

Umweltgerechte Ernährung von Milchrindern

Schriftenreihe, Heft 17/2021



Untersuchungen zur hofeigenen Ernährung von Milchrindern bei minimiertem Einsatz von Stickstoff, Phosphor und Spurenelementen

Dr. Siriwan Martens und Prof. Dr. Olaf Steinhöfel

Unter Mitwirkung von:
M. Sc. Luzie Hentschel
M. Sc. Florian Kindermann
M. Sc. Christian Kuhnitzsch
Frank Püschel
Dr. Wolfram Richardt
M. Sc. Emanuel Thate
Dr. Monika Wensch-Dorendorf
Prof. Dr. Annette Zeyner

Inhalt

1	Einleitung und Problemsicht	9
1.1	Stand und Entwicklung der Stickstoff-, Phosphor- und Spurenelementversorgung sächsischer Milchrinder in den letzten 20 Jahren.....	9
1.1.1	Problemsicht.....	9
1.1.2	Entwicklung der Nährstoffversorgung von Milchrindern in Sachsen.....	10
1.1.3	Fazit	16
1.2	Langjährige Untersuchungen zur rohproteinoptimierten Fütterung in einem sächsischen Milchviehbetrieb.....	18
1.2.1	Material und Methoden	18
1.2.2	Ergebnisse	18
1.2.3	Zusammenfassung	31
1.2.4	Fazit	32
1.3	Entwicklung der Stickstoff-, Phosphor- und Spurenelementversorgung im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch	33
2	Prüfung des Einsatzes alternativer hofeigener im Vergleich zu traditionellen Futter- mitteln in Milchkuhrationen auf das Ausscheidungsverhalten und den Fütterungs- erfolg im LVG Köllitsch	39
2.1	Regionale Eiweißalternativen	39
2.1.1	Trockengrün statt Silage.....	39
2.1.1.1	Vergleichende Aspekte zur Verwendung von frischem, siliertem oder getrocknetem Grünfutter in der Fütterung von Milchrindern	39
2.1.1.2	Stickstoffeffizienz in der Milchproduktion beim Austausch von Luzernesilage gegen Luzernetrockengrün.....	49
2.1.1.2.1	Einleitung	49
2.1.1.3	Konservierung und Lagerung.....	49
2.1.1.3.1	Köllitscher Fütterungstest	51
2.1.1.3.2	Schlussfolgerung	54
2.1.2	Der Einsatz lokal angebauter Sojavollbohnen als Eiweißfuttermittel in der Milchproduktion....	54
2.1.2.1	Einleitung	54
2.1.2.2	Sojabohnen im Köllitscher Fütterungstest.....	58
2.1.2.3	Schlussfolgerung	60
2.1.3	Weizenpressschlempe aus der Bioethanolproduktion als Eiweißfuttermittel	60
2.1.3.1	Einleitung	60
2.1.3.2	Weizenschlempe im Köllitscher Fütterungstest.....	62
2.1.3.3	Schlussfolgerung	64
2.1.4	Aufbereitete Erbsen in Milchkuhrationen	64
2.1.5	Erbsenteilpflanzen in Milchkuhrationen.....	68
2.2	Futtermittel der regionalen Kreislaufwirtschaft	71
2.2.1	Pressschnitzelsilagen in Ballen zur Sommerfütterung	71
2.2.1.1	Einleitung	71
2.2.1.2	Konservierung und Lagerung.....	71
2.2.1.3	Köllitscher Fütterungstest	73
2.2.1.4	Schlussfolgerung	75

2.2.2	Pressschnitzelsilagen im Siloschlauch mit fabrikseitig applizierten Konservierungsmitteln zur Sommerfütterung	75
2.2.2.1	Einleitung	75
2.2.2.2	Konservierung und Lagerung.....	75
2.2.2.3	Köllitscher Fütterungstest	76
2.2.2.4	Schlussfolgerung	79
2.2.3	Zuckerrübenmischsilage als alternative Verwertung der Zuckerrübe	79
2.2.3.1	Einleitung	79
2.2.3.2	Konservierung und Lagerung.....	81
2.2.3.3	Köllitscher Fütterungstest Zuckerrübenmischsilagen	83
2.2.3.4	Schlussfolgerung	85
3	Fazit zur nährstoffoptimierten Fütterung von Milchrindern	85
	Literaturverzeichnis	91

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der untersuchten TMR im Messnetz „Futtermittel“ von 2000 bis 2019	11
Abbildung 2: Versorgungsniveau mit Stickstoff (Rohprotein / 6,25) und der Milchleistung von sächsischen TMR-Mischungen 2000 bis 2019	12
Abbildung 3: Anteil der untersuchten TMR-Mischungen, welche eine Überversorgung (> 110 % des Bedarfes) bzw. eine Unterversorgung (< 90 % des Bedarfes) mit Stickstoff anzeigen	13
Abbildung 4: Kalkulierte Stickstoffausscheidung (Futter-Milch-Bilanz) je Kuh und Jahr 2000 bis 2019 .	14
Abbildung 5: Anteil der untersuchten TMR-Mischungen, welche eine Überversorgung (> 110 % des Bedarfes) bzw. eine Unterversorgung (< 90 % des Bedarfes) mit Phosphor anzeigen	14
Abbildung 6: Kalkulierte Phosphorausscheidung (Futter-Milch-Bilanz) je Kuh und Jahr 2000 bis 2019	15
Abbildung 7: Anteil der untersuchten TMR-Mischungen, welche eine Überversorgung (> 150 % des Bedarfes) bzw. eine Unterversorgung (< 90 % des Bedarfes) mit Spurenelementen (Mittelwert Kupfer, Zink und Mangan) anzeigen	16
Abbildung 8: Kalkulierte Kupferausscheidung (Futter-Milch-Bilanz) je Kuh und Jahr 2002 bis 2019	17
Abbildung 9: Kalkulierte Zinkausscheidung (Futter-Milch-Bilanz) je Kuh und Jahr 2002 bis 2019	17
Abbildung 10: Entwicklung des RP- und nRP-Gehaltes und der RNB in den Hochleistungsrationen von 2007-2017	19
Abbildung 11: Entwicklung der RP und nRP-Gehalte im Bezug zur Entwicklung des Milchharnstoffgehaltes von 2007-2017	19
Abbildung 12: Entwicklung der Milchmenge (kg) von Kühen der 1. Laktation für die Jahre 2007–2017	21
Abbildung 13: Die Milchleistung (2007-2014; 2016-2017) im Vergleich v. U. und n. U. für Kühe der 1. Laktation bis zum 345. Melktag.....	21
Abbildung 14: Milchleistung (2007-2014; 2016-2017) im Vergleich v. U. und n. U. für Kühe der 3. Laktation bis zum 345. Melktag.....	22
Abbildung 15: Entwicklung des MilCHFettgehaltes (%) von Kühen der 1. Laktation für die Jahre 2007-2017	23
Abbildung 16: MilCHFettgehalt (%) im Vergleich vor und nach Umstellung für Kühe der 1. Laktation	24
Abbildung 17: Entwicklung des Milcheiweißgehaltes (%) von Kühen der 1. Laktation für die Jahre 2007-2017	25
Abbildung 18: Milcheiweißgehalt (%) im Vergleich vor und nach Umstellung für Kühe der 1. Laktation..	25
Abbildung 19: Die Entwicklung des Milchharnstoffgehaltes (mg/l) von Kühen der 1. Laktation in den Jahren 2007-2017	27
Abbildung 20: Die Entwicklung des prozentualen Anteils der Abgänge am gesamten Bestand und der Lebensleistung von 2007-2017	29
Abbildung 21: Die Entwicklung des Abgangsalters (Monate) von 2007 bis 2017	29
Abbildung 22: Entwicklung des mittleren Rohproteingehaltes in den TMR-Mischung für die Hochleistungsgruppe von 2008- 2019.....	33
Abbildung 23: Entwicklung des mittleren Gehaltes an nutzbarem Rohprotein und RNB in den TMR-Mischung für die Hochleistungsgruppe von 2008 – 2019 des LVG Köllitsch	34
Abbildung 24: Entwicklung des mittleren Rohproteingehaltes in den TMR-Mischung für die Hochleistungsgruppe von 2008 - 2019.....	34
Abbildung 25: Wesentliche P-Quellen in der Milchkuhfütterung des LVG Köllitsch 2008 - 2019	35
Abbildung 26: Entwicklung des mittleren Phosphorgehaltes in den TMR-Mischung für die Hochleistungsgruppe von 2008 – 2019 des LVG Köllitsch	36

Abbildung 27: Veränderung der Tagesprofile des Kupfergehaltes nach Umstellung der Dosierform des Mineralfutters von Mineralfuttermischung zu pelletiertem mineralfutterangereichertem Mischfutter	37
Abbildung 28: Entwicklung des Kupfer- und Zinkgehaltes in den TMR-Mischung für die Hochleistungsgruppe von 2008 – 2019 des LVG Köllitsch	37
Abbildung 29: Entwicklung des ECM-Stalldurchschnittes (MLP) von 2008 – 2019 im LVG Köllitsch	38
Abbildung 30: Veränderungen in den Proteinfraktionen und im UDP Gehalt durch Silierung und Trocknung von Luzerne	41
Abbildung 31: Veränderungen im β -Carotingehalt durch Silierung und Trocknung von Klee gras	42
Abbildung 32: Eisengehalte und Eisenlöslichkeit in Grünfütter, Siliergut, Heu und Silagen von früh geschnittenem Klee gras und spät geschnittenem Klee gras jeweils n=20.....	43
Abbildung 33: Veränderung der Proteinqualität während der Silierung von Grünfütterpflanzen	46
Abbildung 34: Darstellung der Rohproteinfraktionen (mod. nach Licitra et al. 1996).....	47
Abbildung 35: Änderung der Rohproteinfraktionen bei der Silierung durch Proteolyse	47
Abbildung 36: Änderungen der NPN-Fraktion bei Fehlgärung durch Desmolyse	48
Abbildung 37: Trocknungsvarianten Luzerne	49
Abbildung 38: Siliervarianten Luzerne	50
Abbildung 39: Rohproteinfraktionen und Durchflussprotein von frischer, getrockneter und siliierter Luzerne	50
Abbildung 40: Tägliche Aufnahme an leichtlöslicher A-Fraktion des RP und des Durchflussproteins	53
Abbildung 41: Abhängigkeit der Futteraufnahme aus LTG von der Tagestemperatur.....	53
Abbildung 42: Einfluss der Wärmebehandlung mit dem Eco-Toaster der Firma Agrel auf die Proteinfraktionen von Sojavollbohnen.....	57
Abbildung 43: Abkühlverhalten in den Wickelballen (Bilanznetze) und in den Rostocker Modellsilagen (ROMOS) im Verhältnis zur Außentemperatur in den ersten 14 Tagen der Silierung.....	72
Abbildung 44: Dauer aerober Stabilität (in d) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Siloöffnung der unterschiedlichen Varianten.....	76
Abbildung 45: Außentemperaturverlauf von Juli-August 2018 in Köllitsch	79

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittlerer Rationsparameter für die Fütterungsgruppe Hochleistung von 2007-2017.....	18
Tabelle 2: Mittlere Rationen der Fütterungsgruppe Hochleistung für 2007 und 2017	20
Tabelle 3: Milchwahnstoffgehaltes am 100., 200. bzw. 300. Laktationstag vor und nach Umstellung	26
Tabelle 4: Einfluss der Silierung auf die Rohproteinfraktionen von Klee gras.....	47
Tabelle 5: Bewertung des Proteinabbaus in Grünfuttersilagen	48
Tabelle 6: Futterwertdaten der Luzernesilageration vs. Luzernetrockengrünration im Winter und Sommer	51
Tabelle 7: Futterwertkennzahlen von Sojavollbohnen aus verschiedenen Futterwerttabellen	55
Tabelle 8: Berechnungen zur Preiswürdigkeit der Wärmebehandlung von Sojavollbohnen	57
Tabelle 9: Futterwertdaten der Köllitscher Sojavollbohnen im Vergleich zum Rapsextraktionsschrot.....	58
Tabelle 10: Ergebnisse aus dem Köllitscher Fütterungstest mit Sojavollbohne	59
Tabelle 11: Futterwertdaten der Weizenschlempe im Vergleich zum Rapsextraktionsschrot	61
Tabelle 12: Ergebnisse aus dem Köllitscher Fütterungstest mit Weizenschlempe	63
Tabelle 13: Änderung der Proteinqualität von Erbsen durch Silierung und anschließende Wärmebehandlung	66
Tabelle 14: Ergebnisse aus dem Köllitscher Fütterungstest.....	67
Tabelle 15: Änderung der Proteinqualität in Abhängigkeit von der Behandlung der Erbsenteilpflanze	69
Tabelle 16: Ergebnisse aus dem Köllitscher Fütterungstest.....	70
Tabelle 17: Gärparameter der Ballensilage nach Position.....	72
Tabelle 18: Futterwertdaten der Trockenpressschnitzelrationen vs. Pressschnitzelsilagerationen.....	74
Tabelle 19: Zusammensetzung und Milchleistung der beiden Fütterungsgruppen vor der Erprobung.....	76
Tabelle 20: Rationszusammensetzung der Testrationen.....	77
Tabelle 21: Futterwertdaten der Pressschnitzelsilagerationen	78
Tabelle 22: Wasserbindevermögen verschiedener potentieller Mischungspartner	82
Tabelle 23: Verhältnis von Zuckerrüben zu Mischpartnern in der Versuchssilierung und ausgewählte Nährstoffparameter (g/kg TM)	82
Tabelle 24: Gärqualität der Modellsilagen aus zwei Versuchsreihen (Gärprodukte in g/kg TM)	83
Tabelle 25: Futterwertdaten der Zuckerrüben-Gras-Silage im Vergleich zur Grassilage	84

Abkürzungsverzeichnis

ADFom	Saure Detergenzienfaser, um Rohasche korrigiert
aNDFom	Neutrale Detergenzienfaser, mit hitzestabiler Amylase behandelt, um Rohasche korrigiert
CNCPS	Cornell-Net-Carbohydrate-Protein-System
ECM	energiekorrigierte Milchmenge
GABA	γ -Amino-Buttersäure
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
GPS	Ganzpflanzensilage
HFT	Hohenheimer Futterwerttest
LKS	Landwirtschaftliche Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH Lichtenwalde
LKV	Sächsischer Landeskontrollverband e.V.
LTG	Luzernetrockengrün
LVG	Lehr- und Versuchsgut Köllitsch
MLP	Milchleistungsprüfung des Landeskontrollverbands
NDFom	Neutrale Detergenzienfaser, um Rohasche korrigiert
NEL	Netto-Energie-Laktation
nRP	nutzbares Rohprotein
n.U.	nach Umstellung der Fütterung
RES	Rapsextraktionsschrot
RNB	Ruminale N-Bilanz
RP	Rohprotein
SO	Sommer
TM	Trockenmasse
UDP	pansenunverdauliches Rohprotein
v.U.	vor Umstellung der Fütterung
WI	Winter

1 Einleitung und Problemsicht

1.1 Stand und Entwicklung der Stickstoff-, Phosphor- und Spurenelementversorgung sächsischer Milchrinder in den letzten 20 Jahren

OLAF STEINHÖFEL

1.1.1 Problemsicht

Die Optimierung der Nährstoffversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere dient in erster Linie einer bedarfsgerechten Versorgung domestizierter Tiere mit essentiellen Nährstoffen und mit Futterenergie. Bedarfsgerecht heißt dabei grundsätzlich, dass zunächst neben der erwarteten Leistungsfähigkeit die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere gesichert werden müssen. Bedarfsgerecht heißt aber auch, dass die Umwelt vor überschüssigen Ausscheidungen über die Wirtschaftsdünger bzw. über Emissionen und die Tiere vor Stoffwechselbelastungen durch überschüssige geschützt werden sollen. Im Fokus der Gesetzgebung stehen insbesondere aus umweltpolitischer Sicht Stickstoff und Phosphor sowie die Spurenelemente. Auf eine detaillierte Beschreibung der aktuellen gesetzlichen Regelungen (Düngerecht, Wasserschutz, Bodenschutz, Emissionsschutz, etc.) soll an dieser Stelle verzichtet werden. Diese Nährstoffe sind gleichwohl aber auch begrenzte und teure Rohstoffe, welche vielfach nach Deutschland importiert werden müssen. Im Sinne der genannten Konflikte muss eine Nährstoffversorgung „auf den Punkt“ angestrebt werden. Das Handwerkzeug der Tierernährung ist diesbezüglich gut geeignet, da es klare Empfehlungen für eine bedarfsgerechte Versorgung der Tiere mit den genannten Nährstoffen auf der einen Seite und eine potente Futtermittelanalytik auf der anderen Seite gibt. Dies führte u.a. auch dazu, dass die Tierernährer eine klare „Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere“ (DLG, Band 199, 2014) formuliert haben, um Nährstoffsalden bewerten und kontrollieren zu können. Wenn in dem beschriebenen Zusammenhang oft von „Reduzierung“ anstelle von „Optimierung“ gesprochen wird, ist das Problem der aktuellen Fütterungspraxis darin bereits berücksichtigt. Grundsätzlich, und dies sei hier ausdrücklich betont, geht es nicht darum, die Nutztiere unter dem Bedarf zu versorgen zu wollen, sondern Angebot und Bedarf so nah wie möglich zusammen zu bringen.

Zusammenfassend gesagt, ist jegliche Überversorgung in Hinsicht auf Umweltschutz, Tierschutz, Verbraucherschutz und Wirtschaftlichkeit kontraproduktiv und aus diesem Grund nicht der Tierhaltung per se zu unterstellen. Es gibt aber auch Gründe, die ein bewusstes Vorhalten von Energie und Nährstoffen in der praktischen Fütterung von Milchrindern erklären können. Diese müssen bei einer Optimierung grundsätzlich berücksichtigt werden. Folgende Aspekte sollen hier exemplarisch angesprochen werden:

- Über- bzw. Unterbewertung der Futteraufnahme der Milchrinder und deren individuelle Schwankung bzw. der praktizierte Ausgleich (ca. 1,5 kg mehr oder weniger TM-Aufnahme entsprechen ca. $\pm$ 1 % Rohproteinversorgung je kg TM der TMR-Mischung)
- sowohl inhaltlich als auch zeitlich lückenhafte Rationsoptimierung bzw. z.T. empirische Rationskonzeption sowie zu starke Fremdbestimmung der Rationsoptimierung durch Futtermittelfirmenvertreter
- Über- bzw. Unterbewertung der Nährstoffgehalte der eingesetzten Futtermittel in der Rationsoptimierung durch fehlende oder zu gering frequentierte Analytik der Einzel- insbesondere Grobfuttermittel und TMR-Mischungen
- hoher Einfluss der Grobfutterqualität auf Fütterungserfolg und Rationsoptimierung
- bewusstes Vorhalten in Erwartung einer höheren Leistung der Milchrinder bei NährstoffDiskrepanz zwischen erwarteter und realisierter Leistung bei der Rationsberechnung

- Über- bzw. Unterversorgung durch Gruppenfütterung bzw. durch zu weite Gruppierung der Milchkühe in Fütterungsgruppen
- Fehler bei der technischen Umsetzung der Entnahme, der Aufbereitung, des Mischens und des Ausbringens von Futtermitteln bzw. Mischrationen
- Vernachlässigung von dynamischen Aspekten und deren Grenzen beim ruminalen Nährstoffabbau und der mikrobiellen Syntheseprozesse
- Unter- bzw. Überbewertung von Bypass-Nährstoffen und von Zusatzstoffen
- unzureichender Stand der deutschen Futterbewertung beim Wiederkäuer, welcher in hohem Leistungsbereich zunehmend an Grenzen der zuverlässigen Vorhersage und damit Bedarfsdeckung stößt
- fehlendes Controlling oder zu geringe Reaktion bei der Rationskorrektur auf Indikatoren des Fütterungserfolges

Auswertungen im Sächsischen Messnetz "Futtermittel" belegen, dass im Mittel der letzten 20 Jahre 97 % der Milchviehbetriebe in Sachsen im Vergleich zur Versorgungsempfehlung einen N-Überschuss ausweisen, 75 % einen P-Überschuss, und 85 % einen Kupfer- und Zinküberschuss nachweisen. Zusätzlich wird in der Versorgungsempfehlung ein ca. 20 %-iger Sicherheitszuschlag gewährt, welcher Unzulänglichkeiten in der Fütterungspraxis ausgleichen soll. 94% der Ammoniakemissionen in Deutschland gehen auf die Landwirtschaft zurück. Gemäß der Emissionsberichterstattung 2013 stammt der überwiegende Teil der landwirtschaftlichen Ammoniak-Emissionen aus der Rinderhaltung (52 %). Sachsen mit einer erhöhten Konzentration der Tierzahl in Milchviehanlagen muss gangbare Wege aufzeigen, wie sich Stickstoffemissionen aus Milchviehbeständen tier- und produktionsgerecht reduzieren lassen. Gerade in der Rinderhaltung gibt es kaum praxistaugliche Techniken zur Ammoniakreduzierung, außer man verhindert deren Entstehung durch hohe N-Verwertung. Die Emissionshöchstmenge von 550 Kilotonnen NH₃/Jahr, die seit 2010 nicht mehr überschritten werden darf, wird von Deutschland nur knapp eingehalten. Daher ist der Untersuchung von Ammoniakminderungsmaßnahmen in der Milchviehhaltung hohe Priorität zuzuordnen. Die Phosphatbelastung von Wasser ist ein altbekanntes Problem. Während man in der Schweinemast eher Interesse an der bedarfsgerechten Phosphorversorgung zeigt, wird P dem Mineralfutter von Rindern meist ohne Nachweis der Notwendigkeit zugefügt mit Folgen für Futterkosten und Umwelt. Auf die Probleme Sachsens mit der Überversorgung an Spurenelementen wurde in LfULG-Projekten der letzten Jahre hingewiesen.

1.1.2 Entwicklung der Nährstoffversorgung von Milchrindern in Sachsen

Material und Methode

Seit 20 Jahren werden im Sächsischen Messnetz „Futtermittel“ (ehemals „Grobfutterqualitätsprogramm“ bzw. „Futterqualitätsprogramm“) in repräsentativ ausgewählten Referenzbetrieben des Freistaates TMR-Mischungen beprobt und laboranalytisch untersucht. Die TMR sollten für den Hochleistungsbereich der Milchrinder konzipiert sein. Neben der Probenahme werden umfangreiche Informationen zur Zusammensetzung der Ration, zum Futterwert der eingesetzten Grobfuttermittel, zur Fütterungspraxis und zum Fütterungserfolg erfasst und ausgewertet. Um im Sinne der gewählten Zielstellung des vorliegenden Projektes die Nährstoffversorgung der Milchrinder bewerten zu können, wurden neben den Fakten und Befunden folgende Sachverhalte unterstellt bzw. kalkuliert:

Als Bedarf wurden die in den „Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder“ des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (DLG, 2001) formulierten Parameter genutzt. Die dazu notwendigen Daten (Körpermasse, Milchleistung, Milchinhaltsstoffe) stammen aus der Datenerfassung in den sächsischen Referenzbetrieben.

Zur Kalkulation der Nährstoffaufnahme wurde die TM-Aufnahme über den aNDFom-Gehalt der TMR (Analysebefund) und Körpermasse (Protokoll) kalkuliert und mit den Analysedaten der TMR verrechnet. Dabei wurde unterstellt, dass die TMR das Fütterungsverhalten des Referenzbetriebes über das Jahr repräsentiert. Dies ist sicher nicht in jeder Hinsicht korrekt, zumal die TMR-Mischungen anderer Leistungsgruppen des Betriebes nicht berücksichtigt wurden.

Als Versorgungsniveau wurde die Differenz zwischen Bedarf und Energie- und Nährstoffaufnahme herangezogen.

Als Nährstoffausscheidung wurde die Bilanz aus aufgenommenem Nährstoff und über die Milch abgegebenen Nährstoff definiert. Standard war dabei die ermittelte Differenz bei Versorgungsempfehlung und der kalkulierte Überschuss (= Differenz Versorgungsempfehlung zu TMR-Analyse).

Die Anzahl der TMR, welche in der vorliegenden Studie Berücksichtigung fanden, sind in der Abbildung 1 dargestellt. Die Ergebnisse und Daten wurden hinsichtlich der Vollständigkeit der Datensätze und hinsichtlich der Plausibilität getestet. Bei unerklärlichen Abweichungen wurden die Datensätze aus der Auswertung entfernt. Der Anteil derartiger Fälle lag jedoch bei unter 0,5 %.

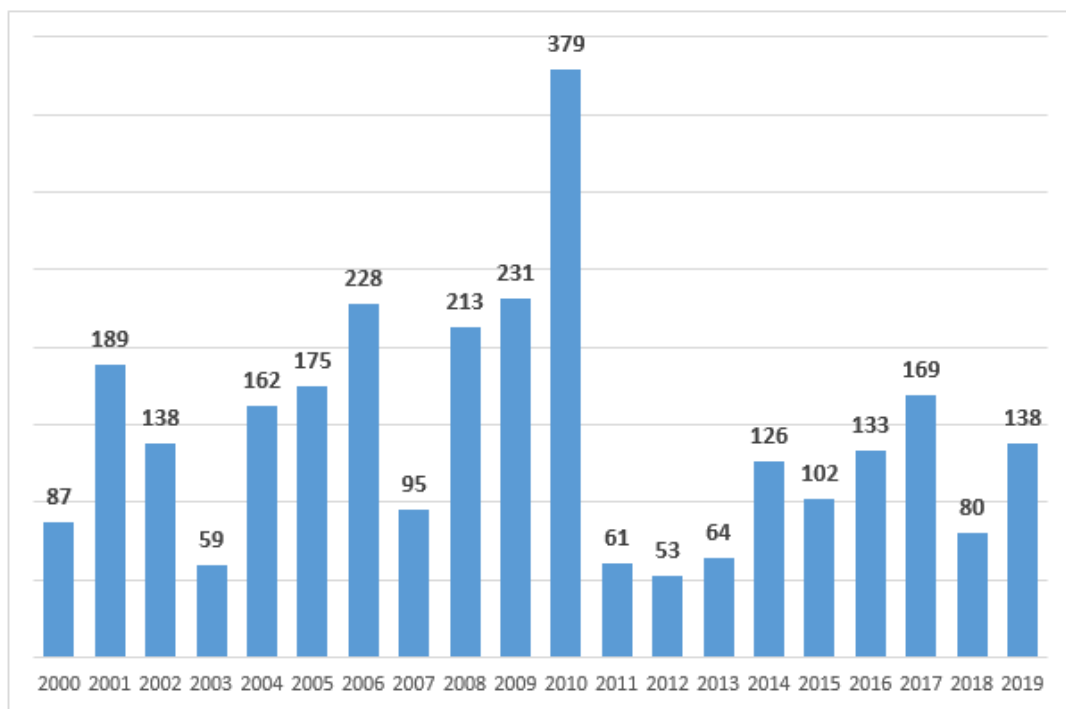


Abbildung 1: Anzahl der untersuchten TMR im Messnetz „Futtermittel“ von 2000 bis 2019

N-Versorgungsniveau

Die Schätzung der Futterraufnahme erfolgte über NDFom (1,2 % der KM). Diese wurde mit dem analytischen Befund an Rohprotein bzw. nutzbarem Rohprotein verrechnet, um die Aufnahme an Stickstoff und Bedarfsdeckung mit nutzbarem Rohprotein zu bewerten. Die Körpermasse, die Milchleistung und die Milchinhaltsstoffe zum Zeitpunkt der Fütterung der TMR wurden auf den Probeahme-Berichten des Messnetzes betrieblich erfasst. In Ausnahmefällen, z.B. bei extremen Widersprüchen zwischen analytischen Befund der TMR und der angegebenen Leistung, wurde mithilfe der NEL-Aufnahme die Leistungsangabe korrigiert. Ausgewertet wurde zunächst das Versorgungsniveau an Stickstoff. Dabei wurde der Bedarf an nutzbarem Rohprotein (GFE 2001) dem Angebot an Rohprotein gegenübergestellt. Hier wurde bewusst nicht das Angebot an nutzbarem Protein verwendet, da sonst der ruminale Stickstoffüberschuss oder -mangel (RNB-ruminale N-Bilanz) im Ausscheidungsgeschehen unberücksichtigt bliebe. Des Weiteren wurde die N-Ausscheidung über die Differenz zwischen Futter-N-Aufnahme und Milch-N-Abgabe ermittelt. Dies ist sicher nicht vollumfänglich korrekt, da der ruminohepatische Kreislauf unberücksichtigt bleibt, welcher sowohl bei Proteinmangel als auch bei Proteinüberschuss regulierend eingreift. Als Effizienzkennzahlen wurden für diese Zusammenstellung der Futteraufwand (kg TM / kg ECM) und der Stickstoffaufwand (g Milch-N je g Futter-N) ausgewertet.

In der Abbildung 2 sind alle ermittelten Versorgungsniveaus an N in Bezug zur angegebenen Milchleistung dargestellt. Es wird deutlich, dass insbesondere bei Milchleistungen unter 40 kg je Kuh und Tag ein verstärktes Vorhalten an Rohprotein praktiziert wurde. Dies sollte ein Hinweis darauf sein, dass einerseits die Leistungserwartung bei der Rationsoptimierung falsch bewertet wurde und andererseits, dass verstärkt versucht wird, die Milchleistung über das Vorhalten von Nährstoffen zu steigern.

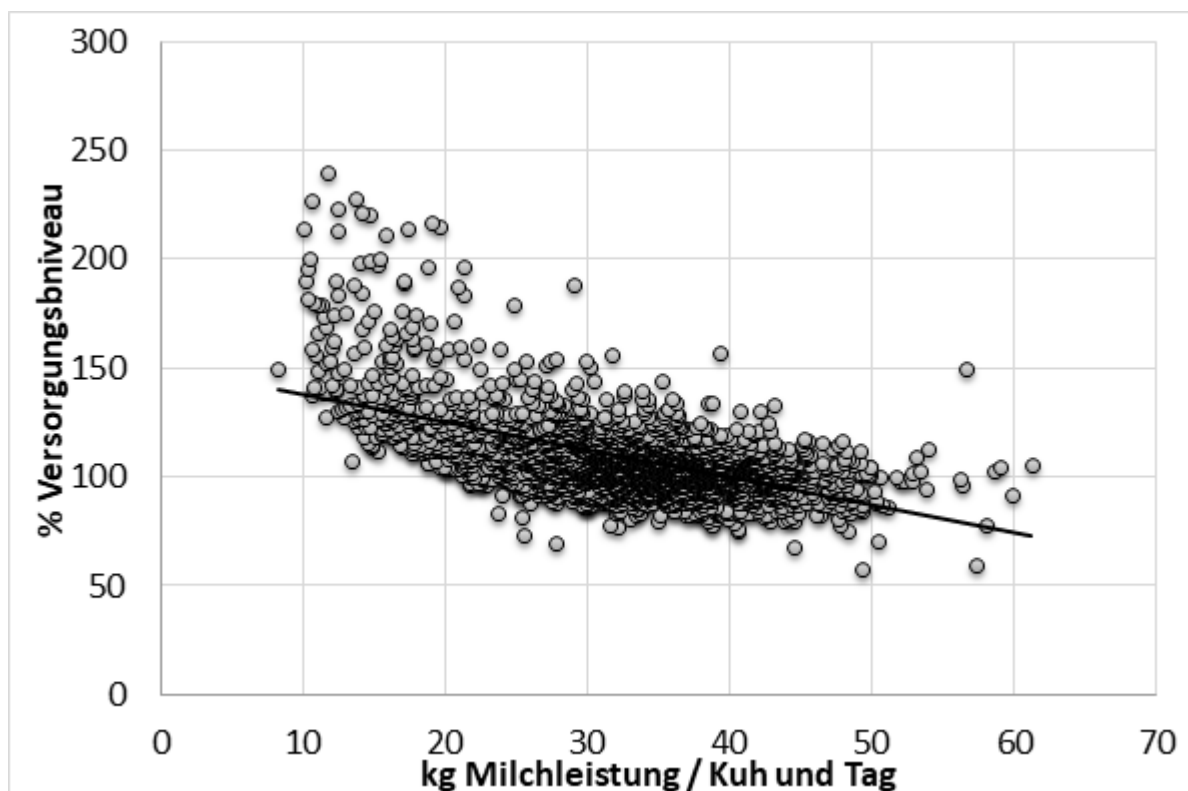


Abbildung 2: Versorgungsniveau mit Stickstoff (Rohprotein / 6,25) und der Milchleistung von sächsischen TMR-Mischungen 2000 bis 2019

Erfreulich ist jedoch der beobachtete Trend, dass der Anteil der sächsischen Betriebe mit einer Stickstoffversorgung über 110 % sich in den letzten 20 Jahren halbiert hat (Abbildung 3). Waren es im Jahr 2000 und 2001 noch $\frac{3}{4}$ der untersuchten Betriebe, sind es in den jüngeren Messungen nur noch gut ein Viertel bis ein Drittel. Eine Unterversorgung mit Stickstoff, d.h. unter 90 % der Versorgungsempfehlung, war eher die Ausnahme.

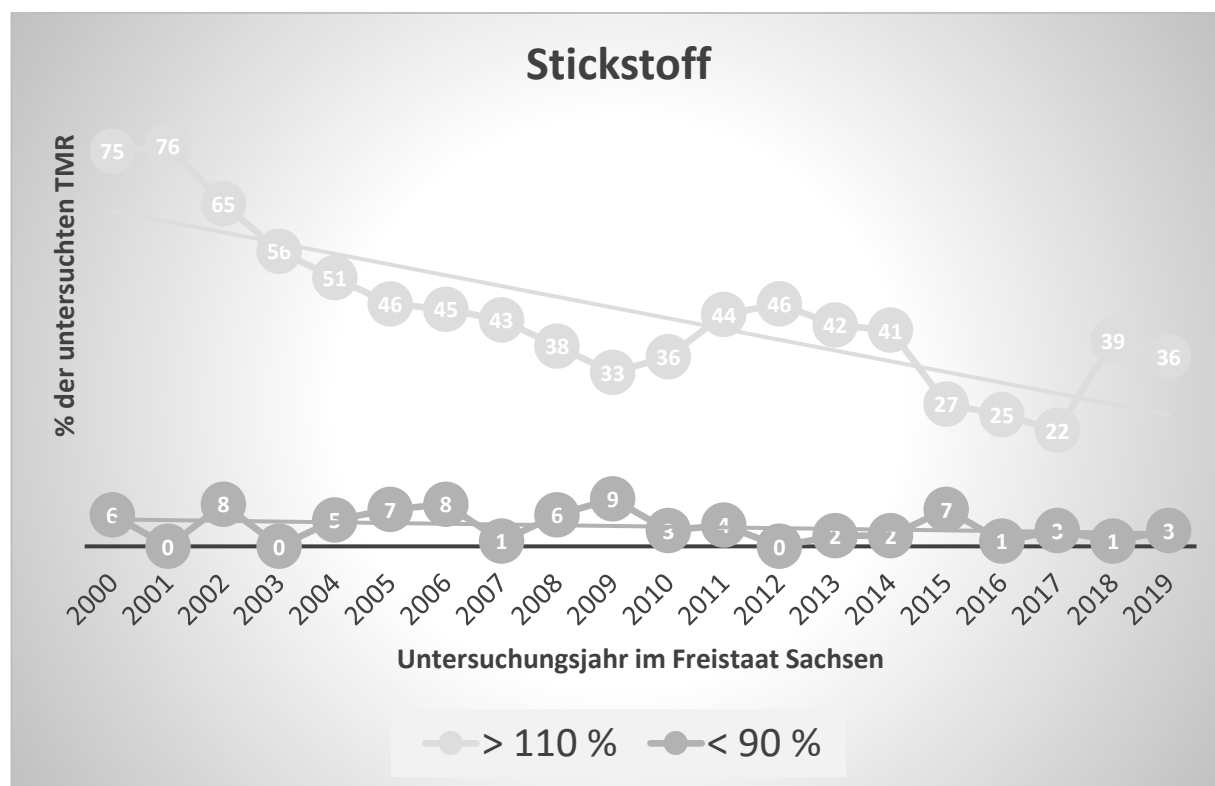


Abbildung 3: Anteil der untersuchten TMR-Mischungen, welche eine Überversorgung (> 110 % des Bedarfes) bzw. eine Unterversorgung (< 90 % des Bedarfes) mit Stickstoff anzeigen

Die N-Ausscheidung je sächsische Kuh und Jahr ist, trotz Unterschieden in der Fütterungspraxis und Leistungsentwicklung in den letzten 20 Jahren kaum verändert (Abbildung 4). Sie lag im Mittel zwischen 140 und 150 kg N und damit ca. 10 - 20 kg pro Kuh und Jahr über dem erwarteten Bereich für Milchrinder (vgl. „Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere“, DLG, Band 199, 2014). Zur besseren Einschätzung: 10 - 20 kg Stickstoff entsprechen immerhin ca. 200 - 350 kg Rapsextraktionsschrot.

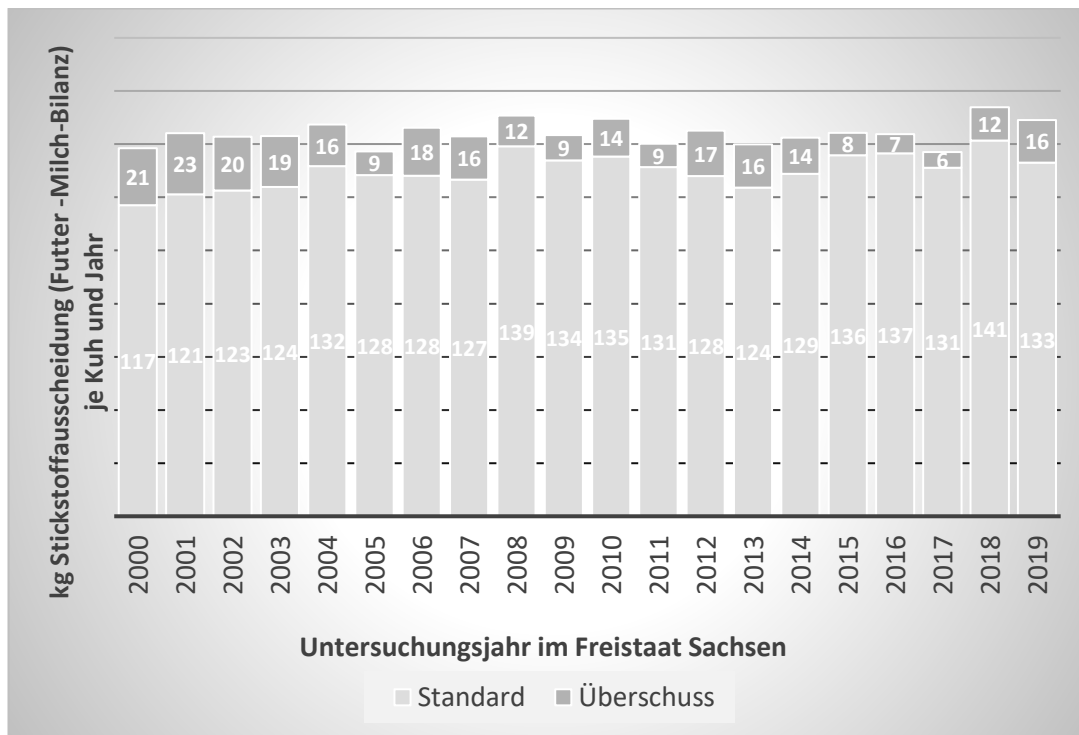


Abbildung 4: Kalkulierte Stickstoffausscheidung (Futter-Milch-Bilanz) je Kuh und Jahr 2000 bis 2019 (Standard = Versorgungsempfehlung / Überschuss = Differenz Versorgungsempfehlung zu TMR-Analyse)

P - Versorgungsniveau

Die Schätzung der Futteraufnahme erfolgte über NDFom (1,2 % der KM). Diese wurde mit dem analytischen Befund an Phosphor verrechnet, um die Aufnahme und Bedarfsdeckung mit diesem Mengenelement zu bewerten. Ausgewertet wurde zunächst das Versorgungsniveau an Phosphor. Dabei wurde der Bedarf (GfE 2001) dem Angebot gegenübergestellt. Des Weiteren wurde die P-Ausscheidung über die Differenz zwischen Futter-P-Aufnahme und Milch-P-Abgabe ermittelt.

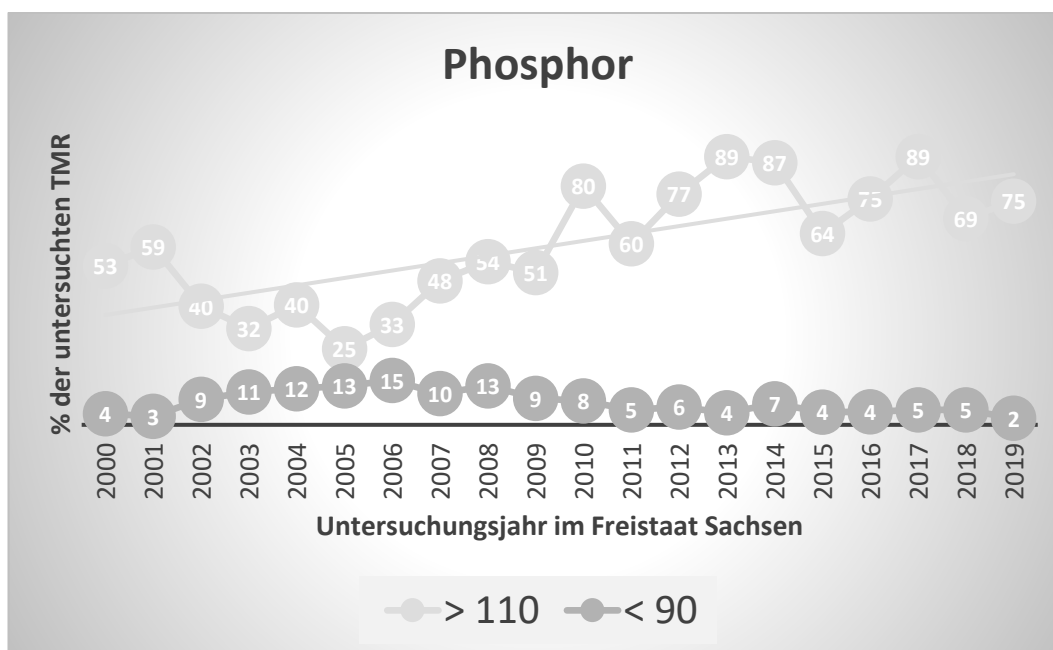


Abbildung 5: Anteil der untersuchten TMR-Mischungen, welche eine Überversorgung (> 110 % des Bedarfes) bzw. eine Unterversorgung (< 90 % des Bedarfes) mit Phosphor anzeigen

Wie die Abbildung 5 zeigt, nimmt der Anteil der Betriebe, welche die P-Versorgung deutlich über der Versorgungsempfehlung ($> 110\%$) praktizieren, deutlich zu. In den letzten 3 Jahren wiesen immerhin 75 – 89 % der Betriebe diesen Überschuss nach. Eine P-Unterversorgung ist dagegen kaum nachweisbar. Infolge wurden somit im Mittel 5 bis 6,4 kg Phosphor je sächsische Kuh und Jahr mehr ausgeschieden, als über die Standardausscheidung zu erwarten war (Abbildung 6).

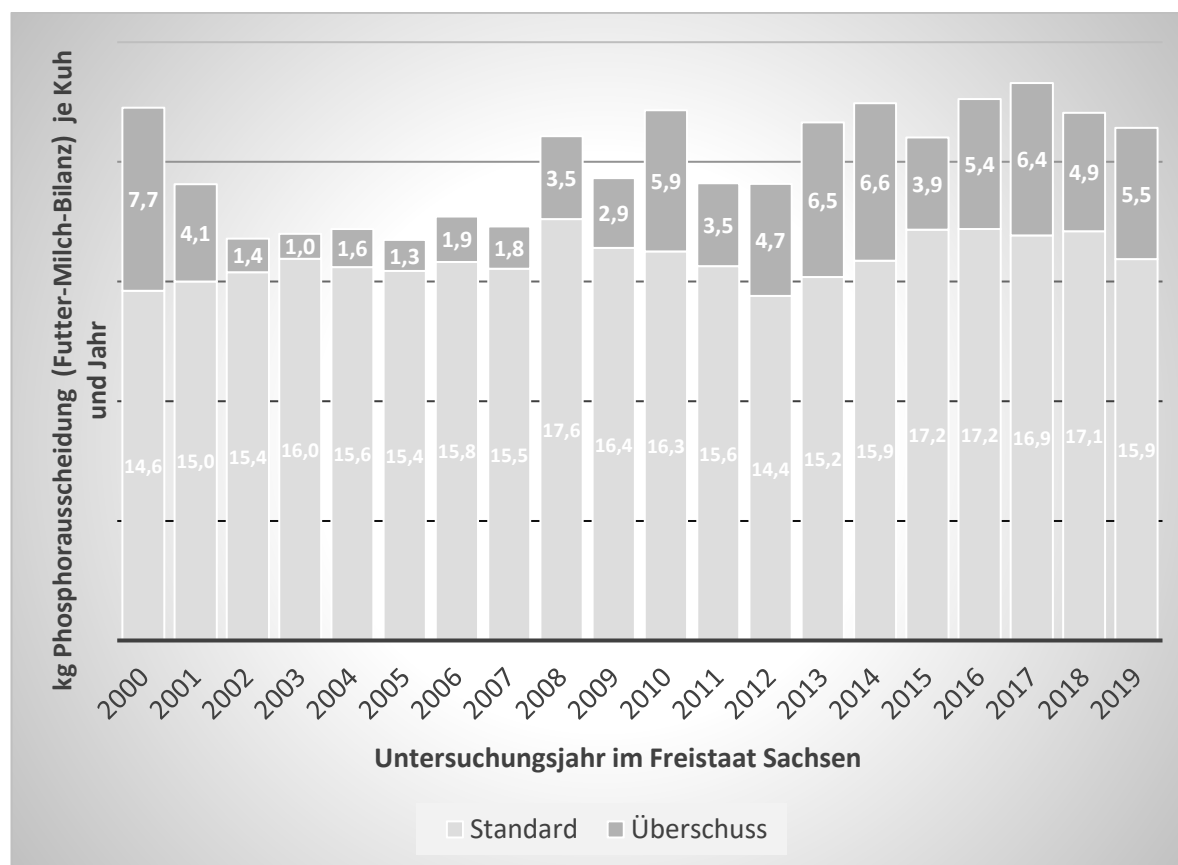


Abbildung 6: Kalkulierte Phosphorausscheidung (Futter-Milch-Bilanz) je Kuh und Jahr 2000 bis 2019 (Standard = Versorgungsempfehlung / Überschuss = Differenz Versorgungsempfehlung zu TMR-Analyse)

Spurenelement - Versorgungsniveau

Da der Bedarf an Spurenelementen nur als Konzentrationsangabe in der Futtertrockenmasse angegeben wird, wurde als Versorgungsniveau die %-tuelle Abweichung der analytischen Befunde zur Bedarfsempfehlung der GFE (2001) definiert. Um dies für die vorliegende Studie nicht vollumfänglich für alle untersuchten Spurenelemente darzustellen, wurde hier der Mittelwert für Kupfer, Zink und Mangan ermittelt (Abbildung 7).

In der Abbildung wird deutlich, dass der Trend der Überversorgung mit Spurenelementen der sächsischen Milchrinder zwar rückläufig ist, aber aktuell immer noch 43 % der Betriebe mehr als 50 % das formulierte Versorgungsniveau überziehen. Der Anteil der Betriebe, welche weniger als 90 % Versorgungsniveau an den Spurenelementen Kupfer, Zink und Mangan erkennen lassen, ist dagegen zu vernachlässigen.

