsnummer (Laktnr.), dem Laktationstag (LT) und der Milchleistung inklusive der Milchinhaltsstoffe. Zum Versuchsbeginn befanden sich alle Kühe in den zugewiesenen Gruppen. Die Daten für die Einteilung der Gruppen konnten dem Herdenmanagementprogramm "Herde" der Firma dsp Agrosoft, den Ergebnissen der Milchleistungsprüfung und der Melktechnik zur Milchmengenerfassung entnommen werden. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die bedeutsamen Kriterien zur Einteilung der Tiere in möglichst homogene Gruppen. Angegeben sind in dieser Tabelle die Mittelwerte von jedem Einteilungskriterium je für die Versuchs- und für die Kontrollgruppe zuzüglich der Standardabweichungen. In der Versuchs- und auch in der Kontrollgruppe lag die durchschnittliche Laktationsnummer bei 2,8. Die dazugehörige Standardabweichung lag für beide Gruppen bei $\pm 2,0$. Ebenfalls ziemlich nah beieinander lagen die Milchleistungen der beiden Gruppen mit durchschnittlich 39,8kg ($\pm 6,7$) in der Versuchs- und 39,9kg ($\pm 8,8$) in der Kontrollgruppe.

Tab. 1: Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Kriterien zur Erstellung homogener Versuchsgruppen

	Gruppe	
	Versuch	Kontrolle
	\bar{x} (SD)	\bar{x} (SD)
Lakt-nr.	2,8 ($\pm 2,0$)	2,8 ($\pm 2,0$)
LT	59 (± 29)	57 (± 28)
Milch (kg)	39,8 ($\pm 6,7$)	39,9 ($\pm 8,8$)
Fett (%)	3,91 ($\pm 0,5$)	3,84 ($\pm 0,5$)
Eiweiß (%)	3,31 ($\pm 0,3$)	3,27 ($\pm 0,2$)
Fett/ Eiweiß	1,18 ($\pm 0,1$)	1,18 ($\pm 0,2$)
somatische Zellzahl (Tausend)	49,83 (± 76)	42,67 (± 46)
Harnstoff (ppm)	158 (± 31)	158 (± 38)
Laktose (%)	4,88 ($\pm 0,1$)	4,86 ($\pm 0,2$)
ECM (kg)	39,1 ($\pm 6,5$)	38,9 ($\pm 8,9$)

In Hinblick auf den Fett- und Eiweißgehalt der Milch ist zu sagen, dass der Fettgehalt in der Versuchsgruppe im Mittel bei 3,91% ($\pm 0,5$) und in der Kontrollgruppe bei 3,84% ($\pm 0,5$) lag. Der Eiweißgehalt betrug, mit einer Standardabweichung von $\pm 0,3$ in der Versuchs- und $\pm 0,2$ in der Kontrollgruppe, in der Versuchsgruppe durchschnittlich 3,31% und in der Kontrollgruppe 3,27%. Die Werte der energiekorrigierten Milchmenge beliefen sich in der Versuchsgruppe auf 39,1kg ($\pm 6,5$) und in der Kontrollgruppe auf 38,9kg ($\pm 8,9$).

2.3 Fütterung

Die Fütterung der Kühe erfolgte täglich zwischen 5:00 und 7:30, nachdem die Futterreste des Vortages aus den Wiegetrögen entleert wurden. Über die Wiegetröge konnten tierindividuelle Futteraufnahmen ermittelt werden. Wasser haben die Kühe über die Wiegetränken erhalten. Das Anmischen und die Vorlage des Futters erfolgte mit Hilfe eines selbstfahrenden Vertikalmischers der Firma Strautmann. Die Mischration (TMR) wurde mit Hilfe des Softwareprogrammes "Rind 97" berechnet. Zur Kalkulation der Rationen wurden im Vorfeld Bohrstockproben der verwendeten Silomieten entnommen und analysiert. Zudem wurden während des Versuchsverlaufes werktags Futterproben aus den Wiegetrögen entnommen, um daraus den Trockenmassegehalt (TM-Gehalt) des Futters nach den Richtlinien des Bundessortenamtes bestimmen zu können. Dazu wurden Probemengen von 350g für 24 Stunden bei 105°C in einem Trockenschrank getrocknet. Über die Differenz zwischen dem Ausgangsmaterial und dem Material, das nach Trocknung verblieben

ist, wurde der TM-Gehalt bestimmt (BSA 2014). Der daraus ermittelte unkorrigierte TM-Gehalt (TM_u) wurde mittels folgender Formel, nach WEIßBACH und KUHLA (1995), um flüchtige Substanzen und gasförmige Verluste nach TM_k korrigiert:

$$TM_k (\%) = 2,08 + 0,975 \times TM_u (\%)$$

Außerdem wurden während des Versuches wöchentlich Proben von den Anschnittsflächen der Silomieten entnommen und als Sammelprobe zusammengefasst. Diese Sammelproben wurden nach Versuchsende analysiert. Das Milchleistungsfutter wurde ebenfalls beprobt. Von jeder Neuanlieferung wurden dazu zwei Proben entnommen. Eine Probe wurde in das Labor geschickt und eine weitere diente als Rückstellprobe. Für sämtliche entnommenen Grobfutterproben wurden Nährstoffanalysen auf Grundlage der NIRS Technologie im Labor der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Service GmbH (LKS) in Lichtenwalde durchgeführt. Das Milchleistungsfutter wurde vom gleichen Labor mit Hilfe einer Nass-Chemischen-Analyse untersucht. Für die Nachkalkulation der Nährstoffgehalte in den Mischrationen dienten schließlich die Mittelwerte der Bohrstock- und Sammelproben, die Probenergebnisse der MLF sowie die aus den Wiegetrögen ermittelten TM-Gehalte der Grobfutter.

2.4 Rationsgestaltung

Für die Rationsgestaltung wurden die Empfehlungen der DLG (2001) berücksichtigt. Den Versuchskühen wurde demnach eine Lebendmasse von 700kg und eine Tagesleistung von 38kg Milch mit einem Fettgehalt von 4,0% und einem Eiweißgehalt von 3,4% unterstellt. Im Anschluss wurden die Kalkulationen mit Hilfe des Softwareprogrammes "Rind 97" vorgenommen. Tabelle 2 veranschaulicht die Zusammensetzung der Rationen auf Basis der kalkulierten Trockenmasseaufnahmen. Zusammengesetzt war die Ration aus den Komponenten Grassilage, Maissilage, Luzerneheu sowie dem MLF. Die zwei Rationen unterschieden sich lediglich in Bezug auf das MLF. Entsprechend der angepassten Phosphorversorgung in der Versuchsgruppe wurden die MLF, die größtenteils aus den gleichen Komponenten bestanden, unterschiedlich zusammengesetzt. Mineralfutter wurde den Rationen nicht gesondert beigemischt, denn es war bereits im MLF enthalten. Nach zwei Wochen Versuchszeit wurde eine neue Maissilomiete angebrochen. Aus diesem Grund wurde die Ration neu kalkuliert. Ab dem 21. März 2018 wurden ihr dann nicht wie zuvor 18kg

FM, sondern 19kg FM Maissilage beigemischt, so dass sich vergleichbare Nährstoffgehalte ergaben.

Tab. 2: Zusammensetzung der Futtermischungen in den Gruppen

Komponente	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle
	10.03. - 20.03.2018		21.03. - 09.07.2018	
	kg TM/Kuh/Tag und (% der TM)			
Grassilage (35,4 % TM; 6,4 MJ NEL/kg TM)	7,27 (32,9)	7,27 (32,9)	7,27 (33,3)	7,27 (33,3)
Maissilage (37,3 % TM; 6,9 MJ NEL/kg TM)	6,70 (30,3)	6,70 (30,3)	-	-
Maissilage (34,0 % TM; 6,7 MJ NEL/kg TM)	-	-	6,46 (29,6)	6,46 (29,6)
Luzerneheu	0,92 (04,2)	0,92 (04,2)	0,92 (04,2)	0,92 (04,2)
MLF Kontrolle	-	7,20 (32,6)	-	7,20 (33,0)
MLF P-Minus	7,20 (32,6)	-	7,20 (33,0)	-

Wie sich die Ration in Bezug auf die Nährstoffgehalte zusammengesetzt hat, ist in Tabelle 3 dargestellt. Hierbei wurden Mittelwerte der zwei Fütterungsvarianten, die sich auf Grund des Wechsels der Maissilomieten ergeben haben, aus der Nachkalkulation der Rationen verwendet. Angegeben sind die Nährstoffgehalte je kg TM. Erwähnenswert ist hier besonders der Phosphorgehalt, der sich deutlich zwischen der Versuchsgruppe mit 3,8g/kg TM und der Kontrollgruppe mit 4,5g/kg TM differenziert. Entsprechend der Versuchsfrage konnte durch die Anpassung der MLF so eine deutliche Differenzierung im Phosphorgehalt zwischen den beiden Fütterungsgruppen erreicht werden.

Tab. 3: Nährstoffgehalte der Futterrationen in den Gruppen

Parameter	Einheit	Versuch	Kontrolle
NEL	MJ/kg TM	7,1	7,1
XP	g/kg TM	164	163
nXP	g/kg TM	153	153
UDP	%	14	14
RNB	g/kg TM	1,8	1,7
XF	g/kg TM	186	182
SW		1,6	1,6
aNDFom	g/kg TM	344	327
ADFom	g/kg TM	214	219
NFC	g/kg TM	376	393
XL	g/kg TM	44	47
XS	g/kg TM	150	173
bXS	g/kg TM	15	15
XZ	g/kg TM	58	48
XZ+XS-bXS	g/kg TM	193	207
XA	g/kg TM	72	70
Ca	g/kg TM	6,2	6,5
P	g/kg TM	3,8	4,5
Na	g/kg TM	2,3	2,1
Mg	g/kg TM	1,9	2,0
K	g/kg TM	18	17
Cl	g/kg TM	5,4	5,2
S	g/kg TM	2,8	2,9
DCAB	meq/kg TM	223	197

Nachfolgend geben Tabelle 4 und 5 die Zusammensetzung sowie die Nährstoffgehalte der MLF wieder. Rapsextraktionsschrot (RES), Weizen, Sonnenblumenextraktionsschrot, Getreideschlempe, geschütztes Rapsfett und geschütztes RES, Melasse und Melasseschnitzel, Maiskleber, phosphorloses Mineralfutter sowie Harnstoff sind die Bestandteile, aus denen sich das MLF der Versuchsgruppe zusammensetzt. In dem MLF der Kontrollgruppe wurde auf den Zusatz von Getreideschlempe und Harnstoff verzichtet. Wie Tabelle 4 zu entnehmen ist, wurden RES und Weizen in dem MLF der Versuchsgruppe in geringerem Umfang eingesetzt als in dem MLF der Kontrollgruppe. Im Ausgleich dazu sind allerdings die Mengen an geschütztem RES und Melasseschnitzel in dem MLF der Versuchsgruppe wesentlich höher als in dem der Kontrollgruppe.