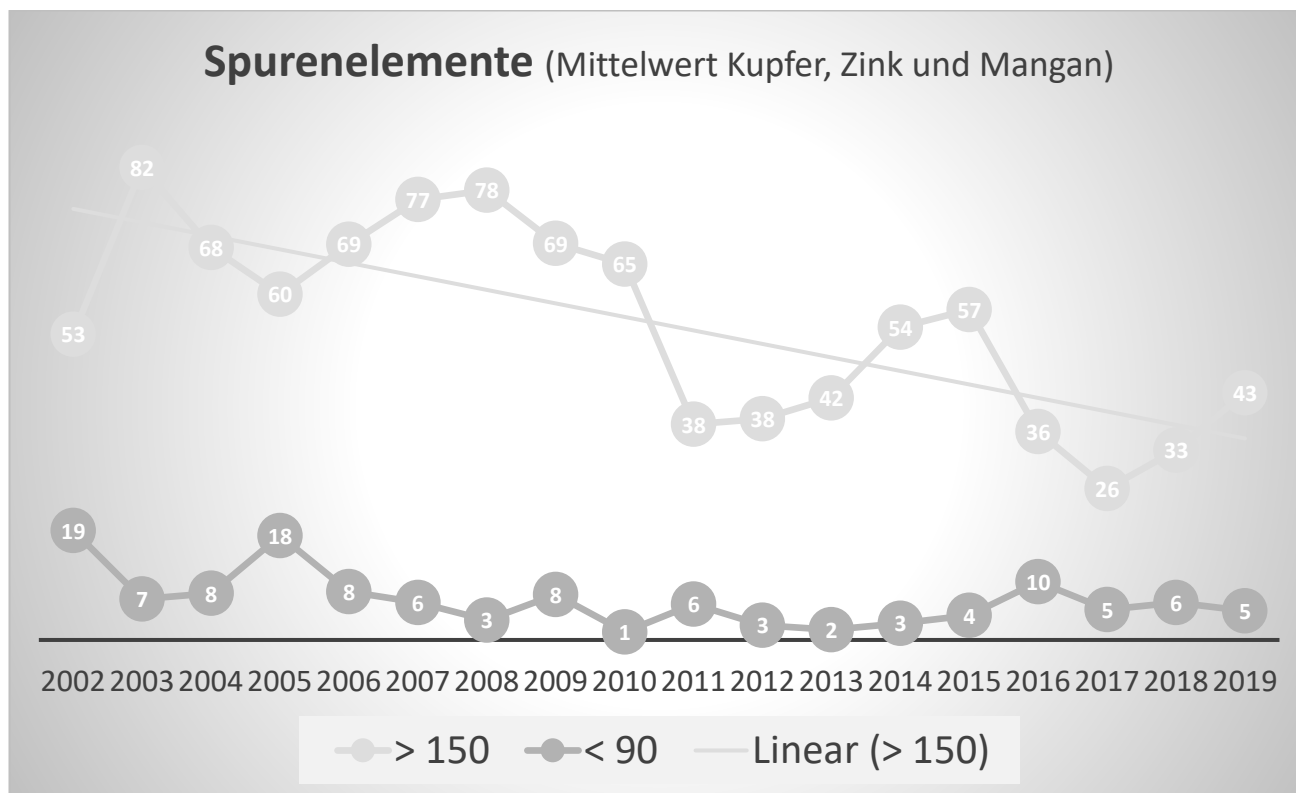


Abbildung 7: Anteil der untersuchten TMR-Mischungen, welche eine Überversorgung (> 150 % des Bedarfes) bzw. eine Unterversorgung (< 90 % des Bedarfes) mit Spurenelementen (Mittelwert Kupfer, Zink und Mangan) anzeigen

In Abbildung 8 und Abbildung 9 wird deutlich, dass die tatsächliche Ausscheidung an Kupfer und Zink je Kuh und Jahr nahezu doppelt so hoch ist wie die Menge, welche bei bedarfsgerechter Versorgung zu erwarten wäre. Dieser Trend war nur in den Jahren 2011-2018 unterbrochen, scheint sich aber aktuell wieder aufzuheben.

1.1.3 Fazit

Auswertungen im Sächsischen Messnetz "Futtermittel" belegen, dass im Mittel der letzten 20 Jahre 97 % der Milchviehbetriebe in Sachsen im Vergleich zur Versorgungsempfehlung einen N-Überschuss ausweisen, 75 % einen P-Überschuss, und 85 % einen Kupfer- und Zinküberschuss nachweisen. Insbesondere bei Milchleistungen unter 40 kg je Kuh und Tag wird ein verstärktes Vorhalten an Rohprotein praktiziert. Erfreulich ist der beobachtete Trend, dass der Anteil der sächsischen Betriebe mit einer Stickversorgung über 110 % sich in den letzten 20 Jahren halbiert hat. Die N-Ausscheidung je sächsische Kuh und Jahr liegt jedoch zwischen 140 und 150 kg N und damit ca. 10-20 kg pro Kuh und Jahr über dem erwarteten Bereich für Milchrinder. Der Anteil der Betriebe, welche die P-Versorgung deutlich über der Versorgungsempfehlung (> 110 %) praktizieren, nimmt im Gegensatz zur N-Versorgung dagegen deutlich zu. In den letzten 3 Jahren wiesen 75 – 89 % der Betriebe diesen Überschuss nach. Im Mittel werden 5 bis 6,4 kg Phosphor je sächsische Kuh und Jahr mehr ausgeschieden, als über die Standardausscheidung zu erwarten wäre. Der Trend der Überversorgung mit Spurenelementen der sächsischen Milchrinder ist zwar rückläufig, aber aktuell versorgen noch immer 43 % der Betriebe ihre Kühe mit mehr als 150 % zum empfohlenen Versorgungsniveau. Die Ausscheidung an Kupfer und Zink je Kuh und Jahr ist nahezu doppelt so hoch ist wie die Menge, welche bei bedarfsgerechter Versorgung zu erwarten wäre. Eine Unterversorgung mit Stickstoff, Phosphor oder Spurenelementen ist in den letzten 20 Jahren eher die Ausnahme.

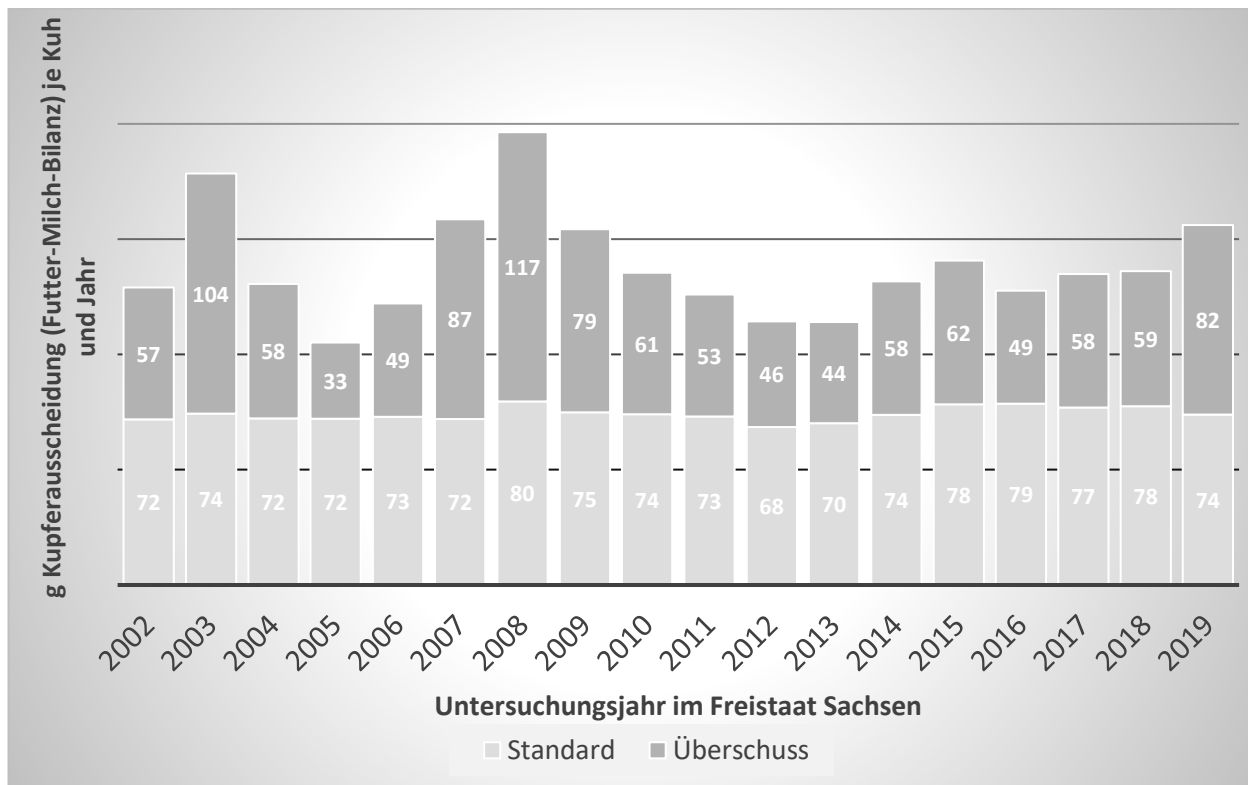


Abbildung 8: Kalkulierte Kupferausscheidung (Futter-Milch-Bilanz) je Kuh und Jahr 2002 bis 2019 (Standard = Versorgungsempfehlung / Überschuss = Differenz Versorgungsempfehlung u TMR-Analyse)

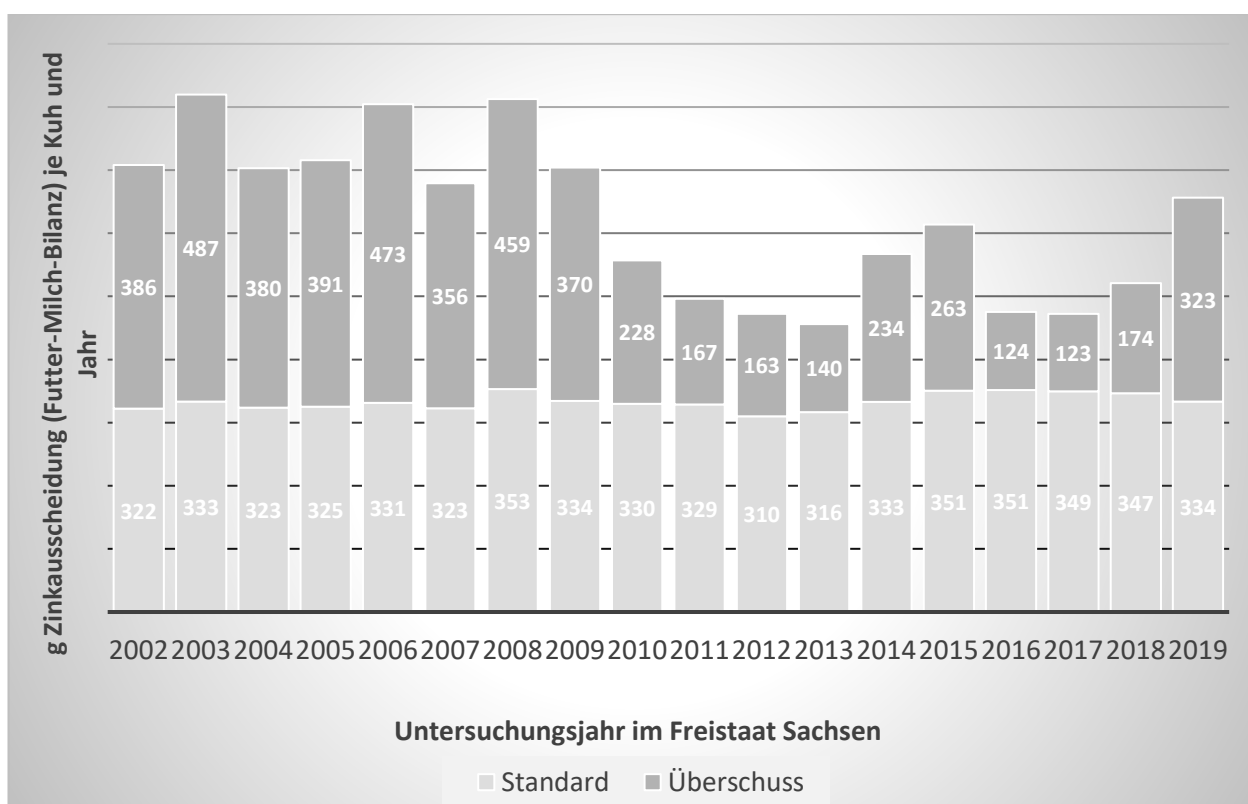


Abbildung 9: Kalkulierte Zinkausscheidung (Futter-Milch-Bilanz) je Kuh und Jahr 2002 bis 2019 (Standard = Versorgungsempfehlung / Überschuss = Differenz Versorgungsempfehlung zu TMR-Analyse)

1.2 Langjährige Untersuchungen zur rohproteinoptimierten Fütterung in einem sächsischen Milchviehbetrieb

LUZIE HENTSCHEL, MONIKA WENSCH-DORENDORF, SIRIWAN MARTENS, ANNETTE ZEYNER UND OLAF STEINHÖFEL

Anhand von über 10 Jahre erfassten Daten aus einem sächsischen Milchkuhbetrieb wurde untersucht, wie sich eine langjährige Rohproteinoptimierung auf Leistung, Tiergesundheit und Fruchtbarkeit von Milchkühen auswirkte.

1.2.1 Material und Methoden

In dem hier betrachteten sächsischen Praxisbetrieb wurden durchschnittlich 850 Holstein-Friesian-Kühe gehalten. Der Betrieb hat Anfang 2011 auf rohproteinoptimierte Fütterung umgestellt. Statt ca. 17 % bis zum Jahr 2010 wurde ab 2011 der Rohproteingehalt der TMR für die Hochleistungsgruppe um 2%-Punkte abgesenkt. Der Gehalt an nutzbarem Rohprotein in der Ration wurde dabei nicht wesentlich verringert (ca. 155 g / kg TM). Die Ruminale-Stickstoff-Bilanz (RNB) wurde auf -1,5 bis -2 g je kg Trockenmasse orientiert. Damit wurde in der mittleren Tagesration mit einem rechnerischen Defizit von 35 – 50 g Stickstoff/Tier gefüttert. Das Ziel dieser Absenkung war, die Gesundheit und Fruchtbarkeit der Tiere, möglichst unter Beibehaltung der Leistungsbereitschaft, zu verbessern. Um zu hinterfragen, ob dieses Ziel und insbesondere ein möglicher Langzeiteffekt dieser Strategie erreicht wurde, wurden umfangreiche Einzeltierdaten aus den Jahren 2007 bis 2017 aus der Software HERDE (Data Service Paretz GmbH-agro soft) statistisch ausgewertet. Insgesamt standen dafür 306.205 Datensätze von in toto 11.375 Kühen zur Verfügung. Die Auswertung erfolgte unter Verwendung des Programmes Statistical Analysis System SAS 9.4. Die Leistungsparameter wurden vor der Auswertung hinsichtlich des Zuchtfortschritts über den Relativzuchtwert Milch der Väter korrigiert.

1.2.2 Ergebnisse

Fütterung

Die realisierte Rohproteinreduzierung mit Beginn des Jahres 2011 wird aus den analysierten Nährstoffgehalten der Rationen ersichtlich (Tabelle 1):

Tabelle 1: Mittlerer Rationsparameter für die Fütterungsgruppe Hochleistung von 2007-2017

[in g bzw. MJ / kg TM]	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Rohprotein	176	176	171	171	150	136	141	144	143	143	154
Rohfaser	171	175	188	183	184	172	170	173	173	176	175
Rohfett	39	42	36	39	44	41	37	40	41	40	40
nutzbares Rohprotein	159	160	158	157	154	152	152	154	153	153	157
RNB	2,8	2,8	2,6	2,1	-0,7	-2,6	-1,6	-1,6	-1,5	-1,6	-0,4
NEL	7,1	7,1	6,9	6,9	6,9	7,0	6,9	7,0	6,9	6,9	7,0

In Abbildung 10 und Abbildung 11 sind die Entwicklungen der Gehalte an Rohprotein, nutzbarem Rohprotein und RNB in den Hochleistungs-TMR sowie dem Milchnharnstoffgehalt der Hochleistungsrationen im Verlauf von 2007 bis 2017 grafisch dargestellt.

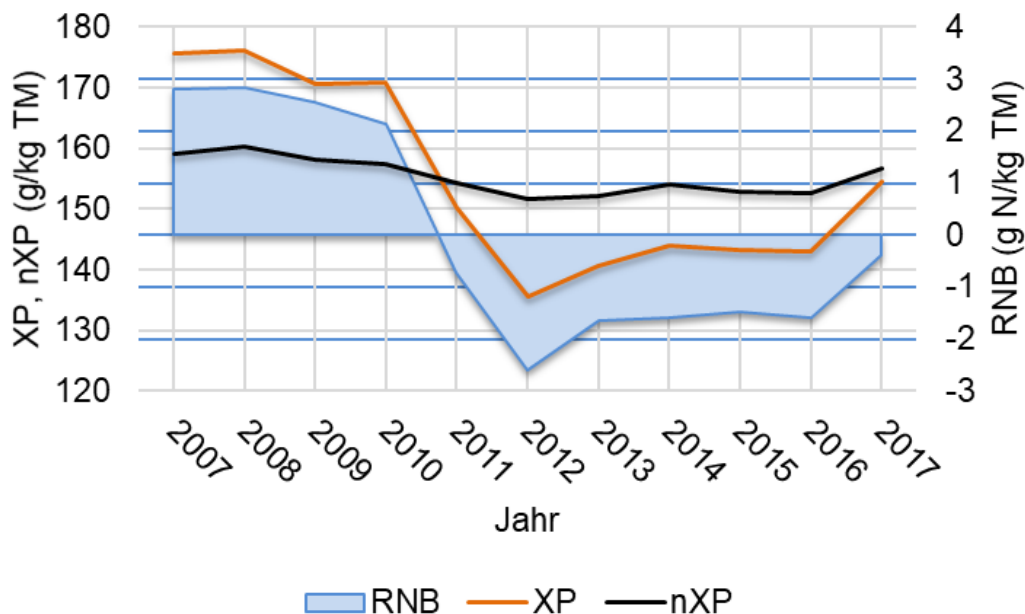


Abbildung 10: Entwicklung des RP- und nRP-Gehaltes und der RNB in den Hochleistungsrationen von 2007-2017

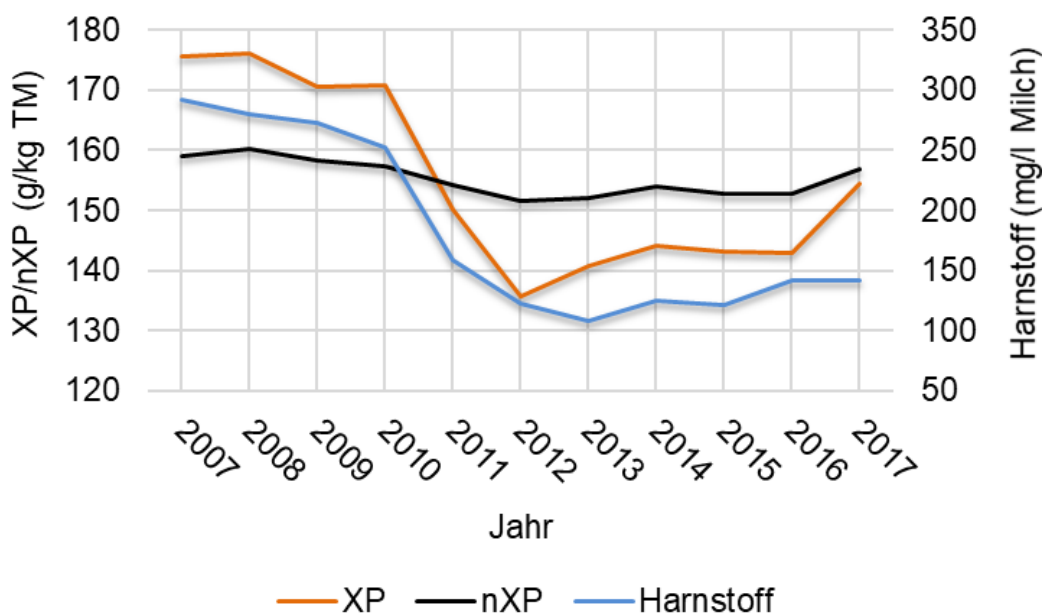


Abbildung 11: Entwicklung der RP und nRP-Gehalte im Bezug zur Entwicklung des Milchwarnstoffgehaltes von 2007-2017

Die enge Beziehung zwischen der reduzierten RNB und dem Milchwarnstoffgehalt wird deutlich. Durch die Einbeziehung der analysierten Milchwarnstoffgehalte als zentralen Parameter in der statistischen Auswertung wurde somit die Veränderung in der Proteinfütterung eingebracht. In der Tabelle 2 sind zwei Beispielrationen für die Hochleistungsgruppe aus den Jahren 2007 und 2017 dargestellt, auf welche jedoch hier nicht weiter eingegangen werden soll (Inhaltsstoffe naturaVit® 5505, Tremonis GmbH: Bierhefe, Vitamine und Spurenelemente, lebende Hefezellen des Stammes *Saccharomyces cerevisiae* (CBS 493.94); PANTO Power Mix und Wisan®-Raps, pansenstabil geschützt, HL Hamburger Leistungsfutter GmbH).

Tabelle 2: Mittlere Rationen der Fütterungsgruppe Hochleistung für 2007 und 2017

Futtermittel	kg Trockenmasse 2007	kg Trockenmasse 2017
Grassilage	5,2	3,4
Maissilage	10,0	5,6
Trockengrün		1,8
Stroh	0,5	0,3
Biertreber	2,5	1,4
Melasseschnitzel	-	2,0
Sojaextraktionsschrot	1,0	-
Rapsextraktionsschro	0,2	1,7
Futtergerste	1,3	3,9
Körnermais	2,3	1,8
Power Mix	-	0,5
Natrura Vit 5505	-	0,2
Rapsöl	-	0,03
Wisan®-TIBO	-	0,9
Glycerin	-	0,9
Futterkalk	-	0,2
Mineralfutter	0,05	0,10
Viehsalz	0,02	0,03
gesamt	23,0	24,7

Milchleistung

In der Abbildung 12 sind die Laktationskurven der Kühe aus der ersten Laktation bis zum 350. Melktag für die Jahre 2007 bis 2017 dargestellt. Zunächst fällt das Jahr 2015 mit einer sehr niedrigen Milchleistung auf, welcher jedoch nicht in den Zusammenhang mit der Proteinversorgung zu bringen war. Erklärt wird dies vielmehr mit der Änderung der Melkfrequenz von drei- auf zweimal täglich, welche mit merklichen Milchleistungseinschränkungen einherging (Vogel, 2018). Deutlicher sind Effekte auf den Verlauf der Laktationskurven zu werten. Der Peak zum Laktationsstart war in den Jahren 2007 bis 2010 höher als 2011 bis 2017. Der Leistungsabfall nach der Hochleistungsphase war jedoch vor der Umstellung (v.U.) deutlich stärker als danach. Ab 2012 blieb die Milchleistung auch mit fortschreitender Laktation auf einem höheren Niveau. Die wird in den zusammenfassenden Abbildung 13, Abbildung 14, Abbildung 16 deutlich, in denen jeweils die Verläufe vor und nach der Umstellung (n.U.) für die Kühe der 1., 2. bzw. 3. Laktation zusammengestellt wurden. Das Maximum der Milchleistung war für alle drei analysierten Laktationen nach der Umstellung geringer als vor der Umstellung. Dafür war die Persistenz erkennbar verbessert. Untereinander unterschieden sich die erste und die zweite Laktation, sowie die erste und die dritte Laktation signifikant voneinander. Eine signifikante Abweichung der zweiten von der dritten Laktation konnte nicht festgestellt werden.

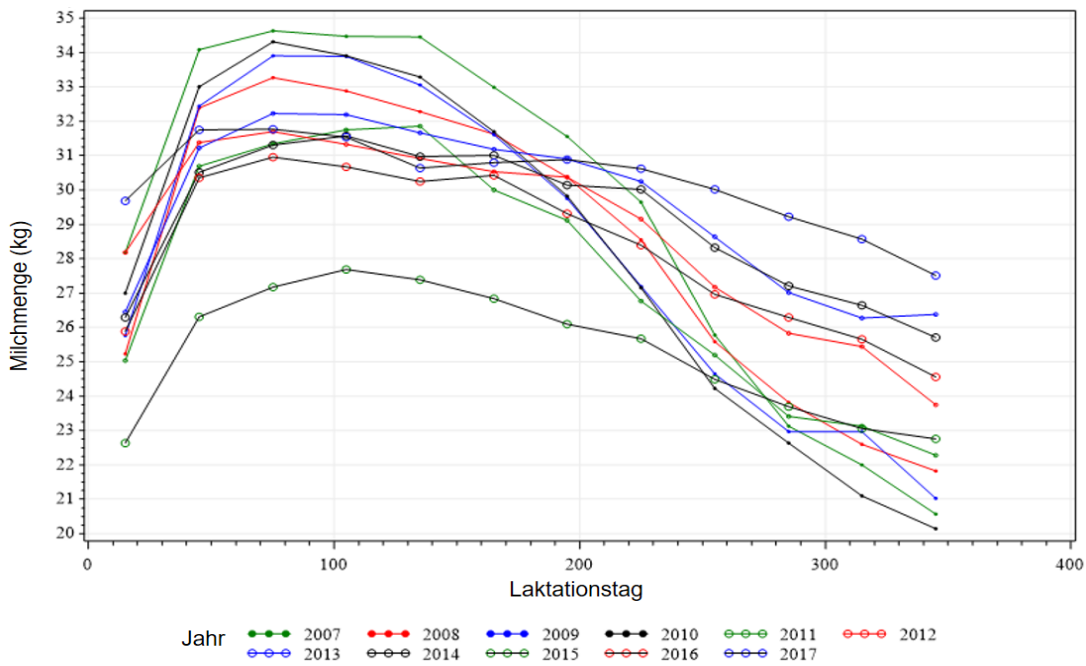


Abbildung 12: Entwicklung der Milchmenge (kg) von Kühen der 1. Laktation für die Jahre 2007 - 2017

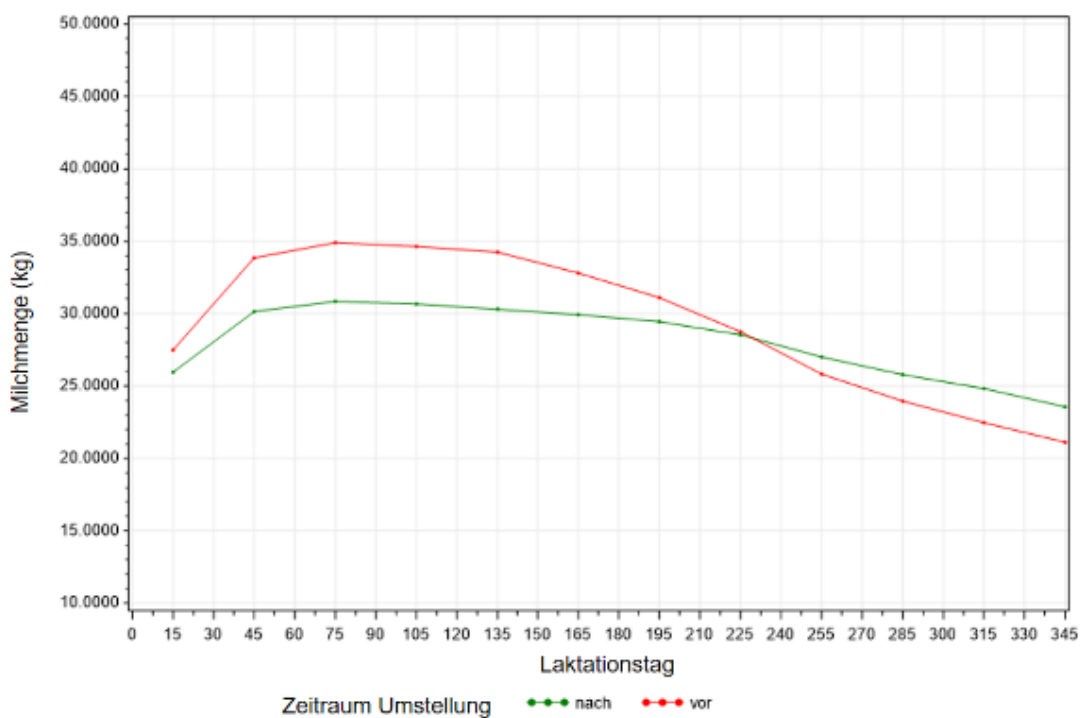


Abbildung 13: Die Milchleistung (2007 - 2014; 2016 - 2017) im Vergleich v. U. und n. U. für Kühe der 1. Laktation bis zum 345. Melktag

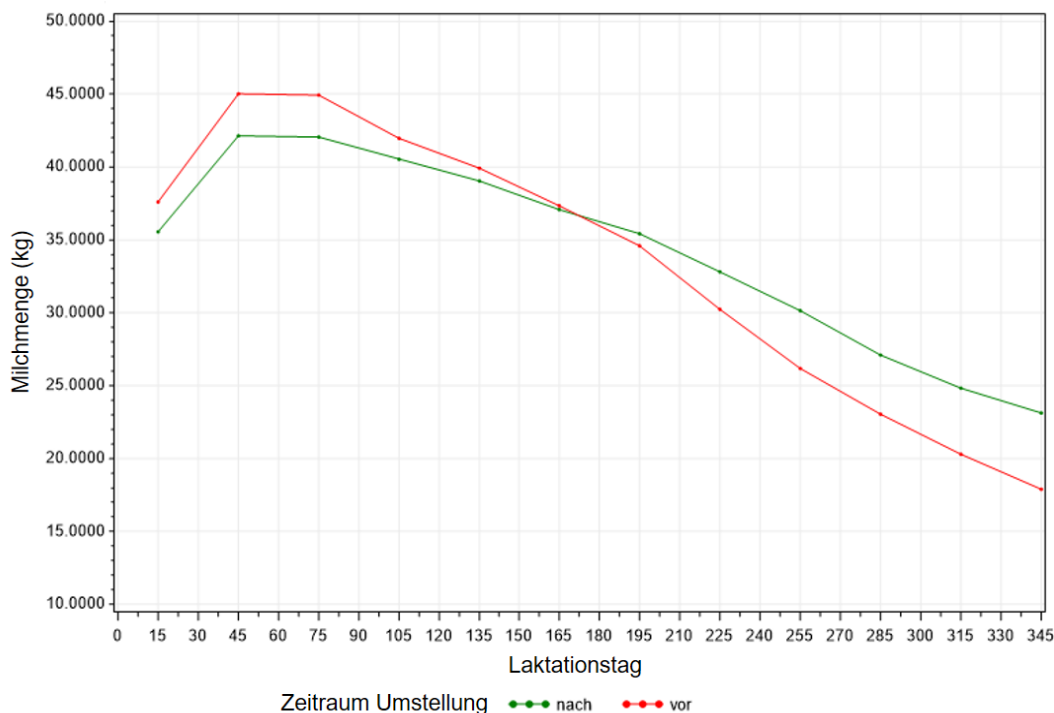


Abbildung 14: Milchleistung (2007-2014; 2016-2017) im Vergleich v. U. und n. U. für Kühe der 3. Laktation bis zum 345. Melktag

Die Verminderung der 100-Tageleistung mit der einhergehenden eindeutigen Erhöhung der Persistenz konnte bereits in einer vorausgehenden Auswertung im untersuchten Praxisbetrieb nachgewiesen werden (RIMPL, 2013). Im Allgemeinen ist bekannt, dass Kühe die Fähigkeit besitzen, Körpersubstanz zugunsten der Leistung umzuwandeln (WALTER, 2009). Dabei führen hohe Leistungen besonders in den ersten Laktations-tagen zu einem Energiedefizit, da die Kühe noch keine maximalen TM-Aufnahmen erreichen und trotzdem enorme Leistungen erbringen. In dieser Zeit muss die Kuh Fettreserven mobilisieren, um diese Leistungen aufrechterhalten zu können, so dass Stoffwechselerkrankungen die Folge sein können. WINDISCH (2003) beschreibt ein Fettmobilisationsvermögen von 50 kg Milch bei einer durchschnittlich konditionierten Kuh. Die Tiere v. U. brauchten diese Menge in den ersten 100 Laktationstagen auf und fielen danach in der Leistung stark ab, sodass sich eine verminderte Persistenz ergab. In diesem Zusammenhang kann die Erhöhung der Persistenz und Abschwächung der sehr hohen Leistungen im geburtsnahen Zeitraum n. U. vorteilhaft sein (KASKE ET AL., 2006). Die Autoren FÜRST UND GREDLER (2006) konnten für die Rasse Fleckvieh einen positiven Zusammenhang zwischen der Persistenz und der Fruchtbarkeit feststellen, das heißt, Kühe, die eine hohe Persistenz haben sind fruchtbar. Dieser Feststellung liegt der Gedanke der verminderten Stoffwechselbelastung zugrunde (FÜRST UND GREDLER, 2009). Der Vergleich der Milchleistungen für die Laktationen eins, zwei und drei ergab den zu erwartenden Anstieg in der Milchmenge je Laktation, denn das genetische Leistungspotenzial erreichen Kühe erst in der dritten Laktation (SEGGEWIS, 2004). Interessant war jedoch die unterschiedliche Entwicklung des Milchmengenanstiegs im Verlauf der Laktation für den Zeitraum v. U. und n. U., denn mit jeder Laktation wurde die Differenz zwischen der Milchmenge zugunsten der Werte nach der Umstellung geringer. Schlussendlich überstieg die absolute Milchmengenleistung der Tiere n. U. in der dritten Laktation die der Kühe v. U.. Die Milchleistung erhöhte sich v. U. zwar auch, aber im Verhältnis zum Zeitraum n. U. in einem geringeren Maße. Wie aus den Ergebnissen hervorgeht, wurde dies durch eine sich verringernde Persistenz je Laktation v. U. verursacht.

Es kann vermutet werden, dass sich dieser Trend auch in den Laktationen ≥ 3 fortsetzte. Dieses Ergebnis ist auch bedeutend für die gesamte durchschnittliche Milchleistung pro Kuh und Laktation. Der Einbezug höherer Laktationen und des steigenden Lebensalters der Tiere würde diese Differenz vermutlich aufheben bzw. sogar umkehren. Diese Annahme wird durch die steigende Lebensleistung der Kühe über die 10 analysierten Jahre bestärkt.

Milchinhaltstoffe

In der Abbildung 15 ist der Verlauf der mittleren Milchfettgehalte (%) für die Jahre 2007 bis 2017 für die erste Laktation dargestellt. Der Verlauf war über die Jahre gleichbleibend. Bis zum ca. 50. Melktag sank der Milchfettgehalt und stieg ab ca. 100. Laktationstag wieder an. Der Abbildung 16 stellt den mittleren Milchfettgehalt für den Zeitraum vor bzw. nach der Untersuchung für die erste Laktation dar. Daraus geht hervor, dass der Fettanteil in der Milch nach Umstellung stets geringer war als vor der Umstellung. Diese Differenz ist signifikant und beträgt 0,04 % bzw. 0,01 kg/Tier*d. In den höheren Laktationen zwei und drei war der Milchfettgehalt im Zeitraum vom 30. bis zum etwa 105. Melktag nach der Umstellung leicht gestiegen. Dabei gilt zu beachten, dass sich die Laktation eins nicht signifikant von der zweiten unterschied, aber von der dritten Laktation. Auch die zweite und die dritte Laktation zeigten einen signifikant verschiedenen Milchfettgehalt.

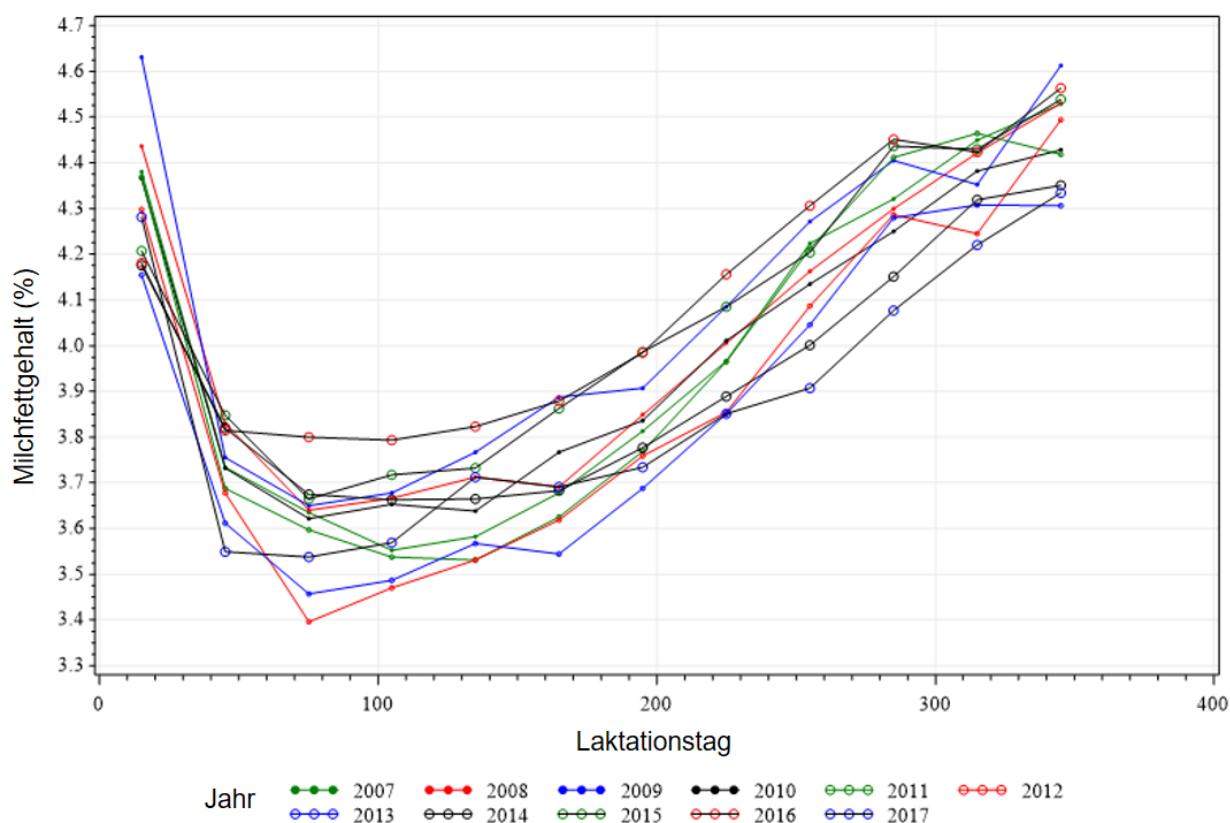


Abbildung 15: Entwicklung des Milchfettgehaltes (%) von Kühen der 1. Laktation für die Jahre 2007 - 2017

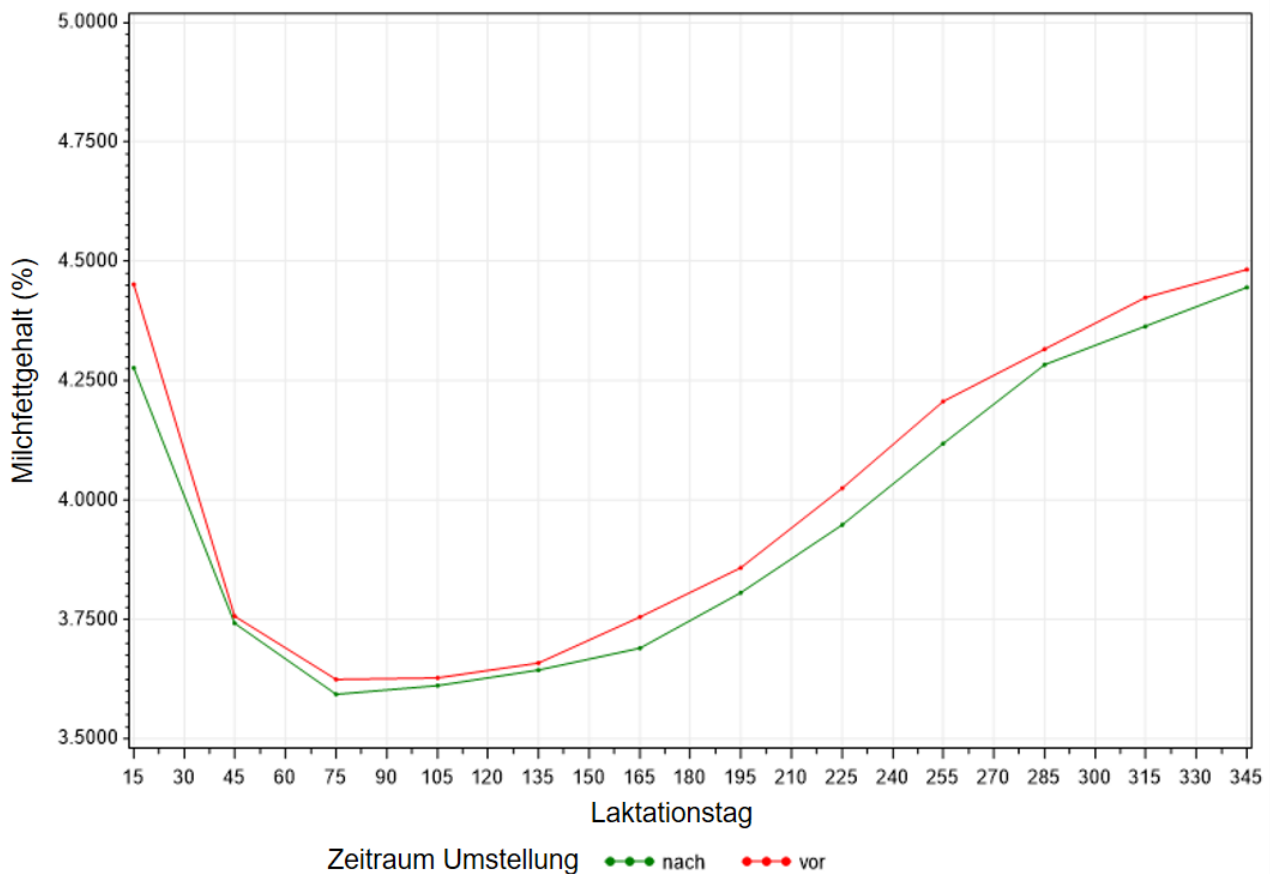


Abbildung 16: Milchfettgehalt (%) im Vergleich vor und nach Umstellung für Kühe der 1. Laktation

Der Verlauf des Milcheiweißgehalt für die Jahre 2007 bis 2017 geht aus der Abbildung 17 hervor. Die Tiere der ersten Laktation starteten mit einer Milcheiweißleistung von $\geq 3,2\%$, welche bis zum 45. Melktag auf bis zu $2,9\%$ abfiel. Danach stieg der Milcheiweißgehalt bis zum Ende der Laktation kontinuierlich bis maximal $3,85\%$ wieder an.

Abbildung 18 zeigt die Eiweißgehalte in der Milch vor bzw. nach der Umstellung im Vergleich. In der ersten Laktation war der Milcheiweißgehalt vor der Umstellung im Laktationsverlauf stets um $0,1\%$ - $0,25\%$ höher als nach der Umstellung. Auch der Milcheiweißgehalt aus der zweiten und dritten Laktation der Tiere folgte diesem Trend (hier nicht dargestellt). Die durchschnittliche Differenz zwischen den zwei Zeiträumen betrug $0,09\%$, bzw. $0,037\text{ kg/Tier}\cdot\text{d}$ und besitzt eine hohe Signifikanz. Der Unterschied zwischen den Laktationen im Milcheiweißgehalt war für die erste und zweite sowie für die erste und dritte Laktation signifikant.

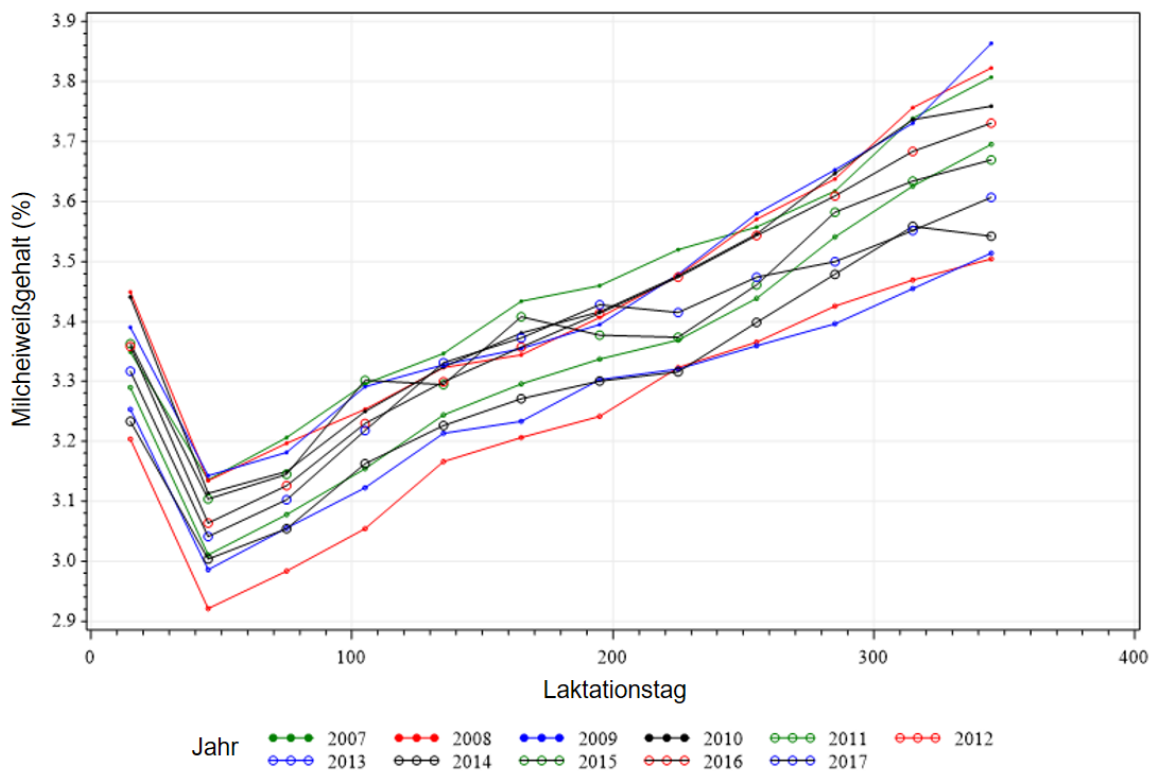


Abbildung 17: Entwicklung des Milcheiweißgehaltes (%) von Kühen der 1. Laktation für die Jahre 2007 - 2017

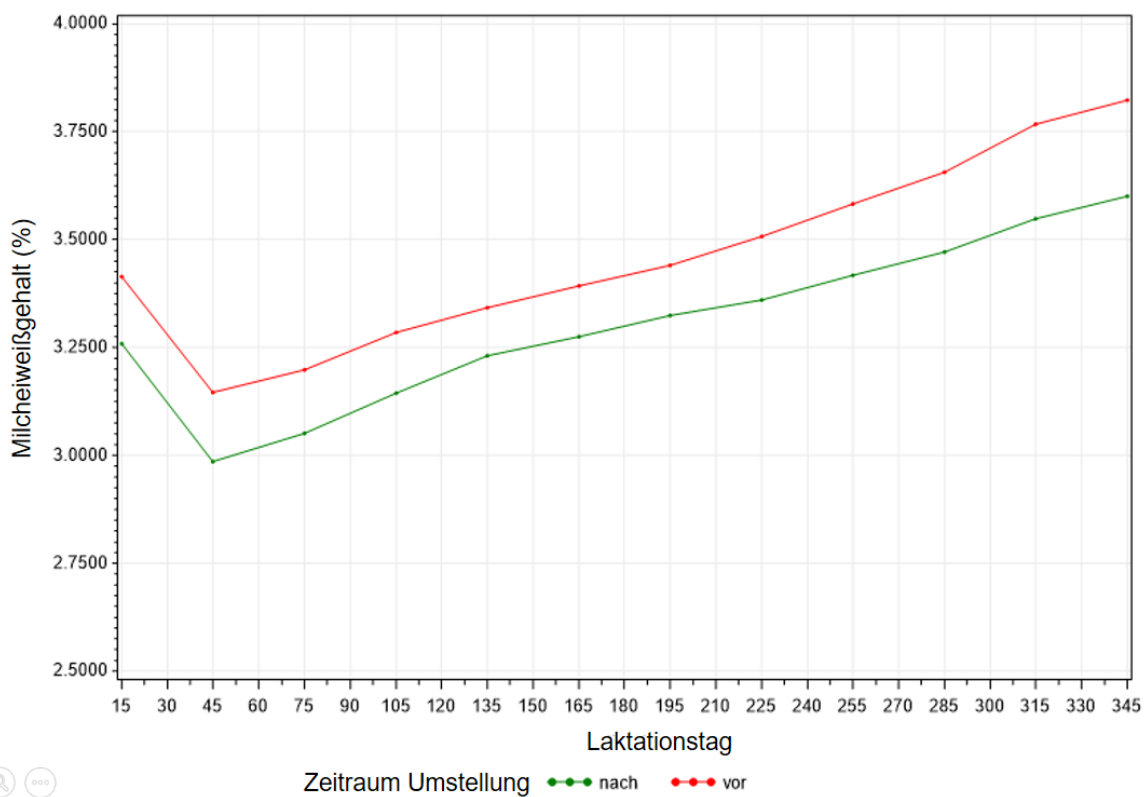


Abbildung 18: Milcheiweißgehalt (%) im Vergleich vor und nach Umstellung für Kühe der 1. Laktation

Da die Milchleistung mit dem Fettgehalt ($r=-0,04$ bis $-0,58$) und dem Eiweißgehalt ($r=-0,52$ bis $-0,59$) genetisch negativ korreliert (WAEHNER, 2013), erklären sich die getesteten Gehalte dieser Milchinhaltsstoffe in Bezug auf die Milchmenge und deren Verlauf über die Laktation. Für den Fettgehalt in der Milch existierte v. U und n. U. kein signifikanter Unterschied. Mit durchschnittlich 4,02 % Fett in der Milch n. U. befindet sich dieser Gehalt im Referenzbereich nach GRABOWSKI (2000) und knapp unter dem sächsischen Mittel des Jahres 2018 (4,06 %, SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E.V., 2019). Der Fettgehalt gibt Auskunft über die Versorgungslage der Kuh mit Energie und strukturwirksamer Rohfaser (SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E. V., 2017), so dass abgeleitet werden kann, dass die Kühe im Praxisbetrieb v. U. sowie n. U. ausreichend mit diesen Parametern versorgt worden sind. Dies ist bei dem Fütterungskonzept „N-reduziert“ von großer Bedeutung, da der Energiegehalt unter anderem der begrenzende Faktor für die so wichtige Mikrobenproteinsynthese ist und somit die Ausschöpfung des Potenzials des ruminohepatischen Kreislaufs limitiert (SPIEKERS ET AL., 2009).

Der Milcheiweißgehalt reduzierte sich n. U. leicht und befand sich damit unterhalb des sächsischen Mittels von 2017 (3,43 %, SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E.V., 2017). Mit 3,39 % lag der Eiweißgehalt n. U. jedoch im Normbereich, denn nach RICHARDT (2003) ist die Untergrenze des Eiweißgehaltes in der Milch für mehr als 35 kg Milch bei 2,8 % innerhalb der Normalverteilungskurve. Das nRP und der Energiegehalt im Futter haben den bedeutendsten Einfluss auf den Milcheiweißgehalt. Da dieser Milchinhaltsstoff laut RICHARDT (2003) n. U. im Normalbereich lag, kann davon ausgegangen werden, dass die Kühe ausreichend mit diesen Parametern versorgt worden sind. In diesem Punkt zeigt sich die Berechtigung der kritischen Betrachtung der Versorgungsempfehlungen der GfE (2001) mit nRP, denn trotz Unterschreitung dieser Richtwerte können in der Praxis gute Milcheiweißgehalte realisiert werden. Die leichte Verminderung des Eiweißgehaltes in der Milch im Vergleich zu v. U. weist auf den Zusammenhang zur Reduzierung des nRP-Gehaltes der verfütterten Ration hin.

Der Verlauf des Milchharnstoffgehaltes vor bzw. nach der Umstellung im Laktationsverlauf der Jahre wird aus der Abbildung 19 deutlich. In den Jahren 2007-2010 lag der Harnstoffgehalt deutlich über 200 mg /l Milch. Die Milchharnstoffgehalte in 2011 als Umstellungsjahr waren etwas höher als in den Jahren 2012 bis 2017. Auffällig war das Jahr 2013 mit dem niedrigsten Harnstoffgehalt in der Milch. In den Jahren vor Umstellung stieg der Milchharnstoffgehalt bis zum 150. Melktag an und fiel danach wieder ab (Tabelle 3). In den Jahren nach der Umstellung blieb der Harnstoffgehalt in der Milch über die Laktation auf einem konstant niedrigen Niveau. Dies war in allen Laktationen nachweisbar. Vergleicht man die Milchharnstoffgehalte über alle Laktationen am 100., 200. bzw. 300. Laktationstag vor und nach Umstellung, waren alle Messreihen hoch signifikant verschieden im Harnstoffgehalt (Tabelle 3).

Tabelle 3: Milchharnstoffgehaltes am 100., 200. bzw. 300. Laktationstag vor und nach Umstellung

	mg Harnstoff / kg Milch 100. Laktationstag	mg Harnstoff / kg Milch 200. Laktationstag	mg Harnstoff / kg Milch 300. Laktationstag
vor Umstellung	349	288	258
nach Umstellung	138	137	128
Signifikanz (P-Wert)	< 0,001	< 0,001	< 0,001

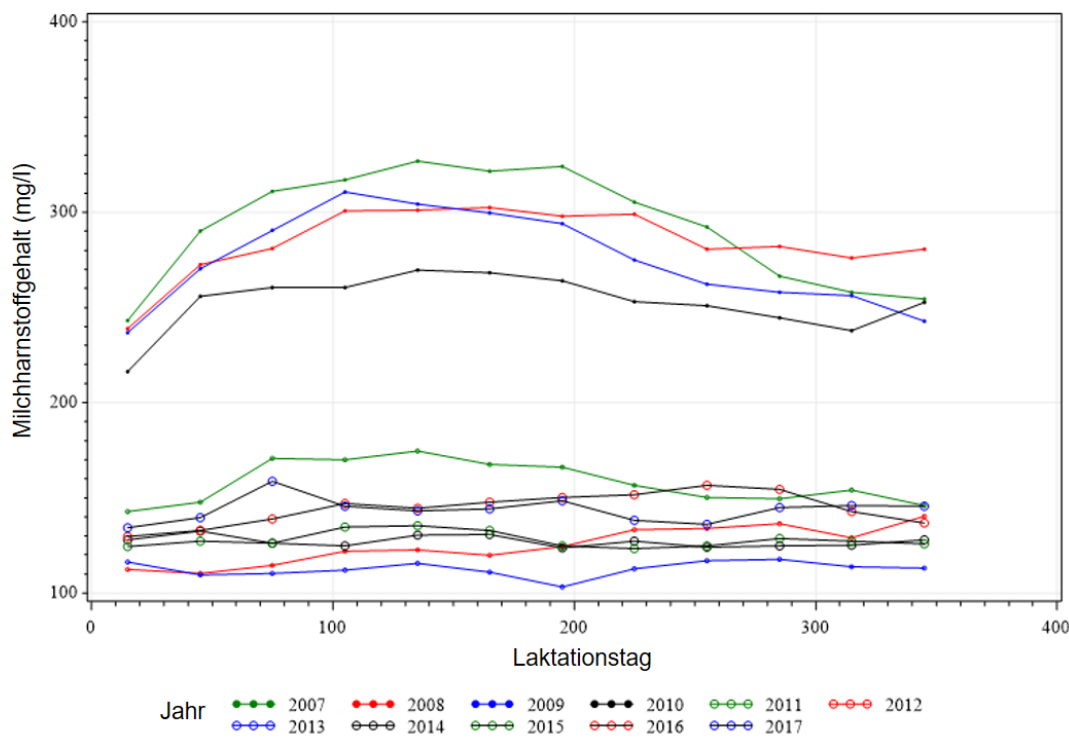


Abbildung 19: Die Entwicklung des Milchharnstoffgehaltes (mg/l) von Kühen der 1. Laktation in den Jahren 2007-2017

Betrachtet man den Milcheiweißgehalt und den Milchharnstoffgehalt zusammen und überträgt die Werte auf die Neun-Felder-Tafel nach SPOHR UND WIESNER (1991), so weist diese mit durchschnittlich 3,39 % Eiweiß und 134 mg Harnstoff/l Milch der Kühe n. U. Proteinmangel aus. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Untersuchungen von RIMPL (2013). Die bisherigen Ergebnisse lassen vermuten, dass sich die Tiere, entgegen der Einordnung nach WIESNER UND SPOHR (1991), nicht in einer Proteinmangelsituation befanden, denn Milchleistungen, die oberhalb des sächsischen Durchschnittes lagen, wären damit schlecht erklärbar. Betrachtet man den Verlauf des Milchharnstoffgehaltes über die Laktation v. U. und n. U. wird eine Variation ersichtlich. V. U. nimmt der durchschnittliche Milchharnstoffgehalt bis zum 150. Laktationstag zu und fällt danach langsam ab. Insgesamt variierte der Milchharnstoffgehalt über die Laktation v. U. um 100 mg/l Milch. N. U. blieb der Milchharnstoffgehalt, betrachtet über die Laktation, konstant. Es ergab sich lediglich eine Variation von 10 mg/l Milch.

Der Zusammenhang zwischen Milchharnstoffgehalt und Milchleistung konnte bereits 1997 von JILG et al. festgestellt werden. Beurteilt man die Ergebnisse in diesem Rahmen, so wird ein logischer Zusammenhang erkennbar. Durch die höhere 100-Tage- Leistung und die geringere Persistenz v. U. ergab sich auch in der Milchleistung eine höhere Schwankung als n. U. Denn nach der Einführung der N-optimierten Fütterung unterlag die Milchleistung innerhalb Laktation, herrührend von einer hohen Persistenz, einer geringeren Variabilität. Auch der Anstieg der Milchleistung bis zum 150. Melktag und der sich danach zeigende Abfall, ging mit dem Verlauf des Milchharnstoffgehaltes v. U. einher. Außerdem schien sich die Abhängigkeit des Milchharnstoffgehaltes von der Milchleistung bei einem Versorgungsniveau von 15 % nRP und 14% RP im Futter (n. U.) relativiert.

Den Milchwahnstoffgehalt betreffend bleibt kritisch zu betrachten, dass dieser Wert tierindividuell tageszeitlichen Schwankungen von über 100 mg/l Milch unterliegen kann (RICHARDT, 2003). Da die Messung des Milchwahnstoffgehaltes im Rahmen der MLP im Praxisbetrieb jedoch zweimal am Tag durchgeführt wurde, fand automatisch eine Mittelung dieser Werte statt, so dass der Tagesdurchschnitt angegeben wird. Der Milchwahnstoffgehalt hat sich n. U. eindeutig reduziert. Der Unterschied beträgt rund 160 mg/l Milch und ist damit hochsignifikant. Der Bezug zur N-Reduzierung ist eindeutig, denn der Milchwahnstoffgehalt gilt als Maß für die Verwertung des Futterrohproteins im Pansen (RICHARDT, 2003). In den Jahren nach der Fütterungsumstellung wird der ruminohepatische Kreislauf anders bzw. besser ausgenutzt, denn der aus NH₃ umgewandelte Harnstoff gelangt zurück in den Pansen, um dort von den Mikroben verstoffwechselt zu werden, da der N-pool im Körper allgemein niedriger ist. Demnach sinkt die Menge des Harnstoffs, der ausgeschieden werden muss. So sind die Milchwahnstoffgehalte des Umstellungsjahres zwischen den der v. U. und n. U., denn das Protein wurde schrittweise reduziert. Der durchschnittliche sächsische Milchwahnstoffgehalt liegt mit 218 mg/l Milch um ca. 84 mg/l Milch (SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E. V., 2017) über den durchschnittlichen Harnstoffwerten der Kühe aus dem beobachteten Betrieb. Diese Differenz war zu erwarten, da das proteinreduzierte Konzept in Sachsen eine Ausnahme darstellt und die Regel die konventionelle Proteinversorgung der Tiere mit RP und nRP nach GfE-Empfehlungen ist.

Die Zellgehalte sind über die zehn analysierten Jahre unverändert geblieben. Es hat sich keine Verschlechterung noch Verbesserung in der Eutergesundheit durch die Fütterungsumstellung ergeben. Die gemessenen Zellgehalte in der Milch befinden sich vor allem im Bereich von 75.000 bis 250.000, sodass dieses Ergebnis mit dem sächsischen Mittel von 235.000 Zellen/ml Milch (SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E.V., 2017) vergleichbar ist. In späteren Laktationsstadien wird seltener der Bereich unterhalb 50.000 Zellen/ml Milch erreicht. Der Durchschnitt verschiebt sich vielmehr in den Bereich von 80.000 bis 300.000 Zellen/ml Milch. Jedoch bleiben gleichzeitig höchste Zellgehalte aus. Demgegenüber sind zu Beginn der Laktation mehr Werte im Bereich von > 300.000 Zellen/ml Milch zu verzeichnen. Diese Beobachtung ist wissenschaftlich bereits bekannt, denn in der Biestmilch ist die Zellzahl in den ersten 3-5 Tagen nach Abkalben etwas erhöht, ohne dass es sich um eine krankhafte Veränderung handelt.

Abgangsursachen, Abgangsalter und der Lebensleistung

Der Verlauf des prozentualen Anteils der Abgänge am gesamten Bestand ist in Abbildung 20 dargestellt. Man kann aus dieser erkennen, dass die Abgänge bis zum Jahr 2011 um ca. 2 % zunehmen und danach bis 2013 stark absinken. 2013 ist daher auch das Jahr mit den geringsten Abgängen (182 Tiere; ~17 %). Dagegen verzeichnet 2016 276 Kuhabgänge (~ 26 %). Das Absinken der Abgangszahlen nach 2011 hält demnach nur zwei Jahre an, danach steigen die Werte langsam wieder an, bleiben aber unter den Zahlen v.U.. Im Jahr 2016 lagen die Abgänge jedoch über dem Ausgangsniveau v. U. Die Abbildung 20 enthält außerdem die Darstellung der Entwicklung der Lebensleistung von 2007 bis 2017. Der Verlauf dieser Linie zeigt einen deutlichen Anstieg. Über den 10-jährigen Beobachtungszeitraum ist die durchschnittliche Lebensleistung der Kühe um 10.740 kg Milch angestiegen.

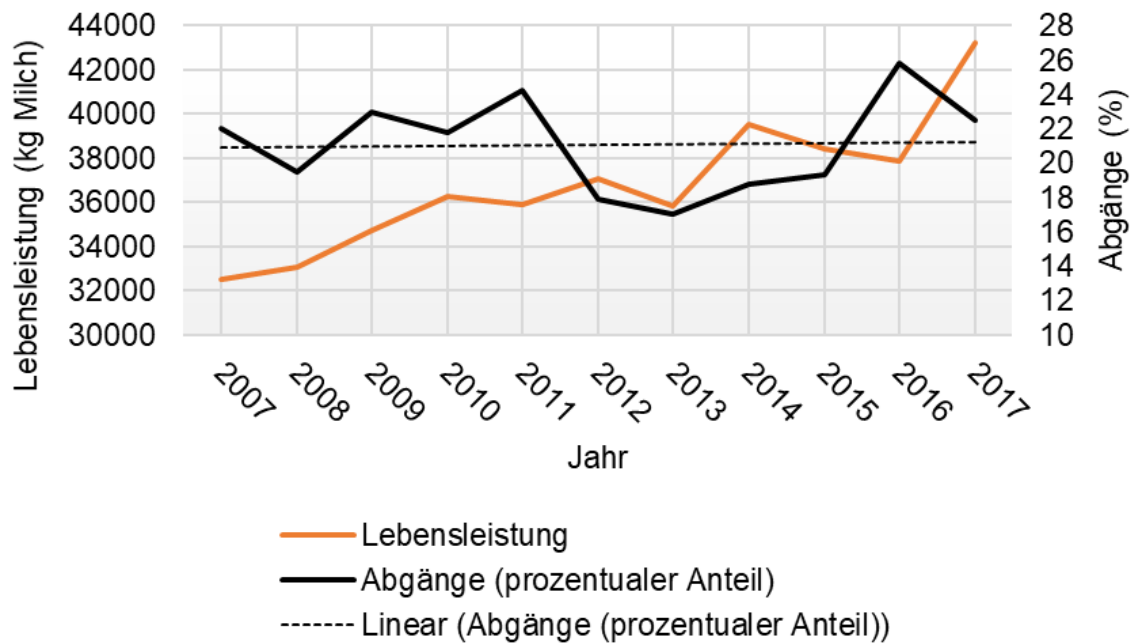


Abbildung 20: Die Entwicklung des prozentualen Anteils der Abgänge am gesamten Bestand und der Lebensleistung (kg Milch) von 2007-2017

Die Entwicklung des Abgangsalters in Monaten über die zehn analysierten Jahre kann aus Abbildung 21 entnommen werden. Orientiert man sich an der gestrichelten Trendlinie wird deutlich, dass das Abgangsalter im Laufe der Jahre zugenommen hat. Die Differenz zwischen 2007 und 2017 beträgt 8,7 Monate ($P < 0,001$). Von 2007 bis zur Umstellung ist das Abgangsalter nicht signifikant angestiegen.

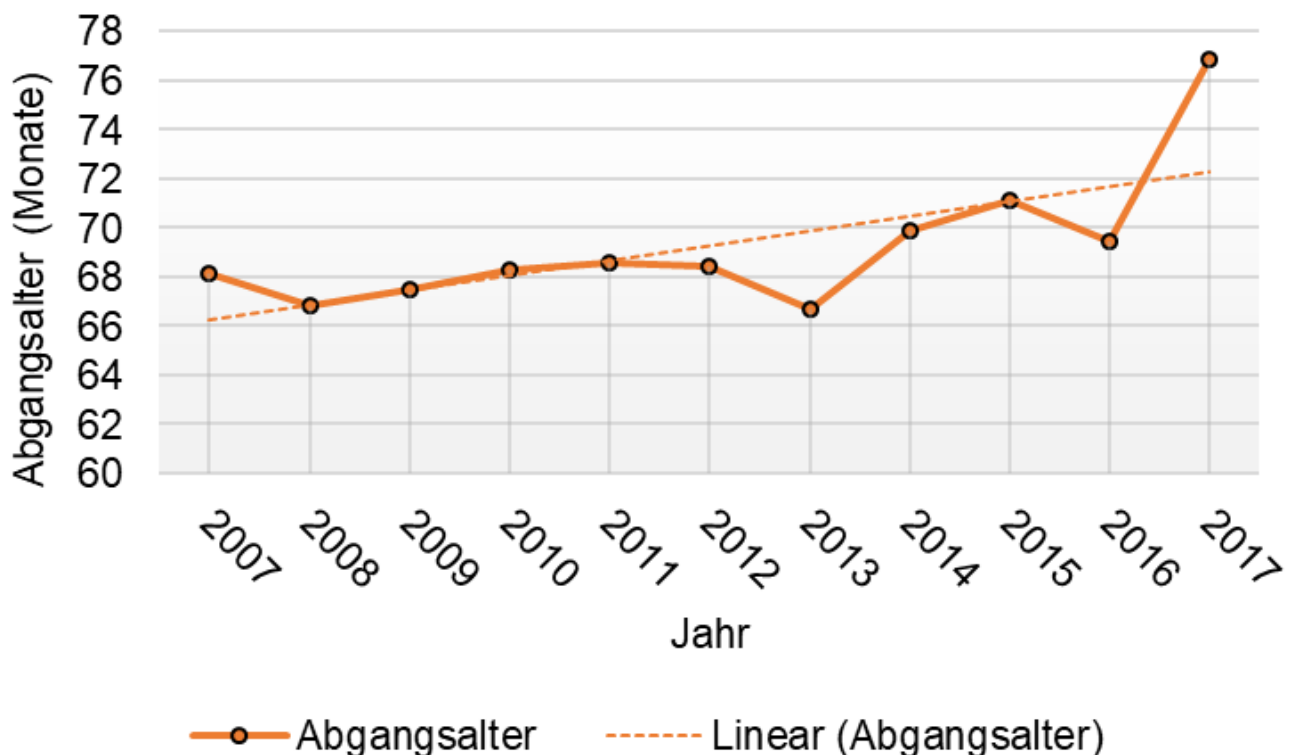


Abbildung 21: Die Entwicklung des Abgangsalters (Monate) von 2007 bis 2017

In Sachsen betrug 2017 die durchschnittliche Abgangsrate 35,6 % (SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E.V., 2017) und lag damit eindeutig über der des analysierten Praxisbetriebes (ca. 21,4 %).

Betrachtet man die wichtigsten Abgangsgründe im Praxisbetrieb, so decken sich diese mit den Ursachen, die auch im Jahresbericht des Sächsischen Landeskontrollverbandes e.V. als Hauptgründe für die Abgänge im Jahr 2017 bekanntgegeben wurden. Über alle zehn analysierten Jahre verändern sich die Anteile in den Abgangsursachen kaum. Natürlich unterliegen die verschiedenen Ursachen Schwankungen, die aber dem Jahreseffekt zugeschrieben werden können, denn ein Trend lässt sich nur für den Abgangsgrund Stoffwechselerkrankung darstellen. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Kühe durch eine N-reduzierte Fütterung keinesfalls einer Stoffwechselstörung ausgesetzt werden, sondern es kann die These einer Stoffwechselentlastung durch verminderte Proteinzufuhr bestätigt werden.

Der im Ergebnisteil dargestellte Anstieg des Abgangsalters und der Lebensleistung hat eine hohe Aussagekraft für die Gesundheit des Kuhbestandes, welche sich auch sechs Jahre nach der Einführung der N-reduzierten Fütterung nachweisen lässt. Denn eine langfristige Verbesserung dieser Parameter kann nur mit gesunden Kühen erzielt werden. Der Praxisbetrieb erreichte 2011 eine Lebensleistung der Kühe von ca. 32.250 kg Milch, bereits vor diesem Umstellungsjahr stieg der Wert an. Bis 2017 hat sich die Lebensleistung dann nochmals um rund 10.740 kg Milch auf 42600 kg Milch gesteigert. Verglichen mit den Angaben des SÄCHSISCHEN LANDESKONTROLLVERBANDES E.V. (2017), welcher besagt, dass 85,3 % aller geprüften Kühe im Jahr 2017 eine Lebensleistung ≤ 40.000 kg Milch erreichten, ist die im Praxisbetrieb erzielte Lebensleistung als sehr gut anzusehen. Der Steigerungswert von 10.740 kg Milch entspricht einem Zuwachs von mehr als einer Laktation. Dieses Ergebnis gilt, wenn man davon ausgeht, dass eine Laktationslänge 305 Tage besitzt und die durchschnittliche Milchleistung 31,88 kg Milch beträgt.

Errechnet man aus dem Abgangsalter (77 Monate) minus dem EKA (26,15 Monate) und multipliziert mit 30 Tagen/Monat die durchschnittliche Nutzungsdauer, so erhält man einen Wert von 50,1 Monaten. Verglichen mit der durchschnittlichen Nutzungsdauer (48,7 Monate) der zehn besten Betriebe aus der Gesundheits- und Robustheitsprüfung in Sachsen (SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E.V., 2017) lag der Praxisbetrieb mit diesem Ergebnis ca. einen Monat darüber. Im Zeitraum von 2007-2011 betrug der Anstieg der Nutzungsdauer der Kühe rund einen Monat (nicht signifikant). Von 2011 bis 2017 betrug der Anstieg dieses Parameters 7,3 Monate ($P < 0,001$). Auch unter Berücksichtigung des längeren Zeitraums n. U. eines gewissen Zuchtfortschritts und einiger Verbesserungen am Liegekomfort der Tiere im analysierten Praxisbetrieb (Verlängerung der Liegeboxen) bleibt die Differenz zwischen den berechneten Anstiegen so groß, dass davon ausgegangen werden kann, dass die N-reduzierte Fütterung zu einer längeren Nutzungsdauer der Kühe verholfen hat. Gleichzeitig bedeutet dies ein längeres Leben der Tiere und in Bezug auf die durchschnittlich angegebene Milchleistung, dass diese tatsächlich höher ausfallen würde, wenn die Laktationen >3 in die Auswertung einbezogen würden. Denn nachweislich war die durchschnittliche Nutzungsdauer höher als drei Laktationen.

Eine Aussage über das Abgangsgeschehen von Kühen bereits in der ersten Laktation anhand ihrer Milchharnstoffgehalte treffen zu können, würde der Praxis neue Möglichkeiten eröffnen. Jedoch ergibt sich aus den Untersuchungen einzig für die Abgangsursache Stoffwechselerkrankung ein signifikantes Ergebnis. Dies besagt, dass Kühe, die wegen einer Stoffwechselerkrankung den Bestand verlassen, in der ersten Laktation einen durchschnittlich höheren Milchharnstoffgehalt haben als alle anderen Tiere. Das Auftreten der Unterschiede zwischen den Kühen im Milchharnstoffgehalt basiert auf genetischer Veranlagung (STAMER ET AL., 2011) oder auf der tatsächlich aufgenommenen und verwerteten Menge an N. Aus mehreren Untersuchungen geht die genetische Heritabilität von $h^2=0,14$ bis $h^2=0,59$ für den Milchharnstoffgehalt

hervor (WOOD ET AL. (2003); MITCHELL ET AL. (2005); STOOP ET AL. (2007)). Der Zusammenhang lautet demnach: Kühe mit der Veranlagung zu hohen Milchwahnstoffgehalten in der ersten Laktation können den ruminohepatischen Kreislauf tendenziell nicht so effizient nutzen wie andere Tiere und gehen durchschnittlich häufiger wegen einer Stoffwechsellkrankung ab.

Die Ergebnisse von Manson und LEAVER (1988); LIESEGANG (2001) und RIMPL (2013) können durch die Analyse der Milchwahnstoffgehalte und der Abgangsursache Klauen- und Gliedmaßenkrankung nicht bestätigt werden. Es existiert in dieser Arbeit keine Trendbeobachtung und auch keinerlei statistische Absicherung, dafür, dass eine niedrigere Rohproteinversorgung zu einer verbesserten Klauengesundheit aufgrund der Reduzierung des Harnstoffs im Körperpool und der damit einhergehenden besseren Durchblutung führt, so wie es die eben genannten Autoren feststellen konnten.

Die Abgangsursache Euterkrankung weist einen negativen Zusammenhang zum Milchwahnstoffgehalt auf. Demnach haben Kühe, die wegen einer Euterkrankung den Bestand verlassen, einen durchschnittlich niedrigeren Milchwahnstoffgehalt in der Abgangslaktation als andere Tiere.

1.2.3 Zusammenfassung

In der Praxis tragen N-Überschüsse in der Milchviehfütterung zu hohen N-Bilanzen der Betriebe bei (UMWELTBUNDESAMT, 2017). Außerdem können aus einer erhöhten Proteinzufuhr nachteilige Wirkungen auf die Tiergesundheit entstehen (PAUSCH UND GEROK, 1977; MANSON UND LEAVER, 1988; FERGUSON UND CHALUPA, 1989; SUNDRUM, 1996; FÜRL, 1997;2000; LIESEGANG, 2001; WILKEN, 2003; WILLE ET AL., 2010; RIMPL, 2013; SALO, 2018).

Es erfolgte eine Datenerhebung zu Langzeitwirkungen einer auf durchschnittlich 144 g RP/kg TM und 154 g nRP/kg TM reduzierten Fütterung über sieben Jahre. Betrachtet wurden dabei

- Milchleistung und Milchinhaltssstoffe
- Fruchtbarkeitskennzahlen (EKA, ZKZ und Besamungsaufwand)
- Abgangsgeschehen als Indiz zum Gesundheitsstatus

Durch den Einbezug von 4 Jahren vor der Fütterungsumstellung entsteht eine Vergleichsebene für die Zeiträume v. U. und n. U.. Die Ergebnisse basieren auf 306205 Datensätzen aus den Milchleistungsprüfungen von 11375 Tieren und wurden aus der Software HERDE in Excel ausgegeben und mit SAS ausgewertet.

Die N-reduzierte Fütterung definiert sich im Praxisbetrieb wie folgt:

RP v. U. 173,3 g/kg TM → n. U. 143,5 g/kg TM

nRP v. U. 158,7 g/kg TM → n. U. 153,3 g/kg TM

RNB v. U. +2,6 g N/kg TM → n. U. -1,6 g N/kg TM

Aus der Reduzierung der Proteinzufuhr ergab sich eine Milchmengenreduzierung von 150 ml je Kuh und Tag, betrachtet ausschließlich für die erste, zweite und dritte Laktation. Aufgrund erhöhten Lebensalters und der zunehmenden Milchleistung je Laktation n. U. im Verhältnis zu der Leistung v. U. je Laktation, blieb eine tatsächliche Milchmengenminderung nach der Fütterungsumstellung aus. In der Summe hat sich die Milchleistung der Tiere durch die N-Reduzierung im Futter nicht verschlechtert.

Um ein Kilogramm Milch zu erzeugen, nahmen die Kühe v. U. durchschnittlich 99,9 g nXP auf und n. U. durchschnittlich 96,9 g nXP. Der Unterschied kann eine Verbesserung der ökonomischen Aspekte mit sich bringen.

Die N-Reduzierung zeigt signifikant verminderte Milchharnstoffgehalte bei den Kühen und kann damit einen Hinweis auf die verbesserte intermediäre Verwertung des Futterstickstoffs geben. Weiterhin konnte eine starke Erhöhung der Persistenz festgestellt werden. Damit einhergehend reduzierte sich das absolute Milchleistungspeak zu Beginn der Laktation. Die in diesem Zusammenhang vermutete Verbesserung hinsichtlich der Eutergesundheit konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Zahl der Tierabgänge hat sich durch die Fütterungsumstellung nicht erhöht. Die gleichgebliebenen Zahlen verweisen bei Beachtung der bewussten Bestandsreduzierung seit 2016 eher auf einen rückläufigen Trend. Die Abgangsstruktur hat sich durch die verminderte Proteinversorgung nicht stark verschoben. Interessant bleibt der tendenzielle Rückgang der Kuhabgänge wegen Stoffwechselerkrankungen.

Die Erhöhung von Abgangsalter und Lebensleistung von 2007 bis 2017 zeugten von der Gesundheit der Kühe. Durchschnittlich erreichten die Kühe im beobachteten Praxisbetrieb ein Alter von 77 Monaten, sprich 6,4 Jahren und gaben über diese Lebenszeit 43.220 kg Milch. Dies entsprach einer Steigerung um 10.740 kg Milch und 8,7 Monaten Lebenszeit.

Es zeigte sich kein eindeutiger Einfluss der N-reduzierten Fütterung auf die Fruchtbarkeit der Kühe.

Weiterhin wurde nachgewiesen, dass Kühe, die wegen Unfruchtbarkeit den Bestand verließen einen durchschnittlich höheren Milchharnstoffgehalt in der Abgangslaktation aufwiesen als andere Kühe im Bestand. Für die Abgangsursache Eutererkrankung ergab sich das umgekehrte Bild, denn Tiere, die wegen Unfruchtbarkeit abgingen, hatten im Vergleich zu allen anderen Kühen einen durchschnittlich niedrigeren Milchharnstoffgehalt.

Entgegen der vorherrschenden Empfehlungen der GfE (2001) fütterte der Praxisbetrieb seine Tiere auf einem niedrigen Proteinniveau mit negativer RNB. Trotzdem entwickelten sich die Leistungskennzahlen und damit auch die Gesundheit der Kühe überaus positiv. Der Anteil der Fütterungsumstellung an diesem Trend kann nach Abwägung weniger anderer veränderter Einflussfaktoren mit weit mehr als 50 % eingestuft werden. Dies gibt Anlass, die aktuell vorherrschenden Richtwerte zu überarbeiten und an wissenschaftliche Arbeiten anzuknüpfen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sollten durch weitere Untersuchungen am Tier, wie z.B. durch Blut-, Kot- und Harnuntersuchungen verfeinert und abgesichert werden. Auch in der Betrachtung der Krankheitshäufigkeiten liegt eine aussagekräftige Möglichkeit der Weiterführung dieser Arbeit.

Insgesamt sollten vermehrt Erfahrungen in diesem Sachverhalt zusammengetragen und diskutiert werden, um unserer Verantwortlichkeit am Tierwohl und der Umwelt gerecht werden zu können.

1.2.4 Fazit

Bei Kühen mit einer Milchleistung von ≥ 30 kg pro Tag führte die Reduktion des Rohproteingehaltes in der Ration von etwa 174 auf 145 g/kg TM bei nur moderat reduziertem nRP-Gehalt (154 g/kg TM) zu:

- einer deutlichen Reduktion des Milchharnstoffgehaltes (auf ca. 130 mg/l Milch),
- einer etwa gleichbleibend hohen Milchleistung, bei niedrigerem Laktationsgipfel aber verbesserter Persistenz,
- einer höheren Fruchtbarkeit der Kühe und
- einer Erhöhung von Langlebigkeit und Lebensleistung.

Als ursächlich für diese positiven Entwicklungen wird eine Stoffwechselentlastung der Tiere angesehen, da weniger Ammoniak über die Leber zu Harnstoff entgiftet und über Milch und Harn ausgeschieden werden muss.

1.3 Entwicklung der Stickstoff-, Phosphor- und Spurenelementversorgung im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch

OLAF STEINHÖFEL

Im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch wurde durch konsequente Umstellung des Fütterungssystems die Versorgung mit Spurenelementen (ab 2010) und Stickstoff (ab 2014) auf das bedarfsdeckende Niveau abgesenkt. Auf den Einsatz von mineralischem Phosphor wird seit 2013 verzichtet. Nachfolgend wird die Entwicklung der Rohprotein-, Phosphor und Kupfer- bzw. Zink-Versorgung der Milchrinder von 2008 bis 2019 im LVG Köllitsch dargestellt.

Stickstoff

In der Abbildung 22 ist der Paradigmenwechsel in der Rohproteinversorgung der Milchkühe des LVG Köllitsch ab dem Jahr 2015 deutlich erkennbar. Während von 2008 bis 2014 der Rohproteingehalt in der Ration um im Mittel 18 % in der TMR-Trockenmasse stark schwankte, wurde ab 2015 der Gehalt um 2 %-Punkte abgesenkt. Dabei wurde bewusst nicht der Gehalt an nutzbarem Rohprotein (Abbildung 22), sondern ausschließlich die Ruminale Stickstoffbilanz (RNB) in den leicht negativen (bis min. -2 g / kg TM bzw. -50 g je Kuh und Tag) reduziert (Abbildung 23).

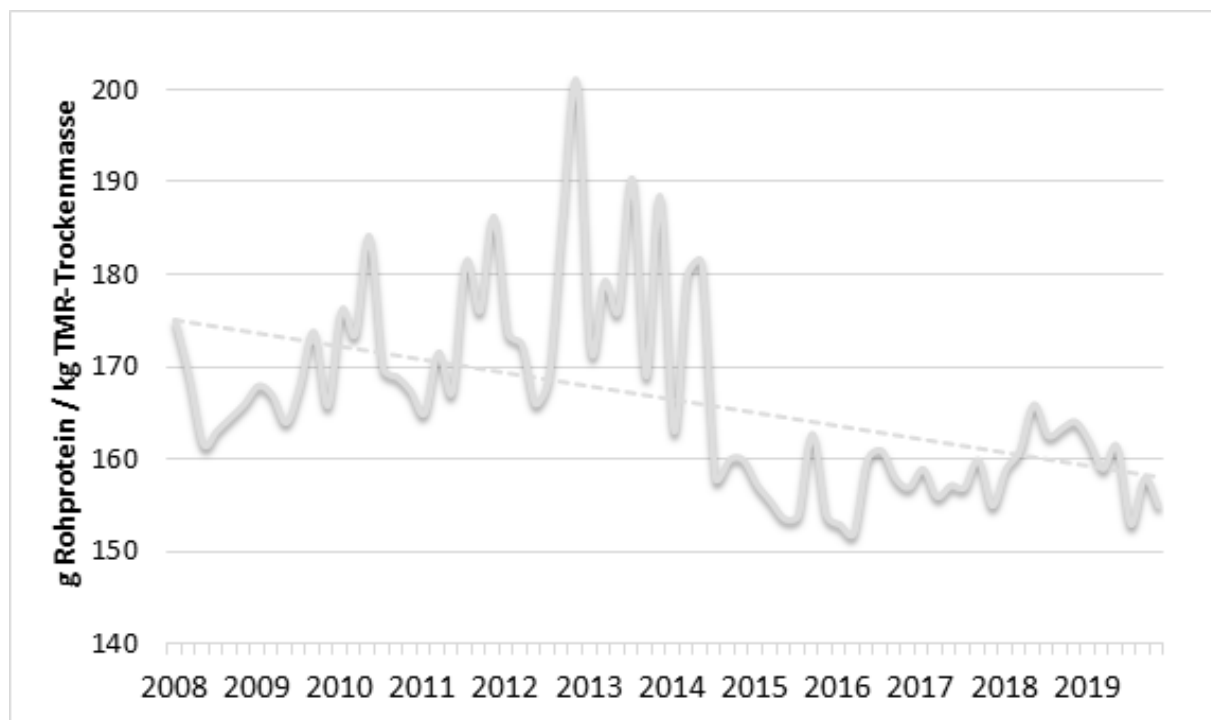


Abbildung 22: Entwicklung des mittleren Rohproteingehaltes in den TMR-Mischung für die Hochleistungsgruppe von 2008 - 2019

Die Milchwahnstoffgehalte reagierten auf diese Umstellung sofort. Hier wird im LVG Köllitsch seit 2015 konsequent auf Harnstoffkonzentrationen von unter 150 mg je Liter orientiert (Abbildung 3).

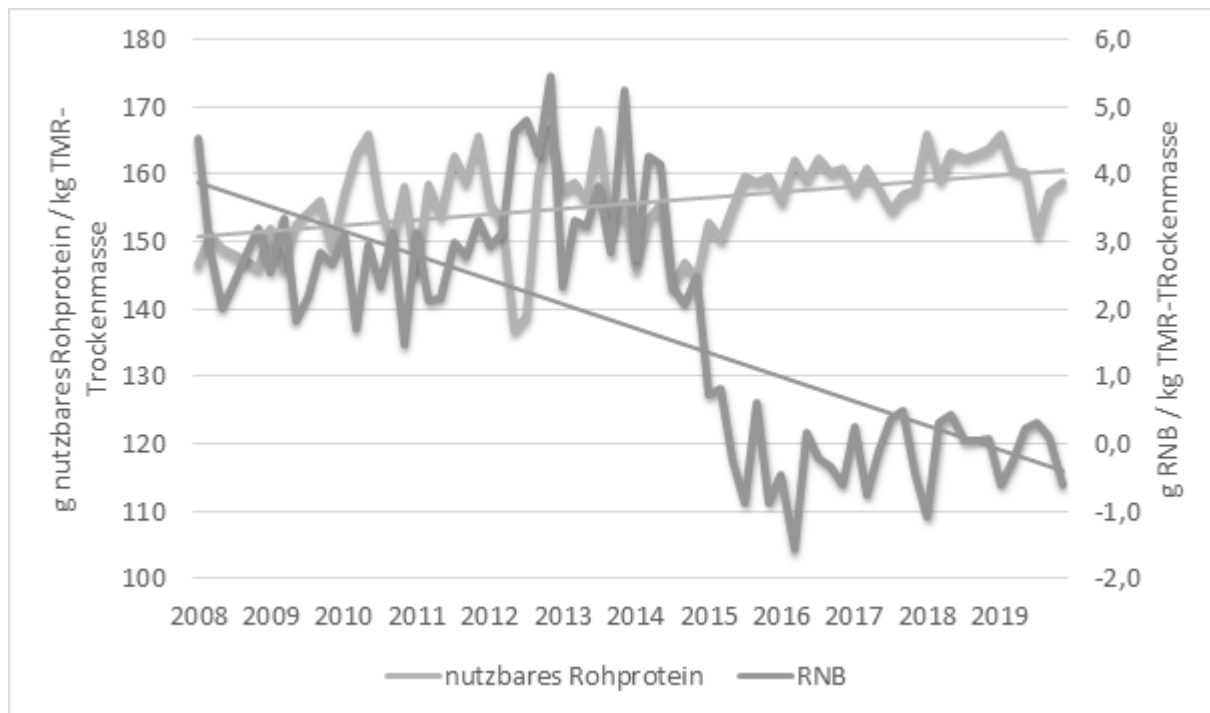


Abbildung 23: Entwicklung des mittleren Gehaltes an nutzbarem Rohprotein und RNB in den TMR-Mischung für die Hochleistungsgruppe von 2008 – 2019 des LVG Köllitsch

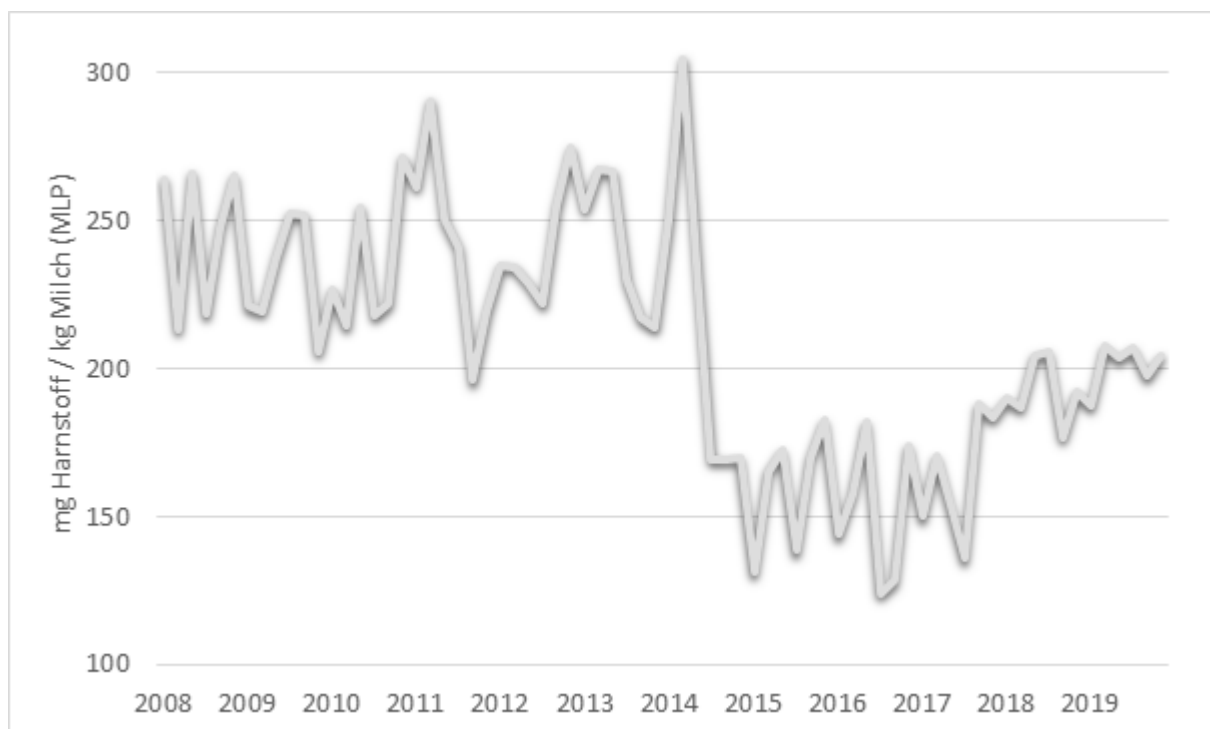


Abbildung 24: Entwicklung des mittleren Rohproteingehaltes in den TMR-Mischung für die Hochleistungsgruppe von 2008 - 2019

Phosphor

Bis 2012 wurde der P-Gehalt der Köllitscher TMR auf konsequent 4,5 g je kg Trockenmasse eingestellt. Der Phosphor stammte bis zu diesem Zeitraum zu ca. je einem Viertel aus dem Grob-/Saftfutter (Gras-/Mais-/Luzernesilage/Pressschnitzsilage), aus Getreide (Futtergerste/ Körnermais), aus Sojaextraktionsschrot und aus dem Mineralfutter. Ab 2013 wurde im LVG Köllitsch auf den Einsatz von Phosphor über Mineralfutter verzichtet. Damit wurde der P-Einsatz über die Ration um 1 g je kg Trockenmasse auf ca. 3,5 g je kg TM der TMR abgesenkt.

Ab 2014 wurde das Sojaextraktionsschrot in den Milchviehrationen komplett durch den Einsatz von Rapsextraktionsschrot abgelöst. Aufgrund des höheren P-Gehaltes des Rapsextraktionsschrotes und des mengenmäßig höheren Einsatzes gegenüber dem proteinreicheren Sojaextraktionsschrot, stieg der P-Gehalt der TMR in der Köllitscher Milchviehherde wieder deutlich an. Trotz Verzichts auf mineralischen Phosphor betrug der durchschnittliche P-Gehalt der Köllitscher TMR nach 2014 nunmehr 4,5 - 5 g je kg TM (Abbildung 25).

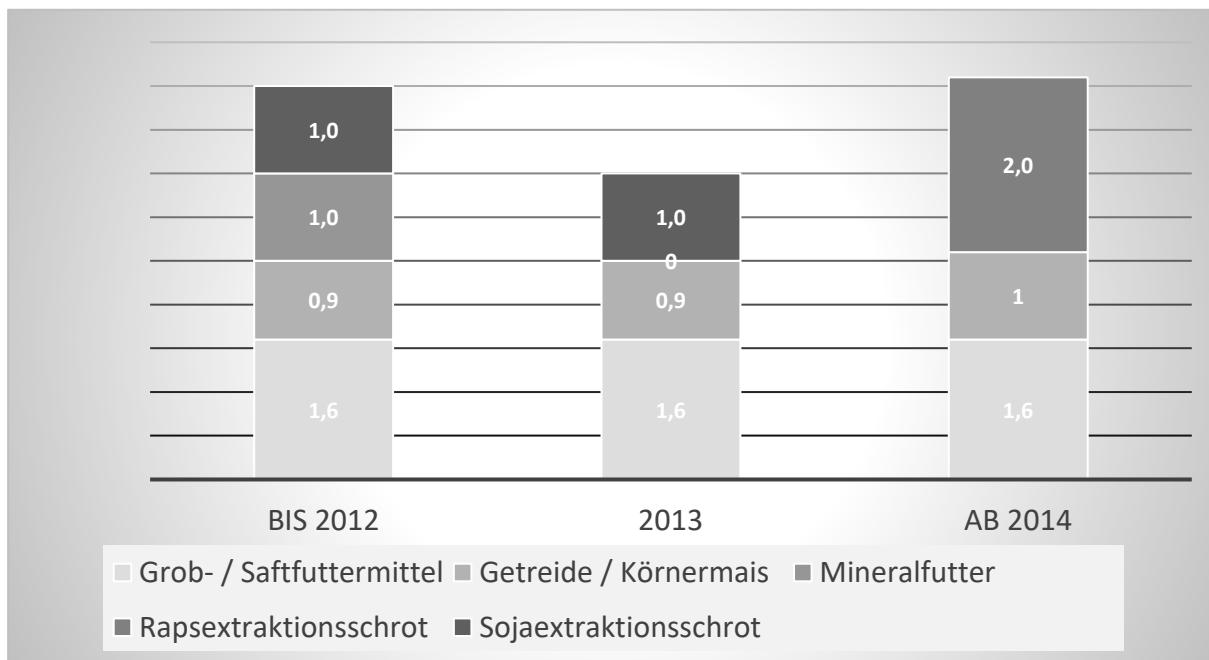


Abbildung 25: Wesentliche P-Quellen in der Milchkuhfütterung des LVG Köllitsch 2008 - 2019 (in g je kg TM der TMR)

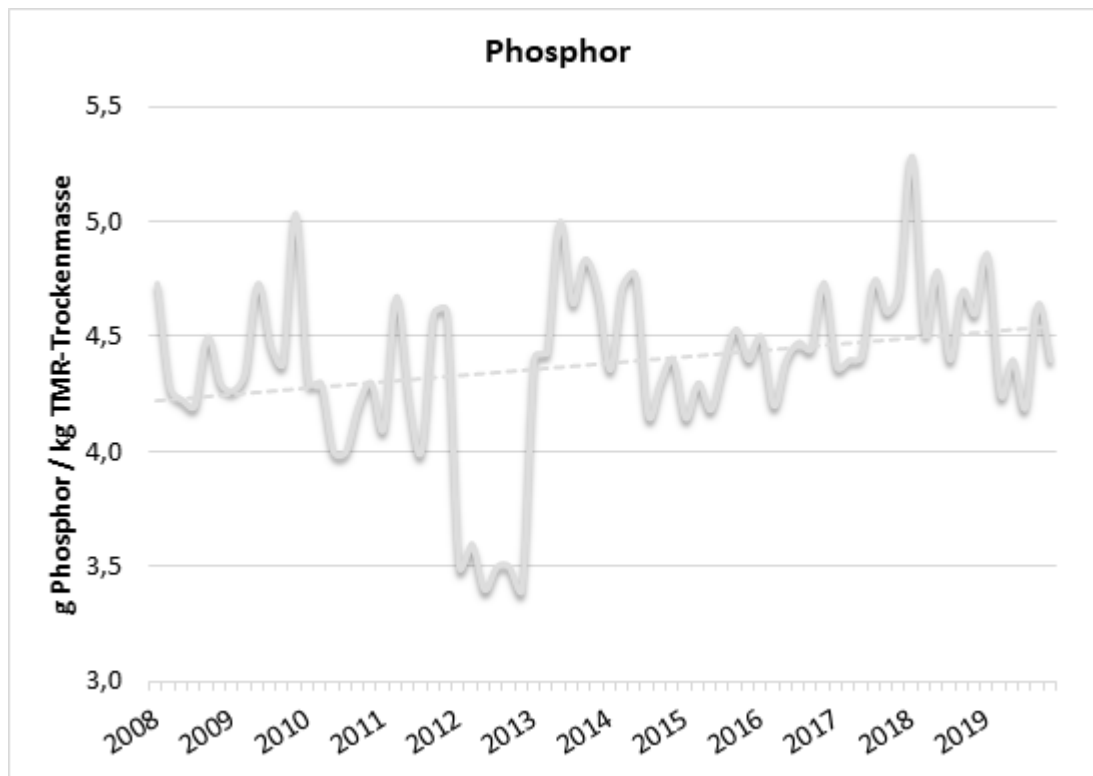


Abbildung 26: Entwicklung des mittleren Phosphorgehaltes in den TMR-Mischung für die Hochleistungsgruppe von 2008 – 2019 des LVG Köllitsch

Erwartungsgemäß konnte die beschriebene Entwicklung in den analysierten P-Gehalten der Köllitscher TMR-Mischungen von 2008 - 2019 gespiegelt werden. Nach dem Verzicht auf mineralischen P ging der P-Gehalt der Ration auf das Niveau von ca. 3,5 g je kg TM zurück. Durch den Austausch von Sojaextraktionsschrot durch Rapsextraktionsschrot wurde dieser Rückgang wieder egalisiert. In der Tendenz kann von 2008 bis 2019 sogar ein Anstieg um 0,2 - 0,3 g je kg TMR-Trockenmasse nachgewiesen werden.