Tab. 4: Zusammensetzung des Milchleistungsfutters in den Gruppen

Komponente	Versuch	Kontrolle
	in %	
Rapsextraktionsschrot	8	38
Weizen	8	29
Sonnenblumenextraktionsschrot	4	10
Getreideschlempe	4	-
geschütztes Rapsextraktionsschrot	25	7
geschütztes Rapsfett	4	4
Melasse	4	3
Melasseschnitzel	34	3
Maiskleberfutter	6	3
Mineralfutter ohne Phosphor	2	3
Harnstoff	1,4	-

Die Nährstoffzusammensetzung der MLF auf Basis g je kg FM ist in Tabelle 5 angegeben. Der Energie- und auch der Proteingehalt der beiden Mischungen sind annähernd identisch. Im Zucker- und Stärkegehalt gibt es Unterschiede zwischen den Gruppen. Ebenso ist auch der Phosphorgehalt zwischen der Versuchs- (5,5g/kg MLF) und der Kontrollgruppe (7,2g/kg MLF) sehr unterschiedlich.

Tab. 5: Nährstoffgehalte des Milchleistungsfutters in den Gruppen (je kg FM)

Parameter	Einheit	Versuch	Kontrolle
TM	g/kg	890	890
NEL	MJ/kg	6,9	7,0
XP	g/kg	239	237
nXP	g/kg	178	171
UDP	%	38	30
RNB	g/kg	14	15
XF	g/kg	116	104
aNDFom	g/kg	273	225
ADFom	g/kg	160	172
NFC	g/kg	239	285
XL	g/kg	57	66
ADL	g/kg	44	56
XZ	g/kg	84	58
XS	g/kg	146	210
XA	g/kg	82	77
Ca	g/kg	9,8	10,7
P	g/kg	5,5	7,2
Na	g/kg	5,1	4,5
K	g/kg	11,3	9,7
Mg	g/kg	2,7	3,0
Cl	g/kg	6,9	6,6
S	g/kg	4,1	4,3
DCAB	meq/kg	63,9	-7,9

2.5 Datenerfassung

2.5.1 Futter- und Wasseraufnahme

Über den gesamten Versuchszeitraum erfolgte die Messung der tierindividuellen Futteraufnahmen über die Wiegetroganlage der Firma Döhrn. Die Halsbänder aller Tiere waren mit Responderkarten ausgestattet, sodass jede Kuh individuell von den Antennen der Wiegetrogtüren erkannt werden konnte. Wurde ein Tier identifiziert, entriegelte sich die Tür und das Tier hatte die Möglichkeit Futter aufzunehmen. Wenn die Kuh den Trogbereich verlassen hat und sich die Tür wieder geschlossen hat, wurde durch einen Kontaktschalter festgestellt, dass der Fressvorgang der Kuh beendet ist. Nun wurde aus dem Differenzgewicht zwischen Beginn und Ende des Fressvorganges die genaue Frischmasseaufnahme der Kuh ermittelt. Sämtliche Trogbesuche eines Tages wurden zusammengefasst und in einer Datenbank gespeichert. Nach dem

gleichen Prinzip erfolgte, über Wiegetränken des gleichen Herstellers, die Erfassung der Wasseraufnahme.

2.5.2 Wiederkauaktivität

Bei insgesamt 24 Kühen, also 12 Tieren pro Gruppe, wurde die Wiederkauaktivität durch eine am Hals angebrachte Sensortechnik erfasst. Dazu wurde das "Heatime HR System" der Firma SCR herangezogen. Die genaue Positionierung des Sensors erfolgte an der oberen linken Halsseite am Halsband der Tiere. Die Auswahl der Tiere zur Bildung vergleichbarer Gruppen erfolgte nach den Kriterien Laktnr., LT, Milchmenge sowie Milchhaltsstoffe. Über akustische Signale wurde die Wiederkaudauer in Minuten ermittelt. Ebenso konnte auf Grund verschiedener akustischer Signale das Wiederkauen und die Rejektion differenziert betrachtet werden. Insgesamt wurde somit die Wiederkaudauer des kompletten Tages, angegeben in Minuten, drahtlos an ein EDV System weitergeleitet und zur weiteren Nutzung gespeichert.

2.5.3 Milchmenge und Inhaltsstoffe

Die tierindividuelle Milchmengenerfassung wurde täglich über die automatische Milchmengenmessung während des Melkvorganges im Melkkarussell der Firma GEA durchgeführt. Die erfassten Daten wurden in einer Datenbank gespeichert und zudem an das Herdenmanagementsystem "Herde" der Firma dsp Agrosoft übermittelt. Im wöchentlichen Rhythmus wurden die Milchkontrollen vom Landeskontrollverband Nordrhein-Westfalen e.V. (LKV) ausgeführt. Diese fanden in der Regel montagsnachmittags zur zweiten und dienstagsmorgens zur ersten Melkzeit statt. Durch die Kontrollen wurden die für die MLP üblichen Parameter erhoben. Die Milchmenge wurde, nach SPIEKERS et al. (2009), anhand folgender Formel auf die energiekorrigierte Milchmenge (ECM) mit 3,4% Eiweiß und 4,0% Fett umgerechnet, um die Milch mit unterschiedlichen Fett- und Eiweißgehalten vergleichbar zu machen:

$$\text{ECM} = ((0,38 \times \text{Fett (\%)} + 0,21 \times \text{Eiweiß (\%)} + 1,05) \times \text{Milchmenge (kg)}) / 3,28$$

2.5.4 Lebendmasse und Körperkondition

Das Körpergewicht der laktierenden Kühe wurde mit Hilfe einer Viehwaage nach jedem Melkvorgang ermittelt. Die Viehwaage war auf dem Rücklaufweg von Melkstand Richtung Stall installiert, so dass das Gewicht aller Tiere zweimal täglich erfasst

werden konnte. Über eine integrierte Tiererkennung durch einen Transponder am Halsband konnten so die Daten für jede Kuh aufgenommen und in einer Datenbank des Managementsystems "Herde" gespeichert werden. Die trockenstehenden Kühe wurden einmal wöchentlich mit Hilfe desselben Systems gewogen.

Die Erfassung der individuellen Körperkondition der Tiere wurde anhand eines Body-Condition-Scorings zweimal monatlich vorgenommen. Dazu wurde den Kühen durch eine subjektive Betrachtung BCS-Noten mit einer Notenskala von 1-5 vergeben. Eine sehr niedrige Note weist dabei auf einen eher abgemagerten Zustand der Kuh hin. Eine sehr hohe Benotung zeigt eine Verfettung an. Hierzu wurde das Beurteilungssystem von EDMONSON et al. (1989) befolgt.

2.5.5 Kot- und Harnproben

Von je fünf Tieren aus jeder Gruppe wurden am 24.05.2018 Kot- und Harnproben entnommen und anschließend analysiert, um die Phosphorausscheidungen über die Exkremate aus den analysierten Gehalten berechnen zu können. Die Kotproben wurden bei den Tieren rektal durch einen Probennehmer entnommen und daraufhin in einem Kunststoffbehälter aufbewahrt. Der Harn wurde durch eine sogenannte Spontanharnprobe entnommen. Zur Anregung des Harndranges wurden die Tiere im unteren Scheidenbereich massiert (GRÜNDER 1990). Bei Blasenentleerung wurde dann aus dem Mittelstrahl eine Probe gezogen und ebenfalls in einem Probengefäß aus Kunststoff aufgehoben. Beide Proben wurden bis zur Analyse in einem Gefrierschrank aufbewahrt. Die Analyse der Kot- und Harnproben wurde in dem Labor der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFÄ) Nordrhein-Westfalen durchgeführt.

2.5.6 Gülleuntersuchungen

Nach gründlichem Aufrühren der Gülle in den zwei separaten Vorgruben, wurde mit Hilfe eines Probeentnahmegertes je eine Gülleprobe aus der Versuchs- und eine aus der Kontrollgruppe erfasst. Die Probenahmen erfolgten am 20.04., 28.05. und 02.07.2018. Anschließend wurden die Proben in einem Probengefäß aus Kunststoff im Kühlschränk aufbewahrt. Die Analyse der Gülleproben wurde von der LUFÄ NRW vorgenommen. Neben der Analyse des Güllematerials bei der LUFÄ wurde in Riswick eine Dichtemessung des Güllematerials von den zwei Gruppen vorgenommen. Dazu wurden an einem Termin 6000cm³ Gülle aus der Vorgrube der Kontroll- und 5800cm³

aus der Vorgrube der Versuchsgruppe entnommen. Aus dem Gewicht und dem Volumen der Proben wurde die Dichte berechnet. Außerdem wurden zu 21 Terminen Güllestandsmessungen in den Vorgruben durchgeführt. Dazu wurden Datum, Uhrzeit, Gruppe, Kuhzahl und Füllstand im Güllekeller notiert. Aus diesen Daten wurde die tägliche Güllemenge in Liter je Kuh ermittelt. Mit Hilfe dieser Mengen und den analysierten Nährstoffen konnte schließlich die Wiederfindung des Phosphors in der Gülle errechnet werden.

2.6 Datenauswertung

2.6.1 Datenaufbereitung

Zur Datenaufbereitung wurden die Rohdaten aus den verschiedenen Datenbanken herangezogen. Zum einen waren das die Daten zur Futter- und Wasseraufnahme aus dem Kuhdatenmanagementsystem "KuhDaM" der Tier und Daten GmbH aus Westensee. Des Weiteren diente das betriebliche Herdenmanagementsystem "Herde" dazu, die gespeicherten Milchmengen und die Tiergewichte zur Verfügung zu stellen. Die Wiederkaudaten wurden aus dem Managementprogramm der Firma SCR exportiert. Außerdem wurden die ermittelten TM-Gehalte und die daraus resultierenden TM-Aufnahmen aus den täglichen Frischmasseproben herangezogen. In einer Exceldatei wurden dann diese gesamten Daten inklusive der Analyseergebnisse aus der Milchleistungsprüfung, den Gülleproben, den Harn- und Kotproben sowie der Ergebnisse des Body-Condition-Scorings zusammengefasst. Anhand von Stallbucheinträgen wurden unplausible bzw. fehlerhafte Daten eliminiert. Hierbei wurden Daten vom 26. März, 27. März und 24. Juni wegen fehlender oder lückenhafter Wiegetrogsdaten gelöscht. Außerdem wurden alle Daten zur Wasseraufnahme vom 10. bis zum 28. März auf Grund einer defekten Tränke eliminiert. Vor der statistischen Verrechnung wurden alle Einzeldaten ausgeschlossen, die um mehr als drei Standardabweichungen abwichen. Nachdem der relevante Laktationszeitraum vom 30. bis zum 230. Laktationstag definiert wurde, wurden 67 Daten gemäß der oben genannten Plausibilisierung ausgeschlossen.

2.6.2 Statistische Auswertung

Die gesamte Statistik erfolgte mit Hilfe des Programmpaketes SAS (SAS Statistical Analysis Software, Version 9.4). Im Bereich der deskriptiven Statistik wurden Kennwerte wie der Mittelwert, das Minimum, das Maximum und die

Standardabweichung für die verschiedenen Merkmale in Abhängigkeit der Behandlung berechnet und dargestellt. Für die schließende Statistik wurden LSQ-Mittelwerte (LSM), Mittelwertdifferenzen und Standardfehler (SE) berechnet. Auf Grundlage eines linear gemischten Wiederholbarkeitsmodelles für die Merkmale der Futter-, Energie-, Nährstoff- und Mineralstoffaufnahme, der Wasseraufnahme, der Wiederkaudauer, der täglichen Milchleistung sowie des Lebendgewichtes wurde die Auswertung der Daten durchgeführt. Folgendes statistische Modell wurde genutzt:

$$y = \mu + \text{TAG} + \text{VGRP} + \text{LNO} + f(\text{Itg}) (\text{LNO}) + \text{Kuh} + e$$

Mit: y	= Beobachtungswert des jeweiligen Merkmals
μ	= allgemeines Mittel
TAG	= fixer Effekt des Beobachtungstages
VGRP	= fixer Effekt der Behandlung (Kontrolle, P-minus)
LNO	= fixer Effekt der Laktationsnummer (1,2, ≥ 3)
f(Itg) (LNO)	= Laktationskurve innerhalb der Laktation Laktationskurve: $\text{Itg}/230 + (\text{Itg}/230)^2 + \ln(230/\text{Itg}) + (\ln(230/\text{Itg}))^2$
Kuh	= zufälliger Effekt der Kuh
e	= zufälliger Restfehler

Zudem wurde ein weiteres lineares gemischtes Wiederholbarkeitsmodell für die wöchentlichen Merkmale der Milchleistung, der Milchinhaltstoffe, der Körperkondition und der P-Bilanz durchgeführt. Hierzu galt die nachstehende Gleichung:

$$y = \mu + \text{TAG} + \text{VGRP} + \text{LNO} + f(\text{Itg}) + \text{Kuh} + e$$

Mit: y	= Beobachtungswert des jeweiligen Merkmals
μ	= allgemeines Mittel
TAG	= fixer Effekt des Beobachtungstages
VGRP	= fixer Effekt der Behandlung (Kontrolle, P-minus)
LNO	= fixer Effekt der Laktationsnummer (1,2, ≥ 3)
f(Itg)	= Laktationskurve: $\text{Itg}/230 + (\text{Itg}/230)^2 + \ln(230/\text{Itg}) + (\ln(230/\text{Itg}))^2$
Kuh	= zufälliger Effekt der Kuh
e	= zufälliger Restfehler

2.6.3 Berechnung der Phosphorausscheidung über Kot und Harn

Die Phosphorausscheidungen über Kot und Harn von je fünf Tieren aus der Versuchs- und aus der Kontrollgruppe wurden ermittelt, um sie dann mit den durch die Gülleuntersuchung analysierten Phosphorwerten vergleichen zu können. Zur Erfassung der Phosphorausscheidungen wurden die Nährstoffwerte aus den Prüfberichten der LUFA zur Kot- und Harnanalyse und auch einige Tageswerte wie beispielsweise die Trockenmasseaufnahme, die Nährstoffaufnahmen oder die Milchmengen, die ebenso für die statistische Analyse verwendet wurden, herangezogen. Die Berechnung der Phosphorausscheidungen ist in mehrere aufeinanderfolgende Schritte gegliedert. Zunächst wird die Ermittlung der Kotmenge (g/Tag), dann die Berechnung der Phosphorausscheidungen über den Kot (g/Tag), daraufhin die Ermittlung der Harnmenge (l/Tag) und schließlich die Berechnung der Phosphorausscheidungen über den Harn (g/Tag) beschrieben.

2.6.3.1 Berechnung der Kotmenge

Nachfolgend ist die Formel zur Ermittlung der Kotmenge (g/Tag) dargestellt. Die in der Formel enthaltene TM-Aufnahme (g/Tag) entstammt den Tageswerten der Wiegetrogdaten und ergibt sich aus einem Durchschnittswert von sieben Tagen.

Kotmenge (g/Tag)

$$= \text{TM-Aufnahme (g/Tag)} - \text{verdauliche Menge (g/Tag)}$$

Ein weiterer Bestandteil der Formel zur Berechnung der Kotmenge ist die verdauliche Menge (g/Tag). Diese errechnet sich aus der Multiplikation des Verdaulichkeitsquotienten (%) und der Aufnahme der organischen Substanz aus der Trockenmasse (g). Der Verdaulichkeitsquotient (VQ) nach Lukas et al. (2005) wird auf Grundlage der Formel $VQ = 79,76 - 107,7^{(-0,01515 * XP)}$ bestimmt. Durch ihn wird die Verdaulichkeit der organischen Substanz angegeben. In dieser Formel ist der Rohproteingehalt von der organischen Substanz des Kotes (g/kg) enthalten, der mit Hilfe des Kotstickstoffgehaltes ermittelt wird. Neben dem Verdaulichkeitsquotienten wird, wie bereits erwähnt, die Aufnahme der organischen Substanz aus der Trockenmasse (g) zur Ermittlung der verdaulichen Menge herangezogen. Diese ergibt sich aus der Differenz von TM-Aufnahme (g/Tag) und XA-Aufnahme (g/Tag). Diese beiden Werte entstammen den Tagesdaten, die mit Hilfe der Wiegetrogeanlage, dem TM-Gehalt der Rationen und den Nährstoffgehalten der Rationen kalkuliert werden konnten. Es handelt sich dabei um Mittelwerte von sieben Tagen.

2.6.3.2 Berechnung der Phosphorausscheidung über den Kot

In den folgenden Zeilen ist die Formel zur Berechnung der Phosphorausscheidung über den Kot (g/Tag) dargestellt. Die Ausscheidung des Phosphors über den Kot wird mit Hilfe einer Multiplikation aus der Kotmenge (kg/Tag) und dem Phosphorgehalt in der organischen Substanz des Kotes (g/kg) errechnet.

$$\begin{aligned} & \mathbf{P\text{-}Ausscheidung\ Kot\ (g/Tag)} \\ & \mathbf{=\ Kotmenge\ (kg/Tag)\ *\ P\ in\ Kot\ OS\ (g/kg)} \end{aligned}$$

Die Ermittlung der Kotmenge ist in Punkt 2.6.3.1 bereits umfangreich erläutert. Der analysierte Phosphatgehalt stammt aus den Analyseergebnissen der LUFA zur Kotprobe. Dieser Wert wird zunächst durch eine Nährstoffumrechnung mit dem Umrechnungsfaktor 2,291 zu Phosphor umgerechnet (DLG 2014). Der daraus resultierende Phosphorgehalt in der Frischmasse des Kotes (%) wird dann erst in Bezug zur Trockenmasse (g/kg) und schließlich zur organischen Substanz (g/kg) des Kotes gesetzt.

2.6.3.3 Berechnung der Harnmenge

Die Harnmenge (l/Tag) ergibt sich aus der unten angegebenen Formel. Für die Berechnung wird Kalium als Marker genutzt. Nach WARD (1966) sind die Ausscheidungen von Kalium bei laktierenden Kühen über den Kot, den Harn und die Milch mit verschiedenen Anteilen festgeschrieben. Vor diesem Hintergrund kann die Harnmenge berechnet werden. Die Harnmenge errechnet sich somit aus der Kaliumausscheidung über den Urin (g/Tag) dividiert durch die Kaliumkonzentration des Urins (g/l). Die Kaliumkonzentration des Urins wird mit dem Umrechnungsfaktor 1,205 aus der Kaliumoxidkonzentration ermittelt (DLG 2014). Diese entstammt den Analyseergebnissen der LUFA zur Harnprobe.

$$\begin{aligned} & \mathbf{Harnmenge\ (l/Tag)} \\ & \mathbf{= K\text{-}Ausscheidung\ Urin\ (g/Tag)\ /\ K\text{-}Konzentration\ Urin\ (g/l)} \end{aligned}$$

Der Anteil des Kaliums (g/Tag), der täglich über Blasenentleerung ausgeschieden wurde, konnte aus der Differenz der täglichen Kaliumaufnahme (g/Tag) und der täglichen Ausscheidung von Kalium über Kot und Milch (g/Tag) kalkuliert werden. Die tägliche Kaliumaufnahme konnte über die Tagesdaten als Mittelwert von sieben Tagen herangezogen werden. Die Ausscheidung von Kalium über die Milch wurde aus der Milchmenge und dem Faktor 1,5 errechnet (DLG 2014). Durch die Multiplikation der

Kotmenge und dem von der LUFA analysierten Kaliumgehalt der Kot-TM, welcher aus der K₂O-Konzentration mit dem Faktor 1,205 umgerechnet wurde, konnte die Kaliumausscheidung über den Kot kalkuliert werden (DLG 2014).