Spurenelemente

In LVG Köllitsch wurde seit 2010 nach deutlicher Schwankungsbreite der Spurenelementkonzentration in den TMR-Mischungen sowohl das Mineralfutterkonzept angepasst als auch die Art der Dosierung in die TMR-Mischung geändert. Die Mineralfutterzulage erfolgte seitdem komplett über industriell hergestelltes pelletiertes Mischfutter. Die Umstellungsphase wurde durch tägliche TMR-Untersuchungen über jeweils 20 Tage vor und 20 Tage nach der Umstellung der Dosierart begleitet. Wie die Abbildung 27 zeigt, konnte die Sicherheit der bedarfsgerechten Versorgung an Spurenelementen, hier am Beispiel Kupfer, durch die Art der Mineralfutterzulage nahezu punktgenau eingestellt werden. Ab dem Fütterungsjahr 2010 werden die Spurenelementgehalte der TMR-Mischungen für die Köllitscher Milchrindherde punktgenau eingestellt und analytisch kontrolliert. Wie die Abbildung 28 zeigt, werden die Versorgungsempfehlungen für Kupfer (15 mg / kg TM) und Zink (50 mg / kg TM) sicher eingehalten.

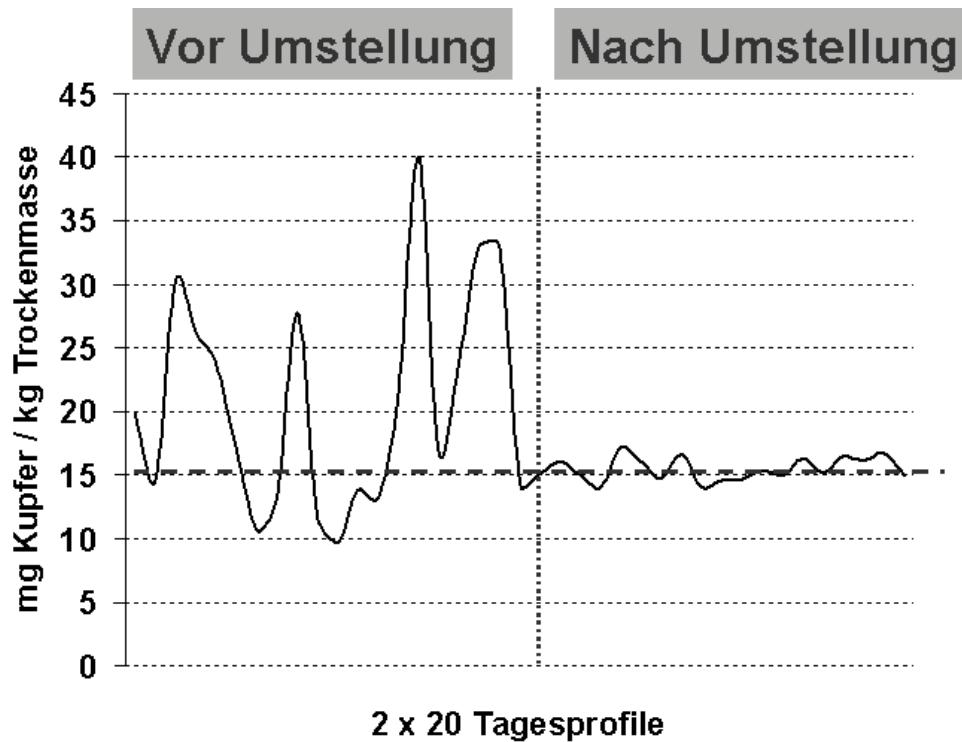


Abbildung 27: Veränderung der Tagesprofile des Kupfergehaltes nach Umstellung der Dosierform des Mineralfutters von Mineralfuttermischung zu pelletiertem mineralfutterangereicher-tem Mischfutter

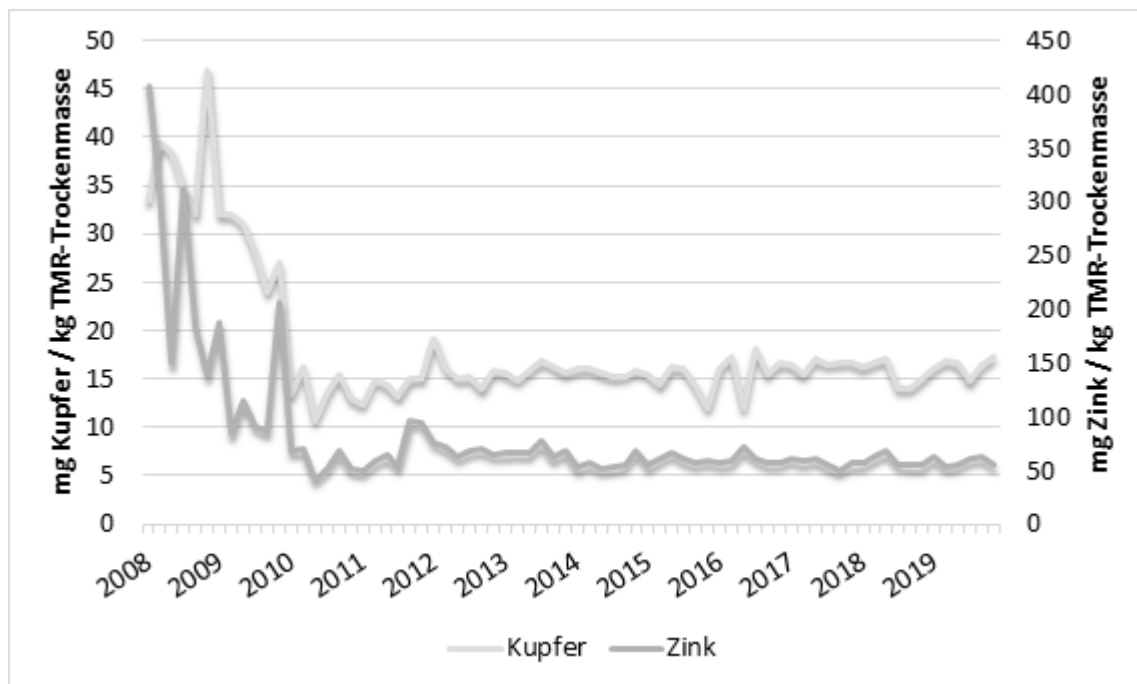


Abbildung 28: Entwicklung des Kupfer- und Zinkgehaltes in den TMR-Mischung für die Hochleistungsgruppe von 2008 – 2019 des LVG Köllitsch

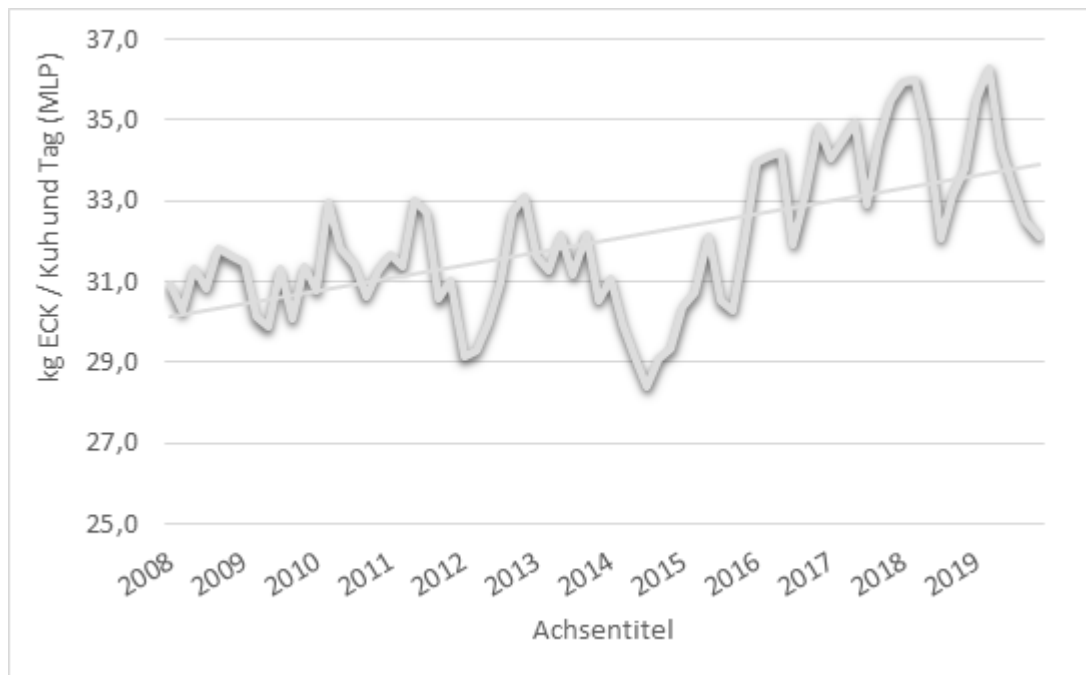


Abbildung 29: Entwicklung des ECM-Stalldurchschnittes (MLP) von 2008 – 2019 im LVG Köllitsch

Fazit

Im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch wurde durch konsequente Umstellung des Fütterungssystems die Versorgung mit Spurenelementen (ab 2010) und Stickstoff (ab 2014) auf das bedarfsdeckende Niveau abgesenkt. Auf den Einsatz von mineralischem Phosphor wird seit 2013 verzichtet. Leistungsdepressionen wurden in Folge in der Köllitscher Milchviehherde nicht registriert. Die in der Abbildung 29 erkennbare tendenzielle Steigerung des Stalldurchschnittes soll nicht überbewertet werden, da auch andere Faktoren der Fütterung, Haltung und Züchtung in dieser Phase optimiert wurden. Aufgrund der Tatsache, dass viele Fütterungstests in der Zeit ab 2015 durchgeführt wurden, welche die Optimierung der Rationen zum Ziel hatten, kann und soll hier auch nicht auf Details der Rationsgestaltung eingegangen werden. Die Ergebnisse ausgewählter Köllitscher Fütterungstests werden im Teil 2 des vorliegenden Berichtes im Einzelnen abgehandelt.

2 Prüfung des Einsatzes alternativer hofeigener im Vergleich zu traditionellen Futtermitteln in Milchkuhrationen auf das Ausscheidungsverhalten und den Fütterungserfolg im LVG Köllitsch

2.1 Regionale Eiweißalternativen

2.1.1 Trockengrün statt Silage

OLAF STEINHÖFEL, SIRIWAN MARTENS, EMANUEL THATE, WOLFRAM RICHARDT, ANNETTE ZEYNER

2.1.1.1 Vergleichende Aspekte zur Verwendung von frischem, siliertem oder getrocknetem Grünfutter in der Fütterung von Milchrindern

Die Formulierung des Energie- und Nährstoffbedarfes einer Milchkuh wird im deutschen Futterbewertungssystem auf die Parameter Netto-Energie-Laktation, nutzbares Rohprotein unter Berücksichtigung der ruminalen Stickstoffbilanz und ausgewählte Mineralstoffe und Vitamine begrenzt. Dabei werden die Austauschbarkeit und die Addierbarkeit der genannten Futterwertparameter unterstellt. Futtermittelspezifische Effekte und Einflüsse durch spezifische Nährstoffqualitäten werden nicht berücksichtigt. Dies führt in der Fütterung von hochleistenden Rindern zunehmend in Grenzbereiche, welche durch die Formulierung von futtermittel- bzw. rationsspezifischen Restriktionen für Milchrinder ausgeglichen werden müssen. Hauptargumente dafür sind die futtermittelspezifische Akzeptanz, die notwendige Synchronisierung ruminaler Prozesse sowie die gezielte Verlagerung der Verdauung von Futternährstoffen in den Dünndarm. Die Futterkonservierung hat einen erheblichen Einfluss auf die genannten Parameter. Ziel der Futterkonservierung ist es, die Futtermittel über einen definierten Zeitraum vor dem Verderb zu schützen und ihre Futterwerteigenschaften weitgehend zu erhalten. Das heißt, die pflanzeigenen Enzyme sind zu inaktivieren sowie den aeroben oder anaeroben mikrobiellen Stoffabbau weitgehend zu unterbinden. Die wichtigsten Konservierungsmaßnahmen für Grünfuttermittel beruhen einerseits auf der Herabsetzung der aktuellen Wasseraktivität (Trocknung) und andererseits auf der Lagerung unter anaeroben Bedingungen in Kombination mit der Erhöhung der Azidität (Silierung). Beide Verfahren haben einen mehr oder weniger starken Effekt auf sowohl die klassischen Futterwertparameter als auch auf spezifische Nährstoffqualitäten und infolge auf deren ruminales Abbauverhalten bzw. ihre Verdaulichkeit. Folgende Veränderungen wären hier zu nennen:

Veränderung der Verdaulichkeit / Energiedichte durch Verluste

- Selektiv mechanische Verluste durch Bearbeitung im Zusammenhang mit der Konservierung
- Verluste an organischer Substanz durch Atmung, Fermentation, Saftaustritt und Verderb und infolge Abnahme des Gehaltes an löslichen Nährstoffen, Verdaulichkeit, Energiedichte und Zunahme an Asche

Veränderung von Nährstoffqualität durch pflanzeigene und mikrobielle Enzyme

- Fermentation von vergärbaren Zuckern in flüchtige Fettsäuren, Alkohol und Ester
- Proteolyse und Desmolyse von Reinprotein bzw. Aminosäuren
- Erhöhung der ruminalen Proteinbeständigkeit (UDP) und Maillard-Reaktionen durch Wärmeeinwirkung
- Lipolyse und Oxidation von Futterfettsäuren und fettlöslichen Bestandteile wie z.B. Vitaminen
- Reduktion von mineralischen Oxiden
- Strukturänderung von Stärke und Zellwandkohlenhydraten und verändertes ruminales Abbauverhalten
- Deaktivierung / Detoxifizierung antinutritiver bzw. toxischer Verbindungen und Inhaltsstoffe

Veränderung durch hygienische Kontaminationen und Verderb

- Anreicherung mit Boden und darin enthaltenen biotischen / abiotischen Stoffen bei bodennaher Bearbeitung
- Anreicherung mit Keimen, Sporen und deren Stoffwechselprodukten bei Verderb durch Bakterien und Pilze
- Hitzeschädigung von Nährstoffen durch aerobe Umsetzungen
- Reduktion von Nitrat zu Nitrit durch Zwischenlagerung und Luftentzug

Veränderung durch Vegetationsverlauf und Bewirtschaftung

- Veränderung des Stängel-Blatt-Verhältnisses durch Vegetationsverlauf, Schnitzzahl, selektives Ernten, Abbröckeln, generative Speicherorgane und Düngung
- Anreicherung von N, P, K und S durch Luxuskonsum bei übermäßiger Düngung

Veränderung durch mechanische Bearbeitung

- Verringerung der Strukturwirksamkeit durch Reduzierung der Partikellänge
- Erhöhung von diversen Stoffen durch Abrieb von Bedarfsgegenständen bei der Bearbeitung und Lagerung
- Veränderung der Wasserlöslichkeit und Quellfähigkeit und damit der Strukturwirkung beim Wiederkäuer

An drei Beispielen soll die Veränderung des Futterwertes von Grünfutter, welches siliert bzw. getrocknet wurde, dargestellt werden.

Veränderung der Proteinfraktion

Mit dem Schnitt der Pflanze wird der Prozess der Proteinsynthese gestoppt. Pflanzeneigene Proteasen bauen das Reinweiß ab, in dem sie die Peptidbrücken spalten (Proteolyse). Das Ergebnis ist ein Abfall des Gehaltes an Reineiweiß und eine Zunahme der NPN-Verbindungen (Fraktion A, CNCPS, SNIFFEN et al. 1992). Diese Verbindungen tragen nicht zum Durchflussprotein (UDP) bei und werden im Pansen verstoffwechselt. Die Bedeutung des Prozesses liegt in der Abnahme des Durchflussproteins (UDP) und damit in einer Reduzierung des nutzbaren Rohproteins. Das Reinprotein kann nach dem amerikanischen CNCPS-System in die Fraktionen B und C unterteilt werden. Die B Fraktionen bestehen aus Reinprotein welches entweder nicht an Faser gebunden ist (B1) und sehr schnell in Lösung geht, an die NDF gebunden aber noch leicht lösbar ist (B2) oder aber an die ADF gebunden ist und schwerer in Lösung geht (B3). Die Fraktionen A und B1 werden sehr schnell ruminal abgebaut und bilden in Summe den Parameter Proteinlöslichkeit, welcher ein Indikator für die Proteolyse und den zu erwartenden UDP ist. Die Fraktionen B2 und B3 tragen in unterschiedlichem Ausmaß zum UDP bei. Die Fraktion C ist unlöslich an die ADF gebunden und gilt als unverdaulich. Gehalte von über 12% sind ein Hinweis auf Hitzeschädigungen, welche bei der Trocknung, Heißvergärung oder aerober Instabilität entstehen können. Bei Fehlgärungen durch überwiegend proteolytische Clostridien kommt es zum weiteren Abbau von Aminosäuren zu biogenen Aminen, Gamma-Amino-Buttersäure (GABA), Ammoniak (NH₃) und iso- und n-Buttersäure (Desmolyse). Sowohl biogene Amine als auch GABA wirken negativ auf Tiergesundheit und Fruchtbarkeit und sind deshalb in Silagen zu minimieren.

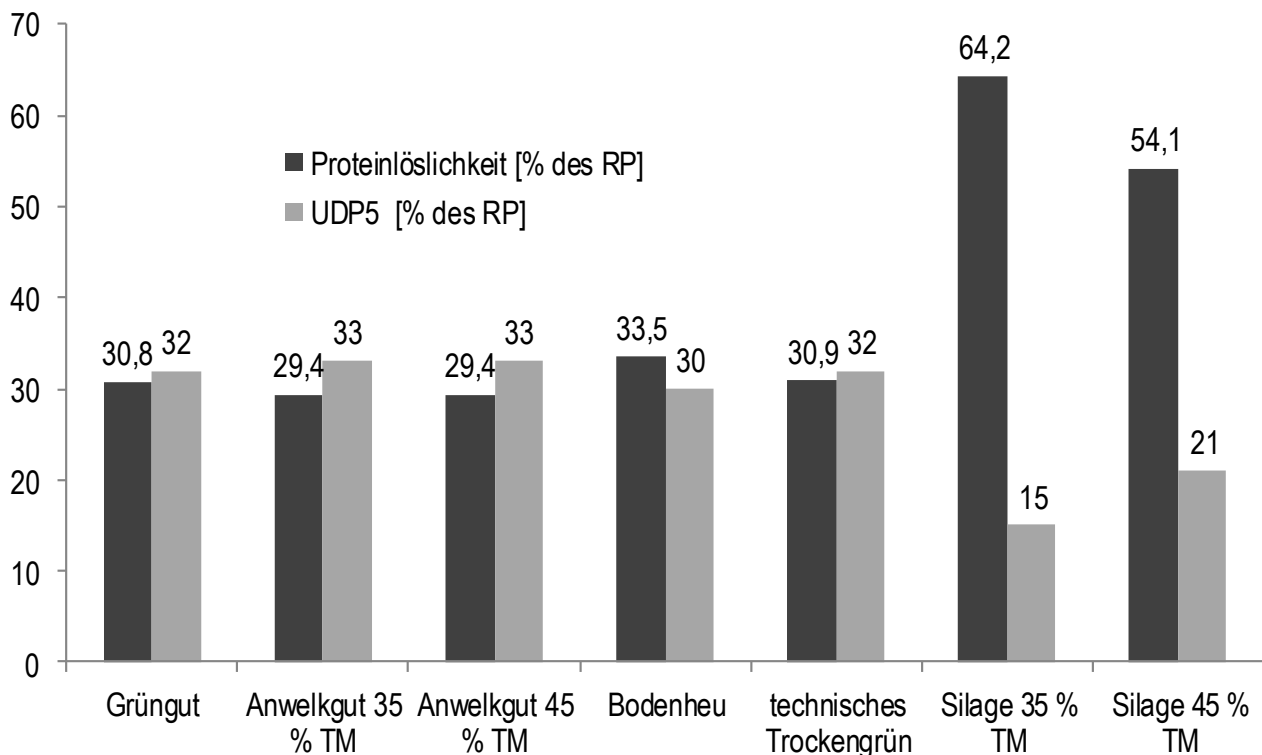


Abbildung 30: Veränderungen in den Proteinfractionen und im UDP Gehalt durch Silierung und Trocknung von Luzerne

Veränderung des β -Carotiningehaltes

Der Carotiningehalt in Futterpflanzen ist stark vom Nutzungszeitpunkt, vom Konservierungserfolg, der aeroben Stabilität und von der Lagerdauer der Futtermittel abhängig. Der bisherige Kenntnisstand beruht auf Beobachtungen und ist für eine sichere quantitative Bewertung zur Versorgungslage der Nutztiere wenig geeignet. In Konservierungsversuchen mit Klee gras wurde der β -Carotinabbau während der Konservierung (Silierung, Heuwerbung, Trockengrünherstellung) untersucht. Die Silagen hatten ausnahmslos einen sehr guten Konservierungserfolg. Sie wiesen weder Butter- noch Essigsäure auf. Die Silierverluste waren mit 1,1 bis 4,2 Prozent Trockenmasse sehr gering. Sowohl der Schnitzeitpunkt als auch die Art des Konservierens und Lagerns beeinflussen den Carotiningehalt. Die Unterschiede zwischen den beiden Schnitzeitpunkten waren eindeutig. Ein um 14 Tage späterer Schnitttermin vermindert den Carotiningehalt um ca. 20 %. (Abbildung 2). Die Abbildung macht deutlich, dass die Feldliegezeit die deutlichsten Carotinverluste provozierte. Der Carotinverlust beträgt in der Frühschnittvariante 55 bis 62, in der Spätschnittform sogar 76 bis 86 Prozent. Carotine sind ungesättigte Kohlenwasserstoffe und aufgrund der Doppelbindung sehr oxidationsempfindlich. Das Veratmen während des Liegens auf dem Feld birgt demnach das größte Zerstörungspotential. Zehn oder 20 mm Regen beim Anwelken haben keinen Einfluss auf die Carotinverluste.

Das fettlösliche Carotin wird kaum ausgewaschen. Da Konservierungserfolg und Silierverluste nicht vom Regen beeinflusst waren, gab es auch keine Folgeeffekte. Das Silieren hatte im Vergleich zur Feldliegezeit keinen signifikanten, nur einen tendenziellen Effekt. Die Verluste vom Schnittgut bis zur Silage summieren sich damit auf 73 (früh) und 83 % (spät) Carotinverluste. Der Zusatz von homofermentativen Milchsäurebakterien (500.000 KBE *L. plantarum* / g Siliergut) konnte den Carotinverlust nicht mindern. Je höher die Zucker- und TM-Silierverluste waren, desto höher waren auch die Carotinverluste.

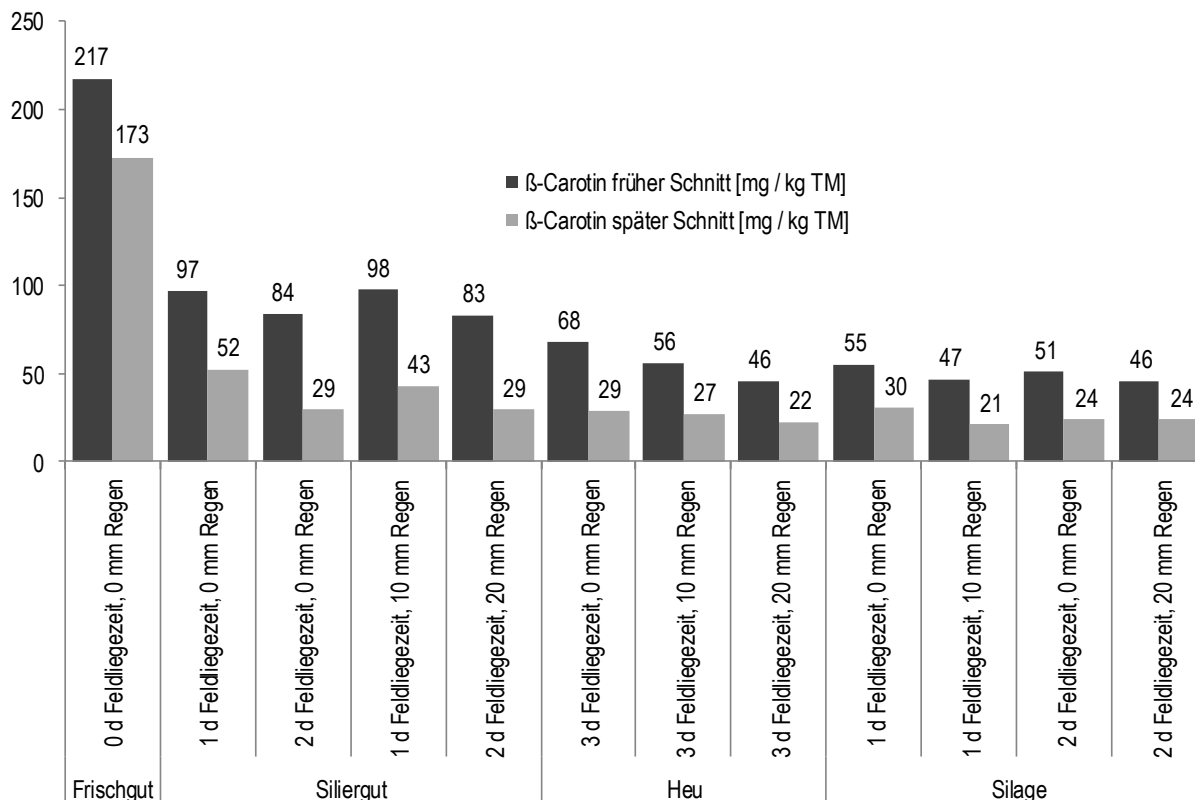


Abbildung 31: Veränderungen im β-Carotiningehalt durch Silierung und Trocknung von Klee gras

Veränderung des Eisengehaltes

Die Eisengehalte in den sächsischen TMR - Mischungen für Milchrinder sind in den letzten Jahren weiter gestiegen. Der mittlere Gehalt der TMR liegt aktuell bei knapp 550 mg Eisen je kg TM. Das ist mehr als das Zehnfache des empfohlenen Bedarfs. Bekanntlich ist Eisen ein Gegenspieler bei der Verwertung von Kupfer, Zink und Mangan. Als Ursache der hohen Eisengehalte im Futter kommen der Verlust an organischer Substanz bei der Konservierung, die erntebedingte Erdverschmutzung und der Abrieb der Ernte-, Bergungs- und Fütterungstechnik in Frage. Dies erklärt auch die in Abbildung 32 dargestellten Werte. Im Boden liegt Eisen zumeist als Fe III vor und ist damit für den tierischen Organismus nicht verfügbar. In Untersuchungen wurde geprüft, inwiefern sich durch die Silierung die Eisenverfügbarkeit ändert und ob dies im Tier ggf. Wechselwirkungen mit anderen Spurenelementen hervorruft. Zunächst wurde die Eisenlöslichkeit vor und nach dem Silieren bestimmt. Dies kann als Indikator für die biologische Verfügbarkeit gewertet werden. Es gibt Hinweise, dass durch Ansäuern beim Silierprozess unlösliches Eisen (Fe^{3+}) in lösliche Eisenverbindungen (Fe^{2+}) überführt werden. Die Eisenlöslichkeit stieg durch die Silierung im Mittel um das Vierfache an (Abbildung 32). In Fütterungsversuchen an wachsenden Ziegen war die Futteraufnahme um ein Viertel und die Gewichtszunahme um mehr als die Hälfte verringert, wenn die Erde mit dem Gras siliert worden war (Martens *et al.*, 2018). Im Dünndarm war die Eisenkonzentration in der Variante am höchsten, in der die Erde erst unmittelbar vor der Fütterung beigemischt wurde, was auf eine Barrierefunktion für das dreiwertige Eisen hinweist. Ein Antagonismus zu Zink und Mangan konnte zunächst nicht beobachtet werden. Die Untersuchungen zeigten, dass die Silierung von verschmutztem Grünfutter erheblich zur Eisenübersorgung der Wiederkäuer beitragen kann, insbesondere durch die Erhöhung der Absorptionsfähigkeit im Organismus. Auch wenn die Tiere zur Eisenregulation fähig sind, wird die tierische Leistung deutlich beeinträchtigt.

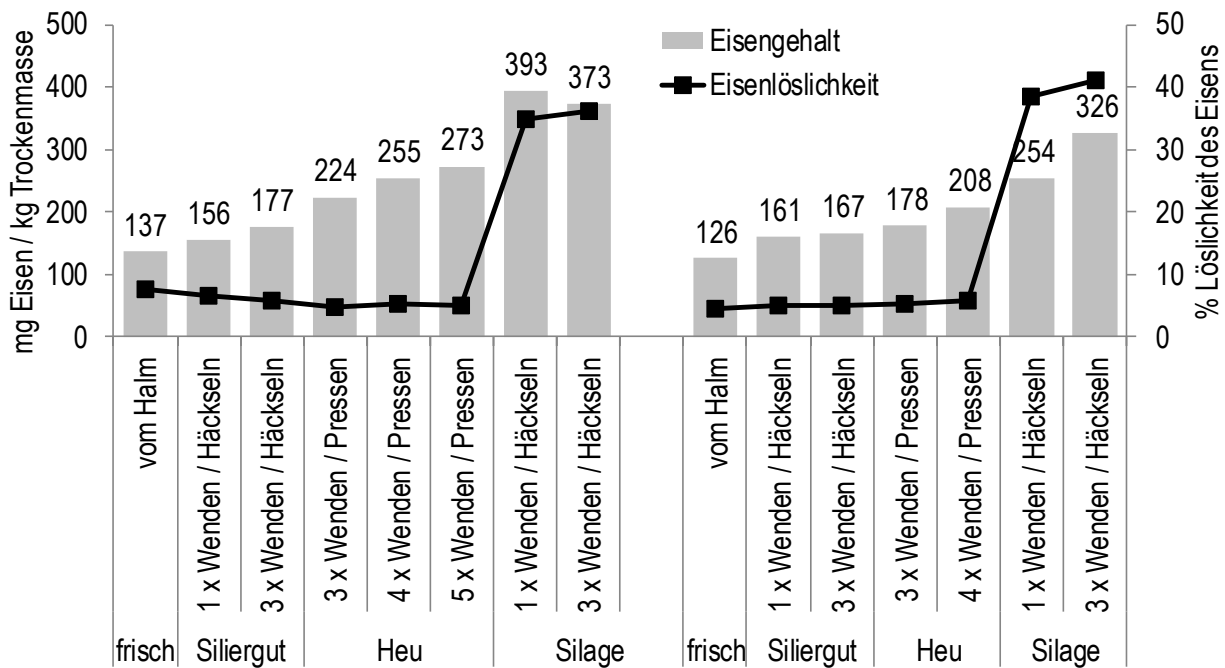


Abbildung 32: Eisengehalte und Eisenlöslichkeit in Grünfutter, Siliergut, Heu und Silagen von früh geschnittenem Klee (links) und spät geschnittenem Klee (rechts) jeweils n = 20

Vorbemerkungen Luzerne

Die effiziente Nutzung des Futterproteins durch die Milchkühe ist vom ruminalen Abbau des Rohproteins abhängig und kann durch die Konservierung und technische Verarbeitung beeinflusst werden (RESCH & GRUBER 2015). Durch eine hohe Eiweißlieferung und den Klimawandel wird wieder verstärkt über den Einsatz von Luzerneprodukten in der Rinderfütterung nachgedacht (SPIEKERS & ETTLE 2012), aber zwischen Luzernesilage und Luzernetrockengrün bestehen große Unterschiede in der Proteinfractionierung. Besonders während des Silierprozesses finden proteolytische und desmolytische Vorgänge statt, die die Proteinfraction A in Silagen ansteigen lassen (KOFÄHL 2008, HOEDTKE 2010, RESCH & GRUBER 2015, MAHLKOW-NERGE 2014). Dieser Proteinabbau wird bei der künstlichen Trocknung verhindert (SCHOLZ & ENGELHARD 2014, SPIEKERS & LOSAND 2013, KAMPHUES ET AL. 2014). So weist Luzernesilage einen UDP-Gehalt von 15 – 25 % des RP auf und Luzernetrockengrün von bis zu 40 – 50 % des RP (DLG 1997). Eine höhere Durchflussproteinmenge soll dazu beitragen, Stickstoffüberschüsse im Pansen zu reduzieren oder zu verhindern und gleichzeitig Proteinkonzentrate wie Raps- oder Sojaextraktionsschrot, die klassische UDP-Lieferanten sind, in Rationen mit Luzernetrockengrün einzusparen. Luzerne weist auch eine verzehrsfördernde Wirkung auf, die zu einer höheren täglichen Trockenmasseaufnahme bei hochleistenden Milchkühen führt. Besonders der Einsatz von Luzernesilage führte im Vergleich zu Gras- und Maissilage zu höheren Futteraufnahmen bei Milchkühen (BULANG ET AL. 2006, ETTLE ET AL. 2011, SPIEKERS & ETTLE 2012, BERTILSSON ET AL. 2001). Die verschiedenen getrockneten Konservierungsformen Luzernetrockengrün und Luzerneheu tragen neben einer Proteinversorgung aus dem Grobfutter auch zur Strukturwirksamkeit der Ration bei und haben Effekte auf die Tiergesundheit und Fruchtbarkeit (ENGELHARD & DÄNICKE 2013). Aus ernährungsphysiologischer Sicht ist deshalb der Einsatz von Luzerne, als Silage oder Heu, durch die höhere Futteraufnahme und die Proteingehalte bei Hochleistungskühen sehr zu empfehlen (FLACHOWSKY 2005). Durch die Heißlufttrocknung kann die Futterqualität am besten gesteuert werden (SPIEKERS & EDMUNDS

2012), durch die Energieverteuerung und den Wegfall der EU-Trocknungsbeihilfen seit dem Jahr 2012 hat die Trocknung allerdings an Wettbewerbsfähigkeit verloren (OVER ET AL. 2011). Die im Trockengrün enthaltene UDP-Menge ist für hohe Milchleistungen notwendig (SPIEKERS ET AL. 2009, JEROCH ET AL. 1999, HOFFMANN 2016).

Proteinabbau während der Silierung

Durch die Rohproteinfraktionierung lassen sich Veränderungen des pflanzlichen Proteins während der Anwelkphase und Silierphase darstellen. Bei der Anwelkphase findet nur ein geringer Abbau von Reinprotein statt, während die Silierung den Reinproteingehalt am stärksten beeinflusst (STEINHÖFEL ET AL. 2008A, RESCH & GRUBER 2015). Ebenfalls stellen SPIEKERS & EDMUNDS (2012) fest, dass der Rohproteingehalt weitgehend unabhängig von der Anwelkdauer und den Anwelkgrad ist und dass der Reinproteingehalt weniger als 50 % nach der Silierung betragen kann. OWENS ET AL. (1999) fanden eine Erhöhung des NPN-Gehaltes während des Anwelkens von Luzerne, wohingegen beim Rotklee keine Veränderungen der Fraktion A festzustellen waren. Dies kann durch eine höhere Abbauanfälligkeit des Proteins sowie auf eine höhere proteolytische Aktivität der Luzerne gegenüber Rotklee erklärt werden (KOFÄHL 2008), der zudem Polyphenoloxidasen enthält, die den Proteinabbau blockieren (SULLIVAN AND HATFIELD, 2006). Der Proteinabbau während der Silierung wird in die beiden Teilprozesse Proteolyse und Desmolyse unterschieden (HOEDTKE 2010, KOFÄHL 2008). Die Proteolyse erfolgt hauptsächlich durch pflanzeigene Enzyme, den Proteasen, wobei die Hydrolyse der Peptidbindungen des Reinproteins zu Peptiden und freien Aminosäuren führt (HOEDTKE 2010, RICHARDT & WEIN 2011, WANG ET AL. 2007, OWENS ET AL. 1999). Zusätzlich werden auch bakterielle Proteasen für den ersten Abbauvorgang verantwortlich gemacht (MAHLKOW-NERGE 2014, STEINHÖFEL ET AL. 2008A, WANG ET AL. 2007). Dieser erste Prozess führt zum Anstieg von NPN und zu einer Reduktion des Reinproteins (MAHLKOW-NERGE 2014, HOEDTKE 2010). Der Anstieg der Fraktion A (NPN-Verbindungen) besteht hauptsächlich aus freien Aminosäuren und zu einem geringen Anteil aus Nicht-Aminosäure-Stickstoff (MARTENS & STEINHÖFEL 2015). Die Desmolyse findet verstärkt bei Fehlgärungen statt, indem durch eine unzureichende pH-Wert-Absenkung während der anaeroben Fermentationsphase vor allem proteolytische Clostridien die freien Aminosäuren zu Ammoniak, organischen Säuren und Basen und zu biogenen Aminen abbauen (HOEDTKE 2010, Jeroch et al. 1999, MARTENS & STEINHÖFEL 2015, RICHARDT & WEIN 2011, STEINHÖFEL et al. 2008a, PIEPER ET AL. 2011). Auch Enterobakterien sind in der Lage, Aminosäuren zu Ammoniak und biogenen Aminen abzubauen (BAUER 2004, KOFÄHL 2008). Man unterscheidet bei der Desmolyse die Decarboxylierung, bei der biogene Amine entstehen (z.B. Putrescin, Cadaverin, Histamin, Tyramin, Tryptamin und Spermidin), und die Desaminierung, Oxidation und Reduktion, bei denen hauptsächlich Ammoniak entsteht (PIEPER et al. 2011, RICHARDT & WEIN 2011, WANG ET AL. 2007, RESCH & GRUBER 2015). Ammoniak und biogene Amine haben negative Einflüsse auf die Futteraufnahme, Tiergesundheit und Fruchtbarkeit (STEINHÖFEL et al. 2008a, HOEDTKE 2010, PIEPER ET AL. 2011). Im weiteren Verlauf werden die Proteolyse und Desmolyse zum Begriff „Proteinabbau“ zusammengefasst (KOFÄHL 2008), weil die Abbauprodukte beider Prozesse zur Fraktion A gehören und im Pansen umgesetzt werden und nicht zum Durchflussprotein (UDP) beitragen (MARTENS & STEINHÖFEL 2015). Durch den Proteinabbau kommt es zur Erhöhung des NPN-Gehaltes und zur Reduktion des UDP-Gehaltes und damit verringert sich auch der nutzbare Rohproteingehalt (nXP) der Silagen (MAHLKOW-NERGE 2014, STEINHÖFEL ET AL. 2008a, HOEDTKE 2010). Im Weiteren wird auf Untersuchungen eingegangen, die das Ziel verfolgen, den Proteinabbau zu reduzieren. MANDELL ET AL. (1989) erhitzten Luzerneanwelkgut für wenige Sekunden bei 400 °C und silierten es danach in Laborsilos ein. Durch die Wärmeeinwirkung wurde die *in-vitro* NH₃-N-Produktion ge-

senkt und dadurch verringerte sich der Stickstoff-Anteil, der im Pansen abgebaut werden kann. Je länger die Wärmebehandlung stattfindet, desto geringer ist die $\text{NH}_3\text{-N}$ -Produktion ohne eine Hitzeschädigung. Gleichzeitig ist keine Veränderung des Gesamt-N-Gehaltes festzustellen. Eine Wärmebehandlung vor der Silierung hat sich aber in der landwirtschaftlichen Praxis nicht etabliert. Aus heutiger Sicht wurde somit der UDP-Gehalt erhöht und das Protein während der Silierung vor einem Abbau geschützt. CARPINTERO & SUAREZ (1992) erhitzen für eine Stunde bei 40 °C, 53 °C oder 78 °C Luzerneanwelkgut und silierten es anschließend ein. Die Proteinlöslichkeit der Silagen wurde reduziert und das Protein ist entweder denaturiert oder fixiert gewesen. Die an die NDF und ADF gebundenen Stickstofffraktionen sind zwar erhöht, aber die Grenzwerte für Hitzeschädigungen wurden nicht erreicht. Die Autoren nehmen an, dass durch die Wärmeeinwirkung entweder das Bakterienwachstum der Milchsäurebakterien angeregt wurde und somit ein besserer Fermentationsprozess möglich war oder dass die proteolytische Aktivität gehemmt wurde. POLAN ET AL. (1998) stellten auch fest, dass eine Wärmebehandlung von Luzernesilage die Pansenabbaubarkeit des XP reduziert, ohne den unverdaulichen Anteil des RP zu erhöhen. Jedoch ist die Praxisuntauglichkeit der wichtigste begrenzende Faktor dieser Anwendung. TABACCO ET AL. (2006) setzten Kastanientannine bei der Luzernesilierung ein. Durch die Tanninzugabe ist die Pansenabbaubarkeit des RP reduziert und die Gehalte an Ammoniak und NPN sind in der Luzernesilage verringert. WANG et al. (2007) silierten Luzerne mit Esparsette in verschiedenen Verhältnissen zueinander in Laborsilos ein. Wenn sich der Anteil an Esparsette erhöhte, verminderten sich die Gehalte an NPN und $\text{NH}_3\text{-N}$. Das optimale Verhältnis von Luzerne und Esparsette für die Silierung und die Pansenfermentation wird mit 60:40 (TM-Basis) angegeben. Die Esparsette hemmt demnach eventuell die mikrobielle und pflanzliche Enzymaktivität. Der Proteinabbau, als ein enzymatischer Prozess, wird von den externen Faktoren Temperatur, Trockensubstanz und pH-Wert beeinflusst (HOEDTKE 2010, FAIRBAIRN et al. 1988). Der Temperatureinfluss wurde bereits erwähnt. Je höher der Anwelkgrad vom Siliergut ist, desto geringer ist der Proteinabbau (KOFÄHL 2008, TABACCO et al. 2006). Dem pH-Wert, als dritte externe Einflussgröße, wird auch eine große Bedeutung beigemessen. Je schneller und je tiefer der pH-Wert im Silostock abfällt, desto geringer ist die proteolytische Aktivität und der Proteinabbau insgesamt (Kofahl 2008). MAKONI et al. (1997) sehen die schnelle pH-Absenkung für wichtiger an als den End-pH-Wert der Silagen, denn durch die rasche Ansäuerung wird das Wachstum der Clostridien gehemmt. Für die Proteasen der Luzerne liegt der optimale pH-Bereich bei 5,5 und eine reduzierte Proteolyse findet bei pH-Werten unter 4,5 statt (MAKONI et al. 1997). Eine proteolytische Aktivität von Milchsäurebakterien könnte auch die Ursache für einen fortgesetzten Proteinabbau bei einem pH-Wert unter 4,3 sein (FAIRBAIRN et al. 1988). Silierzusätze, die einen schnellen pH-Wert-Abfall herbeiführen, hemmen die Pflanzenenzyme und reduzieren dadurch die Proteolyse und zugesetzte Milchsäurebakterien unterdrücken proteolytische Mikroorganismen und haben somit direkten Einfluss auf den Verlauf der Desmolyse (KOFÄHL 2008). PAHLOW et al. (2002) geben an, dass der Zusatz von Ameisensäure gegenüber Milchsäurebakterien den Proteinabbau effektiver verhindert. Interne Faktoren zur Reduzierung des Proteinabbaus sind sekundäre Inhaltsstoffe, z.B. kondensierte Tannine und Polyphenoloxidase (STEINHÖFEL et al. 2016, HOEDTKE 2010, KOFÄHL 2008, MARTENS et al. 2019). Beide Stoffe bilden Proteinkomplexe, die vor einem Abbau geschützt sind (GIERUS et al. 2005, HOEDTKE 2010), aber vermutlich werden auch pflanzliche Proteasen gehemmt (HOEDTKE 2010).

Bewertung des Proteinabbaus in Silagen

Das Rohprotein verändert sich durch die Silierung und das Ausmaß des Proteinabbaus kann durch verschiedene Parameter charakterisiert werden. Als Kenngrößen werden der NPN-Gehalt, NH_3 -N-Gehalt und der freie Aminosäuren-N-Gehalt der Silagen genutzt (FAIRBAIRN et al. 1988, MAKONI et al. 1997). Der Ammoniakgehalt stellt einen wichtigen Parameter für den Proteinabbau dar (MAHLKOW-NERGE 2014), gleichzeitig ist er ein Indikator für biogene Amine (RICHARDT & WEIN 2011, FAIRBAIRN et al. 1988, PIEPER et al. 2011). Ein hoher NH_3 -N-Gehalt kennzeichnet einen schlechten Siliererfolg (MAHLKOW-NERGE, STEINHÖFEL et al. 2008a) und mit dem zusätzlichen Parameter pepsinunlösliches Rohprotein können Fehlgärungen charakterisiert werden, die im Zusammenhang mit der Futteraufnahme und der Tiergesundheit stehen (STEINHÖFEL et al. 2008a). Die Rohproteinfraktionierung nach dem CNCPS gemäß LICITRA et al. (1996) gibt Hinweise auf das Ausmaß des Proteinabbaus, indem sich die Fraktionen verändern (RESCH & GRUBER 2015). Die Fraktion A besteht aus Proteinabbauprodukten, die im Pansen umgesetzt werden und nicht zum UDP beitragen (STEINHÖFEL et al. 2008a). Die B-Fraktionen tragen in einem unterschiedlichen Ausmaß zum UDP bei und Fraktion C wird als unverdaulich im Pansen und Dünndarm angenommen (STEINHÖFEL et al. 2008a).

BEWERTUNG

Auch in der Rohproteinfraktion laufen während der Silierung insbesondere von Grünfütterpflanzen umfangreiche Abbau- und Umbauprozesse ab, die den Futterwert der Silagen mitbestimmen (Abbildung 33).

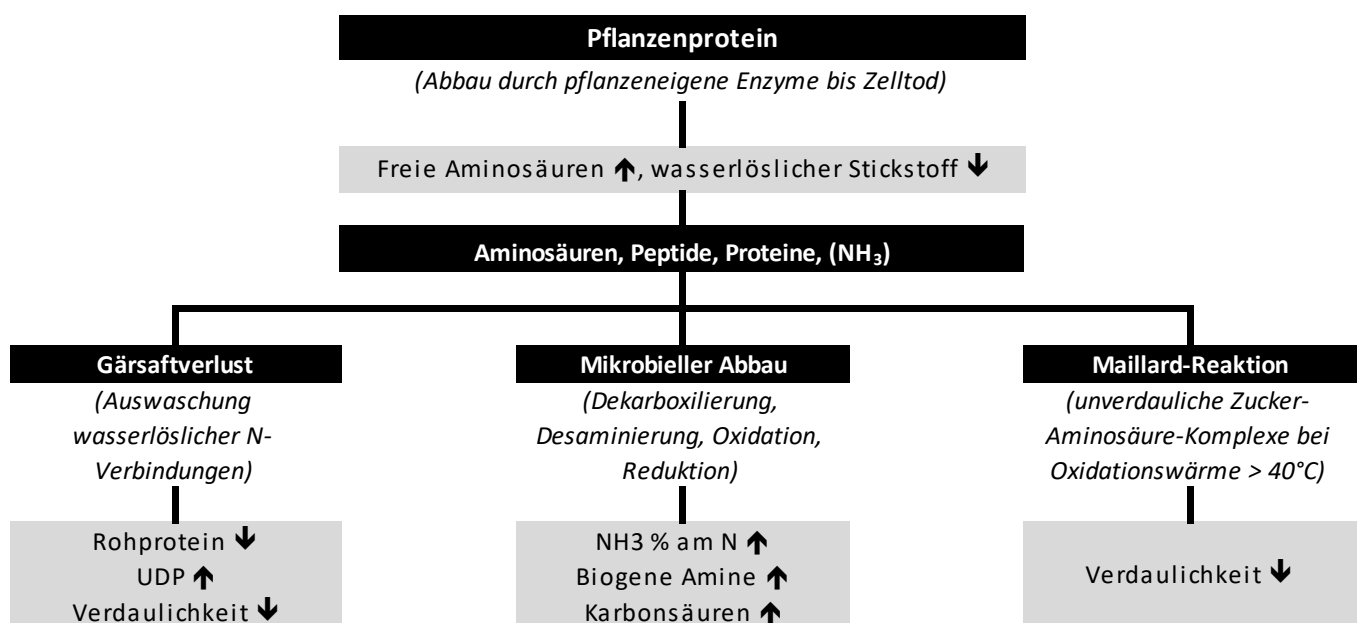


Abbildung 33: Veränderung der Proteinqualität während der Silierung von Grünfütterpflanzen

Das Futterrohprotein lässt sich nach dem Schema von Licitra et al. (1996) in fünf Fraktionen unterteilen (Abbildung 34). Die Fraktion (A) besteht aus NPN-Verbindungen (freie Aminosäuren, N-haltige Basen und Säuren, Harnstoff, ...). Diese Verbindungen tragen nicht zum Durchflussprotein (UDP) bei und werden im Pansen umgesetzt. Die B-Fraktionen bestehen aus Reinprotein, welches entweder nicht an die Faser gebunden ist (B1), an die NDF gebunden ist, aber leicht in Lösung geht (B2) oder aber an die ADF gebunden ist und leicht in Lösung geht (B3). Alle Fraktionen tragen in unterschiedlichem Ausmaß zum UDP bei. Die Fraktion C ist unlöslich an die ADF gebunden und gilt deshalb als nahezu unverdaulich.