2.6.3.4 Berechnung der Phosphorausscheidung über den Harn

Die Ausscheidung des Phosphors über den Harn (g/Tag) ergibt sich aus der Multiplikation der Phosphorkonzentration im Urin (g/l) und der Harnmenge (l/Tag). Die Gleichung dazu ist nachstehend aufgeführt.

$$\begin{aligned} & \mathbf{P\text{-}Ausscheidung\ Harn\ (g/Tag)} \\ & \mathbf{= P\text{-}Konzentration\ Urin\ (g/l) * Harnmenge\ (l/Tag)} \end{aligned}$$

Die Ermittlung der Harnmenge ist in Punkt 2.6.3.3 bereits umfangreich erläutert. Die für die Berechnung der Phosphorausscheidung über den Harn notwendige Phosphorkonzentration im Urin wird aus dem Phosphatgehalt des Urins abgeleitet, der den Analyseergebnissen der Harnuntersuchung von der LUFA entnommen wird. Für die Umrechnung wird der Phosphatgehalt durch den Faktor 2,291 dividiert (DLG 2014).

3. Ergebnisse

3.1 Futter- und Nährstoffaufnahme

3.1.1 Trockenmasseaufnahme

Wie der Tabelle 6 zu entnehmen ist, sind die Futterraufnahmen zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe annähernd gleich. Die mittlere TM-Aufnahme liegt in der Versuchsgruppe bei 21kg ($\pm 4,9$) und in der Kontrollgruppe bei 21,2kg ($\pm 5,6$). Die TM-Aufnahmen schwanken dabei zwischen einem Minimum von 4,6kg bis zu einem Maximum von 37,6kg in der Versuchsgruppe und einem Minimum von 4,8kg bis zu einem Maximum von 38,2kg in der Kontrollgruppe.

Tab. 6: Deskriptive Statistik der täglichen TM-Aufnahme aus der TMR

Variante	n	\bar{x} (\pm SD)	min	max
		kg	kg	kg
Versuch	2811	21,0 ($\pm 4,9$)	4,6	37,6
Kontrolle	2836	21,2 ($\pm 5,6$)	4,8	38,2

Der Vergleich der Least Square Means (LSM) der beiden Gruppen zeigt, dass es keinen signifikanten Unterschied in der TM-Aufnahme zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe gibt (siehe Tabelle 7). So nahm die Versuchsgruppe täglich 20,7kg und die Kontrollgruppe 21,1kg TM auf. Der Signifikanzwert liegt dabei bei 0,693 und gilt als Bestätigung dafür, dass sich die Gruppen in der TM-Aufnahme nicht unterscheiden.

Tab. 7: LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangabe der täglichen TM-Aufnahme aus der TMR (kg)

Variante	n	LSM	p	SE
Versuch	2811	20,7	0,693	$\pm 1,08$
Kontrolle	2836	21,1		

Der Verlauf der täglichen TM-Aufnahmen ist in Abbildung 2 aufgeführt. Die Darstellung erfolgt mit Hilfe arithmetischer Mittelwerte pro Woche für jede Versuchsgruppe. Betrachtet man diese zwei Verläufe wird nochmal deutlich, dass die TM-Aufnahmen der beiden Gruppen annähernd identisch sind. Ab Versuchswoche acht pendeln sich die Futterraufnahmen auf einer konstanten Höhe ein und halten in beiden Gruppen bis Versuchsende dieses Niveau.

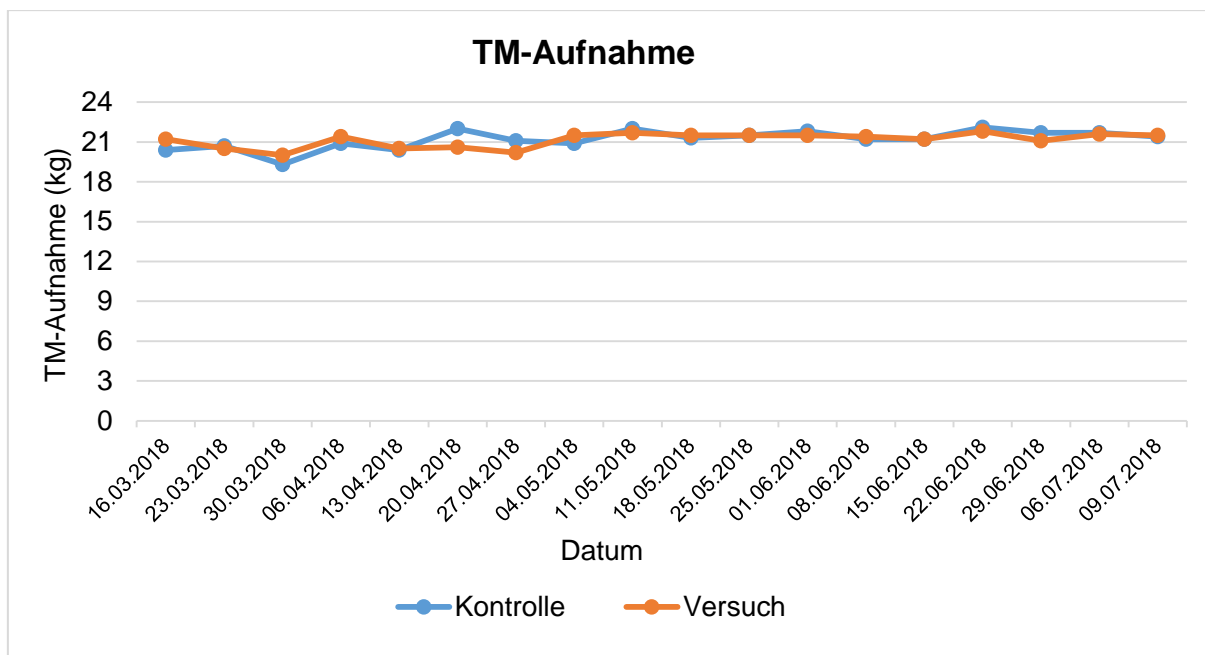


Abb. 2: Verlauf der TM-Aufnahme der zwei Gruppen im wöchentlichen Mittel

3.1.2 Energieaufnahme

Die energetische Versorgung der Kühe ist in Tabelle 8 dargestellt. Auf Grundlage der täglichen TM-Aufnahme und des Energiegehaltes der nachkalkulierten Rationen wurde die tierindividuelle Energieaufnahme berechnet. Für die Versuchsgruppe beläuft sich die tägliche mittlere Energieaufnahme auf 148 MJ NEL ($\pm 34,4$). In der Kontrollgruppe liegt sie bei 150 MJ NEL ($\pm 39,5$). Der niedrigste Wert liegt in der Versuchsgruppe bei 32 MJ NEL und in der Kontrollgruppe bei 33,8 MJ NEL. Die Höchstwerte liegen bei 263 MJ NEL in der Versuchs- und bei 270 MJ NEL in der Kontrollgruppe.

Tab. 8: Deskriptive Statistik der täglichen Energieaufnahme aus der TMR

Variante	n	\bar{x} (\pm SD)	min	max
		MJ NEL	MJ NEL	MJ NEL
Versuch	2811	148 ($\pm 34,4$)	32,0	263
Kontrolle	2836	150 ($\pm 39,5$)	33,8	270

Die Überprüfung der LSM auf statistisch absicherbare Unterschiede hat ergeben, dass es bezüglich der Energieaufnahme keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen gibt (siehe Tabelle 9). In der Versuchsgruppe wurden täglich 145 MJ

NEL aufgenommen. In der Kontrollgruppe betrug die tägliche Energieaufnahme 149 MJ NEL.

Tab. 9: LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangabe der täglichen Energieaufnahme aus der TMR (MJ NEL)

Variante	n	LSM	p	SE
Versuch	2811	145	0,591	±7,63
Kontrolle	2836	149		

3.1.3 Nährstoffaufnahme

Nachfolgend werden die mittleren Nährstoffaufnahmen der Versuchs- und der Kontrollgruppe in Tabelle 10 beschrieben. Ebenso wie die Energieaufnahmen werden auch die täglichen Nährstoffaufnahmen auf Grundlage der Nährstoffgehalte der nachkalkulierten Rationen sowie der TM-Aufnahmen ermittelt. Für beide Gruppen

Tab. 10: Deskriptive Statistik der täglichen Nährstoffaufnahme aus der TMR

Variante	n	Nährstoff	\bar{x} (\pm SD)	min	max
			g	g	g
Versuch	2811	XP	3429 (\pm 799)	744	6130
		XF	3994 (\pm 935)	872	7175
		aNDFom	7361 (\pm 1722)	1606	13212
		ADFom	4587 (\pm 1073)	1001	8234
Kontrolle	2836	XP	3445 (\pm 906)	777	6192
		XF	3942 (\pm 1040)	862	7127
		aNDFom	7060 (\pm 1861)	1559	12755
		ADFom	4722 (\pm 1245)	1043	8530

wurden Rohprotein- und Rohfaseraufnahmen sowie die Aufnahmen an neutraler und saurer Detergenzienfaser (beides aschefrei) veranschaulicht. In der Versuchsgruppe konnte eine Rohproteinaufnahme von 3429g (\pm 799) und eine Rohfaseraufnahme von 3994g (\pm 935) verzeichnet werden. Die Aufnahme der neutralen Detergenzienfaser liegt in dieser Gruppe bei 7361g (\pm 1722) und die der sauren Detergenzienfaser bei 4587g (\pm 1073). Auf annähernd gleichem Niveau liegen die Aufnahmen in der Kontrollgruppe.

Tab. 11: LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangaben der täglichen Nährstoffaufnahme aus der TMR (g)

Variante	Nährstoff	n	LSM	p	SE
Versuch	XP	2811	3374	0,765	±176
		2836	3427		
Versuch	XF	2811	3930	0,958	±203
		2836	3919		
Versuch	aNDFom	2811	7247	0,539	±367
		2836	7020		
Versuch	ADFom	2811	4512	0,445	±239
		2836	4696		

Zur statistischen Absicherung ist in Tabelle 11 die Überprüfung der LSM für alle zuvor erwähnten Nährstoffe gelistet. Aus statistischer Sicht ist festzuhalten, dass keine signifikanten Unterschiede in der Nährstoffaufnahme zwischen den beiden Gruppen bestehen. Für alle Nährstoffe schwanken die Signifikanzwerte zwischen 0,445 und 0,958 und weisen somit in keiner Weise auf einen Unterschied hin.

Tab. 12: Deskriptive Statistik der täglichen Mengenelementaufnahme aus der TMR

Variante	n	Mengenelement	\bar{x} (\pm SD)	min	max
			g	g	g
Versuch	2811	Ca	130 (\pm 30)	28	233
		P	81 (\pm 19)	18	144
		Na	50 (\pm 12)	11	89
		Mg	39 (\pm 09)	8	71
		K	373 (\pm 87)	81	668
		Cl	112 (\pm 26)	24	200
		S	59 (\pm 14)	13	106
	393	P-Bilanz	47 (\pm 18)	-6,7	99
Kontrolle	2836	Ca	137 (\pm 36)	31	248
		P	95 (\pm 25)	22	171
		Na	44 (\pm 12)	10	80
		Mg	42 (\pm 11)	9	75
		K	365 (\pm 96)	82	658
		Cl	110 (\pm 29)	25	199
		S	61 (\pm 16)	14	110
	395	P-Bilanz	63 (\pm 24)	-12,7	141

Die tägliche Aufnahme an Mengenelementen zeigt die Tabelle 12. Zudem ist für beide Gruppen die Phosphorbilanz aufgeführt. Erwähnenswert aber nicht überraschend ist in dieser Darstellung, dass sich die täglichen mittleren Phosphoraufnahmen mit 81g (± 19) in der Versuchsgruppe und 95g (± 25) in der Kontrollgruppe wesentlich unterscheiden. Dementsprechend fällt die Phosphorbilanz in der Versuchsgruppe niedriger aus als in der Kontrollgruppe. Neben der Phosphoraufnahme ist auch die mittlere tägliche Natriumaufnahme zwischen den Gruppen auf einem unterschiedlichen Niveau.

Tab. 13: LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangaben der täglichen Mengenelementaufnahme aus der TMR (g)

Variante	Mengenelement	n	LSM	p	SE
Versuch	Ca	2811	128	0,226	$\pm 6,91$
Kontrolle		2836	137		
Versuch	P	2811	79	0,002	$\pm 4,62$
Kontrolle		2836	95		
Versuch	Na	2811	49	0,057	$\pm 2,37$
Kontrolle		2836	44		
Versuch	Mg	2811	38	0,123	$\pm 2,09$
Kontrolle		2836	42		
Versuch	K	2811	367	0,810	$\pm 18,8$
Kontrolle		2836	363		
Versuch	Cl	2811	110	0,933	$\pm 5,68$
Kontrolle		2836	110		
Versuch	S	2811	58	0,415	$\pm 3,09$
Kontrolle		2836	61		
Versuch	P-Bilanz	393	45	0,0004	$\pm 4,62$
Kontrolle		395	63		

In Betrachtung der LSM-Werte können die zuvor erwähnten Unterschiede der Mengenelementaufnahmen zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe statistisch gesichert werden (siehe Tabelle 13). Ein signifikanter Unterschied besteht in der Phosphor- und in der Natriumaufnahme. Statistisch betrachtet wurden in der Versuchsgruppe täglich 79g und in der Kontrollgruppe 95g Phosphor aufgenommen. Das Signifikanzniveau ist dabei mit 0,002 ($p \leq 0,01$) als sehr signifikant einzustufen. Die täglichen Natriumaufnahmen unterscheiden sich mit 49g in der Versuchs- und 44g in der Kontrollgruppe mit einem dazugehörigen P-Wert von 0,057 fast signifikant. Als höchst signifikant ($p \leq 0,001$) ist der Unterschied zwischen den zwei Phosphorbilanzen

zu betrachten. Für die Versuchsgruppe ergibt sich eine Bilanz von 45g und für die Kontrollgruppe eine Bilanz von 63g.

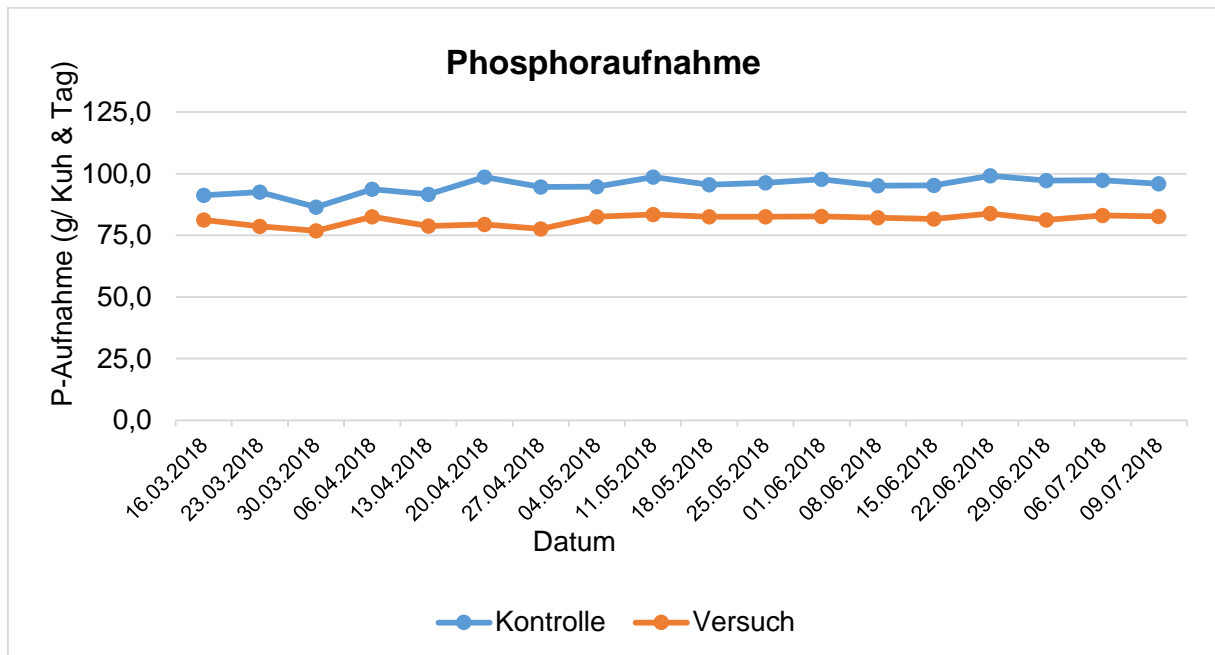


Abb. 3: Verlauf der P-Aufnahme der zwei Gruppen im wöchentlichen Mittel

Die grafische Darstellung der Phosphoraufnahme in Abbildung 3 verdeutlicht die Differenz zwischen den beiden Gruppen unter Berücksichtigung der bewusst gewählten Unterschiede in der Phosphorgabe. Die Versuchsgruppe hält die tägliche Phosphoraufnahme während dem gesamten Versuchsverlauf konstant zwischen 77 und 84g je Kuh und Tag. Im Kontrast dazu verläuft die tägliche Phosphoraufnahme der Kontrollgruppe zwischen 87 und 99g je Kuh und Tag auf einem deutlich höheren Niveau.

3.1.4 Wasseraufnahme

Aufgrund der bedeutenden Abhängigkeit zwischen Wasser- und TM-Aufnahme wird nun im Folgenden die tägliche Wasseraufnahme der Versuchs- und der Kontrollgruppe in Tabelle 14 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Versuchsgruppe im Mittel mit 96kg täglicher Wasseraufnahme ca. 5kg mehr Wasser aufnimmt als die Kontrollgruppe. Die Schwankungsbreite der täglichen Wasseraufnahme in der Versuchsgruppe ist mit 38-149kg geringfügig größer als die der Kontrollgruppe.

Tab. 14: Deskriptive Statistik der täglichen Wasseraufnahme

Variante	n	\bar{x} (\pm SD)	min	max
		kg	kg	kg
Versuch	2810	96 (\pm 18,3)	38	149
Kontrolle	2438	91 (\pm 17,3)	40	147

Das Signifikanzniveau von 0,016 ($p \leq 0,05$) gibt einen eindeutigen Hinweis darauf, dass sich die beiden Gruppen in Bezug auf die tägliche Wasseraufnahme signifikant voneinander unterscheiden. Tabelle 15 zeigt, dass in der Versuchsgruppe, statistisch betrachtet, täglich 95,8kg Wasser von den Versuchstieren aufgenommen wurden. Die tägliche Wasseraufnahme in der Kontrollgruppe lag hingegen nur bei 88,4kg.