Rohprotein				
A	Reinprotein			
A	B1	B2	B3	C
NPN	pufferlösliches Reinprotein	pufferunlösliches / NDF-gebundenes / lösliches Reinprotein	pufferunlösliches / ADF-gebundenes / lösliches Reinprotein	zellwandgebundenes unlösliches Reinprotein

Abbildung 34: Darstellung der Rohproteinfraktionen (mod. nach Licitra et al. 1996)

Während der Silierung findet ein erheblicher mikrobieller Abbau des in der Grünpflanze vorhandenen Reineiweißes statt. Dieser Vorgang wird als Proteolyse bezeichnet (Abbildung 35). Die Bedeutung für den Futterwert der Silage besteht in der Reduzierung des Reineiweißes und damit im Absinken des Durchflussproteins (UDP) und des nutzbaren Rohproteins.

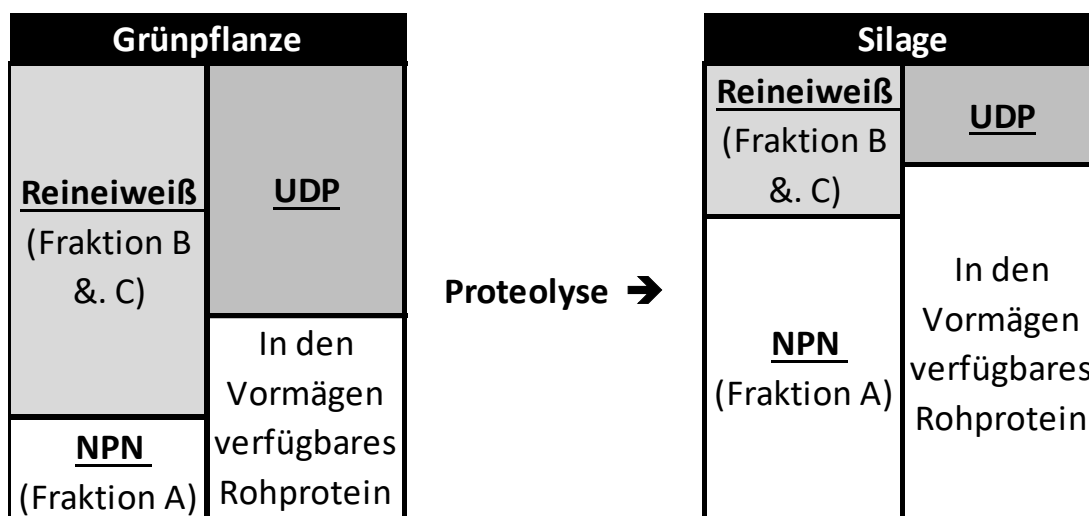


Abbildung 35: Änderung der Rohproteinfraktionen bei der Silierung durch Proteolyse (RICHARDT und STEINHÖFEL, 2009)

Die Auswirkungen auf den Futterwert von Silagen sind in der Tabelle 4 am Beispiel von Klee gras zusammengestellt.

Tabelle 4: Einfluss der Silierung auf die Rohproteinfraktionen von Klee gras (RICHARDT und STEINHÖFEL, 2000)

% des Rohproteins (1)	Grünfütter	Silage
NPN-Verbindungen (A)	27,6	63,1
Reinprotein (B ₁₃ , C)	72,4	36,9
Proteinlöslichkeit (A, B ₁)	31,8	66,1
unverdauliches Reinprotein (C)	6,3	7,0
UDP 8 ²⁾	40	26
UDP 5 ²⁾	33	18

¹⁾ Fraktionierung nach Licitra et al. (1996)

²⁾ Schätzung nach Shannak et al. (2000)

Neben der Proteolyse gibt es aber weitere qualitätsmindernde Abbau- und Umbauprozesse. Die Fraktion A (NPN-Verbindungen) besteht zunächst aus einem hohen Anteil an freien Aminosäuren und einem geringeren Anteil an Nicht-Aminosäure-Stickstoff (Abbildung 36).

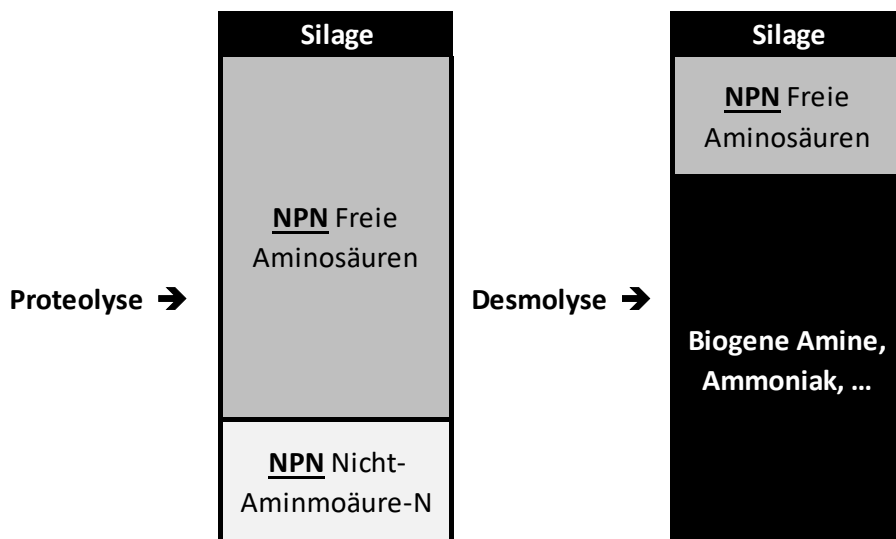


Abbildung 36: Änderungen der NPN-Fraktion bei Fehlgärung durch Desmolyse (RICHARDT und STEINHÖFEL, 2009)

Durch Fehlgärungen von überwiegend proteolytischen Clostridien kommt es zum desmolytischen Abbau von Aminosäuren (Decarboxylierung, Desaminierung) zu Karbonsäuren, biogenen Aminen und Ammoniak (NH_3). Diese Fraktionen wirken sich negativ auf Futteraufnahme, Tiergesundheit und Fruchtbarkeit aus und sind deshalb in Silagen zu minimieren. Der Ammoniak-Gehalt gilt als wesentlicher Indikator für diesen Abbau, die Anwesenheit biogener Amine sowie dem Verlust an Reineiweiß und sollte deshalb in die Beurteilung der Silagequalität einbezogen werden (Tabelle 5).

Tabelle 5: Bewertung des Proteinabbaus in Grünfuttersilagen

$\text{NH}_3\text{-N}$ am Rohprotein-N	Grad des Proteinabbaus
< 10	gering
10 ... 20	erhöht
21 ... 25	deutlich erhöht
> 25	stark erhöht

In den ersten 7 Tagen der Hauptgärphase kommt es oft zu einer intensiven Gasbildung. Im Gasgemisch könnten hochgiftige nitrose Gase (NO_x) enthalten sein, welche sich in der Lunge zu salpetriger Säure lösen und schwere Verätzungen verursachen können. Sie wirken noch nach mehrstündiger Verzögerung bei Mensch und Tier tödlich. Das Gas entsteht bei Sauerstoffabschluss durch die Reduktion von Nitrat bzw. Nitrit. Nitrose Gase haben bei höherer Konzentration einen beißenden, stechenden Geruch, sind bräunlich gefärbt, schwerer als Luft und treten daher oft am tiefsten Rand der Abdeckfolien aus. Der Gehalt an nitrosen Gasen ist insbesondere bei proteinreichen Siliergütern, suboptimaler N-Düngung und nach dem Einsatz nitrat- bzw. nitrihaltiger Siliermittel im Silostapel erhöht. Als positiven Nebeneffekt ihrer Entstehung ist eine

clostridienhemmende Wirkung zu erwarten. Die Produktion nitroser Gase ist auf etwa fünf bis sieben Tage beschränkt. Wenn die Gase nicht entweichen können, werden sie im weiteren Silierverlauf innerhalb der folgenden etwa sechs Wochen abgebaut. Nach der üblichen Reifephase der Silage von mindestens 40 Tagen besteht keinerlei Gefahr mehr bei der Siloöffnung. Ein Ablassen des Gases ist nicht notwendig.

2.1.1.2 Stickstoffeffizienz in der Milchproduktion beim Austausch von Luzernesilage gegen Luzernetrockengrün

2.1.1.2.1 Einleitung

In der Rinderfütterung gilt Luzerne als eine der wertvollsten Alternativen zu zugekauften Proteinkonzentraten. Mit Luzerne kann je Flächeneinheit nahezu doppelt so viel Rohprotein erzeugt werden wie mit Sojabohnen. Im Hinblick auf eine hohe Proteinqualität gilt die Silierung jedoch als ungeeignet. Während der Silierung von Luzerne wird ein hoher Reineiweißabbau provoziert. Die schonende Luzernetrocknung mit Warm- bzw. Heißluft gilt als Alternative und überzeugt durch Proteinqualitäten mit hoher ruminaler Beständigkeit (UDP). Durch die Nutzung dezentraler Verfahren und alternativer Energiequellen kann sich Luzernetrockengrünfutter auch in der Preiswürdigkeit gegenüber Proteinkonzentraten durchsetzen. Inwiefern sie Rapsextraktionsschrot in Milchviehrationen ersetzen kann, sollten Köllitscher Fütterungserprobungen klären.

Köllitscher Konservierungsversuche haben im Vorlauf zu den Fütterungstests den Einfluss der verschiedenen Behandlungsverfahren auf die Proteinwertigkeit von Luzerne für die Wiederkäuerernährung aufgezeigt.

2.1.1.3 Konservierung und Lagerung

Auf Köllitscher Flächen angebaute Luzerne wurde in verschiedene Anwelkstufen bei verschiedenen Temperaturen technisch weiter getrocknet bis auf $\geq 86\%$ TM bzw. siliert mit verschiedenen biologischen und chemischen Siliermitteln (Abbildung 37, Abbildung 38).

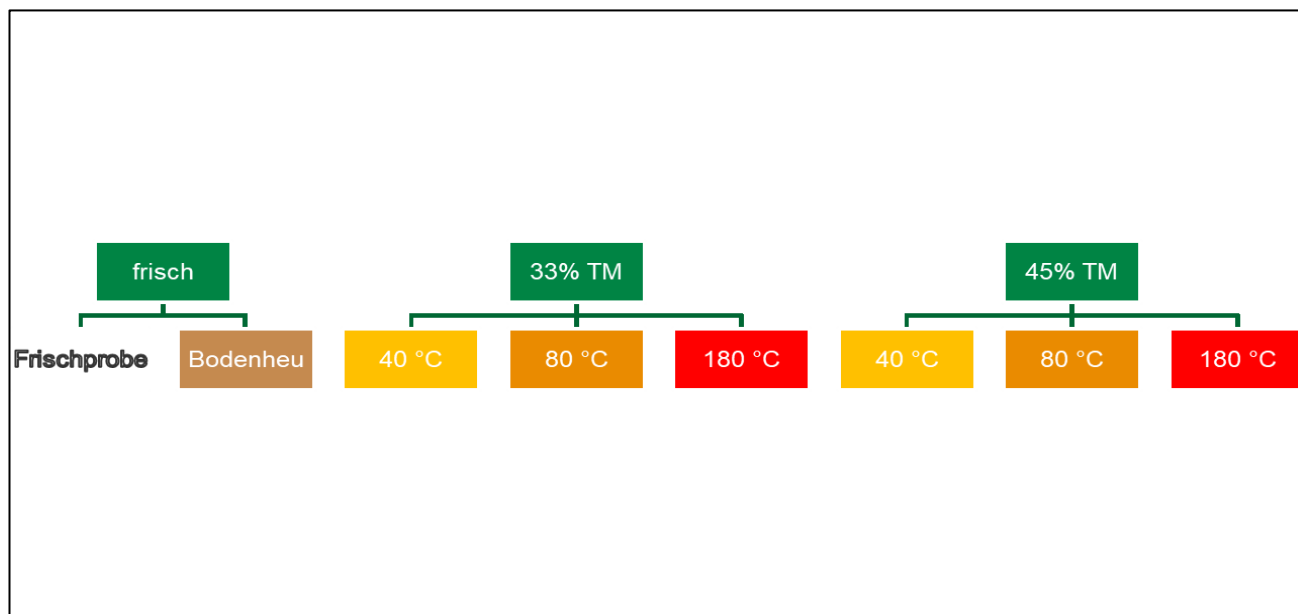


Abbildung 37: Trocknungsvarianten Luzerne

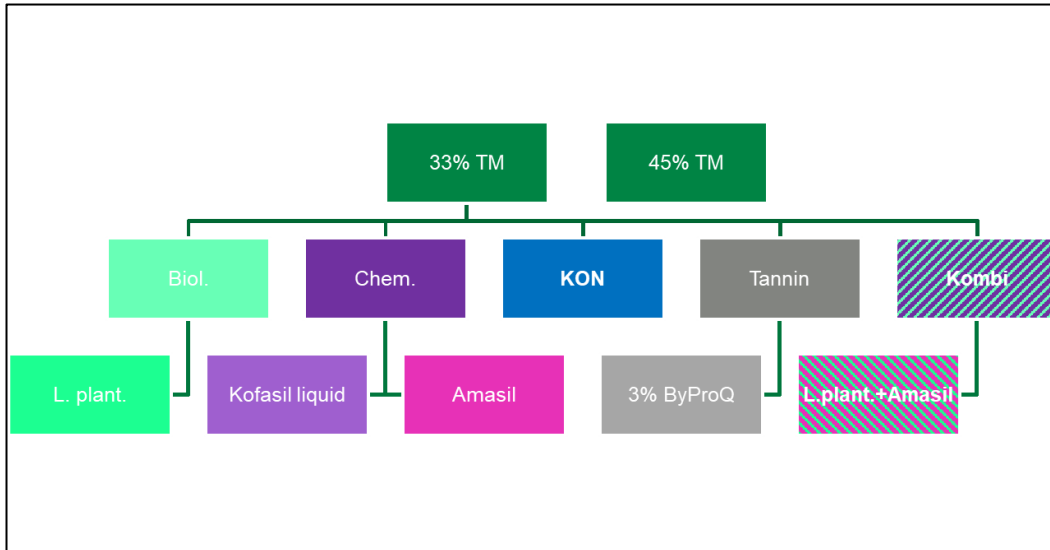


Abbildung 38: Siliervarianten Luzerne

Nach einer Lagerdauer von 60 d wurden Silagen und Trockengrün chemisch analysiert und miteinander verglichen.

In den Rohproteinfraktionen unterschieden sich die Trocknungsvarianten nicht voneinander. Die stärker angewelkten Siliervarianten hatten einen höheren Reineiweißgehalt als die nur knapp über 30 % TM angewelkten.

Insgesamt ergab sich eine deutliche Differenzierung zwischen frischen, silierten und getrockneten Luzerneproben (Abbildung 39).

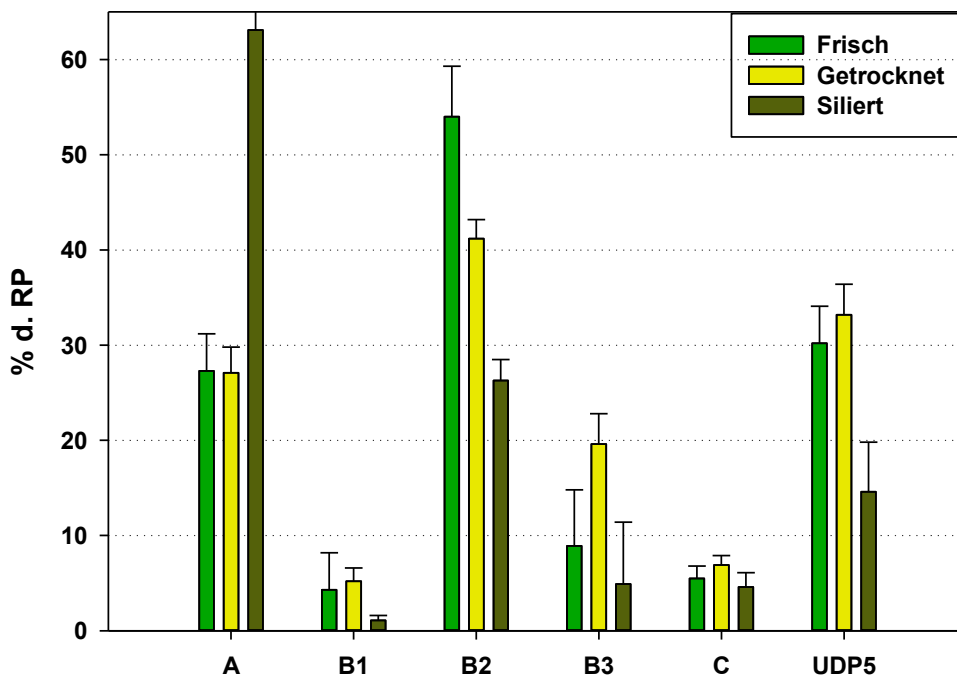


Abbildung 39: Rohproteinfraktionen und Durchflussprotein von frischer, getrockneter und siliierter Luzerne

Selbst die Siliervariante, in der die geringste Proteolyse stattfand, wies 50 % NPN-Verbindungen des Gesamtrohproteins auf, während es in den Trocknungsvarianten nur 27 % des RP waren.

Die Schlussfolgerung aus diesen Ergebnissen lautet: wenn Luzerne als Reineiweißkonzentrat eingesetzt werden soll und damit andere kommerzielle Konzentrate ausgetauscht werden sollen, so ist dazu technische Trocknung aus Sicht der Tierernährung das Verfahren der Wahl.

2.1.1.3.1 Köllitscher Fütterungstest

Es wurde ein Gruppenfütterungsversuch im Winter, Januar - Februar 2016 (WI), sowie einer im Spätsommer (SO), von August bis Oktober 2016, im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch durchgeführt. Die Luzerne für WI wurde im Herbst 2015 geerntet und zu einem Teil siliert, zum anderen Teil in einem Trocknungswerk getrocknet. Für SO erfolgte die Ernte Ende Juni 2016 mit der analogen Konservierung.

Die Versuchsgruppen setzten sich aus je 31 Holstein-Friesian-Kühen zusammen.

In der Ration wurden je 3,0 (WI) bzw. 4,4 kg (SO) TM Luzernesilage (KON) gegen Luzernetrockengrün (LTG) ausgetauscht (Tabelle 6). Gleichzeitig wurde der Anteil an Rapsextraktionsschrot in der Ration LTG vermindert. Die Tiere hatten im Laufstall freien Zugang zu Tränkwasser.

Tabelle 6: Futterwertdaten der Luzernesilageration versus Luzernetrockengrünration im Winter und Sommer

	WI		SO	
	KON	LTG	KON	LTG
Ration [kg TM/Tier*d]				
Maissilage	6,46	6,46	4,66	4,66
Grassilage	2,04	2,04	2,11	2,11
Luzernesilage	3,03	-	4,43	-
Luzernetrockengrün	-	2,92	-	4,44
Zuckerrübenpressschnitzelsilage	1,76	1,76	-	-
Melassierte Zuckerrübentrockenschnitzel	-	-	0,9	0,9
Körnermais	2,64	2,64	2,64	2,64
Gerste	2,25	3,06	3,6	4,5
Mischfutter 16/3	2	2	2,3	2,3
Rapsextraktionsschrot	2,91	2,03	2,65	1,77
Glycerin	0,5	0,5	0,5	0,5
Futterkalk	0,03	0,03	-	-
Natriumbikarbonat	-	-	0,25	0,25
Energie- und Nährstoffe (analytisch)				
[g/kg TM]	n=10	n=10	n=12	n=12
TM [g/kg FM]	433,6 ^a	473,3 ^b	447,1 ^a	607,6 ^c
Rohprotein	148,6 ^{ab}	144,5 ^a	154,3 ^{bc}	147,6 ^{ab}
Rohfaser	161,9 ^a	162,9 ^a	180,8 ^b	172,0 ^{ab}
Rohfett	33,6 ^{ab}	32,7 ^a	36,8 ^c	36,1 ^{bc}

Stärke	274,4 ^{bc}	290,8 ^c	226,3 ^a	252,5 ^b
aNDFom	368,7 ^b	377,0 ^b	357,7 ^{ab}	339,6 ^a
ADFom	203,6 ^a	204,2 ^a	214,7 ^b	201,2 ^a
nRP	157,8	157,6	156,4	156
A-Fraktion d. RP*	47,8 ^b	36,5 ^a	57,4 ^c	45,5 ^b
UDP5**	42,9 ^{ab}	45,5 ^b	40,5 ^a	40,3 ^a
MJ NEL/kg TM	6,97	6,91	6,9	6,96
Futter- /Nährstoffaufnahme				
TM-Aufnahme kg/Tier*d	24,82 ^b	25,23 ^b	23,65 ^a	23,87 ^a
UDP-Aufnahme g/Tier*d	1065,5 ^b	1148,7 ^c	966,8 ^a	961,3 ^a
Milch				
kg Milch/ Tier*d	37,4 ^a	37,9 ^a	39,8 ^c	38,8 ^b
Milcheiweiß %	3,54	3,51	3,59	3,54
Milchfett %	3,78 ^b	3,66 ^{ab}	3,66 ^{ab}	3,31 ^a
kg ECM/Tier*d	36,6 ^a	36,0 ^a	38,4 ^b	36,1 ^a
kg Futter-TM/ kg ECM	0,68 ^{bc}	0,70 ^c	0,61 ^a	0,66 ^b
Ausscheidungen				
Harn-Harnstoff [g/l]	10,59 ^b	9,47 ^b	9,69 ^b	6,98 ^a
g Harn-N/Tier*d	243,7 ^b	160,7 ^a	224,8 ^b	200,9 ^{ab}
Effizienzparameter				
g Futter-N/g Milcheiweiß-N	2,88 ^b	2,85 ^b	2,62 ^a	2,60 ^a

LTG Luzernetrockengrün-Ration, KON Kontrollration mit Luzernesilage

*Rohproteinfractionierung nach Licitra et al., 1996

*pansenunabbaubares Rohprotein geschätzt nach Rohproteinfractionierung (Kirchhof, 2007; Shannak et al., 2000)

Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Periode bedeuten signifikante Unterschiede im Tukey-HSD ($p < 0,05$).

Datenerfassung

Nach einer 7- (WI) bzw. 13- (SO) täglichen Vorfütterung wurde die Futteraufnahme täglich gruppenweise über die Futterausbringung und Rückwaage der Futterreste mit der jeweiligen TM-Bestimmung erfasst. Die Milchmengen wurden tierindividuell täglich als Summe aus zweimaligem Gemelk ermittelt. Die Milchinhaltsstoffe wurden über Milchleistungsprüfungen im 5-wöchigen Versuchsverlauf bestimmt. Harn wurde viermalig (WI) bzw. fünfmalig (SO) an 8 Tieren pro Fütterungsgruppe spontanbeprob. Analysiert wurden Harnstoff, Purinderivate und Gesamt-N. Die Harn-N-Ausscheidung pro Tier*d wurde über die Gleichung von CHEN AND ORSKOV, 2003, berechnet. Tagestemperaturen wurden über die meteorologische Station in Köllitsch aufgezeichnet. Die Auswertung der Daten erfolgte mittels MS Excel und in SPSS (IBM SPSS Statistics, Version 19) über die Funktion Univariate.

Ergebnisse

Der Futterwert war im Winter wie im Sommer in Bezug auf die Energie und das nutzbare Rohprotein in allen Rationen vergleichbar (Tabelle 6). Ein Einfluss der Außentemperatur auf die Futteraufnahme konnte nicht vermieden werden (Abbildung 41). Mit zunehmender Temperatur sank die Futteraufnahme, insbesondere der Trockengrünration ($r^2 = 0,22$, $p < 0,001$ für LTG, Abb. 2; $r^2 = 0,09$ für KON). Die Futteraufnahme war im Sommer geringer als im Winter (Tabelle 6). Die Milchleistung in ECM war für beide Gruppen im Winter sta-

tistisch nicht verschieden, ebenso wie die Futtereffizienz (Tabelle 6). Der geringe Fettgehalt der LTG-Milch führte im Sommer zu einer geringeren ECM-Leistung im Vergleich zur Kontrollgruppe (Tabelle 6).

Dies beeinflusste auch den Fett-Eiweißquotienten im Sommer. Insgesamt wurden in beiden Versuchsperioden alle N-Ausscheidungen der LTG-Gruppe sowohl in der Milch als auch im Harn verringert. Die N-Verwertungseffizienz war innerhalb jeder Periode vergleichbar. Die Futtereffizienz war bei der im SO gefütterten KON am höchsten, ebenso die korrigierte Milchleistung (Tabelle 6).

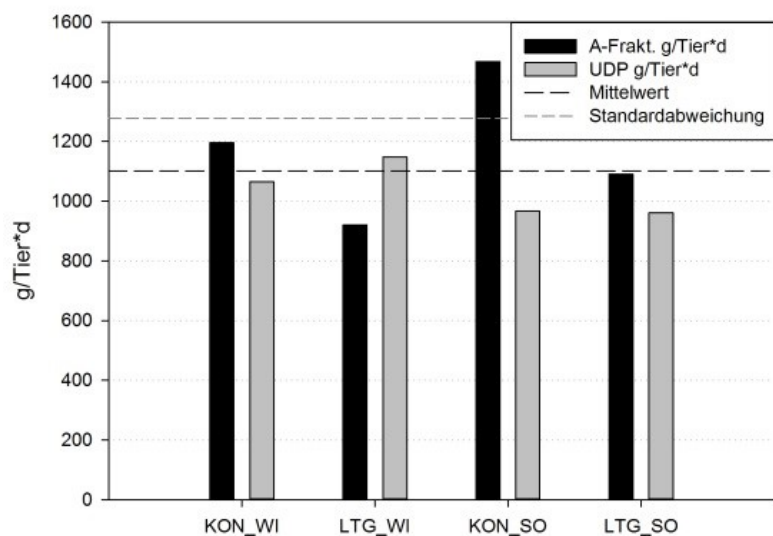


Abbildung 40: Tägliche Aufnahme an leichtlöslicher A-Fraktion des RP und des Durchflussproteins

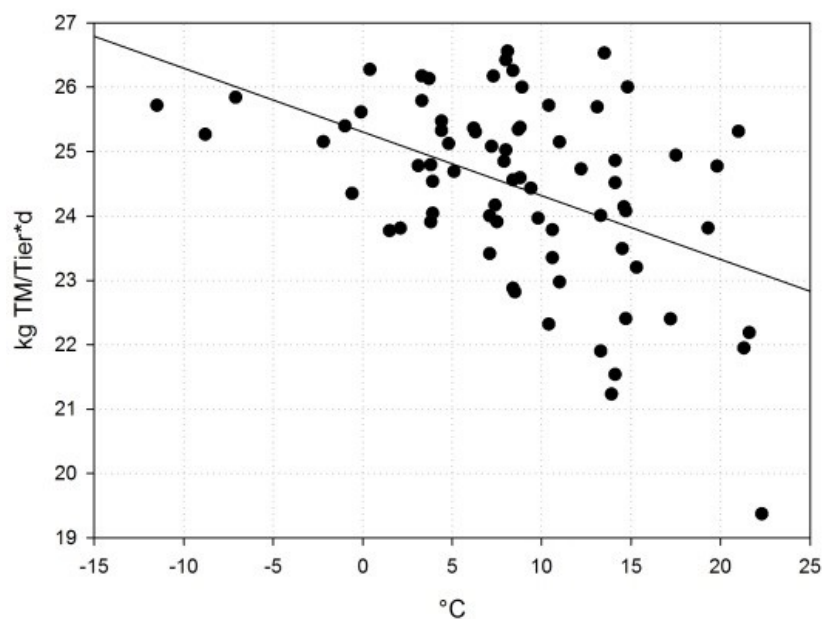


Abbildung 41: Abhängigkeit der Futteraufnahme aus LTG von der Tagestemperatur

Der Austausch von 3 kg TM Luzernesilage gegen die äquivalente Menge Luzernetrockengrün bei gleichzeitiger Verminderung des Rapsextraktionsschrotes um 30 % führte im Winter zu vergleichbaren Ergebnissen in der Milchleistung und in der N-Verwertung der beiden Versuchsgruppen (Tabelle 6). Die N-Ausscheidung über Milhharnstoff und Harn war jedoch geringer (Tabelle 6). Im Spätsommer führte der Austausch von 4,4 kg TM Luzernesilage gegen Trockengrün mit Verzicht auf 40 % des Rapsextraktionsschrotes zu einer geringeren ECM-Leistung im Vergleich zur Kontrollgruppe derselben Periode (Tabelle 6). Die korrigierte Milchleistung war ähnlich wie im Winter. Das Verhältnis von UDP zur A-Fraktion war in der LTG (SO) der KON vergleichbar (WI) (Abbildung 40), während die Kühe der KON (SO) deutlich mehr NPN aufnahmen. Durch diesen Quotienten von 0,66 UDP/A wurde in der KON (SO) offensichtlich ein weitgehend optimales Verhältnis von Input zu Output in Bezug auf Leistung und Nährstoffe getroffen. Zu dem aufgenommenen Gesamt-UDP trug dabei das Rapsextraktionsschrot mit 2,6 kg TM zu 33 % bei, während die Luzernesilage mit 4,4 kg TM 40 % der aufgenommenen NPN-Verbindungen lieferte.

2.1.1.3.2 Schlussfolgerung

Ein Austausch von 3 kg TM Luzernesilage durch heißluftgetrocknetes Luzernetrockengrünfutter mit kalkuliertem UDP-Gehalt von 35 % d. RP ersetzt ca. 1 kg Rapsextraktionsschrot in der Milchviehration.

Höhere Außentemperaturen wirken verzehrmindernd bei höheren Einsatzmengen getrockneter Luzerne.

Die Stickstoffverwertungseffizienz bezogen auf das Milcheiweiß ändert sich im gewählten Austausch von Futtermitteln nicht.

Eine Kombination aus Luzernesilage und –trockengrün bei Verringerung des Rapsextraktionsschrotes ist im Hinblick auf die Optimierung des Verhältnisses von Durchflussprotein zu leichtlöslichem Stickstoff weiter zu hinterfragen.

2.1.2 Der Einsatz lokal angebauter Sojavollbohnen als Eiweißfuttermittel in der Milchproduktion

OLAF STEINHÖFEL, CHRISTIAN KUHNITZSCH, SIRIWAN MARTENS

2.1.2.1 Einleitung

100 Jahre Sojaprotein in der Milchkuhfütterung

1878 veröffentlichte FRIEDRICH HABERLANDT, Professor für Pflanzenbaulehre an der Hochschule für Bodenkultur in Wien, die Schrift „Die Sojabohne“. In dieser berichtete er über umfangreiche Studien und Versuche zum Anbau der Leguminose in Mitteleuropa. Darunter waren auch Erfolgsberichte von mitteldeutschen Landwirten und Gärtnern. Aufgrund der Ergebnisse und der Begeisterung in der Wissen- und Bauernschaft, sagte er der Feldfrucht eine große Zukunft voraus. HABERLANDT verstarb im Erscheinungsjahr seines Buches und musste nicht erfahren, dass dies zunächst eine Vision blieb. Zwar wurden die Bohnen im geringen Umfang weiter angebaut, fanden aber selten den Weg in die Futterkrippe. Dafür waren insbesondere die geringen und instabilen Erträge verantwortlich. Im wohl bedeutendsten Werken der Tierernährung des 20. Jahrhunderts „Die Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere“ und den daraus formulierten „Grundzügen der Fütterungslehre“ von OSKAR KELLNERS, dass 1907 bis 1911 in 4 Auflagen durch KELLNER selbst und nach 1911 bis 1966 von FINGERLING, SCHEUNERT bzw. BECKER in weiteren 11 erschien, finden erst ab der 6. Auflage (1920) Sojafuttermittel Erwähnung. In den futtermittelkundlichen Schriften des 20. Jahrhunderts wurde zudem vermerkt, dass Sojafuttermittel ein importiertes Produkt aus Übersee darstellen. Der Anteil in den Milchkuhrationen blieb bis in die 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts aber eher gering. Während in der BRD, insbesondere aufgrund der

engen Handelsbeziehungen zu Nordamerika, der Anteil an Sojaextraktionsschrot in den Milchviehrationen nach Kriegsende zunahm, war in der DDR ihr geringfügiger Einsatz wenigen staatlichen Zuchtbetrieben vorbehalten. In Westdeutschland stieg der Anteil an Sojaextraktionsschrot in den Milchviehrationen aber selten über die Empfehlung in Kellners Buch von 1,5 - 2 kg je Kuh und Tag. Erst seit Beginn des 21. Jahrhunderts, mit der Leistungsexplosion, nahm auch der Einsatz des Schrotes in der gesamtdeutschen Milchkuhfütterung sprunghaft zu. Im Freistaat Sachsen deckte Sojaextraktionsschrot bis 2009 nahezu 50 % des Gesamtproteinbedarfs der Milchkühe. In den Rationen waren bis zu 4 kg des Schrotes zu finden. Ab 2010, mit der zunehmenden Umstellung der Molkereien auf gentechnikfreie Milch, ging der Anteil jedoch schnell wieder zurück. Er beträgt aktuell noch rund 8%. Aufgrund der zunehmenden Kritik am hohen Eiweißfuttermittelimport in die EU und auch angeregt durch klimatische Veränderungen fehlt es aktuell nicht an Bemühungen durch Eiweißfutterinitiativen, durch Netzwerkverbünde, Interessenvertretungen und Erzeugergemeinschaften, den Sojaanbau mit Lobby und Fachlichkeit zu unterstützen. Nach Informationen des Deutschen Sojaförderings e.V. wurden in Deutschland 2019 auf rund 29.200 ha Soja angebaut. Anbauschwerpunkte waren Bayern (15.700 ha) und Baden-Württemberg (7.668 ha). Die deutschen Sojabohnen entsprachen ca. 2% der jährlich in Deutschland benötigten Sojabohnen.

Tabelle 7: Futterwertkennzahlen von Sojavollbohnen aus verschiedenen Futterwerttabellen

		KELLNER, 1920	NEHRING, 1949	JEROCH ET AL., 1993	DLG, 1997	JEROCH ET AL., vorauss. 2020	DUNKEL ET AL., 2016	Eigene (2015-2020)
Trockenmasse	g / kg	860	900	880	880	880	880	900
Rohprotein	g / kg	325	332	356	350	350	356	350
Rohfett	g / kg	173	175	177	179	179	188	185
Rohfaser	g / kg	50	44	53	55	55	79	85
Rohasche	g / kg	50	47	47	48	48	47	47
VQ org. S.	%	83	85	83	76	86	n.b.	n.b.
NEL	MJ / kg	8,6*	8,6*	8,9	8,7	8,7	8,8	8,7*

* berechnet aus den Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe

Futterwert von Sojavollbohnen

Beim Vergleich ausgewählter Tabellenwerte (Tabelle 7) von Nährstofffraktionen der letzten 100 Jahre fällt zunächst auf, dass wenig auffällt. Die Bohne besteht zu einem Drittel aus Eiweiß und zu 18 % aus Fett. Die höheren Fasergehalte jüngerer Arbeiten hängen häufig mit dem Schalenanteil der zumeist hofeigenen einheimischen Sojabohnenpartien zusammen. Da die NDF von Sojaschalen aber für Wiederkäuer hochverdaulich sind, ist deren Anwesenheit nicht unerwünscht. Für die Wiederkäuerernährung enthält die Sojabohne generell wenig sekundäre Inhaltsstoffe bzw. Antinutritiva, welche Einsatzgrenzen erzwingen. Bekannt sind Stoffe wie Trypsininhibitoren, Phytinsäure, Hämaglutinine oder Lipoxidasen, welche in der Monogasterfütterung durchaus zu Einsatzrestriktionen oder reduzierenden Behandlungsoptionen führen können. In der Wiederkäuerfütterung sei ggf. die relative hohe Konzentration an Urease erwähnenswert. Beim gleichzeitigen Einsatz von Sojavollbohnen mit Futterharnstoff kann es zu einer schnellen Freisetzung von Ammoniak bereits in der Futtermischung kommen, welche zur Beeinträchtigung von Futteraufnahme und zu einer Übersättigung der Ammoniakkonzentration in den Vormägen führen kann.

Beim Einsatz von Vollbohnen an Wiederkäuer ist der Fettgehalt zu beachten. Bei einer Restriktion von max. 800 g ungeschütztes Fett in der Tagesration für Milchrinder, könnten jedoch fast 4 kg Bohnen gefüttert werden. Der erhöhte Zuckergehalt von ca. 100 g je kg Sojavollbohne, erfordert keine strengere Restriktion, wenn nicht bereits die Restration sehr hohe Zuckergehalte aufweist. In der Literatur werden zum Teil sensorische Veränderungen der Milch (Geruch, Geschmack) beschrieben, wenn mehr als 2 kg Vollbohnen verfüttert wurden. Dies wird auf den hohen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren und deren aerobe Instabilität (Peroxidbildung, Fettbegleitstoffe) zurückgeführt. Zudem muss berücksichtigt werden, dass der hohe Gehalt an ungesättigten Fettsäuren auch die Butterfettkonsistenz und deren Haltbarkeit (weiche Butter, hohe Jodzahl) beeinflussen kann. Eine Einsatzempfehlung (futtermittelspezifische Restriktion) von maximal 3 kg Vollbohnen je Kuh und Tag scheint in Summe der erwähnten Hinweise, sicher zu sein.

Proteinqualität von Sojabohnen

Bis zu einer täglichen Milchleistung von 25 - 30 kg kann die Milchkuh ihren Eiweißbedarf nahezu vollständig aus dem Mikrobenprotein decken. Für die mikrobielle Proteinsynthese müssen i.d.R. nur ausreichende Mengen an pansenlöslichem Stickstoff kontinuierlich zur Verfügung gestellt werden. De facto reichen hier NPN-Verbindungen, wie Futterharnstoff. Mit steigender Leistung muss die Proteinversorgung zunehmend durch Futterdurchflussprotein ergänzt werden. Der natürliche Gehalt an pansenstabilem Eiweiß in den bekannten Eiweißfuttermitteln ist jedoch eher gering, d.h. der überwiegende Teil ist letztlich auch pansenlöslich. Damit steht dieser Teil einerseits in preislicher Konkurrenz zum Futterharnstoff und andererseits steht er einer N-minimierten Fütterung im Wege, da die Restration oft bereits ausreichen lösliches Eiweiß enthält. Um exakt proteinreduziert zu füttern, müssten idealerweise Futtermitteln mit 100 % NPN und mit Futtermitteln mit 100 % Futterdurchflusseiweiß (UDP) kombiniert werden. Proteinkonzentrate zur Ergänzung von Milchviehationen im hohen Leistungsbereich, sind nur dann wirklich sinnvoll und auch preiswürdig, wenn sie hohe UDP-Gehalte aufweisen. Um ein Kilogramm Rapsextraktionsschrot zu ersetzen bedarf es aus Sicht des Rohprotein nur ca. 1 kg Sojavollbohnen. Um 1 kg RES (35 % UDP des Rohprotein) aus Sicht des UDP zu ersetzen, müssen aber 1,2 – 1,6 kg Vollbohne (15 - 20 % UDP des Rohproteins) vom Soja eingesetzt wurden. Die Preiswürdigkeit der Sojaprodukte müsste somit um 1 Drittel günstiger sein als vom RES. Das ist selbst bei kühner Rechnung illusionär. Anders sieht es aus, wenn die Sojaprodukte wärmebehandelt wurden. In unseren Untersuchungen wurden UDP-Gehalte für die Sojaprodukte ermittelt, welche zwischen 30 und 45 % des Rohproteins lagen. Hier kehrt sich die Preiswürdigkeit zugunsten der Sojaproteine um. D.h. um 1 kg RES auf Basis der UDP-Lieferung zu ersetzen müssen nur noch 0,7 kg wärmebehandelte Sojavollbohne zum Einsatz kommen.

Die Wärmebehandlung von Körnerleguminosen wird aus verschiedenen Gründen empfohlen. Zunächst wird die Lagerstabilität verbessert (max. Restfeuchte 6%), die Akzeptanz verbessert (Inaktivierung geschmacksbeeinflussender Stoffe & Verzuckerung, Entfernung unerwünschter flüchtiger Substanzen) und es findet eine gewisse Hygienisierung des Futtermittels statt. Für den Futterwert in der Milchkuhfütterung von Bedeutung sind aber die Reduzierung des ruminalen Proteinabbaus (95 % roh auf 50...70 % wärmebehandelt) und eine mögliche Erhöhung der ruminalen Stärkebeständigkeit (Retrogradierung). Ob sich die Wärmebehandlung in DL rechnet, entscheidet sowohl der gewünschte Schutzeffekt für das Reineiweiß (UDP-Gehalt) als auch der Marktpreis von Alternativfuttermitteln, wie Rapsextraktionsschrot. In der Tabelle 8 ist dargestellt, wie viel die Wärmebehandlung maximal kosten darf um bei unterschiedlichen RES-Preisen den UDP-Gehalt am Rohprotein in Sojaprodukten von 20 auf 45 % zu steigern.

Tabelle 8: Berechnungen zur Preiswürdigkeit der Wärmebehandlung von Sojavollbohnen

UDP	Austauschäquivalent	Rapsextraktionsschrot (RES, € / t)						
% des RP	kg / kg RES	180	200	220	240	260	280	300
		Preiswürdigkeit für den UDP-Austausch (€ / t)						
20	1,2	150	167	183	200	217	233	250
45	0,7	257	286	314	343	371	400	429
max. Kosten für Wärmebehandlung (€ / t)		107	119	131	143	154	167	179

Aus unseren Versuchen mit dem Eco-Toaster der Firma Agrel stieg mit steigender Temperatur der Anteil pansenstabilen Proteins bis ca. 170 °C signifikant um das 3-fache an (Abbildung 42). Die Proteinlöslichkeit reduzierte sich um den Faktor 5. Ab ≥ 190 °C waren jedoch drastische Proteinschäden erkennbar. Ein Viertel des Eiweißes waren so stark geschädigt, dass sie als unverdaulich und denaturiert gewertet werden müssen. Der Lysin- und Arginingehalt war bis um 50 % reduziert und die Summe von Maillardprodukten, als Indikator für die Hitzeschädigung des Eiweißes, war 8 g höher als im Ausgangsmaterial. Sojafuttermittel sind per se methioninarm (ca. 1 % des RP), aber lysinreich (> 6 % am RP). Doch bereits bei 170 °C Einblastemperatur, war zwischen handelsüblichem Rapsextraktionsschrot und behandelter Sojavollbohne kein Vorteil vom Soja mehr nachweisbar.

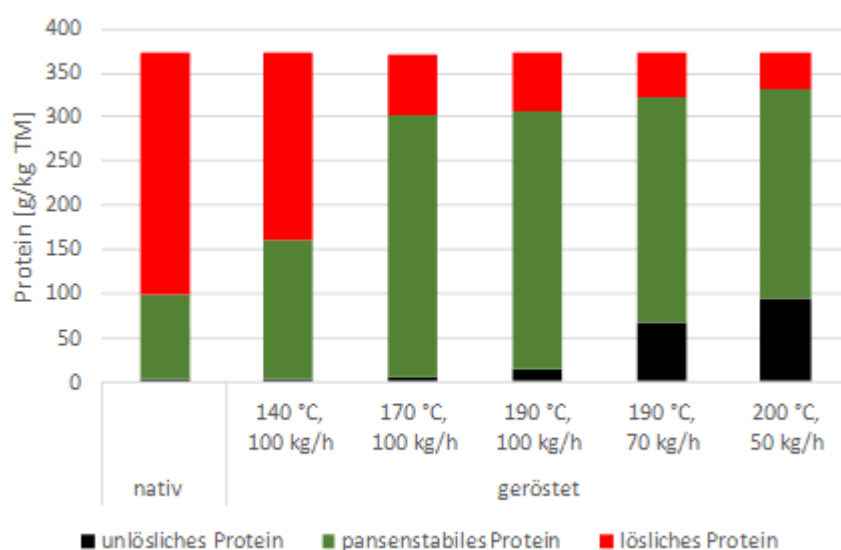


Abbildung 42: Einfluss der Wärmebehandlung mit dem Eco-Toaster der Firma Agrel auf die Proteinfractionen von Sojavollbohnen (KUHNITZSCH UND STEINHÖFEL, 2020)

Die Wärmebehandlung bleibt somit zwar notwendig, muss aber dringend standardisiert und restriktiv erfolgen, um sie gewinnbringend für den Futterwert nutzen zu können. Hier ist dringend ein Erkenntnisfortschritt gefordert. Einerseits braucht es verlässliche laboranalytische Parameter zur Kontrolle von Handelsware, Dienstleistung und auch hofeigene Verfahren. Andererseits muss das Verfahren Wärmebehandlung strenger definiert werden, um die Vielfalt der Verfahrenslösungen, Parameter und Kombinationen bewerten zu können.

2.1.2.2 Sojabohnen im Köllitscher Fütterungstest

Die Sojavollbohne aus Köllitscher Ernte wurde mit einer Einblastemperatur von 140°C bei einem Durchsatz von 100 kg/h mit einem Eco-Toaster der Firma Agrel hofeigen getoastet und anschließend für die Verfütterung geschrotet. In der Tabelle 9 sind ausgewählte Futterwertdaten der Vollbohnen im Vergleich zum Rapsextraktionsschrot zusammengestellt. Während die beiden Proteinkonzentrate sich nur geringfügig im Proteingehalt unterscheiden, sind die Unterschiede im Fett-, Stärke- und damit Energie- und Fasergehalt sehr deutlich. Rapsextraktionsschrot hatte erwartungsgemäß einen höheren Methioningehalt. Die über die Proteinfraktionen und den modifizierten HFT geschätzten UDP-Gehalte im Rohprotein waren wiederum bei den getoasteten Sojabohnen signifikant höher.

Tabelle 9: Futterwertdaten der Köllitscher Sojavollbohnen im Vergleich zum Rapsextraktionsschrot

		Rapsextraktionsschrot	Sojavollbohne getoastet
		n = 9	n = 9
Trockenmasse	[g/kg FM]	882	915
Energie (NEL)	[MJ / kg TM]	7,36 ^a	9,81 ^b
Zucker	[g / kg TM]	77	74
Stärke	[g / kg TM]	58 ^a	119 ^b
Rohfaser	[g / kg TM]	137 ^b	47 ^a
Rohfett	[g / kg TM]	35 ^a	216 ^b
Rohasche	[g / kg TM]	70	63
aNDFom	[g / kg TM]	289 ^b	165 ^a
ADFom	[g / kg TM]	222 ^b	109 ^a
Rohprotein	[g / kg TM]	347	352
Methionin	[g / kg TM]	7,68 ^b	5,24 ^a
nRP	[g / kg TM]	242 ^b	210 ^a
Proteinlöslichkeit	[% des RP]	69,6 ^b	65,8 ^a
UDP5	[% des RP]	35 ^a	41 ^b

In einem 60-tägigen Fütterungsversuch mit jeweils 2 homogen zusammengesetzten Gruppen mit je 30 Milchrindern (ca. 40 kg Milchleistung) im LVG Köllitsch wurden 3,3 kg TM Rapsextraktionsschrot vollständig durch 2,9 kg TM hofeigene getoastete Sojavollbohnen-schrot, ohne weitere Rationskorrekturen, ausgetauscht. Untersucht wurde der Einfluss auf Futteraufnahme, Milchleistung, Milchzusammensetzung, diverse Indikatoren in Kot und Harn. In der Tabelle 10 sind die beiden Testrationen und der Fütterungserfolg dargestellt. In den gefütterten Rationen waren die nachgewiesenen signifikanten Unterschiede auf den erwartet höheren Fett- und infolge höheren Energiegehalt der Sojara-tion sowie einem höheren Anteil an UDP5 im Rohprotein der Ration begrenzt. Die Futter- und NDF-Aufnahme lag auf dem erwartet hohen Niveau und unterschied sich zwischen den Fütterungsgruppen nicht. Der Einfluss der höheren Fett-, Stärke- und Energiegehalte der Sojabohne war in der TMR-Analyse nicht nachweisbar und infolge auch bei der Futteraufnahme nicht wirksam. Während die höhere ruminale Stickstoffbilanz (RNB) der Rapsgruppe sowohl im höheren Harnstoffgehalt der Milch und in einer höheren N-Ausscheidung über den Harn nachweisen ließ, blieb die signifikant geringere Methioninaufnahme der Sojagruppe ohne erkennbare Folgen. Im Gegenteil, der Milcheiweißgehalt der Sojagruppe war letztlich um 0,1 %-Punkte höher, was, vorsichtig spekuliert, auf die rechnerisch ermittelte höhere Aufnahme an UDP hindeuten könnte. Die rechnerische Bilanz zwischen N-Aufnahme und N-Abgabe über die Milch unterschied sich letztlich zwischen den Gruppen nicht.