Tab. 15: LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangabe der täglichen Wasseraufnahme (kg)

Variante	n	LSM	p	SE
Versuch	2810	95,8	0,016	\pm 2,93
Kontrolle	2438	88,4		

3.2 Milchleistungsparameter

Die deskriptive Statistik zu den Milchleistungsparametern wie die Milchmenge und die energiekorrigierte Milchleistung, der Fett- und Eiweißgehalte, der Harnstoffwerte, der Zellzahlen und der Laktosegehalt sind in Tabelle 16 dargestellt. Die durchschnittliche Milchleistung lag in der Versuchsgruppe bei 35,4 (\pm 6,3) kg und in der Kontrollgruppe bei 36,3(\pm 6,8) kg. Nach der Korrektur auf einheitliche Energiegehalte lag die Milchleistung in der Versuchsgruppe bei 32,8 (\pm 5,9) kg und in der Kontrollgruppe bei 33,5 (\pm 6,2) kg. Der deskriptiven Statistik ist auch zu entnehmen, dass sich die Versuchs- und die Kontrollgruppe bezüglich der Inhaltsstoffe Fett und Eiweiß sowie dem Eiweißquotienten sehr ähnlich sind. In der Versuchsgruppe liegt der mittlere Fettgehalt bei 3,7% (\pm 0,4) und der mittlere Eiweißgehalt bei 3,2% (\pm 0,3). In der Kontrollgruppe wird im Mittel ein Fettgehalt von 3,6% (\pm 0,5) und ein Eiweißgehalt von 3,2% (\pm 0,3) erzielt. So kommt es in der Versuchsgruppe zu einem Fett-Eiweiß-Quotienten von 1,2 (\pm 0,1) und in der Kontrollgruppe zu einen von 1,1 (\pm 0,1). Zu den Harnstoff-, Laktose- und Zellgehalten ist zu sagen, dass sich beide Gruppen hinsichtlich dieser Parameter fast gar nicht unterscheiden. In der Versuchsgruppe wurde ein mittlerer

Harnstoffgehalt von 219mg (± 44) und in der Kontrollgruppe einer von 211mg (± 43) pro kg Milch festgestellt. Die logarithmierten Werte der Zellzahlen liegen bei 1,66 ($\pm 1,4$) in der Versuchs- und bei 1,92 ($\pm 1,5$) in der Kontrollgruppe. Der Laktosegehalt liegt in beiden Gruppen bei knapp 4,8%.

Tab. 16: Deskriptive Statistik der Milchleistungsparameter

Variante	Parameter	n	\bar{x} (\pm SD)	min	max
Versuch	Milchleistung (kg)	2804	35,4 (\pm 6,3)	19	56
		2814	36,3 (\pm 6,8)	20	56
Versuch	ECM (kg)	397	32,8 (\pm 5,9)	20	52
		398	33,5 (\pm 6,2)	19	56
Versuch	Fett (%)	398	3,7 (\pm 0,4)	2,6	5,0
	Fett (kg)	397	1,3 (\pm 0,3)	0,7	2,1
	Eiweiß (%)	401	3,2 (\pm 0,3)	2,4	3,9
	Eiweiß (kg)	400	1,1 (\pm 0,2)	0,6	1,8
	Fett/ Eiweiß	398	1,2 (\pm 0,1)	0,8	1,6
Kontrolle	Fett (%)	402	3,6 (\pm 0,5)	2,3	5,0
	Fett (kg)	399	1,3 (\pm 0,3)	0,7	2,5
	Eiweiß (%)	402	3,2 (\pm 0,3)	2,5	3,9
	Eiweiß (kg)	399	1,1 (\pm 0,2)	0,7	1,9
	Fett/ Eiweiß	402	1,1 (\pm 0,1)	0,7	1,6
Versuch	Harnstoff (mg/kg)	398	219 (\pm 44)	92	357
	log. Zellzahlen	401	1,66 (\pm 1,4)	-1,3	8,6
	Laktosegehalt (%)	396	4,78 (\pm 0,1)	4,4	5,2
Kontrolle	Harnstoff (mg/kg)	401	211 (\pm 43)	104	361
	log. Zellzahlen	402	1,92 (\pm 1,5)	-1,1	7,6
	Laktosegehalt (%)	394	4,75 (\pm 0,2)	4,3	5,1

Der Verlauf der Milchleistung, dargestellt in Abbildung 4, visualisiert noch einmal die zuvor herausgestellten Ergebnisse. Die Darstellung des Verlaufes basiert auf Mittelwerte, die für jede Woche pro Gruppe errechnet wurden. Zu erkennen ist, dass beide Gruppen zu Versuchsstart mit einer täglichen Milchleistung von ungefähr 39kg starten und im Verlaufe des Versuches bis hin zu Versuchsende auf ungefähr 32-33kg abfallen.

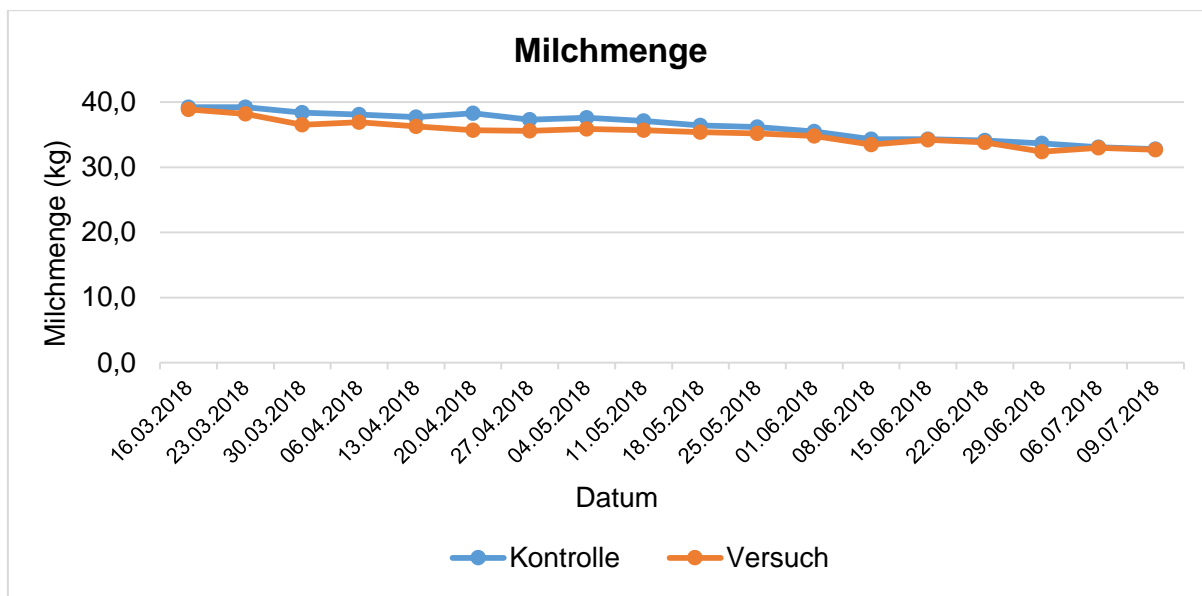


Abb. 4: Verlauf der Milchleistung der zwei Gruppen im wöchentlichen Mittel

Tab. 17: LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangaben der Milchleistungsparameter

Variante	Parameter	n	LSM	p	SE
Versuch	Milchleistung (kg)	2804	35,1	0,373	±0,98
Kontrolle		2814	36,0		
Versuch	ECM (kg)	397	32,6	0,514	±0,93
Kontrolle		398	33,2		
Versuch	Fett (%)	398	3,70	0,296	±0,08
Kontrolle		402	3,61		
Versuch	Fett (kg)	397	1,27	0,971	±0,04
Kontrolle		399	1,27		
Versuch	Eiweiß (%)	401	3,16	0,183	±0,05
Kontrolle		402	3,23		
Versuch	Eiweiß (kg)	400	1,08	0,105	±0,03
Kontrolle		399	1,13		
Versuch	Fett/Eiweiß	398	1,17	0,017	±0,02
Kontrolle		402	1,12		
Versuch	Harnstoff (mg/kg)	398	219	0,197	±6,35
Kontrolle		401	211		
Versuch	log. Zellzahlen	401	1,62	0,213	±0,23
Kontrolle		402	1,91		
Versuch	Laktosegehalt (%)	396	4,78	0,316	±0,03
Kontrolle		394	4,75		

Nach Prüfung der LSM-Werte hat sich ergeben, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe in Bezug auf die Milchleistung herrschen. In Tabelle 17 wird dies verdeutlicht. Ziemlich identisch zur deskriptiven

Statistik, gibt auch die schließende Statistik an, dass in der Versuchsgruppe eine tägliche Milchmenge von 35,1kg und in der Kontrollgruppe eine Leistung von 36kg erzielt wurde. Das Signifikanzniveau liegt bei 0,373 und weist somit auf den nicht bestehenden Unterschied hin. Durch die LSM-Werte wird zudem deutlich, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf die Gehalte an Milchfett und Milcheiweiß gibt. Der Vergleich der LSM-Werte zwischen den beiden Gruppen zeigt, dass weder im Harnstoff- oder im Laktose- noch im Zellgehalt große Abweichungen von der Versuchs- zur Kontrollgruppe bestehen.

3.3 Lebendmasse und Körperkondition

Tab. 18: Deskriptive Statistik der Lebendmasse und Körperkondition (BCS)

Variante		n	\bar{x} (\pm SD)	min	max
Versuch	BCS	141	2,9 (\pm 0,4)	1,8	3,8
	Lebendmasse (kg)	2799	642 (\pm 68,5)	476	830
Kontrolle	BCS	141	2,9 (\pm 0,4)	2,0	4,0
	Lebendmasse (kg)	2783	645 (\pm 64,5)	503	821

Die Körperkondition wurde anhand des Body Condition Scores (BCS) und der Lebendmasse ermittelt. In Hinsicht auf die deskriptive Statistik hat sich gezeigt, dass augenscheinlich keine Unterschiede zwischen den zwei Gruppen existieren (Tabelle 18). Beide Gruppen wurden im Mittel mit einem BCS von 2,9 bewertet. Die Bandbreite der Werte reicht in der Versuchsgruppe von 1,8 bis 3,8. In der Kontrollgruppe variieren die Werte zwischen 2,0 und 4,0. Das Lebendgewicht liegt im Mittel bei 642kg (\pm 68,5) in der Versuchs- und bei 645kg (\pm 64,5) in der Kontrollgruppe.

Tab. 19: LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangaben der Lebendmasse (kg) und Körperkondition (BCS)

Variante		n	LSM	p	SE
Versuch	Lebendmasse	2799	639	0,767	\pm 14,4
Kontrolle		2783	643		
Versuch	BCS	141	2,88	0,923	\pm 0,09
Kontrolle		141	2,87		

Die Überprüfung der LSM-Werte auf statistisch absicherbare Unterschiede hat ergeben, dass es bezüglich der Körperkondition keine Unterschiede zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe gibt (Tabelle 19). Bezüglich der Lebendmasse besteht ein Signifikanzwert von 0,767, der auf keinen signifikanten Unterschied hinweist. Auch hinsichtlich des BCS bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (Signifikanzwert = 0,923).

3.4 Wiederkauaktivität

Die Wiederkauaktivität wurde mit Hilfe der Wiederkausensoren ermittelt. Tabelle 20 zeigt, dass die mittlere tägliche Wiederkaudauer in der Versuchsgruppe bei 623 Minuten ($\pm 83,3$) und in der Kontrollgruppe bei 627 Minuten ($\pm 52,5$) lag. Die Schwankungsbreiten der zwei Gruppen fielen allerdings etwas unterschiedlich aus. Die Schwankungen der Versuchsgruppe reichen von 127 bis 804 Minuten und die der Kontrollgruppe von 389 bis 796 Minuten.

Tab. 20: Deskriptive Statistik der täglichen Wiederkaudauer

Variante	n	\bar{x} (\pm SD)	min	max
		min.	min.	min.
Versuch	1339	623 ($\pm 83,3$)	127	804
Kontrolle	1334	627 ($\pm 52,5$)	389	796

In Tabelle 21 sind die LSM-Werte der zwei Gruppen zur Wiederkaudauer gegenübergestellt. Die statistische Überprüfung dieser Werte zeigt, dass keine Unterschiede zwischen der Versuchs- und der Kontrollgruppe bestehen. In der Versuchsgruppe besteht ein LSM-Wert von 626 Minuten und in der Kontrollgruppe einer von 629 Minuten.

Tab. 21: LSM, SE der Mittelwertdifferenzen und Signifikanzangabe der Wiederkaudauer (min.)

Variante	n	LSM	p	SE
Versuch	1339	626	0,899	$\pm 21,4$
Kontrolle	1334	629		

3.5 Kot- und Harnuntersuchung

Die Ergebnisse der Kot- und Harnuntersuchungen, die von der LUFA durchgeführt wurden, können genutzt werden, um mit Hilfe der Kot-N-Methode nach LUKAS et al.

(2005) aus einigen der analysierten Nährstoffwerten die Phosphorausscheidung über die Exkremate zu berechnen. Zu den erhobenen Parametern liegt keine schließende Statistik vor, da lediglich zu drei Terminen Daten erhoben wurden. Nachfolgend soll daher eine deskriptive Statistik zeigen, in welchem Bereich die Daten liegen, welche anschließend für die Berechnung der Phosphorausscheidungen verwendet wurden. In Tabelle 22 und 23 sind die deskriptiven Statistiken der Kotuntersuchungen von der Versuchs- und der Kontrollgruppe dargestellt. Dazu wurden Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der analysierten Werte dargestellt. Wie der Tabelle 22 zu entnehmen ist, liegt der mittlere Gehalt an Trockensubstanz (TS) in der Versuchsgruppe bei 11,3% ($\pm 0,86$). Die Werte schwanken dabei zwischen 10,4 und 12,1%.

Tab. 22: Ergebnisse der Kotuntersuchung von der Versuchsgruppe

	Gruppe			
	Versuch			
	n	\bar{x} (SD)	min	max
TS (%)	5	11,3 ($\pm 0,86$)	10,4	12,1
Rohasche der FM (%)	5	1,57 ($\pm 0,15$)	1,43	1,83
Stickstoff (N) der FM (%)	5	0,36 ($\pm 0,04$)	0,32	0,43
Phosphat (P₂O₅) der FM (%)	5	0,19 ($\pm 0,04$)	0,15	0,26
Kaliumoxid (K₂O) der FM (%)	5	0,14 ($\pm 0,04$)	0,12	0,20

Der Rohaschegehalt beträgt in der Versuchsgruppe im Durchschnitt 1,57% ($\pm 0,15$). Die Untersuchung auf den Stickstoffgehalt des Kotes hat ergeben, dass durchschnittlich ein Wert von 0,36% vorliegt. Der Phosphatgehalt liegt im Mittel bei 0,19% ($\pm 0,04$) und schwankt dabei zwischen 0,15 und 0,26%. Die Analyse auf den Kaliumoxidgehalt im Kot hat ergeben, dass sich die Werte in der Versuchsgruppe zwischen 0,12 und 0,20% bewegen.

Tab. 23: Ergebnisse der Kotuntersuchung von der Kontrollgruppe

	Gruppe			
	Kontrolle			
	n	\bar{x} (SD)	min	max
TS (%)	5	12,6 (\pm 1,07)	10,8	13,7
Rohasche der FM (%)	5	1,79 (\pm 0,13)	1,60	1,93
Stickstoff (N) der FM (%)	5	0,41 (\pm 0,06)	0,33	0,47
Phosphat (P₂O₅) der FM (%)	5	0,27 (\pm 0,03)	0,23	0,31
Kaliumoxid (K₂O) der FM (%)	5	0,12 (\pm 0,02)	0,10	0,14

Die Tabelle 23 zeigt, dass der TS-Gehalt des Kotes in der Kontrollgruppe im Durchschnitt 12,6% (\pm 1,07) beträgt. Für den Rohaschegehalt liegt die Variation der Werte zwischen 1,60 und 1,93%. Der Stickstoffgehalt beträgt 0,41% (\pm 0,06). Der Phosphatgehalt im Kot liegt in der Kontrollgruppe bei 0,27% (\pm 0,03) und variiert dabei zwischen 0,23 und 0,31%. Der Kaliumoxidgehalt schwankt zwischen 0,10 und 0,14%.

Tab. 24: Ergebnisse der Harnuntersuchung von der Versuchsgruppe

	Gruppe			
	Versuch			
	n*	\bar{x} (SD)	min	max
TS (%)	5	6,50 (\pm 0,76)	5,50	7,60
Stickstoff (N) der FM (%)	5	0,93 (\pm 0,16)	0,81	1,20
Phosphat (P₂O₅) der FM (%)	5	0,0023 (\pm 0,0002)	0,0020	0,0026
Kaliumoxid (K₂O) der FM (%)	5	1,42 (\pm 0,17)	1,17	1,58

Die Harnuntersuchungsergebnisse der Versuchsgruppe, in Tabelle 24 veranschaulicht, zeigen, dass sich der Durchschnittliche TS-Gehalt in dieser Gruppe auf 6,5% (\pm 0,76) beläuft. Der mittlere Stickstoffgehalt beträgt 0,93%. Durch die Harnuntersuchung hat sich herausgestellt, dass der Phosphatgehalt des Harns in der Versuchsgruppe im Mittel bei 0,0023% (\pm 0,0002) liegt und dabei zwischen einem minimalen Wert von 0,0020% und einem maximalen Wert von 0,0026% variiert. Der Kaliumoxidgehalt liegt durchschnittlich bei 1,42%.

Tab. 25: Ergebnisse der Harnuntersuchung von der Kontrollgruppe

	Gruppe			
	Kontrolle			
	n	\bar{x} (SD)	min	max
TS (%)	5	6,80 ($\pm 1,19$)	4,80	7,90
Stickstoff (N) der FM (%)	5	1,00 ($\pm 0,20$)	0,67	1,16
Phosphat (P₂O₅) der FM (%)	5	0,0038 ($\pm 0,0018$)	0,0021	0,0058
Kaliumoxid (K₂O) der FM (%)	5	1,36 ($\pm 0,29$)	0,90	1,63

Tabelle 25 veranschaulicht die Ergebnisse zur Harnuntersuchung der Kontrollgruppe. Für die Kontrollgruppe hat sich ein mittlerer TS-Gehalt von 6,8% ($\pm 1,19$) ergeben. Der Stickstoffgehalt liegt zwischen 0,67 und 1,16%. Durch die Untersuchung auf den Phosphatgehalt stellte sich heraus, dass dieser im Mittel bei 0,0038% liegt und dabei zwischen 0,0021 und 0,0058% variiert. Der Kaliumoxidgehalt liegt im Mittel bei 1,36%.

3.6 Gülleuntersuchung

Die folgenden Tabellen 26 und 27 sollen die Ergebnisse der Güllebeprobung veranschaulichen. Es wurden über drei Phasen, die jeweils sechs bis acht Tage andauerten, täglich Güllestandsmessungen vorgenommen. Am Ende einer jeden Phase wurde jeweils eine Gülleprobe aus der Versuchs- und eine aus der Kontrollgruppe gezogen. Die Analysen der Proben zeigen (Tabelle 26), dass sich die Phosphorgehalte geringfügig zwischen den Gruppen unterscheiden. In der Versuchsgruppe wurden im Mittel Phosphorgehalte von 0,044kg pro Kuh und Tag gemessen. In der Kontrollgruppe lag dieser Wert hingegen bei 0,058kg. Die Stickstoffgehalte der Versuchsgruppe unterscheiden sich geringfügig zu denen aus der Kontrollgruppe.

Tab. 26: Ergebnisse der Gülleuntersuchung

			Gruppe	
			Versuch	Kontrolle
Mittelwerte aus 3 Messphasen	Gülmengen	l/Kuh/Tag	71,63	73,07
	Gülmengen	m ³ /Kuh/Tag	0,072	0,073
	P ₂ O ₅	kg/m ³	1,397	1,803
	P ₂ O ₅	kg/Kuh/Tag	0,100	0,132
	Phosphor	kg/Kuh/Tag	0,044	0,058
	Stickstoff	kg/m ³	3,713	3,803
	Stickstoff	kg/Kuh/Tag	0,266	0,279

Die Gülmengen liegen in beiden Gruppen in einem annähernd gleichen Bereich. In der Versuchsgruppe wurde im Mittel eine Menge von 71,63 Liter pro Kuh und Tag gemessen. In der Kontrollgruppe lag der Wert bei 73,07 Liter pro Kuh und Tag. Die Dichtemessung, in Tabelle 27 veranschaulicht, zeigt, dass es augenscheinlich keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen gibt. Die Dichte der Gülle liegt in der Versuchsgruppe im Schnitt bei 984 und in der Kontrollgruppe bei 986kg pro m³.