Tabelle 10: Ergebnisse aus dem Köllitscher Fütterungstest mit Sojavollbohne

	Rapsextraktionsschrot	Sojavollbohne getoastet
Ration (gewogen)	n = 27	n = 27
Rapsextraktionsschrot [kg TM / Kuh*d]	3,3	
Sojavollbohnen [kg TM / Kuh*d]		2,9
Grassilage [kg TM / Kuh*d]	5,2	5,2
Maissilage [kg TM / Kuh*d]	4,2	4,2
Pressschnitzelsilage [kg TM / Kuh*d]	2	2
Körnermais [kg TM / Kuh*d]	1,8	1,8
Gerste [kg TM / Kuh*d]	3	3
Luzernetrockengrün [kg TM / Kuh*d]	0,9	0,9
Mischfutter-Glycerin-Mineralstoffmix [kg TM / Kuh*d]	2,5	2,5
Energie- und Nährstoffe [analytisch]		
Rohprotein [g / kg TM]	166	166
Methionin [g / kg TM]	2,69	2,43
nutzbares Rohprotein [g / kg TM]	163	166
Proteinlöslichkeit [% des RP]	32,4	33,0
aNDFom [g / kg TM]	354	349
NEL [MJ / kg TM]	6,83 ^a	6,95 ^b
Zucker [g / kg TM]	44	39
Stärke [g / kg TM]	220	221
Rohasche [g / kg TM]	65	63
Rohfett [g / kg TM]	41 ^a	67 ^b
Futter- / Nährstoffaufnahme		
Trockenmasse [kg / Tier*d]	22,8	22,7
aNDFom [g / Tier*d]	8.071	7.922
Energie [MJ / Tier*d]	156	158
Rohprotein [g / Tier*d]	3.785	3.768
UDP5 [g / Tier*d]	1116 ^a	1270 ^b
RNB [g / Tier*d]	11 ^b	0 ^a
Methionin [g / Tier*d]	61 ^b	54 ^a
Milch		
ECM [kg / Tier*d]	37,5	37,4
Eiweiß [%]	3,61 ^a	3,71 ^b
Fett [%]	3,90	3,93
Harnstoff [mg / l]	198 ^b	154 ^a
Ausscheidungen		
Futter minus Milch-N [g / Tier*d]	394	386
Harn-N-Abgabe [g / Tier*d]	287 ^b	267 ^a
Effizienzparameter		
kg Futter-TM / kg ECM	0,61	0,61
g Milch-N / g Futter-N	0,35	0,36

Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Periode bedeuten signifikante Unterschiede im Tukey-HSD ($p < 0,05$).

2.1.2.3 Schlussfolgerung

Hofeigen erzeugte Sojavollbohnen können Rapsextraktionsschrot vollständig in Milchviehrationen für 40 kg Milchleistung ersetzen. In der Köllitscher Testration wurde letztlich kein importiertes Futtereiweiß mehr eingesetzt. Der Einsatz von knapp 3 kg Sojavollbohnen erwies sich im Fütterungserfolg gleichwertig und in der N-Ausnutzung sogar überlegen. Die Vollbohnen müssen jedoch vor ihrem Fütterungseinsatz definiert wärmebehandelt werden. Hierzu sind dringend weitere Untersuchungen nötig, um das Verfahren der Wärmebehandlung zu definieren und restriktieren sowie letztlich zu kontrollieren. Auch die Entwicklung hofeigener oder mobiler Toaster ist notwendig, um arbeits- und energieeffizient wärmebehandeln zu können. Um preiswürdig Rapsextraktionsschrot aus der Milchviehration zu verdrängen, darf die Einheit getoasteter Sojavollbohnen nicht mehr als 14 % über dem Rapsextraktionsschrotpreis kosten.

2.1.3 Weizenpressschlempe aus der Bioethanolproduktion als Eiweißfuttermittel

OLAF STEINHÖFEL UND SIRIWAN MARTENS

2.1.3.1 Einleitung

Schlempeanfall in Deutschland

Im Brennereigewerbe wird Ethanol auf dem Wege der alkoholischen Gärung erzeugt. Hierzu können alle pflanzlichen Rohstoffe genutzt werden, die ausreichend vergärbare Zucker oder in vergärbare Zucker überführbare Polysaccharide, wie z.B. Stärke, Pektine oder auch aufgeschlossene Zellulose, enthalten. In der deutschen Spirituosenindustrie destillieren aktuell rund 50 Großbrennereien ca. 165 Millionen Liter Alkohol. Dafür werden vorrangig Getreide, Kartoffeln und Melasse als Rohstoffe genutzt. Außerdem erzeugen mehrere Tausend landwirtschaftliche Kleinbrennereien in Deutschland fast 50 Millionen Liter reinen Alkohol. Diese haben oft nur eine regional begrenzte Bedeutung und sie nutzen überwiegend Obst als Rohstoff. Neben den Spirituosenbrennereien sind in den letzten Jahrzehnten große Bioethanolanlagen entstanden. In Deutschland werden aktuell rund 300 Millionen Liter Bioethanol überwiegend aus Weizen, Roggen, Triticale und Gerste erzeugt. Als Nebenprodukt des Brennereiprozesses fällt Schlempe an. Futtermittelrechtlich wird Schlempe ist das Nebenerzeugnis der Alkoholherstellung aus stärkereichen (z.B. Mais, Getreide, Kartoffeln, Maniok, Hirse, Reis, Erbsen) oder zuckerreichen Rohstoffen (z.B. Zuckerrüben, Zuckerrohr, Gräser), welches bei der Fermentation und Destillation von Maische aus den genannten Erzeugnissen unter Zusatz von Hefe (i.d.R. *Saccharomyces*) gewonnen wird und bei dem ausschließlich Wasser entzogen sein darf, definiert.

Futterwert von Pressschlempen

Schlempen enthalten per se kaum noch Stärke- oder Zucker. Alle anderen Inhaltsstoffe, d.h. insbesondere Protein, Fett, Faser und Mineralstoffe reichern sich im Mittel um den Faktor 2,5 bis 3 an. Dies trifft im Übrigen auch auf unerwünschte Stoffe, wie Bodenschadstoffe, Mykotoxine oder Pflanzenschutzmittel zu, wodurch eine strenge Rohstoffkontrolle in Brennereien angezeigt ist. Je nach Prozessführung enthält die Schlempe mehr oder weniger Zellen der zugesetzten Hefekultur und ggf. zugesetzten Enzyme. Dies hat insbesondere Einfluss auf die Proteingehalte und –qualität. Schlempe wird zu sehr unterschiedlichen TM-Gehalten auf den Markt gebracht. Durch Abfiltrieren, Dekantieren, Verdampfen oder Trocknen wird, neben Dünn- oder Nassschlempen (unter 15 - 25 % TM) zur sofortigen Frischverfütterung, Pressschlempe (25 - 40 % TM) zur zeitnahen Frischverfütterung oder Heißsilierung und Trockenschlempe ca. 90 % TM zur kontinuierlichen Verwendung in hofeigenen Mischungen oder in der Mischfutterindustrie angeboten. Die Spirituosenbrennereien vermarkten ihre Schlempen überwiegend als Nass- oder Pressschlempen im näheren Umfeld. Die Bioethanolanlagen trocknen die Schlempen in der Regel und vermarkten Trocken-

schlempen zum Teil global. Der Futterwert von Schlempe ist zum Teil sehr schwankend und mehr oder weniger stark vom Rohstoff und von der Art und Führung des Brennereiprozesses abhängig. Besonders wertvoll für die Tierernährung sind Getreideschlempen. Obstschlempen besitzen dagegen einen eher geringen und stark schwankenden Futterwert.

In der Tabelle 11 sind exemplarisch und vergleichend die Futterwertdaten von Weizenpressschlempe und Rapsextraktionsschrot aus dem aktuellen Köllitscher Fütterungstest zusammengestellt. Während der Energiegehalt der beiden Proteinkonzentrate nicht verschieden ist, unterscheiden sich nahezu alle weiteren Futterwertparameter signifikant. Auffallend ist ein höherer NDF- aber geringerer ADF-Gehalt der Schlempen. Hier muss der Schlüssel für die nahezu gleiche Verdaulichkeit der organischen Substanz zu suchen sein. Der Proteingehalt der Weizenpressschlempen lag mehr als 100 g unter den Gehaltswerten des Rapsextraktionsschrotes in einem Kilogramm Trockenmasse. Mit 26 % Rohprotein in der Trockenmasse bleibt Weizenpressschlempe jedoch ein hervorragendes Proteinkonzentrat. Das nicht getrocknete Schlempeprotein ist signifikant höher löslich und damit der geschätzte UDP-Gehalt mit 27 % vom Rohprotein erwartungsgemäß geringer als im Extraktionsschrot. Hier unterscheiden sich die Pressschlempen auf Weizenbasis erheblich von den am Markt angebotenen Weizentrockenschlempen, welche UDP-Gehaltswerte zum Teil von über 40 % nachwiesen. Der Methionin-Gehalt im Schlempeprotein ist mit 1,3 % nur knapp halb so hoch wie im Rapsprotein. Weizenpressschlempe ist gegenüber Rapsextraktionsschrot ausgesprochen calciumarm. Obwohl das Getreidenebenprodukt ausreichend Phosphor enthält, ist der Gehaltswert vom Rapsprodukt signifikant geringer.

Tabelle 11: Futterwertdaten der Weizenschlempe im Vergleich zum Rapsextraktionsschrot

		Rapsextraktionsschrot	Weizenschlempe
		n = 4	n = 4
Trockenmasse	[g/kg FM]	879	266
Energie (NEL)	[MJ / kg TM]	7,4	7,6
Rohfett	[g / kg TM]	35 ^a	75 ^b
Rohasche	[g / kg TM]	78	82
aNDFom	[g / kg TM]	302 ^a	369 ^b
ADFom	[g / kg TM]	238 ^b	156 ^a
Rohprotein	[g / kg TM]	374 ^b	261 ^a
Methionin	[g / kg TM]	7,68 ^b	3,44 ^a
nRP	[g / kg TM]	253 ^b	200 ^a
Proteinlöslichkeit	[% des RP]	67,3 ^a	74,2 ^b
UDP5	[% des RP]	35 ^b	27 ^a
Ca	[g / kg TM]	8,35 ^b	2,21 ^a
P	[g / kg TM]	12,2 ^b	7,67 ^a

Fütterungseignung für Milchkühe

Frische Nass- bzw. Pressschlempen eignen sich aufgrund ihrer Konsistenz und mäßigen enzymatischen Verdaulichkeit als proteinreiches Konzentrat vorrangig in der Rinderfütterung. Die Gaben an frischer bzw. siliierter Schlempe sollten im Milchkuhbereich 3 kg TM nicht überschreiten. Bei Mastrindern werden bis 0,7 kg TM und bei Jungrindern bis 0,3 kg TM je 100 kg Körpermasse in der Tagesration empfohlen. Zum Teil wird in der Fachliteratur auf die unabdingbare Gewöhnung der Tiere verwiesen. Bei zu geringer Gewöhnung wird zum Teil das Phänomen „Schlempehusten“ beschrieben, welches eine durch Essigsäure und Alkohol ausgelöste Schleimhautreizungen im Kehlkopfbereich zur Ursache hat. Da die frische Schlempe generell wenig strukturwirksam ist, ist auf eine ausreichende Struktur- sprich Grobfuttermittellversorgung zu achten. Milchkühen sollten höhere Schlempemengen erst nach dem Melken verfüttert werden, um eine mögliche Geschmacksveränderung der Milch auszuschließen. Bei der Schlempenfütterung ist zudem auf die Mineralstoff- insbesondere die Calciumversorgung der Tiere zu achten.

Bei der Verfütterung von Saffuttermitteln sind immer besondere futtermittelhygienische Regeln einzuhalten. Nass- und Pressschlempen kommen aus dem Brennereiprozess nahezu steril. Aufgrund des hohen Wassergehaltes, der hohen Auslieferungstemperaturen ($> 50^{\circ}\text{C}$) und der hohen Enzymlöslichkeit der Zellwandbestandteile und Hefereste sind sie aber leicht verderblich. Aerob stabil sind die abgepressten Gärrückstände maximal für 1 bis 2. Nach 2-3 Tagen kommt es in der Regel zu einem massiven Bakterien- und Hefebefall. Nach 4 - 6 Tagen sind die Feuchtfuttermittel massiv verschimmelt. Frische Pressschlempe sollten deshalb innerhalb von 48 Stunden möglichst noch warm verfüttert werden. Für eine kostengünstigere und längerfristige Haltbarmachung bietet sich die Silierung in Folienschläuchen an. Die Siliereignung ist ausreichend gut. Entscheidend für eine erfolgreiche Silierung ist aber eine Heißvergärung. Das heißt, das Siliergut sollte eine Temperatur von $40 - 50^{\circ}\text{C}$ besitzen, wenn es unter Luftabschluss kommt. Hierzu sind eine Reihe Silierversuche in Köllitsch durchgeführt worden, auf welche bei Bedarf zurückgegriffen werden kann.

2.1.3.2 Weizenschlempe im Köllitscher Fütterungstest

Die Weizenpressschlempe und die technische Grundausstattung zur Zwischenlagerung und Aufbereitung wurden für den Fütterungstest durch die Futtermittelmittel Oberhoff GmbH kostenfrei zur Verfügung gestellt. Die Lieferungen der über 50°C warmen Weizenpressschlempe erfolgte alle 2 - 3 Tage per Tankfahrzeug, wurde in einen isolierten mit Rührwerk versehenen Behälter zwischengelagert und flüssig der Futtermischung im TMR-Mischwagens zu dosiert. In einem 60-tägigen Fütterungsversuch mit jeweils 2 homogen zusammengesetzten Gruppen mit je 30 Milchrindern (ca. 35 kg Milchleistung) im LVG Köllitsch wurden 3 kg TM Rapsextraktionsschrot durch 3 kg TM Weizenpressschlempe, ohne weitere Rationskorrekturen, ausgetauscht. Untersucht wurde der Einfluss auf Futteraufnahme, Milchleistung, Milchzusammensetzung, diverse Indikatoren in Kot und Harn. In der Tabelle 12 sind die beiden Testrationen und der Fütterungserfolg dargestellt.

Tabelle 12: Ergebnisse aus dem Köllitscher Fütterungstest mit Weizenschlempe

	Rapsextraktionsschrot	Weizenschlempe
Ration (gewogen)	n = 30	n = 30
Rapsextraktionsschrot [kg TM / Kuh*d]	3,4	0,4
Weizenschlempe		3,0
Grassilage [kg TM / Kuh*d]	4,0	4,0
Maissilage [kg TM / Kuh*d]	6,3	6,3
Trockenschnitzel [kg TM / Kuh*d]	1,0	1,0
Körnermais [kg TM / Kuh*d]	1,8	1,8
Gerste [kg TM / Kuh*d]	3,1	3,1
Luzernetrockengrün [kg TM / Kuh*d]	0,9	0,9
Getreide-Glycerin-Mineralstoffmix [kg TM / Kuh*d]	2,7	2,7
Energie- und Nährstoffe [analytisch]		
Rohprotein [g / kg TM]	157 ^b	144 ^a
Methionin [g / kg TM]	2,78 ^b	2,34 ^a
nutzbares Rohprotein [g / kg TM]	159	157
Proteinlöslichkeit [% des RP]	36,5	38,2
aNDFom [g / kg TM]	343	345
NEL [MJ / kg TM]	7,24	7,28
Zucker [g / kg TM]	35,7	35,7
Stärke [g / kg TM]	246	248
Rohasche [g / kg TM]	66	67
Rohfett [g / kg TM]	38,3	46,7
Futter- / Nährstoffaufnahme		
Trockenmasse [kg / Tier*d]	22,1	21,9
aNDFom [g / Tier*d]	7.569	7.556
Energie [MJ / Tier*d]	160	159
Rohprotein [g / Tier*d]	3465 ^b	3154 ^a
UDP5 [g / Tier*d]	1119 ^b	937 ^a
RNB [g / Tier*d]	-9,5 ^b	-40,7 ^a
Methionin [g / Tier*d]	61 ^b	51 ^a
Milch		
ECM [kg / Tier*d]	35,2	35,0
Eiweiß [%]	3,54	3,45
Fett [%]	3,84	3,92
Harnstoff [mg / l]	130 ^b	117 ^b
Ausscheidungen	n = 19	n = 21
Futter minus Milch-N [g / Tier*d]	359 ^b	316 ^a
Harn-N-Abgabe [g / Tier*d]	189 ^b	143 ^a
Kot-N -Gehalt [g / kg TM]	30,1	27,2
Blut Harnstoff [mmol / l]	3,21 ^b	2,48 ^a
Effizienzparameter		
kg Futter-TM / kg ECM	0,63	0,63
g Milch-N / g Futter-N	0,35 ^a	0,37 ^b

Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede im Tukey-HSD ($p < 0,05$).

Der Rohprotein- und Methionin-Gehalt war in der Schlempe- gegenüber der Rapsgruppe signifikant verringert. Der Proteingehalt der Mischung mit Weizenpressschlempe lag mit 14,4 % in der Trockenmasse auf einem sehr niedrigen Niveau für hochleistende Milchrinder. Auf einen Proteinausgleich wurde jedoch bewusst verzichtet, um den Effekt eines rein futtermittelspezifischen Austausches nicht zu beeinflussen. Der rechnerische

risch ermittelte Gehalt an nutzbarerem Rohprotein war, gleichwohl allen anderen Futterwertparametern, nach Analyse nicht verschieden. Die Futteraufnahme war zwar tendenziell in der Schlempegruppe geringer. Diese Differenz war jedoch statistisch nicht zu sichern. Die Unterschiede in den Proteinfractionen der beiden Testmischungen blieben infolge auch in der Aufnahme an diesen Fraktionen erhalten. Die Aufnahme an Rohprotein, an Futterdurchflussprotein (UDP) und an Methionin war in der Gruppe, welche Weizenschlempe bekam, gegenüber der Rapsgruppe signifikant verringert. Die ruminale Stickstoffbilanz (RNB) war in der Schlempegruppe mit -41 g je Kuh und Tag gegenüber der Rapsgruppe mit knapp -10 in einem stark negativen Bereich.

Erstaunlicherweise hatte die Differenz in der Proteinbereitstellung keinerlei Auswirkungen auf die Milchleistung und die Gehalte an Fett und Protein in der Milch. Die Futterverwertung war mit 0,63 kg / kg ECM identisch zwischen den Proteinfuttermittelgruppen. Die niedrigen RNB-Gehalte zeigten jedoch lehrbuchhaft ein signifikant anderes Ausscheidungsverhalten des Stickstoffs. Der Milchwurststoffgehalt der mit Weizenschlempe versorgten Kühe lag mit 117 mg je Liter auf einem sehr niedrigen Niveau für Milchrinder und signifikant niedriger als in der Rapsgruppe. Auch die anderen Parameter, wie N-Ausscheidung (Futter-N minus Milch-N), Harn-N-Ausscheidung und die Konzentrationen an Kot-N sowie Blut-Harnstoff waren statistisch sicher in der Schlempefütterungsgruppe niedriger. Dies bewirkte auch, dass mit 37 % gegenüber 35 % der Futterstickstoff besser genutzt wurde.

2.1.3.3 Schlussfolgerung

Pressschlempen aus der Spirituosen- und Bioethanolherstellung sind ein hervorragendes Proteinkonzentrat für die Rinderfütterung. Der Futterwert ist jedoch schwankend und stark vom eingesetzten Rohstoff und der gewählten Verfahrensgestaltung in den Brennereien abhängig. Aus den Ergebnissen eines Köllitscher Fütterungstestes konnte bestätigt werden, dass 3 kg TM Rapsextraktionsschrot erfolgreich durch 3 kg TM Weizenpressschlempe austauschbar sind. Dabei waren sicher nicht alle Effekte futtermittelspezifisch bedingt. Der fehlende Proteinausgleich hatte hier einen Einfluss insbesondere auf die Stickstoffverwertung. Bei Einhaltung gewisser futtermittelhygienischer Besonderheiten, welche Saftfuttermittel per se mit sich bringen, ist aber die Getreideschlempe aus Bioethanolanlagen eine ernstzunehmende Alternative zu den klassischen Eiweißfuttermitteln. Berücksichtigt man ggf. einen gewissen Ausgleich durch ein UDP-Konzentrat bzw. durch Futterkalk, wird Getreideschlempe dann preiswürdig, wenn sie nicht mehr als 50 % des Preisniveaus (Trockenmassebasis) von Rapsextraktionsschrot übersteigt. Die zusätzlichen Kosten für die Logistik, Lagerung und den Futtereinsatz der Saftfuttermittel sowie ggf. futtermittelhygienische Risiken sind dabei mit ca. 10 % bereits berücksichtigt.

2.1.4 Aufbereitete Erbsen in Milchkuhrationen

CHRISTIAN KUHNITZSCH, SIRIWAN MARTENS, OLAF STEINHÖFEL

Bei der Suche nach alternativen Proteinfuttermitteln für die Wiederkäuerfütterung sind die einheimischen Körnerleguminosen, ob Erbsen, Ackerbohnen oder Lupinen, immer im besonderen Fokus. Sucht man sie jedoch in den Rationen unserer Milchkühe, wird man eher selten fündig. In den Hochleistungsrationen der sächsischen Rinder sind z.B. im Mittel nicht mehr als 0,2 % des Proteinbedarfs durch die einheimischen Körnerleguminosen gedeckt. Hauptverantwortlich dafür ist vorrangig die Preiswürdigkeit gegenüber den Extraktionsschroten. Zu geringe Erträge bei hohen Kornverlusten beim Mähdrusch, diverse phytosanitäre Probleme mit erzwungen langen Anbaupausen, hohe Trocknungskosten und eine im Vergleich zu den Extraktionsschroten zu geringe Proteinbeständigkeit in den Vormägen der Wiederkäuer sind nur einige der genannten Hemmnisse. Hier hat ein Projekt angesetzt, welches im Rahmen der Eiweißinitiative gefördert

wird. Es galt, die Einsatz- und letztlich Preiswürdigkeit von Erbse und Ackerbohne zu steigern und damit attraktiver zu machen. Die Köllitscher Tierernährer hinterfragen seitdem, unterstützt durch die Professur für Tierernährung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, eine neue Idee der hofeigenen Aufbereitung der Leguminosenkörner. Eine frühe Ernte soll zunächst die Kornverluste bei der Ernte minimieren. Durch Silierung statt Trocknung kann das erntefeuchte Korn auf dem Hof behalten und kostengünstig gelagert, konserviert und fütterungsfertig zerkleinert werden. Letztlich soll durch ein hydrothermisches hofeigenes Ausbereitungsverfahren der UDP-Gehalt der silierten Körnerleguminosen weiter stabilisiert werden. Ob ein derartiges Verfahren erfolgreich sein kann, wurde in umfangreichen Untersuchungen zum Futterwert, zur Konservierung und Aufbereitung und letztlich zum Erfolg in der Milchkuhfütterung in Köllitsch untersucht. Hier sollen erste Ergebnisse der praktischen Anwendung des Verfahrens vorgestellt werden.

Erbseneiweiß unter Schutz gestellt

Im LVG Köllitsch wurden 11 ha Erbsen der Sorte Alvesta angebaut. Diese wurde bei einer Korn-TM von rund 75 % gedroschen. Geerntet wurden letztlich 32 dt erntefrische Erbsenkörner (24 dt TM) je Hektar. Die feuchten Erbsen wurden mit einem Grain Bagger (Murska 2000 S2x2) gequetscht und in einen Folienschlauch unter Zugabe eines biologischen Siliermittels einsiliert. Der Folienschlauch mit der reifen Erbsenkornsilage wurde nach 90 Tagen Silierdauer geöffnet. Die Silage war an der Luft mehr als 7 Tage stabil, d.h. sie zeigte keine Nacherwärmung. Die silierten Erbsen wurden nach der Entnahme aus dem Schlauch mit einem mobilen Toaster (ECO-Toast 100, Firma Agrel) bei 140 - 200°C Einblastemperatur unter atmosphärischem Druck getoastet. Zur Vermeidung von Hitzeschäden durch Maillardreaktionen wurde eine maximale Korntemperatur von 70 °C angestrebt. Der Einfluss der beschriebenen Prozeduren auf die Proteinqualität ist in der Tabelle 13 dargestellt. Hier wird die erste Überraschung sichtbar. Die Silierung hatte einen hochsignifikanten positiven Effekt auf die Stabilität des Proteins. Dies ist insofern erstaunlich, da bislang immer eine Proteolyse bzw. Desmolyse bei spontaner Vergärung von proteinreichen Futtermitteln nachzuweisen war. Die Proteinlöslichkeit reduzierte sich durch die Silierung um mehr als 30 %-Punkte. Die sich anschließende Wärmebehandlung konnte diesen Effekt noch weiter verstärken. Letztlich konnte die Proteinlöslichkeit von 75 auf 17 % abgesenkt werden. Die schnell lösliche Proteinfraction B1 sank auf nahezu 0 % im Rohprotein zugunsten steigender Anteile an langsam löslichen Proteinen der B2- und B3-Fraktion. Der Anteil an Proteinschädigung (Fraktion C) blieb bei den gewählten 70 °C Korntemperatur mit 4 % äußerst moderat. In parallel durchgeführten Modellversuchen stieg der Anteil an geschädigtem Eiweiß bei Korntemperaturen von über 100 °C auf mehr als 20 % an. In Folge wurden signifikant höhere Anteile an Maillardprodukten gebildet. Dies wiederum führte zu einem Rückgang an Lysin von 11,5 auf 4,7 g/kg TM sowie von Arginin von 7,6 auf 4,3 g/kg TM. Bei Korntemperaturen von unter 70 °C dagegen waren die Effekte auf die Proteinlöslichkeit kaum statistisch zu sichern. Damit wurde gezeigt, dass die eingestellte Temperatur beim Toasten von proteinreichen Körnerleguminosen von entscheidender Bedeutung für den Erfolg der Wärmebehandlung ist. Inwieweit diese Temperaturbereiche auf alle thermischen bzw. hydrothermischen Verfahren am Markt übertragbar sind, kann nicht endgültig geklärt werden. Die aktuell praktizierten Verfahren weisen eine nahezu unendliche Variation hinsichtlich Wassereinfluss, Temperatur, Druck und Behandlungszeiten auf. Hierzu sind dringend Definitionen nötig, um die Effekte sicher beschreiben und letztlich nutzen zu können. Die kombinierte Behandlung führte in unserem Test zu einem Anstieg der geschätzten UDP-Gehalte von 4 % des RP (nativ) auf über 30 % im RP (siliert und 70 °C Korntemperatur). Damit hat sich die erwartete Steigerung des Proteinwertes der Erbsen bestätigt.

Tabelle 13: Änderung der Proteinqualität von Erbsen durch Silierung und anschließende Wärmebehandlung

Parameter	Erbse nativ	Erbse siliert	Erbse siliert + getoastet
TM [g/kg OS]	784 ^b	757 ^c	927 ^a
Rohprotein	189 ^b	189 ^b	196 ^a
Proteinlöslichkeit [% d. RP]	75,5 ^a	42,7 ^b	17,3 ^c
A [% d. RP]	6,9 ^c	9,3 ^b	12,5 ^a
B1 [% d. RP]	68,7 ^a	33,4 ^b	4,82 ^c
B2 [% d. RP]	23,6 ^b	54,8 ^a	47,0 ^a
B3 [% d. RP]	0,8 ^b	6,0 ^b	31,8 ^a
C [% d. RP]	0,5 ^b	0,6 ^b	3,9 ^a
UDP1 [% d. RP]	4 ^c	9 ^b	32 ^a
a,b unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied mit $p \leq 0,05$; 1berechnet nach NRC, 2001			

Köllitscher Fütterungstest

In einem 7-wöchigen Fütterungstest im LVG Köllitsch wurde nun der Effekt des Austausches von 2,2 kg RES und 1,1 kg Gerste durch 3,3 kg silierte & getoastete Erbsen auf die Leistung, Gesundheit und Futter- bzw. Nährstoffeffizienz an hochleistenden Milchkühen untersucht. Dazu wurden zwei Gruppen mit je 30 Tieren hinsichtlich Laktationsstadium, Leistung sowie Körperkondition homogen zusammengestellt. Die Futteraufnahme war mit im Mittel 23 kg TM je Kuh und Tag über den gesamten Betrachtungszeitraum gleich. Damit unterschied sich letztlich auch die Energie- und Nährstoffaufnahme zwischen den Gruppen nicht. Die Milchleistung lag in beiden Gruppen bei rund 40 kg ECM je Kuh und Tag. Die Versuchsgruppe hatte im Vergleich zur Kontrollgruppe einen höheren Milchfettgehalt und einen geringeren Milcheiweißgehalt. Deutliche Differenzen ergaben sich in den Milhharnstoffgehalten. Die Versuchsgruppe schied mit einem Harnstoffgehalt von rund 180 mg/l Milch und rund 270 mg Harnstoff/l im Harn rund 100 mg/l weniger Harnstoff über die Milch und Harn im Vergleich zur Kontrollgruppe aus.

Zusammenfassung

3,3 kg siliert-getoastete Erbsen konnten in der Milchviehfütterung ohne Verlust an Leistungsfähigkeit der Tiere 2,2 kg Rapsextraktionsschrot und 1,1 kg Gerste ersetzen. Die Kosten für die Herstellung (Silierkosten = 1,23 €/dt inklusive Folienschlauch und Quetschen; Toastkosten = 4,23 €/dt inklusive Investition, 3 Jahre Abschreibung, Jahrestoastmenge von 800 t, Stromverbrauch 10 kWh und Stromkosten von 0,2916 €/kWh) der hofeigenen angebauten, silierten und getoasteten Erbsen betrugen nur rund 20 € / dt. Die Preiswürdigkeit der silierten und getoasteten Erbsen auf Basis NEL, RP und UDP war somit im Vergleich zu Gerste (15 € / dt) und RES (26 € / dt) mit 22 € je dt aktuell gegeben.

Tabelle 14: Ergebnisse aus dem Köllitscher Fütterungstest

Parameter	Versuch "Erbse"	Kontrolle "RES/Gerste"
Ration [kg TM]		
Grassilage	7,0	7,0
Maissilage	3,7	3,9
LTG	1,0	1,0
Trockenschnitzel	2,0	2,0
Erbsen siliert + getoastet	3,3	0
RES	1,0	3,2
Gerste	1,1	2,2
Maisschrot	1,9	1,9
Glyzerin	0,4	0,4
hofeigener Mineralmix	2,3	2,3
Calziumcarbonat	0,1	0,1
Viehsalz	0,1	0,1
Energie und Nährstoffe		
Rohprotein [g/kg TM]	151	162
Nutzbares RP [g/kg TM]	153	157
Proteinlöslichkeit [% d. RP]	68	70
Stärke [g/kg TM]	207	192
NEL [MJ/kg TM]	6,8	6,8
Rohfaser [g/kg TM]	187	187
aNDFom [g/kg TM]	381	383
Futter- und Nährstoffaufnahmen		
Futtermittelaufnahme [kg TM/Tier*d]	23,0	23,1
Rohprotein [g/Tier*d]	3479	3737
Nutzbares RP [g/Tier*d]	3517	3627
Lösliches RP [g/Tier*d]	1554	1622
NEL [MJ/Tier*d]	156	158
Stärke [g/Tier*d]	4756	4439
Milch		
ECM [kg/Tier*d]	39,6	40,0
Eiweiß [%]	3,41 ^b	3,58 ^a
Fett [%]	4,08 ^a	3,72 ^b
Harnstoff [mg/l]	176 ^b	212 ^a
Ausscheidungen		
N ges.-Harn [g/Tier*d]	274 ^b	343 ^a
Kot-N [g/kg TM]	31,4 ^b	35,0 ^a
Effizienzparameter		
kg Futter-TM / kg ECM	0,59	0,58
g Milch-N / g Futter-N	0,39	0,38
a,b unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied mit $p \leq 0,05$		

2.1.5 Erbsenteilpflanzen in Milchkuhrationen

CHRISTIAN KUHNITZSCH, SIRIWAN MARTENS, OLAF STEINHÖFEL

Die Köllitscher Tierernährer untersuchen aktuell, unterstützt durch die Professur für Tierernährung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, die Möglichkeiten und Grenzen der Aufbereitung von Erbsen und Ackerbohnen für die Milchkuhfütterung. Die ersten Ergebnisse zu siliert und getoasteten Erbsen wurden jüngst in der Bauernzeitung bereits vorgestellt. Im Futterbau der letzten Jahre war bekanntlich weniger das Futtereiweiß in Bedrängnis geraten. Hauptproblem für die Wiederkäuerernährung war die Verknappung an strukturwirksamem Grobfutter. Dies führte auch zum kurzfristigen Umdenken bei den Projektpartnern. In den weiteren Untersuchungen sollte nicht ausschließlich das proteinreiche Korn im Fokus stehen, sondern Teile der vegetativen Restpflanze in die Untersuchung einbezogen werden. Um eine zu starke Verdünnung von Protein und Futterenergie durch die eher schlecht verdauliche und proteinarme Restpflanze zu begrenzen, wurde ein „Schröpfschnitt“ als Siliergut hergestellt. Dies bedeutet, dass eine Teilpflanze oberhalb des untersten Schotenansatzes, d.h. bei etwa 25 cm Schnitthöhe, im Direktschnittverfahren geerntet werden sollte. Die Erbsenkörner sollten zum Zeitpunkt der Ernte ihre Einlagerung an Protein und Stärke im Korn abgeschlossen haben. Dies war mit der Teigreife der Fall. Außerdem sollte jegliche Ablage und Bewegung des potentiellen Siliergutes auf dem Feld vermieden werden, um mögliche Verluste an Korn und nährstoffreicher Blattmasse zu verhindern. Um der Grundidee des Projektes treu zu bleiben, d.h. eine Kombination von Silierung und Wärmebehandlung zu praktizieren, wurde nach der Silierung die Teilpflanzensilage in einem Trockenwerk getrocknet. Damit sollte dem nach der Silierung verbliebenen Reineiweiß eine höhere Pansenbeständigkeit gegeben werden. Um den Erfolg einer derartigen Prozedur zu belegen, wurden umfangreichen Untersuchungen zum Futterwert, zur Konservierung und Aufbereitung und letztlich zum Erfolg in der Milchkuhfütterung in Köllitsch durchgeführt. Hier werden erste Ergebnisse der praktischen Anwendung des Verfahrens vorgestellt.

Eiweiß Flop, Grobfutter Top

Im LVG Köllitsch wurde die Erbse „Astronaut“ mit einer Trockenmasse von 34 % im Direktschneidverfahren (Direct Disk-Schneidwerk) als Teilpflanze (Schröpfschnitt) unterhalb der Fruchtanlagen (ca. 25 cm Schnitthöhe) geschnitten und gehäckselt. Das Grüngut wurde unter Zugabe eines biologischen Siliermittels in einem Folienschlauch für 90 Tage siliert. Im Anschluss an die Silierung wurde der Schlauch geöffnet und die Silage im Trockenwerk Gröden mit Heißluft getrocknet. Der Einfluss der beschriebenen Verfahren auf die Proteinqualität wird in der Tabelle 1 beschrieben. Mit Blick in der Tabelle wird schnell deutlich: Die Aufbereitung im Hinblick auf die Proteinbeständigkeit war wenig erfolgreich. Wie aus der Gründuttersilierung bekannt und gefürchtet, wurde das Reinprotein der Erbsenteilpflanze durch proteolytische und desmolytische Abbauprozesse bei der Silierung zerstört. Die Proteinlöslichkeit stieg von 58 % im Siliergut auf 77 % in der Silage und infolge sank der kalkulierte UDP-Gehalt des Rohproteins von 18 auf 11 %. Der TM-Gehalt der Erbsenteilpflanze bzw. Erbsenteilpflanzensilage lag bei über 30 %. Wenn einmal proteolytische bzw. desmolytische Abbauvorgänge abgelaufen sind, kann eine anschließende Wärmebehandlung dem nicht mehr entgegenwirken. Die technisch getrocknete Erbsenteilpflanzensilage unterschied sich deshalb im Futterwert nur wenig von der Ausgangssilage. Im Sinne der Eiweißversorgung kann diese Form der Aufbereitung für die Wiederkäuerfütterung nicht empfohlen werden. Im Sinne einer „Notversorgung“ der Wiederkäuer mit strukturwirksamer Faser kann dies zunächst anders gewertet werden, auch wenn eine technische Trocknung der Silage wirtschaftlich nicht sinnvoll ist.

Tabelle 15: Änderung der Proteinqualität in Abhängigkeit von der Behandlung der Erbsenteilpflanze

Parameter [g/kg TM]	Erbsenteil- pflanze nativ	Erbsenteil- pflanze siliert	Erbsenteilpflanze nativ siliert + getrocknet
TM [g/kg OS]	326 ^b	337 ^b	908 ^a
Rohfaser	242	225	239
aNDFom	320	269	310
Rohprotein	150 ^b	163 ^a	165 ^a
Proteinlöslichkeit [% d. RP]	58,5 ^b	77,0 ^a	75,8 ^a
lösliches Protein	87,8 ^b	125 ^a	125 ^a
UDP ¹ [% d. RP]	18 ^a	11 ^b	12 ^b
NEL geschätzt [MJ/kg TM]	6,2	5,8	5,7
^{a,b} unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied mit $p \leq 0,05$; ¹ berechnet nach NRC, 2001			

Köllitscher Fütterungstest

Im Sinne einer simulierten Notversorgung der Milchrinder wurde im Herbst letzten Jahres der Köllitscher Milchrindherde statt 4,5 kg TM Grassilage die gleiche Menge technisch getrocknete Erbsenteilpflanzensilage in der TMR angeboten. Im Köllitscher Fütterungstest galt es zu prüfen, inwiefern dieser Ersatz Einfluss auf die Leistungsfähigkeit sowie die Futter- bzw. Nährstoffeffizienz bei hochleistenden Milchkühen hat. Dazu wurden zwei Gruppen hochleistender Milchrinder mit je 30 Tieren, homogen hinsichtlich Laktation, Leistung und Körperkondition, aufgestellt und über 7 Wochen getrennt gefüttert. Die Rationen und der Fütterungserfolg sind in der Tabelle 2 zusammenfassend dargestellt. Die Versuchsgruppe, welche technisch getrocknete Erbsenteilpflanzensilage statt Grassilage erhielt, nahm über den gesamten Beobachtungszeitraum 0,7 kg mehr Futtertrockenmasse und 1,7 kg mehr Stärke je Kuh und Tag auf als die Kontrollgruppe. Dies ließ zunächst einen Leistungsschub erwarten. Umso erstaunlicher war es aber, dass sich weder die Milchleistung (ca. 36 kg ECM/Tier*d) noch die Milchinhaltsstoffe der beiden Vergleichsgruppen unterschieden. Letztlich war dadurch die Futtereffizienz der Erbsengruppe um 0,03 kg Futter je kg ECM schlechter.

Vorsichtiges Fazit

In einem Test sollte geprüft werden, ob thermisch aufbereitete Erbsenteilpflanzensilage einen Beitrag zur Proteinversorgung im Speziellen und zur Faserversorgung im Besonderen von Milchrindern leisten kann. Dazu wurden sowohl futtermittelkundliche Untersuchungen als auch Tests zum Fütterungserfolg bei Milchrindern durchgeführt. Das gewählte und nicht wenig aufwendige Verfahren kann nach Vorlage der ersten Befunde und Ergebnisse nicht empfohlen werden. Weder die Silierung noch die anschließende thermische Aufbereitung von teigreifen Erbsenteilpflanzen konnten die ruminale Beständigkeit des Erbseneiweißes positiv beeinflussen. Schuld daran war die starke Proteolyse und Desmolyse während der milchsäuren Vergärung. Der Trockenmassegehalt der teigreifen Erbsenteilpflanzen war mit knapp über 30 % nicht ausreichend, um diese unerwünschten Effekte zu verhindern. In einem aktuell in Köllitsch durchgeführten Folgeversuch wird versucht, eine s.g. Trockensilage mit mindestens 50 % TM in Wickelballen zu erzeugen, um den TM-Gehalt weiter zu steigern und damit die Proteolyse auszubremsen. Dazu berichten wir später. Dennoch kann das Erbsentrockengrün, oder vielmehr die Silage als Grobfutterkomponente zu Grassilage in der Ration ohne nennenswerte Verluste der Milchleistung eingesetzt werden und damit in Notsituationen ohne großen Verlust an Fütterungserfolg genutzt werden. Eine Preiswürdigkeit gegenüber Grassilage ist dabei jedoch kaum zu erwarten.

Tabelle 16: Ergebnisse aus dem Köllitscher Fütterungstest

Parameter	Versuch "technisch getrocknete Erbsenteilpflanzensilage"	Kontrolle "Grassilage"
Ration [kg TM]		
Grassilage	0,6	5,1
Maissilage	4,6	4,6
Luzernetrockengrün	0,8	0,8
Pressschnitzelsilage	1,5	1,5
Getrocknete Erbsenteilpflanzensilage	4,5	0
RES	3,5	3,5
Gerste	2,7	2,7
Maisschrot	1,8	1,8
Glyzerin	0,5	0,5
hofeigener Mineralmix	2,3	2,3
Calciumcarbonat	0,1	0,1
Viehsalz	0,08	0,08
Energie und Nährstoffe		
Rohprotein [g/kg TM]	168	171
Nutzbare RP [g/kg TM]	156	160
Proteinlöslichkeit [% d. RP]	36,0 ^b	37,9 ^a
Stärke [g/kg TM]	304 ^a	232 ^b
NEL [MJ/kg TM]	6,8	6,8
Rohfaser [g/kg TM]	152 ^b	173 ^a
aNDFom [g/kg TM]	304 ^b	345 ^a
Futter- und Nährstoffaufnahmen		
Futterraufnahme [kg TM/Tier*d]	21,6 ^a	20,9 ^b
Rohprotein [g/Tier*d]	3.629	3.574
Nutzbare RP [g/Tier*d]	3.370	3.344
Lösliches RP [g/Tier*d]	1.306	1.355
NEL [MJ/Tier*d]	147	142
Stärke [g/Tier*d]	6.566 ^a	4.849 ^b
Milch		
ECM [kg/Tier*d]	36,3	36,7
Eiweiß [%]	3,72	3,69
Fett [%]	3,76	4,00
Harnstoff [mg/l]	279	291
Futtereffizienz		
kg Futter-TM / kg ECM	0,60 ^a	0,57 ^b
^{a,b} unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschied mit $p \leq 0,05$		

2.2 Futtermittel der regionalen Kreislaufwirtschaft

SIRIWAN MARTENS, FRANK PÜSCHEL, OLAF STEINHÖFEL

2.2.1 Pressschnitzelsilagen in Ballen zur Sommerfütterung

2.2.1.1 Einleitung

Pressschnitzel sind ein Nebenprodukt der Zuckerproduktion aus Zuckerrüben. Sie lassen sich durch Silierung ohne hohen Energieaufwand konservieren und stellen durch ihren hohen Pektingehalt ein schmackhaftes und wertvolles Futtermittel in der Rinderernährung dar. Ihrer Anwendung in den Sommermonaten stand bisher ihre relativ leichte aerobe Verderblichkeit bei hohen Umgebungstemperaturen entgegen. Ein neues Verfahren der Ballenwicklung erlaubt es, die Pressschnitzel in kleineren Einheiten von einer Tonne zu silieren, so dass der Ballen je nach Tierbestand in 1 - 2 Tagen aufgebraucht ist und damit wenig Zeit zum aeroben Verderb hat. Anhand einer Praxiserhebung am Lehr- und Versuchsgut (LVG) Köllitsch wurde untersucht, ob die so erzeugte Pressschnitzelsilage in den Sommermonaten einen ähnlichen Effekt in der Fütterung zeigt wie Trockenpressschnitzel. Diese sind ebenfalls ein Nebenprodukt der Zuckerrübenverarbeitung, werden jedoch unter relativ hohem Energieaufwand hergestellt und boten bislang die einzige sichere Alternative zur Pressschnitzelsilagefütterung während der Sommermonate.

Die Untersuchungen am Tier wurden von Untersuchungen zur aeroben Stabilität des Pressschnitzelballens in Abhängigkeit von der Position der genommenen Probe begleitet.

2.2.1.2 Konservierung und Lagerung

Im Oktober 2016 wurden aus dem 12 km entfernten Südzuckerwerk Brottewitz fabrikwarme Pressschnitzel angeliefert. Sie wurden mit Hilfe eines Press-Wickel-Kombigerätes (LT-Master, Fa. Göweil, Kirchschlag, Österreich) in Rundballen (Ø 120 cm) gewickelt und mittels einer speziellen Ballenzange (Rundballen-Greifer, Fa. Göweil) auf dem Gelände des LVG zur Lagerung aufgestellt. Ab August 2017 wurden Untersuchungen zur Qualität der Silage und ihrer aeroben Stabilität bei verschiedenen Ballen durchgeführt. Dazu wurden Proben vom Innen- u. Außenbereich sowie aus der Mitte des Ballens genommen, chemisch untersucht und dem Test zur aeroben Stabilität nach HONIG (1990) über 7 d unterzogen.

Die Gärsäureproduktion war, in Abhängigkeit von der Position im Ballen, unterschiedlich (Tabelle 17). Die höchste Milchsäurekonzentration war im Innenbereich festzustellen, während Essigsäure in den Außenbereichen überwog. In den kleinformatischen Modellsilagen wurde nahezu keine Milchsäure gebildet. Dieses Phänomen hängt vermutlich mit dem Abkühlverhalten der heiß angelieferten Pressschnitzel zusammen (Abbildung 43). Die thermophilen Milchsäurebakterien, die sich natürlicherweise auf dem Material befinden, können sich am besten bei Hitze weiterentwickeln.