Tab. 27: Ergebnisse der Gülledichtmessung

			Gruppe	
			Versuch	Kontrolle
kg/ m³			Ø 984	Ø 986

3.7 Phosphorausscheidung über Kot und Harn

3.7.1 Kotmenge und Phosphorausscheidung über Kot

Die Tabelle 28 gibt die Ergebnisse zur Phosphorausscheidung über den Kot wieder. Die nach Lukas et al. (2005) kalkulierte Kotmenge liegt in der Versuchsgruppe im Mittel bei 6,5 (±1,1) kg je Kuh und Tag und in der Kontrollgruppe bei 5,7 (±0,7) kg je Kuh und Tag. Der Phosphorgehalt in der organischen Substanz des Kotes, der ebenfalls zur Kalkulation der Phosphorausscheidung über den Kot benötigt wird, erreicht in der Versuchsgruppe im Mittel einen Wert von 8,6g/kg (±1,4) und in der Kontrollgruppe einen Wert von 11g/kg (±0,8). Die aus diesen Werten resultierende Phosphorausscheidung über den Kot (g/Tag) liegt in der Versuchsgruppe deutlich unter dem Wert der Kontrollgruppe. In der Versuchsgruppe wird im Durchschnitt ein Wert von 55 g/Tag (±7,8) ermittelt. Die Variation der Werte reicht von 46 bis 65 g/Tag.

Der Wert in der Kontrollgruppe beträgt hingegen 62 g/Tag ($\pm 4,9$). Die Schwankungsbreite liegt dabei zwischen 57 und 65 g/Tag.

Tab. 28: Phosphorausscheidung über Kot

	Gruppe							
	Versuch				Kontrolle			
	n	\bar{x} (SD)	min	max	n	\bar{x} (SD)	min	max
Kotmenge (kg/Tag)	5	6,5 ($\pm 1,1$)	5,3	8,1	5	5,7 ($\pm 0,7$)	4,8	6,3
P in Kot OS (g/kg)	5	8,6 ($\pm 1,4$)	7,3	11,1	5	10,9 ($\pm 0,8$)	10,0	12,2
P-Ausscheidung über Kot (g/Tag)	5	55,3 ($\pm 7,8$)	45,6	65,2	5	62,2 ($\pm 4,9$)	57,0	65,2

3.7.2 Harnmenge und Phosphorausscheidung über Harn

Die Ergebnisse zu den Phosphorausscheidungen über den Harn (Tabelle 29) zeigen, dass die mittlere tägliche Harnmenge der Kühe in der Versuchsgruppe bei 23 l/Tag ($\pm 4,8$) und in der Kontrollgruppe bei 22 l/Tag ($\pm 5,1$) liegt. Der Phosphorgehalt im Harn beträgt in der Versuchsgruppe 0,010 ($\pm 0,001$) g/l und in der Kontrollgruppe 0,016 g/l ($\pm 0,008$). Die Phosphorausscheidung über den Harn (g/Tag), die aus den zuvor genannten Parametern ermittelt wird, unterscheidet sich zwischen den zwei Gruppen. In der Versuchsgruppe liegt dieser Wert im Mittel bei 0,2 g/Tag ($\pm 0,03$) und in der Kontrollgruppe bei 0,4 g/Tag ($\pm 0,3$). Der Verlauf der Werte reicht in der Versuchsgruppe von 0,2 bis 0,3 g/Tag und in der Kontrollgruppe von 0,2 bis 0,7 g/Tag.

Tab. 29: Phosphorausscheidung über Harn

	Gruppe							
	Versuch				Kontrolle			
	n	\bar{x} (SD)	min	max	n	\bar{x} (SD)	min	max
Harnmenge (l/Tag)	5	23 ($\pm 4,8$)	17	28	5	22 ($\pm 5,1$)	15	29
P in Harn (g/l)	5	0,01 ($\pm 0,001$)	0,009	0,011	5	0,016 ($\pm 0,008$)	0,009	0,026
P-Ausscheidung über Harn (g/Tag)	5	0,20 ($\pm 0,03$)	0,2	0,3	5	0,4 ($\pm 0,3$)	0,2	0,7

4. Zusammenfassung

In einem Fütterungsversuch mit 2x24 Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein wurde überprüft, ob mit Hilfe von phosphorarmen Futtermitteln bei ausschließlichem Einsatz von Rapsprodukten und dem Verzicht auf Sojaprodukten in der Ration eine bedarfsangepasste Versorgung der Tiere mit nutzbarem Rohprotein und Phosphor zu realisieren ist. Der Verzicht auf Sojaprodukte ist auf die zunehmende Milchproduktion auf Grundlage GVO-freier Futtermittel zurückzuführen. In dem Versuch wurden zwei Rationen, die sich aufgrund des MLF voneinander unterschieden, getestet und verglichen. Die Versuchsgruppe erhielt eine Ration, in der der Phosphorgehalt im MLF auf den Bedarf der Tiere reduziert wurde. Die Kontrollgruppe wurde mit einem gewöhnlichem MLF gefüttert, indem der Phosphorgehalt nicht auf den Bedarfswert der Tiere beschränkt wurde.

Es stellte sich heraus, dass es durchaus möglich ist ein geeignetes MLF mit reduziertem Phosphorgehalt zu produzieren, welches eine ausreichende Phosphor- und Proteinversorgung gewährleistet. Durch den Vergleich der zwei Gruppen hat sich gezeigt, dass die Versuchsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe keine Veränderungen oder Beeinträchtigungen in der Futteraufnahme, in der Leistung oder in der Gesundheit zeigte. Die Kühe wurden trotz Fütterung auf einen angepassten Phosphorgehalt im MLF ausreichend und nach Empfehlung der GFE (2001) mit Phosphor und Protein versorgt. Nachfolgend sind die Ergebnisse des Versuches kurz zusammengefasst.

- In der TM-Aufnahme zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.
- Ebenso unterschieden sich die Gruppen in der Energieaufnahme nicht signifikant voneinander.
- Die Nährstoffaufnahmen beider Gruppen lagen, bis auf die Phosphoraufnahme, auf einem vergleichbaren Niveau.
- Im Bereich der Milchleistungsparameter wurden, bis auf den Fett-Eiweiß-Quotienten, keine signifikanten Differenzen zwischen den Gruppen erfasst.
- Für die Körperkondition und die Lebendmasse konnten ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden.

Die Ausscheidungen von Phosphor über Kot und Harn konnten durch die angepasste Fütterung deutlich reduziert werden. Ebenso führte die geringere Phosphorversorgung zu niedrigeren Phosphorgehalten in der Gülle. Abschließend ist zu sagen, dass eine GVO-freie Fütterung und eine gleichzeitige bedarfsgerechte Phosphorversorgung mit dem Ziel einer geringeren Phosphorausscheidung in der Praxis umsetzbar sind.

5. Literatur

BLE (2018): Die neue Düngeverordnung, 2. Auflage, MKL Druck, Ostbevern

BSA (2014): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen, überarbeitete Fassung Kapitel: Ernte und Bestimmungen am Erntegut, Landbuch Verlag, Hannover

DBV (2018): Situationsbericht 2018/19, Kapitel 6.1 Pflanzliche Erzeugung, <https://media.repro-mayr.de/24/718124.pdf>, (Zugriff am 07.02.2019)

DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, 2. Auflage, Band 199, Seite 14, Seite 34 ff., DLG Verlag, Frankfurt am Main

DLG (2001): Empfehlungen zum Einsatz von Mischrationen bei Milchkühen, DLG-Information 1/2001 des DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung, DLG-Verlag, Frankfurt am Main

EDMONSON, A. J., LEAN, I. J., WEAVER, L. D., FARVER, T., WEBSTER, G. (1989): A body condition scoring chart for Holstein dairy cows, Journal of Dairy Science, Volume 72, Issue 1, Pages 68-78

GFE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder, DLG-Verlag, Frankfurt am Main

GRÜNDER, H. -D. (1990): Harnapparat. In: Die Klinische Untersuchung des Rindes, Hrsg.: Dirksen, G., H. -D. Gründer, M. Stöber, 3. Auflage, Parey Verlag, Berlin und Hamburg

KIRCHGEßNER, M. (2004): Tierernährung, 11. Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main

LUKAS, M., SÜDEKUM, K.-H., RAVE, G., FRIEDEL, K., SUSENBETH, A. (2005): Relationship between fecal crude protein concentration and diet organic matter digestibility in cattle, Journal of Animal Science, Volume 83, Issue 6, Pages 1332–1344

OFFERMANN, F., BANSE, M., FREUND, F., HAß, M., KREINS, P., LAQUAI, V., OSTERBURG, B., PELIKAN, J., RÖSEMANN, C., SALAMON, P. (2018): Thünen-Baseline 2017-2027: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland, https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn059667.pdf, (Zugriff am 28.01.2019)

PRIES, M., BOTHE, B. (2018): Futterwerttabelle Rinderfütterung – mit Versorgungsempfehlungen und Hinweisen zur Rationsplanung für Milchkühe, Ausgabe 2018, Digitaldruckcenter Münster

SPIEKERS, H., LINDERMAYER, DAMME, K. (2011): Fütterung und Gentechnik, https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_37129.pdf, (Zugriff am 28.01.2019)

SPIEKERS, H., NUßBAUM, H., POTTHAST, V. (2009): Erfolgreiche Milchviehfütterung, 5. Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main

SPIEKERS, H., POTTHAST, V. (2004): Erfolgreiche Milchviehfütterung, 4. Auflage, DLG Verlag, Frankfurt am Main

THOMSEN, J. (2017): Was kostet die Milcherzeuger die GVO-freie Fütterung, https://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user_upload/Fachartikel/FA_Rind_Nr.11_Was_kostet_die_Milcherzeuger_die_GVO_freie_Fuetterung.pdf, (Zugriff am 28.01.2019)

WARD, G. M. (1966): Potassium metabolism of domestic ruminants-a review, Journal of Dairy Science, Volume 49, Issue 3, Pages 268–276

WEIßBACH, F., KUHLA, S. (1995): Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur, Übers. Tierernährung 23, Seite 189-214



Herausgeber:

UNION ZUR FÖRDERUNG VON
OEL- UND PROTEINPFLANZEN E.V. (UFOP)

Claire-Waldoff-Straße 7 · 10117 Berlin

info@ufop.de · www.ufop.de