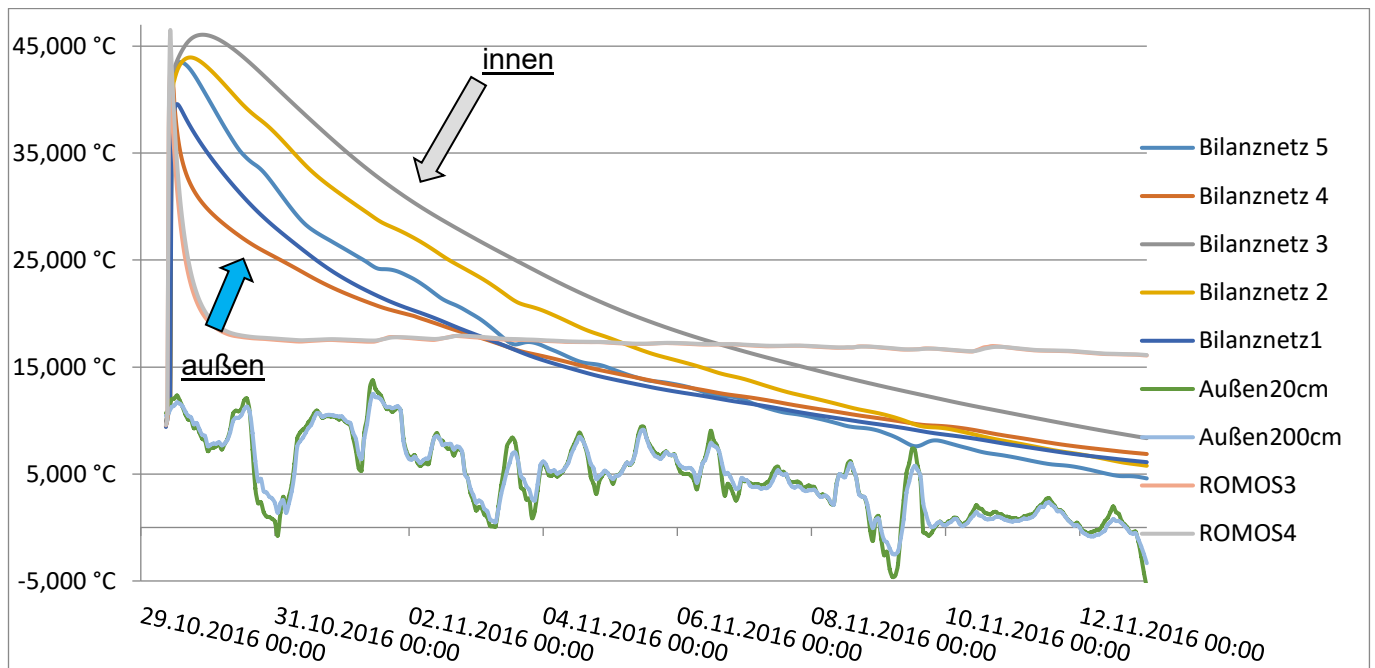


Abbildung 43: Abkühlverhalten in den Wickelbällen (Bilanznetze) und in den Rostocker Modellsilagen (ROMOS) im Verhältnis zur Außentemperatur in den ersten 14 Tagen der Silierung

Tabelle 17: Gärparameter der Ballensilage nach Position

Position	n	pH	Milchsäure % d. M	Essigsäure % d. TM	Ethanol % d. TM	NH ₃ -N % d. Gesamt-N	Zucker (ohne Fruktan) g/kg TM
Außen oben	5	3,80 ^c	1,55 ^b	3,33 ^a	1,62		0 ^d
Außen unten	5	3,78 ^c	1,96 ^b	2,74 ^{ab}	1,52		0,56 ^d
Innen oben	5	3,50 ^d	4,21 ^a	1,93 ^{cde}	1,64		2,68 ^d
Innen Mitte	6	3,53 ^d	4,77 ^a	1,41 ^e	1,57		7,93 ^c
Innen unten	6	3,60 ^d	4,04 ^a	1,91 ^{de}	1,57		3 ^{cd}
Bilanznetz	5	3,62 ^d	2,38 ^b	2,33 ^{bcd}	1,03	2,41	2,3 ^d
Rostocker Modellsilagen	5	4,05 ^b	0,35 ^c	2,72 ^{abc}	1,04	3,83	18,8 ^b
Ausgangsmaterial	2	4,95 ^a					84,1 ^a
SEM		0,010	0,089	0,068	0,057	0,122	0,437
p		<0,001	<0,001	<0,001	0,019	<0,001	<0,001

SEM Standardfehler des Mittelwerts; verschiedene Buchstaben in einer Spalte bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Positionen (P<0,05)

Auch im aeroben Stabilitätstest war ein unterschiedliches Verhalten je nach Position festzustellen. Zwar waren alle Ballenproben im Durchschnitt mit $\geq 5,7$ d relativ lange haltbar, jedoch gab es in Proben aus dem Innenbereich eher Schimmelentwicklung, während die Außenbereiche, insbesondere von unten, eher Hefen aufwiesen. Die Laborsilagen (ROMOS) waren mit nur 2,6 d bis zum Temperaturanstieg ($\geq 3^\circ\text{C} > \text{Umgebung}$) am Kürzesten haltbar.

2.2.1.3 Köllitscher Fütterungstest

Vom 28. August bis 10. November 2017 (75 d) wurde die vergleichende Praxiserhebung an zwei weitgehend ausgewogenen Milchviehgruppen der Rasse Holstein Friesian ($\emptyset$ 715 kg LM) im Laufstall des LVG durchgeführt, nachdem die zweiwöchige Vorfütterungsphase zur Anpassung an die Testrationen durchlaufen war. Tiere, die aus einer Gruppe aufgrund ihres Laktationsstadiums ausschieden, wurden so ersetzt, dass beide Gruppen im Mittel homogen blieben.

In der Ration wurden 2,8 kg Trockenpressschnitzel durch 2,9 kg Pressschnitzelsilage in der TM ersetzt. Sie setzte sich wie folgt zusammen (Tabelle 18):

Die Futtervorlage erfolgte zweimal täglich, am frühen Morgen und nachmittags, über einen Selbstfahrer-Futtermischwagen (Maxium, BvL Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, Emsbüren). Die vorgelegten Mengen wurden über Differenz im Futtermischwagen erfasst. Die Restfuttermenge wurde jeweils am folgenden Morgen vor der Fütterung gewogen. Die Trockenmassebestimmung der TMR und der Restfutterproben erfolgte täglich im Trockenschrank bei 105°C über 24 h. Aus den täglichen Futterproben wurde eine wöchentliche Poolprobe je Fütterungsgruppe zusammengefasst und zur Analyse der Inhaltsstoffe an die LKS Lichtenwalde geschickt. Somit ergaben sich 11 Poolproben je Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum plus zwei zusätzliche Proben.

Die Milchmenge wurde täglich tierindividuell erfasst, die Milchinhaltsstoffe am 8. und 43. Versuchstag über die MLP des Sächsischen Landeskontrollverbands (LKV). Harnproben wurden am 6. und 72. Versuchstag nach Möglichkeit von den gleichen 10 Tieren je Gruppe genommen, ebenso die Kotproben, und bei der LKS analysiert. Die Gesamt-N-Ausscheidung über den Harn pro Tier und Tag wurde über eine Formel, die die N-Konzentration, den Kreatiningehalt und die individuelle metabolische Lebendmasse berücksichtigt, abgeschätzt.

In einer einfaktoriellen Varianzanalyse (Allgemeines lineares Modell) wurde über die Prozedur Multivariat der Effekt der beiden unterschiedlich gefütterten Gruppen auf verschiedene Variablen untersucht sowie das Signifikanzniveau der Unterschiede (IBM SPSS Statistics, Version 19).

Ergebnisse und Diskussion

Im Fütterungstest konnten die Ballen in der Regel innerhalb von 24 h verbraucht werden, so dass der aerobe Verderb bei der Tiergruppengröße keine große Rolle spielte.

Die Futterrationen waren von den Inhaltsstoffen her nur im Trockenmassegehalt verschieden (Tabelle 18). Jedoch war die Futteraufnahme der Ration mit Pressschnitzelsilage signifikant höher (22,9 kg vs. 21,6 kg TM/Tier*d; $n=75$, SEM 0,077, $P<0,001$). Dies ist durch den optimaleren TM-Gehalt von 44 % erklärbar.

Tabelle 18: Futterwertdaten der Trockenpressschnitzelrationen vs. Pressschnitzelsilagerationen

	Ration TPS	Ration PSS
Ration (kg TM/Tier*d)		
Grassilage	4,22	4,22
Maissilage	6,19	6,19
Pressschnitzelsilage		2,9
Trockenpressschnitzel	2,83	
Körnermais	1,81	1,82
Gerste	1,35	1,29
Luzernetrockengrün	0,86	0,86
Glycerin-Getreide-Mineralstoffmix	0,48	0,43
Rapsextraktionsschrot	4,06	4,01
Milchleistungsfutter	2,28	2,33
Energie- und Nährstoffe (analytisch, g/kg TM)		
TM (g/kg FM)	516	444
Rohasche	67,7	65,7
Rohprotein	163	161
Rohfaser	185	188
Rohfett	36,3	37,2
Zucker	47,6	44,6
Stärke	177	171
aNDFom	365	375
ADFom	215	219
ME (MJ/kg TM)	11,3	11,3
NEL (MJ/kg TM)	6,87	6,85
nRP	157	157
rNB (g N)	0,88	0,66
Milch		
Milch (kg/Tier*d)	38	38
Fett (%)	3,84	3,9
Eiweiß (%)	3,68	3,64
Harnstoff (mg/L)	206	200
ECM (kg/Tier*d)	37,7	37,8
Ausscheidungen		
Harn-NH ₄ -N (g/L)	0,48	0,33
Harn-Harnstoff (g/L)	13,2	14,6
Harn-N gesamt (g/L)	10,9	11,9
Harn-N gesamt (g/Tier*d)	211	193
Kot-N (g/kg TM)	32,2	29,7

TPS: Trockenpressschnitzel, PSS: Pressschnitzelsilage

Die Milchmengen und –inhaltsstoffe waren zu den beiden MLP im Untersuchungszeitraum vergleichbar (Tabelle 18). Vergleicht man jedoch alle tierindividuell erfassten täglichen Milchmengen über den Gesamtzeitraum von 75 d miteinander, so fällt bei einer Stichprobe von $n > 1100$ je Gruppe auf, dass die Milchmenge von Gruppe PSS die der Gruppe TPS signifikant um $> 1,5$ L übersteigt (39,4 L vs. 37,9 L/Tier*d PSS vs. TPS; SEM 0,146, $P < 0,001$). Die höhere Futteraufnahme in der PSS-Gruppe schlug sich also in einer etwas höheren Milchproduktion nieder bei sehr ähnlicher Futtereffizienz (1,75 vs. 1,72 kg Milch/kg Futter-TM, TPS vs. PSS).

Die Stoffwechselprodukte Kot und Harn unterschieden sich in ihrer Zusammensetzung zwischen den Gruppen nicht (Tabelle 18).

2.2.1.4 Schlussfolgerung

Ballensilage aus Pressschnitzeln bietet insbesondere für die Sommermonate eine Alternative zu größeren Silagen (Fahrsilo, Schläuche), da in den kleinen Einheiten eine schnelle Verfütterung ab Öffnung gewährleistet werden kann und somit aerober Verderb nicht in Gang kommt.

Der Austausch von Trockenpressschnitzeln gegen Pressschnitzelsilage aus täglich frisch geöffneten Ballen vom Spätsommer bis zum Herbst bringt ein vergleichbares Ergebnis und ist eine mögliche Option der Fütterung.

2.2.2 Pressschnitzelsilagen im Siloschlauch mit fabrikseitig applizierten Konservierungsmitteln zur Sommerfütterung

SIRIWAN MARTENS, FRANK PÜSCHEL, OLAF STEINHÖFEL

2.2.2.1 Einleitung

Ähnlich gelagert wie die Fütterung von Pressschnitzelsilagen im Sommer aus Wickelballen ist die Einlagerung von Pressschnitzeln mit Konservierungsmitteln in Siloschläuchen für die Sommerfütterung. Die Zuckerraffinerie stand vor der Überlegung, fabrikseitig mit Konservierungsmitteln vorbehandelte Pressschnitzel anzubieten zur Schlauchsilierung. Die Vorteile der Schlauchsilierung gegenüber dem Press-Wickelverfahren liegen in den niedrigeren Verfahrenskosten, der größeren Verfügbarkeit der Technik und im geringeren Anfall von Plastikmüll. Getestet werden sollte die aerobe Stabilität der so produzierten Silagen in den warmen Sommermonaten und die Wirkung auf die Milchproduktion.

2.2.2.2 Konservierung und Lagerung

Im Januar 2018 wurden im Südzuckerwerk Brottewitz je 100 t Pressschnitzel mit 0 bzw. 1,5 L/t eines Produkts aus Natriumbenzoat, Kaliumsorbat und Ammoniumpropionat (Xtrasil excel HD, Konsil Europe GmbH, Wettin-Löbejün) am Auswurf behandelt. Die so behandelten Pressschnitzel wurden am LVG Köllitsch fabrikwarm in Folienschläuche einsiliert ($\varnothing$ 2,55 m). Die Schläuche wurden Mitte Juni 2018 geöffnet und mit fortschreitender Fütterung regelmäßig an unterschiedlichen Positionen beprobt, um sowohl Inhaltsstoffe als auch aerobe Stabilität nach HONIG (1990) über 7 d zu bestimmen.

Die Haltbarkeit der Silagen unter Lufteinfluss nahm mit Fortschreiten zum Zeitpunkt der Siloöffnung kontinuierlich ab. Im Schlauch mittig gelegene Proben waren grundsätzlich länger haltbar als die Außenbereiche. Der höhere Vorschub der Variante mit 1,0 L/t Siliermittel verhinderte den aeroben Verderb am wirkungsvollsten. Schimmel bildete sich sowohl im Labortest als auch direkt an der Anschnittfläche.

Dauer aerober Stabilität in Abhängigkeit von Zeit seit Siloöffnung,
Silierrmittelzusatz (und Vorschub, KON u. 1.5 L gleich, 1.0L höher)

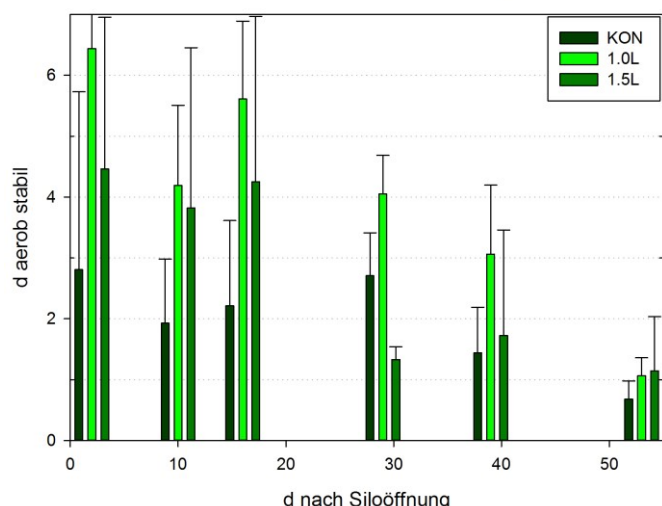


Abbildung 44: Dauer aerober Stabilität (in d) zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Siloöffnung der unterschiedlichen Varianten

Der Gehalt an Milch- und Essigsäure nahm mit zunehmendem Abstand zum Öffnungszeitpunkt des Schlauches ab, was auf die Veratmung dieser Gärsäuren hinweist. Auch war der Gehalt an den beiden organischen Säuren generell in der Kontrollsilage höher, da das chemische Konservierungsmittel die Milchsäuregärung vermutlich gehemmt hat.

2.2.2.3 Köllitscher Fütterungstest

Die Fütterungsstudie wurde vom 2. Juli bis zum 31. August 2018 (61 d) am LVG durchgeführt nach einer zweiwöchigen Vorfütterungsphase zur Anpassung an die Testrationen. Zwei weitgehend ausgewogenen Milchviehgruppen der Rasse Holstein Friesian (Ø 681 kg LM) setzten sich vor der Erprobung wie in Tabelle 19 dargestellt zusammen mit den Daten aus der Milchleistungsprüfung (MLP) Anfang Juni. Tiere, die aus einer Gruppe aufgrund ihres Laktationsstadiums ausschieden, wurden so ersetzt, dass beide Gruppen im Mittel homogen blieben.

Die Rationen waren gleich und unterschieden sich nur in der vorhergehenden Behandlung der Pressschnitzelsilagen (Tabelle 20).

Tabelle 19: Zusammensetzung und Milchleistung der beiden Fütterungsgruppen vor der Erprobung

	Gruppe 13 (PSS-)	Gruppe 14 (PSS+)	SEM	P
Anzahl Tiere	31	31		
Anzahl Laktationen	2,6	2,6	0,213	>0,1
Laktationstage	180	181	8,590	>0,1
Milch (kg/Tier*d)	37,7	37,9	0,832	>0,1
Fett (%)	3,81	3,89	0,053	>0,1
Eiweiß (%)	3,44	3,53	0,033	>0,1
Harnstoff (mg/L)	221	208	0,253	>0,1
ECM (kg/Tier*d)	36,9	37,6	0,736	>0,1

PSS- ohne Silierrmittelzusatz, PSS+ mit Silierrmittelzusatz; ECM: auf 4,0% Fett und 3,4% Eiweiß korrigierte Milchmenge

Tabelle 20: Rationszusammensetzung der Testrationen

Komponente (in kg TM/Tier*d)	Ration PSS
Grassilage	6,54
Maissilage	4,00
Pressschnitzelsilage	2,46
Gerste	1,78
Körnermais	1,78
Rapsextraktionsschrot	3,08
Luzernegrünmehlpellets	0,88
Hofeigene Mischung	2,32
Glyzerin	0,50
Natriumbicarbonat	0,20
Calciumcarbonat	0,05

Die Futtervorlage erfolgte zweimal täglich, am frühen Morgen und nachmittags, über einen Selbstfahrer-Futtermischwagen (Maxium, BvL Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, Emsbüren). Die vorgelegten Mengen wurden über Differenz im Futtermischwagen erfasst. Die Restfuttermenge wurde jeweils am folgenden Morgen vor der Fütterung gewogen. Die Trockenmassebestimmung der TMR und der Restfutterproben erfolgte täglich im Trockenschrank bei 105 °C über 24 h. Aus den täglichen Futterproben wurde eine wöchentliche Poolprobe je Fütterungsgruppe zusammengefasst und zur Analyse der Inhaltsstoffe an die LKS Lichtenwalde geschickt. Somit ergaben sich 11 Poolproben je Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum.

Die Milchmenge wurde täglich tierindividuell erfasst, die Milchinhaltsstoffe am 1. und 36. Versuchstag über die MLP des Sächsischen Landeskontrollverbands (LKV). Harnproben wurden am 2. und 58. Versuchstag nach Möglichkeit von den gleichen 10 Tieren je Gruppe genommen, ebenso die Kotproben, und bei der LKS analysiert. Die Gesamt-N-Ausscheidung über den Harn pro Tier und Tag wurde über eine Formel, die die N-Konzentration, den Kreatiningehalt und die individuelle metabolische Lebendmasse berücksichtigt, abgeschätzt.

In einer einfaktoriellen Varianzanalyse (Allgemeines lineares Modell) wurde über die Prozedur Multivariat der Effekt der beiden unterschiedlich gefütterten Gruppen auf verschiedene Variablen untersucht sowie das Signifikanzniveau der Unterschiede (IBM SPSS Statistics, Version 19).

Ergebnisse und Diskussion

Im Fütterungstest unterschieden sich die Inhaltsstoffe der Rationen nicht (Tabelle 21). Auch die Futteraufnahme war mit 21,8 kg TM/Tier*d gleich hoch. Die Milchmengen und –inhaltsstoffe waren zu den beiden MLP im Untersuchungszeitraum vergleichbar (Tabelle 21). Vergleicht man alle tierindividuell erfassten täglichen Milchmengen über den Gesamtzeitraum von 61 d miteinander, so waren auch diese im Mittel ähnlich (38,8 vs. 38,4 kg/Tier*d PSS- vs. PSS+, $n > 1500$, SEM 0,124, $P > 0,1$). Allerdings lässt sich über den Versuchszeitraum ein starker Abfall der Milchleistung beobachten, der nicht allein durch fortschreitende Laktation zu erklären ist. Sieht man sich die Temperaturkurven an (Abbildung 45), so kann man davon ausgehen, dass andauernde Hitze von meist > 30 °C Tagestemperatur die tierische Leistung einerseits direkt beeinträchtigt hat. Andererseits wirkte die Hitze auch auf die geöffneten Pressschnitzelsilagen ein, indem das Wachstum von Verderberregern wie Schimmelpilzen befördert wurde, was wir in unseren Untersuchungen belegen konnten. Die N-Ausscheidungen über Harn unterschieden sich nicht, die N-Konzentration im Kot wies leichte Unterschiede auf.

Tabelle 21: Futterwertdaten der Pressschnitzelsilagenrationen

	Ration PSS-	Ration PSS+
Ration (kg TM/Tier*d)		
Grassilage	6,54	6,54
Maissilage	4	4
Pressschnitzelsilage	2,46	2,46
Gerste	1,78	1,78
Körnermais	1,78	1,78
Rapsextraktionsschrot	3,08	3,08
Luzernegrünmehlpellets	0,88	0,88
Hofeigene Mischung	2,32	2,32
Glyzerin	0,5	0,5
Natriumbicarbonat	0,2	0,2
Calciumcarbonat	0,05	0,05
Energie- und Nährstoffe (analytisch, g/kg TM)		
TM (g/kg FM)	422	422
Rohasche	70,3	70,3
Rohprotein	168	168
Rohfaser	168	168
Rohfett	30,8	30,8
Zucker	37,9	37,9
Stärke	236	236
Proteinlöslichkeit	38,6	38,6
aNDFom	334	334
ADFom	202	202
ADL	24,2	24,2
NFC	396	396
ME (MJ/kg TM)	11,3	11,3
NEL (MJ/kg TM)	6,88	6,88
nRP	175	175
rNB (g N)	- 0,96	- 0,96
Milch		
Milch (kg/Tier*d)	33,5	34,4
Fett (%)	3,72	3,78
Eiweiß (%)	3,42	3,43
Harnstoff (mg/L)	206	221
Zellzahl (in Tsd./kg)	282	425
ECM (kg/Tier*d)	32,4	33,3
Ausscheidungen		
Harn-NH4-N (g/L)	0,207	0,214

Harn-Harnstoff (g/L)	9,98	10,25
Harn-N gesamt (g/L)	7,59	8,60
Harn-N gesamt (g/Tier*d)	482	322
Kot-N (g/kg TM)	30,0b	32,1a

PSS- ohne Siliermittelzusatz, PSS+ mit Siliermittelzusatz

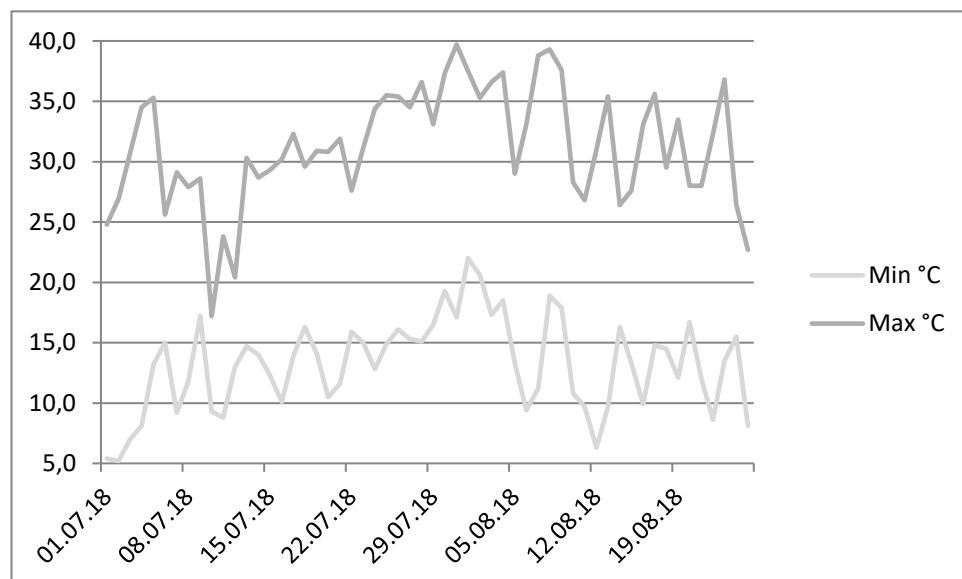


Abbildung 45: Außentemperaturverlauf von Juli - August 2018 in Köllitsch

2.2.2.4 Schlussfolgerung

Unabhängig vom Siliermitteleinsatz gab es in den Schlauchsilos Probleme mit der aeroben Stabilität, die die Milchleistung beeinträchtigten. Daher ist generell bei geringem Vorschub von <1m pro Tag im Siloschlauch von der Verfütterung von Pressschnitzelsilage in den Hochsommermonaten abzuraten. Eine Alternative dazu sind die Wickelballen oder Trockenpressschnitzel (s. 2.2.1).

2.2.3 Zuckerrübenmischsilage als alternative Verwertung der Zuckerrübe

OLAF STEINHÖFEL, FLORIAN KINDERMANN, SIRIWAN MARTENS

2.2.3.1 Einleitung

Die Hackfrucht Zuckerrübe lockert die Fruchtfolge auf und bietet den höchsten Energieertrag pro Flächeneinheit.

Zuckerrüben in der Fütterung

1801 gründete FRANZ CARL VON ARCHARD im schlesischen Ort Cunern, dem heute polnischen Konary, die erste Rübenzuckerfabrik der Welt. Seitdem ist die Zuckerrübe auf deutschen Äckern fester Bestandteil vieler Fruchtfolgen geworden. Durch die Einführung einer quotierten Marktordnung im Jahr 1968 wurde zudem der Anbau der Rüben gegenüber dem weltweit dominierenden Zuckerrohranbau geschützt. Bis 2017 wurden so relativ konstant auf rund 2 % der Ackerfläche, d.h. auf rund 400.000 Hektar Zuckerrüben angebaut. Dieser Schutz wurde danach jedoch aufgehoben. Die Zuckerrübe und damit eine lange Anbauerfahrung und

Technologieoptimierung sind unter Druck. Die traditionsreiche deutsche Zuckerindustrie verliert zunehmend das Interesse an den anspruchsvollen Hackfrüchten. Andere potentielle Nutzer, wie die Bioenergiebranche, springen nur sehr zögerlich in die Bresche. Auch die Tierernährung zeigt bislang nur ein geringes Interesse an Zuckerrüben. Dies mag zunächst verwundern, erbringen die Zuckerrüben doch den höchsten Energieertrag je Hektar aller Kulturpflanzen. Wesentliche Gründe für das begrenzte Interesse sind zunächst die geringe Haltbarkeit der Hackfrüchte. Zudem sind bei längerfristiger Lagerung, ob in Mieten gekühlt oder in Folienschläuchen siliert, die Verluste unverhältnismäßig hoch. Auch die Futtervorlage und strenge pansenphysiologische Restriktion für Zucker bremsen die Vorzüglichkeit der Zuckerrüben für die Milchviehfütterung aus. Darüber wurde in den letzten 50 Jahren wenig nachgedacht, da die Zuckerindustrie konstanter Hauptabnehmer der Früchte blieb und ihre Kampagne zur Verarbeitung der Rüben auf wenige Monate befristet hat. Der Fokus lag auf den Nebenprodukten, den Pressschnitzeln. Hier wurden unzählige Forschungsarbeiten zur Konservierung, aeroben Stabilisierung und Fütterung abgeschlossen, welche die Nachfrage nach den Saftfuttermitteln stabilisiert hat. Bedingt durch die Schließung traditioneller Zuckerfabriken werden die frischen oder silierten Pressschnitzel aber aus vielen Rationen verschwinden. Um dieses Verschwinden zu bremsen und die Tradition des Zuckerrübenanbaus an fabrikfernen Standorten zu erhalten, muss sowohl über die Fütterungseignung als auch über eine längerfristige Haltbarmachung der letzten verbliebenen Hackfrucht nachgedacht werden.

Zuckerrüben in der Milchkuhfütterung

Die Zuckerrübe ist ein interessantes Futterenergiekonzentrat, welches in der Regel die Futteraufnahme positiv beeinflusst und oft eine „Kompottwirkung“ erzielt, d.h. dass die Rüben-TM kaum faserhaltige Futtermitteln aus den Rationen verdrängt. Zuckerrüben sind gut verdaulich. Die Verdaulichkeit von organischer Masse liegt zwischen 94 und 96 %. Auch die Verdaulichkeit der Gerüstkohlenhydrate, Hauptenergielieferant des Rübenmarkes, wird mit 80 - 90 % angegeben. Der Rohproteingehalt liegt bei knapp 7 % in der Trockenmasse und variiert nur geringfügig. Die Energiedichte gewaschener Rüben liegt etwas über 8 MJ NEL je kg TM. Der mittlere Trockensubstanzgehalt erreicht ca. 25 %. Diese Trockenmasse besteht zu ca. 70 % aus Saccharose, rund 20 % aus Rübenmark (hauptsächlich Gerüstsubstanzen wie zum Beispiel Zellulose, Hemicellulose, Pektine, Pentosane und β -Glucane) und zu 10 % aus Rübensaft (lösliche Nichtsaccharosestoffe: N-haltige Verbindungen, Invertzucker, organische Säuren, Mineralien). Die wasserlöslichen Kohlenhydrate (Zucker) werden in den Vormägen der Wiederkäuer sehr schnell fermentiert. Ihre ruminale Abbaurate beträgt mehr als 40 % je Stunde. Zum Schutz der Pansenfunktion und -gesundheit sollten einem Milchrind deshalb nicht mehr als 1,5 kg Zucker je Kuh und Tag verfüttert werden. Somit können bei sonst zuckerarmer Ration maximal 2 kg TM (8 - 10 kg Frischmasse) Zuckerrüben in die Tagesration integriert werden. Bei der Fütterung intakter Rübenzellen, frisch oder siliert, wird häufig ein geringerer pH-Wert-Abfall in den Vormägen der Rinder gemessen als erwartet. Insbesondere die Zellwandkohlenhydrate können die ruminale Zuckerfermentation in begrenztem Maße ausbremsen.

Aufbereitung hofeigener Zuckerrüben

Zuckerrüben müssen, wenn sie vom Feld kommen, grundsätzlich gereinigt und vor dem Fütterungseinsatz gebröckelt werden. Während es für die Rübenzerkleinerung durchaus Verfahrenslösungen gibt, ist die dezentrale mechanische Reinigung bzw. gar das Waschen der Zuckerrüben momentan nicht wirklich gelöst. Bei höherem Lehm- bzw. Tongehalt der anhaftenden Erde, müssen die Aufwendungen für das Reinigen und der Wasserverbrauch für die Preiswürdigkeit des Verfahrens gänzlich in Frage gestellt werden. Der Schmutz provoziert neben dem sinkenden Energiegehalt (Verdünnungseffekt) sowohl Störungen der Vormagenfunktion als auch einen nicht unerheblichen Eintrag von unerwünschten biotischen und abiotischen Bodenschadstoffen und gärbilogisch problematische Mikroorganismen.

Die klassische Form, Zuckerrüben zu Lagern, ist eine kühlende Lagerung bei Lagertemperaturen von 0 bis 4 °C sowie einer relativen Luftfeuchte von 90 bis 95 %. Die maximale Lagerungsdauer unter diesen Bedingungen beträgt hier dabei maximal 4 - 6 Monate. In jüngeren Untersuchungen wurde auch die luftdichte Lagerung und Silierung ganzer Rüben in Folienschläuchen erfolgreich praktiziert. Jedoch auch hier steigen die Verluste sprunghaft an, wenn die Außentemperaturen 8 °C übersteigen. Zudem erfordert das Verfahren einen Frostschutz z.B. durch Strohauflage. Die Zuckerrüben müssen vor der Verfütterung zerkleinert werden, da sonst einerseits Schlundrinnenverstopfungen möglich sind und andererseits Rüben durch die Rinder aus der Futtermischung selektiert werden können. Gebröckelte Zuckerrüben mit klassischen Verfahren zu silieren scheint aber illusorisch, da das schnell entstehende Sickerwasser sowohl hohe Verluste als auch umweltseitige Probleme mit sich bringt. Um zerkleinerte Zuckerrüben erfolgreich zu silieren und sie gleichzeitig fütterungsfertig zur Verfügung zu stellen, wurden in den letzten Jahren verstärkt Mischsilagen getestet, welche aus Zuckerrüben und trockenen Grobfuttermitteln bestanden. Hier wurden insbesondere Silomais bzw. Maissilagen, verschiedenes Getreidestroh, Gras- und Luzerneheu oder trockene Silagen genutzt. Damit soll sowohl der Zuckersaft gebunden, aber auch die Futterwerteigenschaften der Grobfuttermittel erhöht werden.

2.2.3.2 Konservierung und Lagerung

Bei der Silierung von Zuckerrüben ist mit hoher Sickersaftentstehung zu rechnen. Daher wurden zunächst in einem Laborversuch verschiedene Mischungspartner auf ihre Tauglichkeit als Absorbentien und Ergänzung aus Nährwertsicht geprüft.

Um einen Anhaltswert für die Menge der Sickersaftbildung zu bekommen, wurden im Dezember 2016 zunächst Zuckerrüben sehr fein gehäckselt und in Vakuumierschläuchen siliert mit einem Auslauf in einen zweiten Schlauch. Nach 4 Wochen Silierung ergab sich ein Wert von hochgerechnet ungefähr 160 L Sickersaft/t Frischmasse.

Das Wasserbindevermögen von Heu, Grassilage, verschieden vermahlenem Stroh, Raps- und Sojaextraktionsschrot, ganzen und geschroteten Erbsen und Sojabohnen sowie Pressschnitzelsilage und melasierten Trockenschnitzeln wurde bestimmt. Dazu wurde eine definierte Menge des Materials mit einer definierten Menge Wasser für einige Stunden versetzt und anschließend abgetropft. Das Wasserbindevermögen stieg wie folgt an (Tabelle 22).

Tabelle 22: Wasserbindevermögen verschiedener potentieller Mischungspartner

Mischungspartner	ml/g FM
Grassilage (31,7% TM)	1,29
Pressschnitzelsilage	1,30
Erbse ganz	1,74
Erbsenschrot	1,99
Sojaganzbohne	2,13
Rapsextraktionsschrot	2,47
Sojaextraktionsschrot	2,49
Sojabohnenschrot	2,51
Heu (85 % TM geschätzt)	3,51
mel. Trockenschnitzel	3,99
Strohhäcksels Einstreu K	4,72
Strohhäcksels fein	4,86
Strohhäcksels grob	5,02

Auf dieser Basis wurden die Mischungsverhältnisse für die Silierversuche festgelegt (Tabelle 23).

Tabelle 23: Verhältnis von Zuckerrüben zu Mischpartnern in der Versuchssilierung und ausgewählte Nährstoffparameter (g/kg TM)

Behandlung	ZR-Anteil %	Mischungspartner	% d. FM	Rohasche	Rohprotein	Rohfaser
1	100,0	-	0,0	241	57,6	53,5
2	90,0	Heu (85 % TM)	10,0	160	63,6	135
3	70,0	Grassilage (53% TM)	30,0	208	87,5	144
4	95,6	Heu (85 % TM)	4,4	172	61,2	93,5
5	93,0	Grassilage (53% TM)	7,0	222	66,6	77,9
6	88,8	Pressschnitzelsilage	11,2	223	60,1	70,8
7	91,4	Erbse, geschrotet	8,6	164	95,3	61,9
8	93,8	Rapsextraktionsschrot	6,2	185	122	71,8
9	96,8	Strohhäcksels, fein	3,3	231	53,8	90,9

Die höheren Anteile an Heu und Grassilage ergaben sich aus den Anforderungen eines Praxispartners, der parallel die Mischungen in Schläuche siliert hat.

Die Gärqualität der Silagen war gut. Die Silagen waren buttersäurefrei. Allerdings wurden erhebliche Mengen Ethanol erzeugt (Tabelle 24). Dies führte zu einer starken Veresterung mit Anteilen von bis zu >3400 mg/kg TM Ethyllactat und > 2000 mg/kg TM Ethylacetat. Diese Stoffe wurden in der Vergangenheit mit verminderter Futterakzeptanz bis -verweigerung in Zusammenhang gebracht. Sickersaft wurde am Besten in der Kombination mit Strohhäckseln und größeren Anteilen Heu oder Grassilage gebunden. Die Rohaschegehalte waren aus Sicht der Tierernährung sehr hoch (Tabelle 23) und lassen auf den hohen Verschmutzungsgrad der ungewaschenen Rüben schließen.

Tabelle 24: Gärqualität der Modellsilagen aus zwei Versuchsreihen (Gärprodukte in g/kg TM)

Behandlung	TMkor	FM Verluste (%)	Sicker-saft*	pH	Milch-säure	Essig-säure	Ethanol
1	236 ^d	9.37 ^a	3.23 ^a	3.63 ^e	66.6	23.5	206.3 ^{ab}
2	297 ^a	4.83 ^d	0.05 ^d	3.77 ^{bc}	54.3	21.5	142.8 ^{bcd}
3	276 ^{abc}	4.59 ^d	0.46 ^d	3.81 ^a	67.9	27.9	108.7 ^d
4	245 ^d	5.56 ^{cd}	1.11 ^{cd}	3.69 ^{de}	56.7	20.5	171.1 ^{abcd}
5	239 ^d	8.87 ^{ab}	3.13 ^a	3.68 ^{de}	63.7	17.3	164.0 ^{abcd}
6	235 ^d	9.37 ^a	3.25 ^a	3.64 ^e	58.1	19.0	224.3 ^a
7	284 ^{ab}	7.68 ^{abc}	2.92 ^{ab}	3.71 ^{cd}	62.3	20.3	124.7 ^{cd}
8	268 ^{bc}	6.45 ^{bcd}	1.31 ^{abc}	3.80 ^{ab}	70.4	24.7	157.6 ^{abcd}
9	256 ^{cd}	5.92 ^{cd}	0.18 ^d	3.74 ^{bcd}	58.8	21.3	198.5 ^{abc}
SEM	1.7	0.188		0.005	2.98	0.99	5.71

SEM Standardfehler des Mittelwerts, verschiedene Buchstaben innerhalb einer Spalte bedeuten signifikante Unterschied zwischen den Varianten (P<0,05)

In einem weiterführenden Praxistest sollte untersucht werden, ob sich mit Zuckerrüben silierte Grassilage sinnvoll in die Ration von hochleistenden Milchkühen mit integrieren lässt.

2.2.3.3 Köllitscher Fütterungstest Zuckerrübenmischsilagen

Um die Wirkung von Zuckerrüben-Grobfutter-Mischsilagen auf den Fütterungserfolg zu testen, wurde ein 60-tägiger Fütterungstest mit jeweils 2 homogen zusammengesetzten Gruppen á 30 Milchrindern (ca. 35 kg Milchleistung) im LVG Köllitsch durchgeführt. In der Kontrollgruppe wurden 6,6 kg Trockenmasse einer Grassilage (34 % TM und je kg TM: 74 g Rohasche, 6,5 MJ NEL, 27 g Zucker, 386 g aNDFom und 170 g Rohprotein) gefüttert. In der Testration wurden 3 kg dieser Grassilage durch eine Zuckerrüben-Grassilage-Mischsilage (70:30 in der TM, 28 % TM mit je kg TM: 171 g Rohasche, 5,2 MJ NEL, 125 g Zucker, 314 g aNDFom und 90 g Rohprotein) ersetzt. Die Zuckerrüben wurden mit einem Rübenschnitzler („Rubby 2000“ der Marke Fliegl) zerkleinert. Um die Homogenität der Mischsilage zu gewährleisten, wurden die Rübenbröckel in einem Futtermischwagen mit der Grassilage vermischt und in einem Folienschlauch eingelagert. Die Silierdauer betrug 6 Wochen. Trotz verschiedener Reinigungsschritte und Wässerung der Hackfrüchte blieben die Rohaschegehalte im Mittel bei 20 % in der TM. Bei diesen Aschewerten sank der Energiegehalt der Mischsilage auf unter 5,2 MJ NEL je kg TM (Tabelle 25). Die Ergebnisse des Fütterungstestes bestätigten dann diese Verschlechterung im Futterwert. Die Rationen unterschieden sich durch den Asche- und in Folge den Energiegehalt. Dies hatte Folgen auf die Futteraufnahme der Zuckerrüben-Gruppe, die 1,5 kg weniger TM aufnahm. Damit wurden auch in nahezu allen aufgenommenen Nährstofffraktionen Minderaufnahmen provoziert. Im Mittel wurden 14 MJ NEL weniger Energie je Kuh und Tag aufgenommen. Somit war es folgerichtig, dass die Milchleistung der Gruppe, welche Zuckerrüben-Grassilage-Mischsilage bekam, geringer war. Der positiv anmutende Nebeneffekt auf die geringere N-Ausscheidung und N-Effizienz ist hier eher nebensächlich. Die Futtereffizienz war nicht unterschiedlich, da die signifikant geringere Futteraufnahme zu einer signifikant geringeren Milchleistung geführt hat (Tabelle 25).

Tabelle 25: Futterwertdaten der Zuckerrüben-Gras-Silage im Vergleich zur Grassilage

	Grassilage	ZR-Grassilage
Ration (gewogen)	n = 31	n = 31
Zuckerrüben-Grassilage [kg TM / Kuh*d]	-	3,0
Grassilage [kg TM / Kuh*d]	6,6	3,6
Maissilage [kg TM / Kuh*d]	3,3	3,3
Pressschnitzelsilage [kg TM / Kuh*d]	2,0	2,0
Körnermais [kg TM / Kuh*d]	2,1	2,1
Gerste [kg TM / Kuh*d]	1,3	1,3
Luzernetrockengrün [kg TM / Kuh*d]	0,9	0,9
Getreide-Glycerin- Mineralstoffmix [kg TM / Kuh*d]	3,0	3,0
Rapsextraktionsschrot [kg TM / Kuh*d]	4,0	4,0
Energie- und Nährstoffe [analytisch]		
Rohprotein [g / kg TM]	169	164
nutzbares Rohprotein [g / kg TM]	161	157
Proteinlöslichkeit [% des RP]	40,0	39,4
aNDFom [g / kg TM]	361	360
NEL [MJ / kg TM]	6,97 ^b	6,81 ^a
Zucker [g / kg TM]	52,6	54,2
Stärke [g / kg TM]	195	179
Rohasche [g / kg TM]	67,7 ^a	75,3 ^b
Rohfett [g / kg TM]	35	33
Futter- / Nährstoffaufnahme		
Trockenmasse [kg / Tier*d]	21,8 ^b	20,3 ^a
aNDFom [g / Tier*d]	7873 ^b	7370 ^a
Energie [MJ / Tier*d]	152 ^b	139 ^a
Rohprotein [g / Tier*d]	3686 ^b	3357 ^a
UDP5 [g / Tier*d]	1.069	1.041
RNB [g / Tier*d]	30 ^b	24 ^a
lösliches Protein [g / Tier*d]	1474 ^b	1323 ^a
Milch		
ECM [kg / Tier*d]	39,0 ^b	37,4 ^a
Eiweiß [%]	3,75	3,80
Fett [%]	4,17	4,31
Harnstoff [mg / l]	246 ^b	218 ^a
Ausscheidungen	n = 27	n = 27
Futter minus Milch-N [g / Tier*d]	361 ^b	314 ^a
Harn-N-Abgabe [g / Tier*d]	191 ^b	168 ^a
Kot-N -Gehalt [g / kg TM]	33,3	31
Blut-Harnstoff [mmol/l]	3,93 ^b	3,52 ^a
Effizienzparameter		
kg Futter-TM / kg ECM	0,56	0,55
g Milch-N / g Futter-N	0,39	0,41

Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede im Tukey-HSD ($p < 0,05$).

2.2.3.4 Schlussfolgerung

Die Zuckerrübe ist ein interessantes Futterenergiekonzentrat, welches positiv auf Futteraufnahme und zur Leistungsfähigkeit von Milchkuhrationen beitragen kann. Die Verfütterung von Zuckerrüben spielte aufgrund anderer Wertschöpfungsanreize bisher eine eher untergeordnete Rolle. Dies hat sich geändert. Der Zuckerrübenanbau wird zurückgefahren. Die Hackfrüchte bieten sich z.T. auch als Futtermittel an. Vieles spricht dafür, vieles aber auch dagegen, Zuckerrüben in die Milchviehration zu holen. Zunächst ist die längerfristige Haltbarkeit der Hackfrüchte und eine Minimierung des Verlustes an Zellsaft während der Lagerung und Konservierung zu klären. Dies scheint durchaus machbar, wenn gebröckelte Zuckerrüben gemeinsam mit trockenen Grobfuttermitteln einsiliert werden. Hier scheint zum Beispiel 30 % TM trockene Grassilage ein guter Mischungspartner zu sein. Das Hauptproblem ist aber der Rohaschegehalt. Wem es nicht gelingt den Aschegehalt der zuckerreichen Hackfrüchte vor einer Mischsilierung bzw. auch vor der Verfütterung auf unter 5 % zu senken, dem gelingt es auch nicht positive Veredlungseffekte der Rübe über die Milchkuhfütterung zu erzielen. Trotz intensiver Bemühungen durch Mechanik und Waschen von hofeigenen Zuckerrüben war es uns beispielsweise nicht gelungen, den Aschegehalt der Rüben unter 20 % zu senken. Falls es weitere Bemühungen und Interessen an diesem Verfahren geben sollte, muss zwangsläufig zunächst das Reinigungsproblem großtechnisch gelöst werden. Ob sich damit auch die Ethanol- und Esterbildung während der Silierung minimieren lassen, müssen weitere Studien zeigen.

3 Fazit zur nährstoffoptimierten Fütterung von Milchrindern

Die Optimierung der Nährstoffversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere dient in erster Linie einer bedarfsgerechten Versorgung der Nutztiere mit essentiellen Nährstoffen. Sie ist aber auch das mit Abstand wichtigste Handwerkzeug zur Vermeidung von unerwünschten Nährstoff-Ausscheidungen über Wirtschaftsdünger und Emissionen. Grundsätzlich ist jegliche Überversorgung mit Blick auf Umweltschutz, Tierschutz, Verbraucherschutz und auch Wirtschaftlichkeit kontraproduktiv. Dennoch werden in der landwirtschaftlichen Praxis Energie und Nährstoffe überwiegend bewusst oder auch unbewusst vorgehalten. Die Gründe dafür sind durchaus vielschichtig. In der Milchviehfütterung sind hier insbesondere die Fehleinschätzung der Futteraufnahme, eine unzureichende und fremdbestimmte Rationsoptimierung, die Über- bzw. Unterbewertung der Nährstoffgehalte der eingesetzten Futtermittel durch fehlende Analytik, ein Vorhalten in Erwartung einer höheren Leistung der Wiederkäuer, eine nicht wiederkäuergerechte Ernährung, die Über- bzw. Unterversorgung durch unzureichende Leistungsgruppierung, die Fehler bei der technischen Umsetzung des Fütterns und ein fehlendes Controlling über den Fütterungserfolg zu nennen.

In dem sächsischen Projekt „Untersuchungen zur hofeigenen Ernährung von Milchrindern bei minimiertem Einsatz von Stickstoff, Phosphor und Spurenelementen“ konnte und sollte es nicht darum gehen, grundlegend und systematisch die Möglichkeiten und Grenzen einer nährstoffoptimierten Milchkühnahrung zu untersuchen. Es war vielmehr Ziel des Projektes, zunächst das Fütterungsverhalten sächsischer Milchviehalter zu hinterfragen, ferner sächsische Beispielbetriebe mit reduziertem Nährstoffeinsatz zu demonstrieren und letztlich in gezielten Fütterungstests regionale Fütterungskonzepte umzusetzen, welche Nährstoffimporte in die Betriebskreisläufe minimieren helfen.

Im Rückblick auf das Projekt und deren beschriebenen Ergebnisse lassen sich abschließend folgende Aspekte zusammenfassen bzw. Thesen formulieren:

Nährstoffversorgung sächsischer Milchrindern in den letzten 20 Jahren

These: In der Fütterungspraxis der sächsischen Milchviehbetriebe werden noch zu stark Nährstoffe vorgehalten. Eine sinnvolle Reduzierung bzw. Optimierung ist sowohl unter dem zunehmenden Druck der Umweltgesetzgebung als auch aus der Sicht von Tiergesundheit, Fruchtbarkeit und Leistung der Milchrinder mehr als sinnvoll. Letzteres wird durch den mehrjährigen Fütterungserfolg sächsischer Beispielbetriebe bereits bewiesen.

Die Auswertungen der umfangreichen Datenbasis aus dem „Sächsischen Futtermittelmessnetz“ belegen, dass im Mittel der letzten 20 Jahre 97 % der untersuchten Betriebe im Freistaat zu viel Stickstoff, 75 % zu viel Phosphor, und 85 % zu viel Kupfer- und Zink in den Milchviehrationen vorlegen. Erfreulich ist der beobachtete Trend, dass der Anteil der sächsischen Betriebe mit einer Stickversorgung über 110 % (10 % Sicherheitstoleranz) sich in den letzten 20 Jahren halbiert hat. Die N-Ausscheidung je sächsische Kuh und Jahr liegt aktuell dennoch zwischen 140 und 150 kg N und damit ca. 10 - 20 kg pro Kuh und Jahr über dem optimal möglichen Bereich für Milchrinder. Der Anteil der Betriebe, welche die P-Versorgung deutlich über der Versorgungsempfehlung (> 110 %) praktizieren, nimmt im Gegensatz zur N-Versorgung dagegen eher zu. In den letzten Jahren wiesen bis 89 % der Betriebe diesen Überschuss nach. Im Mittel werden 5,0 bis 6,4 kg Phosphor je sächsische Kuh und Jahr mehr ausgeschieden, als über die Standardausscheidung zu erwarten wäre. Der Trend der Überversorgung mit Spurenelementen der sächsischen Milchrinder ist zwar tendenziell auch rückläufig, aber aktuell versorgen noch immer 43 % der Betriebe ihre Kühe mit mehr als 150 % (50 % Sicherheitstoleranz) zum empfohlenen Versorgungsniveau. Die Ausscheidung an Kupfer und Zink je Kuh und Jahr ist nahezu doppelt so hoch ist wie die Menge, welche bei bedarfsgerechter Versorgung zu erwarten wäre. Eine Unterversorgung (< 90 % bei 10 % unterstellter endogener Regulation) mit Stickstoff, Phosphor oder Spurenelementen konnte anhand der vorliegenden Datenbasis in den letzten 20 Jahren in kaum einem Referenzbetrieb identifiziert werden.

N-optimierte Fütterung in sächsischen Milchviehbetrieben

Um zu demonstrieren, dass Nährstoffoptimierte Fütterungsregime in der landwirtschaftlichen Praxis über mehrere Jahre erfolgreich umsetzbar sind, wurden 2 Betriebe im Freistaat Sachsen exemplarisch untersucht.

These: Mit einer an die Grenzen der Bedarfsdeckung optimierten Milchkuhfütterung können hohe Milch- und Fruchtbarkeitsleistungen, eine stabile Gesundheit und steigende Lebensleistungen kurz-, mittel- und langfristig realisiert werden.

In einem sächsischen Milchkuhbetrieb mit durchschnittlich 850 Holstein-Friesian-Kühen wurde über 10 Jahre untersucht, wie sich eine langjährige Rohproteinoptimierung auf Leistung, Tiergesundheit und Fruchtbarkeit von Milchkühen auswirkt. Der Betrieb hat Anfang 2011 die Rohproteinkonzentration in den Milchviehrationen von etwa 17,5 % auf 14,5 % in der Trockenmasse abgesenkt und füttert seit nunmehr 9 Jahren auf diesem Niveau. Die Milchwahnhstoffkonzentration sank infolge von anfangs nahezu 300 mg je Liter Milch auf nunmehr langjährig im Mittel 130 mg je Liter. Die umfangreiche statistische Aufbereitung der Daten über 10 Jahre zeigte, dass diese Stickstoffreduktion keine negativen Auswirkungen, sondern im Trend positive Effekte auf Milchleistung, Persistenz, Fruchtbarkeit und Lebensleistung hatte.

Im sächsischen Lehr- und Versuchsgut Köllitsch wurde durch konsequente Umstellung des Fütterungssystems die Versorgung mit Spurenelementen (ab 2010) und Stickstoff (ab 2014) auf das bedarfsdeckende Niveau abgesenkt. Auf den Einsatz von mineralischem Phosphor wurde seit 2013 verzichtet. Auch im Versuchsgut konnten keine Leistungsdepressionen in Folge der optimierten Nährstoffversorgung nachgewiesen werden.

Regionale Nährstoffe im Köllitscher Fütterungstest

Luzernetrockengrün statt Luzernesilage

These: Zur Verbesserung der Proteinversorgung und -verwertung im Milchkuhbetrieb und zur Stärkung regionaler N-Kreisläufe bietet sich die technische Trocknung proteinreicher Grobfuttermittel wie Luzerne, Klee oder auch Gras als Alternative zur Silierung an.

Luzerne ist mit Abstand die Futterpflanze, welche pro Flächeneinheit den höchsten Proteinertrag liefert. Sie gilt zudem auf trockenen Standorten bei Wassermangel als ertragsstabilste Grobfutterpflanze. Während der Silierung von Luzerne wird jedoch sehr viel Reineiweiß abgebaut, wodurch die Einsatzhöhe begrenzt ist und die N-Versorgung nicht optimal ist. Die schonende Luzernetrocknung mit Warm- bzw. Heißluft ist dazu eine Alternative und überzeugt durch Proteinqualitäten mit hoher ruminaler Beständigkeit. In den Untersuchungen konnten bis zu 40 % UDP im Protein des Trockengrüns nachgewiesen werden, während in der silierten Variante selten Werte über 15 % gemessen wurden. Der Austausch von 3 kg TM Luzernesilage durch die äquivalente Menge Luzernetrockengrün bei gleichzeitiger Verminderung des Rapsextraktionsschrotes um 1 kg Rapsextraktionsschrot je Kuh und Tag war im Köllitscher Fütterungstest mit Hochleistungsrindern erfolgreich. Die N-Ausscheidung über Milchwurststoff und Harn konnte reduziert werden.

Hofeigene Sojavollbohnen vs. Rapsextraktionsschrot

These: Regional erzeugte und wärmebehandelte Sojavollbohnen können traditionelle Proteinkonzentrate wie Rapsextraktionsschrot in Rationen für Hochleistungsrinder ersetzen und somit die N-Kreisläufe in den Betrieben schließen helfen.

Um ein Kilogramm Rapsextraktionsschrot zu ersetzen, bedarf es aus Sicht des Rohprotein nur ca. 1 kg unbehandelte Sojavollbohnen. Um 1 kg RES aus Sicht des UDP zu ersetzen, müssen aber schon 1,5 kg unbehandelte Vollbohne vom Soja eingesetzt werden. Durch Wärmebehandlung der Vollbohnen konnte der UDP-Gehalt deutlich erhöht werden. Infolge reichten 0,7 kg wärmebehandelte Sojavollbohne aus, um 1 kg Rapsextraktionsschrot zu ersetzen. Im Fütterungstest wurden 3,3 kg TM Rapsextraktionsschrot vollständig durch knapp 3,0 kg TM hofeigene getoastete Sojavollbohnenerschrot ausgetauscht. Während die höhere ruminale Stickstoffbilanz (RNB) der Rapsgruppe sich sowohl im höheren Harnstoffgehalt der Milch als auch in einer höheren N-Ausscheidung über den Harn nachweisen ließ, blieb die signifikant geringere Methioninaufnahme der Sojagruppe ohne erkennbare Folgen. Die rechnerische Bilanz zwischen N-Aufnahme und N-Abgabe über die Milch unterschied sich zwischen den Gruppen nicht. Hofeigen erzeugte Sojavollbohnen können Rapsextraktionsschrot somit vollständig in Milchviehrationen für 40 kg Milchleistung ersetzen.

Weizenpressschlempe vs. Rapsextraktionsschrot

These: Regionale Nebenprodukte der Nahrungs- und Genussmittelindustrie und der Bioenergieerzeugung sind attraktive Futtermittel für Wiederkäuer. Proteinreiche Pressschlemphen aus der Bioethanolerzeugung können traditionelle Proteinkonzentrate wie Rapsextraktionsschrot, in Rationen für Hochleistungsrinder ersetzen.

Bei Einhaltung futtermittelhygienischer Besonderheiten, welche Saftfuttermittel per se mit sich bringen, ist die Getreideschlempe aus Bioethanolanlagen eine ernstzunehmende Alternative zu den klassischen Eiweißfuttermitteln. Im Köllitscher Fütterungstest konnten 3 kg Rapsextraktionsschrot durch 3 kg Trockenmasse Weizenpressschlempe erfolgreich ausgetauscht werden. Der Rohprotein- und Methionin-Gehalt war in der Schlempe- gegenüber der Rapsgruppe signifikant verringert, der rechnerisch ermittelte Gehalt an nutzbarem Rohprotein war jedoch gleich. Die ruminale Stickstoffbilanz war in der Schlempegruppe mit minus 41 g je Kuh und Tag gegenüber der Rapsgruppe mit knapp minus 10 in einem stark negativen Bereich. Die Differenz in der Proteinbereitstellung hatte keinerlei Auswirkungen auf die Milchleistung und die Gehalte an Fett und Protein in der Milch. Die Futterverwertung war identisch. Die N-Ausscheidung sowie der Milchharnstoffgehalt und die N-Konzentrationen und Metaboliten in Harn, Kot und Blut waren jedoch in der Schlempefütterungsgruppe niedriger.

Erbsen vs. Rapsextraktionsschrot

These: Regional erzeugte Körnerleguminosen können eine wertvolle Ergänzung in der Proteinversorgung und zur Entlastung der Phosphorversorgung in der Milchkuhfütterung sein. Ihr sinnvoller Einsatz, auch im Sinne der umweltgerechten Fütterung, erfordert zwingend eine hydrothermische Aufbereitung.

In den Hochleistungsrationen der sächsischen Rinder sind im Mittel nicht mehr als 0,2 % des Proteinbedarfs durch die einheimischen Körnerleguminosen gedeckt. Das größte Hemmnis für den Fütterungseinsatz ist eine im Vergleich zu den Extraktionsschroten zu geringe Proteinbeständigkeit. Durch hydrothermische Aufbereitungsverfahren kann der UDP-Gehalt von silierten Körnerleguminosen jedoch signifikant gesteigert werden. In einem Köllitscher Fütterungstest wurde der Effekt des Austausches von 2,2 kg Rapsextraktionsschrot und 1,1 kg Gerste durch 3,3 kg silierte und getoastete Erbsen untersucht. Die Milchleistung lag in beiden Gruppen bei rund 40 kg ECM je Kuh und Tag und war durch die Fütterung nicht beeinflusst. Die Erbsengruppe schied jedoch rund 100 mg weniger Harnstoff über die Milch und Harn im Vergleich zur Kontrollgruppe aus, was auf eine deutlich bessere N-Verwertung zurückzuführen war. 3,3 kg siliert-getoastete Erbsen konnten in der Milchviehfütterung ohne Verlust an Leistungsfähigkeit der Tiere 2,2 kg Rapsextraktionsschrot und 1,1 kg Gerste ersetzen.

Erbsen-GPS vs. Grassilage

These: Der Einsatz von wärmebehandelter Erbsen-GPS statt Grassilage ist grundsätzlich möglich und für futterknappe Jahre eine Alternative. Der hohe Aufwand und das vorhandene Risiko bei der Silierung und Aufbereitung der GPS rechtfertigt aktuell jedoch keine Empfehlung zur Anwendung des Verfahrens in der Fütterungspraxis.

In einem Test sollte geprüft werden, ob thermisch aufbereitete Erbsenteilpflanzensilage einen Beitrag zur Proteinversorgung im Speziellen und zur Faserversorgung im Besonderen von Milchrindern leisten kann. Die Aufbereitung im Hinblick auf die Proteinbeständigkeit erwies sich jedoch als wenig erfolgreich. Wie aus der

Grünfuttersilierung bekannt, wurde das Reinprotein der Erbsenteilpflanze durch proteolytische und desmolysche Abbauprozesse bei der Silierung zerstört. Die anschließend technisch getrocknete Erbsenteilpflanzensilage unterschied sich im Futterwert nur wenig von der Ausgangssilage. Der Austausch von 4,5 kg Trockenmasse Grassilage durch 4,5 kg Trockenmasse aufbereitete Erbsen-GPS blieb zwar ohne nachteiligen Effekt auf die Milchleistung oder die Milchinhaltsstoffe, dies rechtfertigte jedoch den Auswand zur Herstellung der wärmebehandelten Erbsen-GPS in keiner Weise.

Pressschnitzelsilagen in der Sommerfütterung

These: Pressschnitzel sind nach wie vor ein wertvolles und preiswürdiges Futtermittel für Wiederkäuer, insbesondere im pansenphysiologischen Grenzbereich. Aufgrund der aeroben Instabilität bleibt jedoch ihr Einsatz in den Sommermonaten begrenzt. Konservierungsmittel, welche bereits in der Zuckerfabrik appliziert werden, können daran aktuell noch nichts ändern. Für kleinere bis mittlere Betriebe kann die Silierung der Saftfuttermittel in Folienwickelballen eine sinnvolle Lösung sein.

Pressschnitzel sind ein Nebenprodukt der Zuckerproduktion aus Zuckerrüben. Sie lassen sich durch Silierung ohne hohen Energieaufwand konservieren und stellen durch ihren hohen Pektingehalt ein energiereiches und zugleich pansenverträgliches Futtermittel in der Rinderernährung dar. Ihrer Anwendung in den Sommermonaten stand bisher eine relativ leichte aerobe Verderblichkeit bei hohen Umgebungstemperaturen entgegen. In zwei Versuchsserien sollte untersucht werden, inwieweit durch Zusatz von Konservierungsmitteln bzw. durch die Silierung in Folienballen ein Einsatz der aerob instabilen Saftfuttermittel in Milchkuhrationen verbessert werden kann.

Pressschnitzelsilagen mit Konservierungsmitteln

Erstmals in der Geschichte Zuckerindustrie wurden in einem Zuckerwerk 2018 Pressschnitzel bereits im Betrieb mit Konservierungsmitteln behandelt. In einem Köllitscher Fütterungstest wurde in der Sommerfütterung vergleichend der Einsatz von jeweils 2,5 kg Trockenmasse behandelter bzw. unbehandelter Pressschnitzelsilagen untersucht. Die Rationen unterschieden sich nicht. Weder die Futteraufnahme noch die Futterverwertung, die Milchleistung und –inhaltsstoffe waren durch die Fütterung beeinflusst. Auch die N-Verwertung blieb gleich. Deutlich war allerdings ein unverhältnismäßig hoher Abfall der Milchleistung beider Gruppen im Versuchszeitraum. Dieser musste der Instabilität der Saftfuttermittel unter aeroben Bedingungen zugeordnet werden. Unabhängig vom Konservierungsmittelsatz kam es zu nachweisbaren Problemen mit der aeroben Stabilität und zum Verderb der Saftfuttermittel. Von der Verfütterung von aerob instabilen Pressschnitzelsilagen in den Sommermonaten ist weiterhin abzuraten.

Pressschnitzelsilagen in Folienballen

Ein neues Verfahren der Ballenwicklung erlaubt es, die Pressschnitzel in kleineren Einheiten von einer Tonne zu silieren. In einem Köllitscher Fütterungstest wurde untersucht, ob die in Ballen silierte Pressschnitzelsilage in den Sommermonaten einen ähnlichen Effekt in der Fütterung zeigt wie traditionell verwendeten Trockenpressschnitzel. In der Ration wurden 2,8 kg Trockenmasse Trockenpressschnitzel durch 2,9 kg Trockenmasse Pressschnitzelsilage ersetzt. Sowohl die Futteraufnahme als auch die Milchleistung der Rinder, die die Ration mit Pressschnitzelsilage fraßen, war signifikant höher. Die N-Metaboliten in Milch, Kot und Harn unterschieden sich in ihrer Zusammensetzung zwischen den Gruppen nicht. Der Austausch von Trockenpressschnitzeln gegen Pressschnitzelsilage aus täglich frisch geöffneten Ballen vom Spätsommer ist somit eine wirtschaftlich attraktive Option der Fütterung und kann zur Stabilisierung der Ration, der Futteraufnahme und letztlich zur Verbesserung der Nährstoffverwertung beitragen.

Zuckerrübenmischsilage vs. Maissilage

These: Eine Mischsilierung von Zuckerrüben und trockenen Grobfuttermitteln ist möglich. Wenn es allerdings nicht gelingt, den Aschegehalt der zuckerreichen Hackfrüchte vor einer Mischsilierung bzw. auch vor der Verfütterung auf unter 5 % zu senken, dann gelingt es auch nicht, positive Veredlungseffekte der Rübe über die Milchkuhfütterung zu erzielen.

Die Zuckerrübe ist ein interessantes Futterenergiekonzentrat, welches positiv auf Futteraufnahme und zur Leistungsfähigkeit von Milchkuhrationen beitragen kann. Die Hackfrucht lockert die Fruchtfolge auf und bietet den höchsten Energieertrag pro Flächeneinheit. Bedingt durch die Schließung traditioneller Zuckerfabriken werden die Zuckerrübenprodukte aber aus vielen Rationen verschwinden. Um dieses Verschwinden zu bremsen und die Tradition des Zuckerrübenanbaus an fabrikfernen Standorten zu erhalten, muss sowohl über die Fütterungseignung als auch über eine längerfristige Haltbarmachung der letzten verbliebenen Hackfrucht nachgedacht werden. Bei der Silierung von Zuckerrüben ist mit hoher Sickersaftentstehung zu rechnen. Daher wurde über die Mischsilierung mit trockenen Grobfuttermitteln nachgedacht. In einem Köllitscher Fütterungstest sollte untersucht werden, ob sich mit Zuckerrüben silierte Grassilage sinnvoll in die Ration von hochleistenden Milchkühen integrieren und Maissilage so ggf. ersetzen lässt. Trotz verschiedener Reinigungsschritte und Wässerung der Hackfrüchte blieben die Rohaschegehalte im Mittel bei 20 % in der TM. Bei diesen Aschewerten sank der Energiegehalt der Mischsilage auf unter 5,2 MJ NEL je kg TM. Die Ergebnisse des Fütterungstestes bestätigten diese Verschlechterung im Futterwert. Die Futteraufnahme der Zuckerrüben-Gruppe lag 1,5 kg unter der Kontrollgruppe. Im Mittel wurden 14 MJ NEL weniger Energie je Kuh und Tag aufgenommen. Somit war es folgerichtig, dass die Milchleistung der Gruppe, welche Zuckerrüben-Grassilage-Mischsilage bekam, geringer war. Der positiv anmutende Nebeneffekt auf die geringere N-Ausscheidung und N-Effizienz ist hier eher nebensächlich. Die Futtereffizienz war nicht unterschiedlich, da die signifikant geringere Futteraufnahme zu einer signifikant geringeren Milchleistung geführt hat.

Literaturverzeichnis

- ALERT H.-J. (2003): Einsatz von Rapsschrot und Rapskuchen in der Milchkuhfütterung, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.)
- ASSHEUER J. (2014): Milchviehhalter geben Färsengeld, in top agrar, 5/2014: S.34-39
- BANNINK A., HINDLE V. A. (2003): Prediction of N-intake and N-excretion by dairy cows from milk data, Report 030008567, Animal Science Group, Lelystad
- BAUER, J. 2004. Mikrobiologie der Silierung. Pages 65 - 72 in 20. Hülsenberger Gespräche 2004 der H. Wilhelm Schaumann Stiftung, Lübeck, 9. bis 11. Juni 2004, Mikrobiologie und Tierernährung. Hamburg.
- BAYRISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2012): Genomische Selektion (Zuchtwertschätzung), <https://www.lfl.bayern.de/itz/rind/023011/index.php>, entnommen am 29.09.2018
- BERTILSSON, J., DEWHURST, R. J. & TUORI, M. (2001): Effects of legume silages on feed intake, milk production and nitrogen efficiency, Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 234, S. 39 – 45
- BORNEMANN S. (1995): Auswirkungen einer reduzierten Rohproteinversorgung auf die Stickstoffausscheidung und die intermediäre Umsetzung von ¹⁵N-markiertem Harnstoff bei laktierenden Ziegen, Inaugural-Dissertation am Institut für Tierernährung, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn, Shaker Verlag, Aachen
- BRADÉ W., NÜRNBERG K. (2016): Fettsäuren in der Milch, ihre Biosynthese und mögliche Verwendung als Biomarker, in Berichte über die Landwirtschaft-Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, 94 (3)
- BUDDECKE E. (1989): Grundriss der Biochemie, 8. Auflage, Verlag Walter de Gruyter, New York
- BULANG, M., H. KLUTH, T. ENGELHARD, J. SPILKE, AND M. RODEHUTSCORD. 2006. Zum Einsatz von Luzernesilage bei Kühen mit hoher Milchleistung. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 90(3-4):89-102.
- BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ (2001): Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 2 des Gesetzes vom 30. Juni 2017 (BGBl. S. 2147) geändert worden ist; <http://www.gesetze-im-internet.de/tierschnutztv/BJNR275800001.html#BJNR275800001BJNG000101377>, entnommen am 11.07.2018
- BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ (2017): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung-DüV) vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305); https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/index.html#BJNR130510017BJNE000100000, entnommen am 16.07.2018
- CABRITA A. R. J., FONSECA A. J. M., DEWHURST R. J., GOMES E. (2003): Nitrogen Supplementation of Corn Silages, 2. Assessing Rumen Function Using Fatty Acid Profiles of Bovine Milk, in Journal of Dairy Science, 86: S.4020 - 4032
- CARDOSO F. C. (2016): Impact of Feeding Amino Acids on Reproduction, in Four-State Dairy Nutrition & Management Conference (June 15. - 16. 2016), Dubuque, Iowa, S. 60 - 67
- CARL ZEISS SPECTROSCOPY GMBH (2018): Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS); <https://www.zeiss.de/spectroscopy/loesungen-und-anwendungen/measuring-principle/nahinfrarot-spektroskopie.html>, entnommen am 15.08.2018
- CARPINTERO, C., AND A. SUAREZ (1992): Effects of the Extent of Heating Before Ensiling on Proteolysis in Alfalfa Silages. J. Dairy Sci. 75(8): 2199 - 2204.

- CHEN X. B., HOVELL F. D. D., ØRSKOV E. R., BROWN, D. S. (1990): Excretion of Purine derivatives by ruminants: effect of exogenous nucleic acid supply on Purine derivate excretion by sheep, *British Journal of Nutrition*, 63: S. 131-142
- CHEN X. B., ØRSKOV E. R. (2003): Research on Urinary Excretion of Purine Derivates in Ruminants: Past, Present and Future, International Feed Resources Unit, Macaulay Land Use Research Institute, Craigiebuckler, Aberdeen, UK.
https://www.researchgate.net/publication/237616311_Research_on_Urinary_Excretion_of_Purine_Derivatives_in_Ruminants_Past_Present_and_Future/link/0f31753a27c69a3163000000/download
- DAVIS RINCKER L. E., VANDERHAAR M. J., WOLF C. A., LIESMAN J. S., CHAPIN L. T., WEBER NIELSEN M. S. (2011): Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, milk yield and economics, *Journal of Dairy Science*, 94 (7): S. 3554 - 67
- DLG (1997): DLG-Futterwerttabellen - Wiederkäuer. Frankfurt am Main
- DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. 2 ed. DLG Verlag, Frankfurt a.M.
- DSP-AGROSOFT GMBH (2018): HERDEplus - Bestandsmanagement für Rinder, HERDEplus-Prospekt; <https://www.herde-net.de/wp-content/uploads/herdeplus-prospekt>, entnommen am 14.08.2018
- DSP-AGROSOFT GMBH (2018): Glossar Besamung und Fruchtbarkeit, <https://www.herde-net.de/glossar/besamung-und-fruchtbarkeit/>, entnommen am 14.09.2018
- DSP-AGROSOFT GMBH (2008): Definitionen der Kennziffern der Besamung und Fruchtbarkeit, http://www.portal-rind.de/besam_fru.htm, entnommen am 27.09.2018
- DUBBELS W. (2000): Aminosäuredefizite schwächen das Immunsystem – Zahlreiche Erkrankungen sind die Folge eines Mangels an Vitaminen und Mineralien, *Pharmazeutische Zeitung*, 44, <https://www.pharmazeutische-zeitung.de/inhalt-44-2000/pharm4-44-2000/>
- DUNKEL, S., BAUMGÄRTL, T. AND DEGNER, J. et al. (2016): Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes einheimischer Eiweißpflanzen und anderer heimischer Eiweißträger in der Tierfütterung in Thüringen. Abschlussbericht Projekt-Nr. 95.12, <http://www.tll.de/www/daten/nutztierhaltung/ab9512.pdf>
- DVG FACHGRUPPE „MILCHHYGIENE“, ARBEITSGRUPPE SACHVERSTÄNDIGENAUSSCHUSS SUBKLINISCHE MASTITIS (2012): Leitlinien-Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem, Hrsg.: FEHLINGS K., HAMANN J., KLAWONN W., KNAPPSTEIN K., MANSFELD R., WITTKOWSKI G., SCHÖCK M., 5. Auflage, Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V., Gießen
- ENGELHARDT, T. & BÄNECKE, B. (2013): Einsatz von Luzerneheu (technisch getrocknet, Handelsfuttermittel) im Austausch von Stroh und Sojaschrot in TMR für Hochleistungskühe während der Frühlaktation, *AK Futter und Tierfütterung Sachsen-Anhalt*, 18. Juni 2013, Bernburg, 19 S.
- ENGELHARDT T., KLUTH H., RODEHUTSCORD M. (2003): Zur Notwendigkeit eines Überschusses in der Stickstoffbilanz im Pansen von Kühen mit hoher Milchleistung, *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 87 (7 - 8): S.280 - 291
- ENGELHARD T., HELM L., RIEMANN E., ANDERT G., MEYER A., BULANG M. (2011): Auswirkungen der Fütterung von Rationen mit reduziertem Proteingehalt an Kühe mit hohem Milchleistungspotenzial - Effekte der Zulage von geschütztem Methionin zu Rationen mit reduziertem Proteingehalt, Versuchsbericht. Fachinformationen der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt und der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, https://llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/xx_infothek_tier/VB.pdf

- ENGELHARD T., HELM L., RIEMANN E., ANDERT G., MEYER A., BULANG M. (2017): Effekte der N-Zulage und Rohproteinergänzung mittels Futterharnstoff zu Rationen mit bedarfsgerecht ausgerichtetem nXP-Gehalt und negativer Ruminaler-N-Bilanz für Milchkühe mit hohen Milchleistungen, Versuchsbericht, Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, https://llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/04_themen/milchvieh/versuch_ergebnis_bericht/18_vb_rohproteinversorgung.pdf
- ETTLE, T., A. OBERMEIER, S. WEINFURTER, AND H. SPIEKERS (2011): Luzernesilage im Austausch gegen Grassilage bei der Milchkuh. Bayerisches Wochenblatt 31.
- FAIRBAIRN, R., I. ALLI, AND B. E. BAKER. 1988. Proteolysis Associated with the Ensiling of Chopped Alfalfa. J. Dairy Sci. 71(1):152-158.
- FERGUSON J. D., CHALUPA W. (1989): Impact of Protein Nutrition on Reproduction in Dairy Cows, Journal of Dairy Science, 72 (3), S. 746-766
- FIEVEZ V., COLMAN E., CASTRO-MONTOYA J. M., STEFANOV I., VLAEMINCK B. (2012): Milk odd- and branched-chain fatty acids as biomarkers of rumen function - An update, Animal Feed Science Technology, 172: S. 51 - 65
- FLACHOWSKY, G. 2005: Futtermittelkundliche Aspekte, Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 289, S. 101 – 111
- FÜRL M. (1997): Fit und gesund in die neue Laktation, Milchzind, 6 (1): S.48 - 51
- FÜRL M. (2000): Eine Herausforderung für den Tierarzt – Das Fettmobilisationssyndrom, Großtierpraxis, 1 (11): S. 24 - 34
- FÜRST C., GREDLER B. (2009): Fruchtbarkeit und Reproduktion beim Rind, Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, 16.03.2006, Salzburg, <https://zar.at/dam/jcr:f8d0b92e-34e6-4482-9c0f-7c6d664b118f/ZAR-%20Seminar%202006.pdf>
- GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (1997): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (2004): Zum Proteinbedarf von Milchkühen und Aufzuchtrindern, Proceedings of the Society of Nutrition Physiology, 13: S. 195 - 198
- GIERUS, M., A. HERRMANN, S. KRUSE, J. KLEEN, AND F. TAUBE. 2005. Veränderungen der Rohproteinfraktion A (NPN) verschiedener Futterpflanzen im Vegetationsverlauf. 49. Jahrestagung 7:111.
- GODDEN S. M., FETROW J. P., FEIRTAG J. M., GREEN L. R., WELLS S. J. (2005): Economic analysis of feeding pasteurized nonsaleable milk versus conventional milk replacer to dairy calves, in Journal of the American Veterinary Medical Association, 226 (9): S. 1547 - 54
- GRABOWSKI N. T. (2000): Körpergewichtsentwicklung, Milchinhaltsstoffe und Milch-mengenleistung als Kriterien zur laktationsbegleitenden Beurteilung des Gesundheitszustandes hochleistender DSB-Kühe in Laufstallhaltung, Dissertation, Hannover, Tierärztl. Hochschule
- GRIEBEL P. J., SCHOONDERWOERD M., L. A. BABIUK (1987): Ontogeny of the Immune Response: Effect of Protein Energy Malnutrition in Neonatal Calves, in Canadian Journal of Veterinary Research, 51: S 428 - 435
- GUERINI V. H. (1997): Excretion of ammonia by *Lucilia cuprina* larvae suppresses immunity in sheep, in Veterinary Immunology and Immunopathology, 56 (3-4): S.311 - 317
- HAMANN J. (1989): Maschineller Milchentzug und Mastitis - Zum Einfluss des maschinellen Milchentzugs auf die Infektionsgefahr für die bovine Milchdrüse, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

- HARDEBUSCH K., PFEFFER E., H SPIEKERS (1999): Mit dem Milchleistungsfutter die Eiweißversorgung am Darm der Kuh steuern und gleichzeitig die Umwelt entlasten, Forschungsbericht (Heft Nr. 68), Rheinische-Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- HARMEYER J., MARTENS H. (1980): Aspect of urea metabolism in ruminant with reference to the goat, Journal of Dairy Science, 63: S. 1707 - 1738
- HEBER I. (2012): Futtereffizienz in Sachsen - Aus Sicht der Ökonomie, Vortrag zum Betriebswirtschaftlichen Fachgespräch am 13.09.2012 in Lichtenwalde
- HOEDTKE, S., M. GABEL, AND A. ZEYNER (2010): Protein degradation in feedstuffs during ensilage and changes in the composition of the crude protein fraction (in German). Übersichten zur Tierernährung 38(2):157 -1 79.
- HOFFMANN M. (2015): Pansen gut, Eiweiß gut, DLZ primus Rind, 2: S. 37 - 39
- HOFFMANN, M. 2016: Einfluss von getrocknetem Grünfutter in Rationen für Milchkühe auf Futtereffizienz und Tiergesundheit (S. 37 – 64), In: LfL 2016: Hofeigene Heubelüftungsanlagen, 1. Auflage, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Grub, 74 S.
- HOLTHAUSEN, A. (2001): Einfluss der Rohproteinaufnahme von Rindern auf deren N-Bilanzen, Inaugural-Dissertation am Institut für Tierernährung, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn, Shaker Verlag, Aachen
- HOPPE S. (2018): Einfluss einer proteinreduzierten Fütterung bei gleichzeitigem Einsatz geschützter Aminosäuren auf Leistungsparameter von Milchkühen, Tagungsband N-Reduk – Proteinreduzierte Fütterung hochleistender Milchkühe: Umsetzung, Auswirkung und Perspektiven, Beiträge der Veranstaltung vom 24.04.2018 in Kleve, VBZL Haus Riswick, S. 10 - 11
- JEROCH,H., FLACHOWSKY,G., WEISSBACH,F. (1993): Futtermittelkunde. Jena, Stuttgart:
- JEROCH, H., W. DROCHNER, AND O. SIMON (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Stuttgart.
- JILG T., STEINGASS H., DIEBOLD G. (1997): Einfluss der ruminalen Stickstoffbilanz (RNB) auf die Milchleistung und Milchlarnstoffgehalt, Versuchsbericht 1/1999, landinfo 2/1999
- JILG T. (2005): Füttern ohne Soja-Einsatz von Rapsprodukten in der Rinderfütterung, Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf (Hrsg.)
- JILG T., Weltin J. (2013): Wieviel Eiweiß-Geiz geht wirklich? in top agrar, 3/2013: S. 16 - 17
- JURKSCHAT M., KRETSCHMER G., MÜNCH K., SADAU A. (2017): Tierzuchtreport Berichtsjahr 2017, Hrsg.: Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft
- KAMPHUES, J., WOLF, P., COENEN, M., EDER, K., IBEN, C., KIENZLE, E., LIESEGANG, A., MÄNNER, K., ZEBELI, Q. & ZENTEK, J. 2014: Supplemente zur Tierernährung für Studium und Praxis, 12. Auflage, Verlag M. & H. Schaper, Hannover, 520 S.
- KASKE M, HORSTMANN K, SEGGEWIS S, FLACHOWSKY G., MEYER U.: Die Futteraufnahme der „Transition Cow“: Schlüssel für die Tiergesundheit? in Landbauforschung Völkenrode Sonderheft, 299: S.29 - 42
- KAUFMANN A. J., ST-PIERRE N. R. (2001): The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in Holstein and Jersey cows, Journal of Dairy Science, 84 (10): S. 2284 - 94
- KEHRAUS S., SÜDEKUM K.-H., PFEFFER E. (2006): Einflussfaktoren auf die Ausscheidung N-haltiger Verbindungen im Harn von Wiederkäuern, Übersichten zur Tierernährung, 34: S. 125 -164
- KELLNER, O. (1920): Grundzüge der Fütterungslehre. Berlin
- KIRCHGEßNER M., KREUZER M. (1985): Milchleistung und Milchinhaltsstoffe bei Kühen während und nach der Fütterung überhöhter Eiweißmengen – 1. Mitteilung – Zum Einfluss von Proteinfehlernährungen bei laktierenden Kühen und daraus entstehenden Nachwirkungen, Zeitschrift Tierernährung, Tierphysiologie und Futtermittelkunde 53: S. 270 - 279

- KIRCHGEßNER M, STANGL G. I., SCHWARZ F. J., ROTH F. X., SÜDEKUM K.-H., EDER K. (2014): Tierernährung, 14. Auflage, DLG- Verlag, Frankfurt am Main
- KIRCHHOF, S. (2007): Kinetik des ruminalen in situ-Nährstoffabbaus von Grünlandaufwüchsen des Alpenraumes unterschiedlicher Vegetationsstadien sowie von Maissilagen und Heu – ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Rationsgestaltung für Milchkühe, Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- KLUCINSKI W., TARGOWSKI S. P. (1984): Ammonia toxicity for mammalian and avian lymphocytes from blood, Immunopharmacology, 8 (1): S. 47 - 52
- KHOL J. L., FRANZ S., KLEIN D., LEXER D., WAIBLINGER S., LUGER K., BAUMGARTNER W. (2006): Influence of milking technique and lactation of the bovine teat by means of ultrasonographic examination, Berliner und Münchener Tierärztl. Wochenschr. 2006 Jan-Feb, 119 (1-2): S.68 - 73, <https://www.vetline.de/einsatz-der-sonographie-zum-nachweis-der-auswirkungen-von-melktechnik-und-laktation-auf-die-zitze>
- KOFAHL, A. (2008): Methodische Untersuchungen zur Beurteilung der proteolytischen Aktivität, der Proteolyse und der Desmolyse bei der Silierung eiweißreicher Grünfütterleguminosen. Dissertation, University of Rostock.
- KÖNIG A., GRIESE J., PFEFFER E. (2005): Einfluss einer negativen RNB auf die Milchleistung, Lehr- und Forschungsschwerpunkt Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Forschungsbericht Nr. 122, 21 S., <https://www.usl.uni-bonn.de/pdf/Forschungsbericht%20122.pdf>
- KRAFT W., DÜRR U. M. (2014): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin, ANDREAS MORITZ (Hrsg.), 7. Auflage, Schattauer Verlag
- KROSTITZ S, NIEBLING U., FISCHER R., STEINHÖFEL I. (2011): Früherkennung von Fruchtbarkeitsstörungen – Erarbeitung von Managementhilfen zur Früherkennung von Fruchtbarkeitsstörungen und Eutererkrankungen beim Milchrind, Schriftenreihe (Heft 36/2011), Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.), <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/15097>
- KÜHNERT M. (1991): Veterinärmedizinische Toxikologie, Gustav Fischer Verlag, Jena/Stuttgart
- LACASSE P., BLOCK E., GUILBALT L. A., PETITCLERC D. (1993): Effect of Plane of Nutrition of Dairy Heifers Before and During Gestation on Milk Production, Reproduction and Health, Journal of Dairy Science, 76 (11): S. 3420 - 3427
- LEBZIEN P. (2007): Ernährung, Fütterung und Grünlandnutzung – Ernährungsphysiologische Grundlagen – Aufbau, Entwicklung und Funktion des Verdauungstraktes, Landbauforschung Völkenrode (Sonderheft 313), S. 108 - 116
- LICITRA G., HERNANDEZ T. M., VAN SOEST P. J. (1996): Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds, Animal Feed Science Technology, 57: S. 347 – 358
- LIESEGANG A. (2001): Fütterung und Klauen - Zwei eng miteinander verknüpfte Begriffe, in: Thurgauer Bauer (Nr. 46), 11/2001
- LÖFFLER K., GÄBEL G. (2013): Anatomie und Physiologie der Haustiere, 13. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- MAHLKOW-NERGE K. (2014): Erfolgreich füttern: Reineiweiß – Was hat es mit dem Parameter auf sich?, Bauernblatt am 27.09.2014
- MAKONI, N. F., G. A. BRODERICK, AND R. E. MUCK (1997): Effect of Modified Atmospheres on Proteolysis and Fermentation of Ensiled Alfalfa. J. Dairy Sci. 80(5):912-920.
- MANDELL, I. B., D. N. MOWAT, W. K. BILANSKI, AND S. N. RAI. 1989. Effect of heat treatment of alfalfa prior to ensiling on nitrogen solubility and in vitro ammonia production. J. Dairy Sci. 72(8):2046-2054.
- MANSON F. J., LEAVER J. D. (1988): The influence of dietary protein intake and of hoof trimming on lameness in dairy cattle, Journal of Animal Science, 47 (2): S. 191 - 199

- MARTENS, S. D., U. KORN, S. ROSCHER, B. PIEPER, H. SCHAFFT, AND O. STEINHÖFEL (2019). Effect of tannin extracts on protein degradation during ensiling of ryegrass or lucerne. *Grass Forage Sci* 74(2): 284 - 296.
- MARTENS, S. D., A. MAJEWSKA-PINDA, A. BENKMANN, J. ZENTEK, M. SPOLDERS, A. SIMON, H. SCHAFFT, AND O. STEINHÖFEL (2018): Influence of soil contamination before and after ensiling on mineral composition of grass silages, feed intake and carry-over to body tissue of goats. *Journal of Animal and Feed Sciences* 27(4):307 - 316.
- MARTENS, S. D., AND O. STEINHÖFEL. (2015). Untersuchungen zur Rolle des Grases in der Proteinversorgung von Milchvieh. Pages 137 - 139 in Tagungsband der 59. Jahrestagung der AGGF in Aulendorf vom 27. – 29. August 2015, „Grünland effizient und umweltschonend nutzen“. J. Messner and M. Elsässer, ed. Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Aulendorf.
- MARTENS S., STEINHÖFEL O. (2018): Stickstoffeffizienz in der Milchproduktion beim Austausch von Luzernesilage gegen Luzernetrockengrün, *REKASAN-Journal* 49/50, S. 22-25
- MCALLEN A. B., SMITH R. H. (1973): Degradation of nucleic acids in the rumen, *British Journal of Nutrition*, 29: S. 331 - 345
- MEYER U. (2005): Fütterung der Milchkühe, Rinderzucht und Milcherzeugung – Empfehlungen für die Praxis, *Landbauforschung Völkendorf (Sonderheft 289)*, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, BRADE W., FLACHOWSKY G. (Hrsg.)
- MÖLLER P. D. (1967): Untersuchungen über die Harnstoffverwertung während der Laktation, *Schriftenreihe des Max-Planck-Instituts für Tierzucht und Tierernährung (Heft 32)*, Mariensee
- MITCHELL E. G., ROGERS G. W., DECHOW C. D., VALLIMONT J. E., COOPER J. B., SANDER-NIELDEN U., CLAY J. S. (2005): Milk urea nitrogen concentration: heritability and genetic correlations with reproductive performance and disease, *Journal of Dairy Science*, 88: S. 4434 - 4440
- NEHRING, K. (1949): *Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde*. Radebeul, Berlin
- OLLIVETT T. L., NYDAM D. V., LINDEN T. C., BOWMAN D. D., VAN AMBURGH M. E. (2012): Effect of nutritional plane on health and performance in dairy calves after experimental infection with *Cryptosporidium parvum*, *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 241 (11): S. 1514-20
- OVER, R., SPIEKERS, H. & NUSSBAUM, H. 2011: Ökonomische Betrachtungen (S. 203 f.), In: GERIGHAUSEN, H.-G., HÜNTING, K., JÄNICKE, H., KALZENDORF, C., MAACK, G.-C., NUSSBAUM, H., OSTERTAG, J., OVER, R., PAHLOW, G., PRIES, M., RUBENSCHUH, U., SPIEKERS, H., STAUDACHER, W., STEINHÖFEL, O., THAYSEN, J., WEISS, K. & WYSS, U. 2011: *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung*, 8. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 416 S.
- OWENS, V. N., K. A. ALBRECHT, AND R. E. MUCK (1999): Protein degradation and ensiling characteristics of red clover and alfalfa wilted under varying levels of shade. *Can. J. Plant Sci.* 79(2):209 - 222.
- PAHLOW, G., RAMMER, C., SLOTTNER, D. & TUORI, M. 2002: Silierung traditioneller sowie neuer Futterleguminosen (S. 142 – 145), In: BOCKHOLT, R. 2002: 46. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Universität Rostock, Rostock, 276 S.
- PAUSCH J., GEROK W. (1977): Biochemische und pathophysiologische Aspekte der Hyperammoniämie, *Klinische Wochenschrift*, 55: S.97-103
- POLAN, C. E., D. E. STIEVE, AND J. L. GARRETT (1998): Protein Preservation and Ruminal Degradation of Ensiled Forage Treated with Heat, Formic Acid, Ammonia, or Microbial Inoculant. *J. Dairy Sci.* 81(3):765-776.

- POLLOCK J. M., ROWAN T. G., DIXON J. B., CARTER S. D., SPILLER D., WARENIUS H. (1993): Alteration of cellular immune responses by nutrition and weaning calves, *Veterinary Science*, 55 (3): S. 298 - 305
- POTTHAST V., PRIGGE H., PFEFFER E. (1977): Untersuchungen zur Dynamik der N-Umsetzung beim Schaf, *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde*, 38: S. 338 - 339
- PREIßINGER W. (2005): Verbesserung der Eiweißversorgung von Milchkühen mit hohen Leistungen, *Forschungen für den ökologischen Landbau in Bayern, Tagungsband zum Ökolandbautag der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan und der Landesvereinigung für den Ökologischen Landbau am 16.02.2005, Freising-Weihenstephan, Schriftenreihe der Bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.)*
- PRIES M. (2018): Kalkulation von N-Ausscheidungen bei reduzierter Proteinversorgung, in *Tagungsband N-Reduk – Proteinreduzierte Fütterung hochleistender Milchkühe: Umsetzung, Auswirkung und Perspektiven, Beiträge der Veranstaltung vom 24.04.2018 in Kleve, VBZL Haus Riswick*, S. 12-13
- PROPLANTA (2016-2018): Sojaanbau in Deutschland – Sojabohnennachrichten; https://proplanta.de/sojabohne/sojabohnenanbau-in-deutschland-Nachrichten-Sojabohne_Pflanze1160136793.html, entnommen am 08.08.2018
- QUIGLEY J. (2013): The interaction of plane of nutrition and immunity in young dairy calves – a review, *Calf Notes*, 117
- REINBOTH C. (2016): Grundlagen der Statistik: Statistische Lagemaße – Das arithmetische Mittel; <https://wissenschafts-thurm.de/grundlagen-der-statistik-statistische-lagemasse-das-arithmetische-mittel/>, entnommen am 17.08.2018
- RESCH, R. und L. GRUBER, 2015: Proteinfractionen von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25. - 26. März 2015, Bericht. HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2015, 49 - 55.
- RICHARDT W., JEROCH H., SPILKE J. (2001): Fütterungs- und nicht fütterungsbedingte Einflüsse auf den Milchwahnstoffgehalt von Milchkühen – 1. Mitteilung: Fütterungsbedingte Einflussfaktoren auf den Milchwahnstoffgehalt von Milchkühen, *Archiv Tierzucht Dummerstorf*, 44: S.251 - 262
- RICHARDT W., R. WEIN (2011): Bedeutung, Vorkommen und Nachweis von biogenen Aminen in Grassilagen – Auswirkungen auf Tiergesundheit und Futteraufnahme. Vortrag auf dem 12. Dummerstorf Seminar Futter und Fütterung, 30.11.2011
- RICHARDT W. (2003): Milchinhaltsstoffe als Indikatoren für die Fütterung und Gesundheit von Milchkühen, in *Themen zur Tierernährung, Fachtagung 2003/2004*
- RICHARDT W. (2012): Möglichkeiten und Grenzen der Proteinbewertung im nXP-System, Vortrag zum Arbeitskreis Futter und Tierfütterung Sachsen-Anhalt, Bernburg am 22.05.2018
- RICHARDT W. (2018): persönliche Mitteilung per Email über die angewandten Methoden zur Untersuchung der TM, des XP, des nXP, des UDP und der RNB in den eingesandten TMR-Proben vom Praxisbetrieb, 15.08.2018
- RIMPL M. (2013): Untersuchungen zur N-reduzierten Fütterung von Milchkühen, Bachelorarbeit an der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Dresden
- RÖMER A., HARMS J., VOLKMANN N., BOLDT A., BLUM E., FLOR J., DETTMANN S., BEESE A., SCHILDT S., HERMANN S., CLASSEN F. (2013): Verbesserung der Fruchtbarkeitssituation in hochleistenden Milchviehherden – Abschlussbericht, *Forschungsnummer 2/51*, Hrsg.: LFA Mecklenburg Vorpommern, <https://www.landwirtschaft-mv.de/Fachinformationen/Tierproduktion/Milcherzeugung/?id=371&processor=processor.sa.lfaforenbeitrag>

- SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E. V. (2014): Anlage zur Akkreditierungsurkunde D-PL-19638-01-00 nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005; <https://www.dakks.de/as/ast/d/D-PL-19638-01-00>, entnommen am 17.08.2017
- SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E. V. (2017): Jahresbericht 2017
- SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E. V. (2019): Auswertung der Milchgüteprüfung in Sachsen 2019.
https://www.lkvsachsen.de/fileadmin/wireframe/redaktion/Labor/Milch/Monatsauswertung/2019/2019-01_Auswertung_Rohmilchqualit%C3%A4t.pdf
- SALO S. (2018): Effects of Quality and Amounts of Dietary Protein on Dairy Cattle Reproduction and the Environment, in Journal of Dairy & Veterinary Sciences, 5 (5): 5556675
- SCHMACK K.-H. (2016): Die beschädigte Kuh im Harnstoffwahnsinn, 4. überarbeitete Auflage, Verlag Schnell, Steinhagen
- SCHOLZ, H. & ENGELHARD, T. 2014: Futterwert von Luzernekonservaten in der Milchviehfütterung, Fachartikel Proteinmarkt, 3 S.
- SEGGEWIS S. (2004): Abbildung 2, Überprüfung der Bedeutung von Milchinhaltstoffen für die Beurteilung der Energie-, Protein- und Strukturversorgung von HF-Kühen, Inaugural-Dissertation, Klinik für Rinder, Tierärztlichen Hochschule Hannover, Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig
- SHANNAK S., SÜDEKUM K.-H., SUSENBETH A. (2000): Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fraction procedures, in Animal Feed Science and Technology, 85: S. 195 - 241
- SNIFFEN, C. J., J. D. O'CONNOR, P. J. VAN SOEST, D. G. FOX, AND J. B. RUSSELL (1992): A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci. 70(11):3562-3577.
- SPIEKERS, H. & EDMUNDS, B. 2012: Eiweiß aus Grasprodukten besser nutzen, Milchpraxis 50 (1), S. 36 – 39
- SPIEKERS, H. & ETTLE, T. 2012: Luzernesilage in die Ration einbinden, Milchpraxis 50 (2), S. 32 – 33
- SPIEKERS, H. & LOSAND, B. 2013: Grundlagen der Fütterung und Futtermittel (S. 133), In: LITTMANN, E., HAMMERL, G. & ADAM, F. 2013: Landwirtschaftliche Tierhaltung, BLV Buchverlag GmbH & Co. KG, München, 925 S.
- SPIEKERS H., MENKE A. (2012): Milchkuhfütterung, 3. Auflage, aid Infodienst, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz e.V (Hrsg.)
- SPIEKERS H., OBERMAIER A. (2007): Milhharnstoffgehalt und N-Ausscheidung, SuB Heft, 4-5/07, S. III-4 – III-9, https://www.xn--ig-gesunde-glle-bwb.de/app/download/17090745996/Milhharnstoff+zu+N-Ausscheidungsplekers_SuB4_5_07.pdf?t=1585345023
- SPIEKERS H., POTTHAST V., NUßBAUM H. (2009): Erfolgreiche Milchviehfütterung, 5. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- SPRECHER D. J., HOSTETTER D. E., KANEENE J.B. (1997): Abbildung 1 im Anhang, A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance, Theriogenology, 47 (6): S. 1179-87
- STAMER E., BRADE W., THALLER G. (2011): Modellentwicklung und Schätzung genetischer Parameter für den Harnstoffgehalt in der Milch erst- und zweitlaktierender Holstein-Kühe, Züchtungskunde, 83 (2): S. 104 - 117, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- STEINHARDT M. (2018 a): Vortrag am 09.02.2018 zur Vorstellung des Betriebes und der Milchproduktion
- STEINHARDT M. (2018 b): persönliche Mitteilung, Telefonat am 21.09.2018 um 08:26 Uhr
- STEINHÖFEL O. (2014): Optimale Proteinversorgung von Milchrindern, Vortrag zum 19. Lichtenwalder Kolloquium (07.10.2014)

- STEINWIDDER A., GRUBER L. (2000): Den Milchharnstoffgehalt richtig interpretieren!, top agrar, 4/2000: S. 8-11
- STEINHÖFEL O., KRIEG D., HANSCHMANN G., MIETKE H., RICHARDT W., HOFFMANN M. (2008): Futterbewertung für Wiederkäuer – Empfehlungen des Landesarbeitskreises „Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen“ – Untersuchung und Bewertung von Futtermitteln für Wiederkäuer, 3. Auflage, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13612>
- STIER C.-H., LEONHARD N., KOCH C., ROMBERG F.-J., RIEDE C. (2012): Das optimale Erstkalbealter – Praxisdaten aus Rheinland-Pfalz, dlz primus Rind, 4/2012
- STOOP W. M., BOVENHUIS H., VAN ARENDONK J. A. M. (2007): Genetic parameters for milk urea nitrogen in relation to milk production traits, Journal of Dairy Science, 90: S. 1981-1986
- SÜDEKUM K.-H. (2004): Proteinbewertung und Proteinversorgung in der Milchviehfütterung – nXP- und UDP-Bestimmung, Routineanalytik, Aminosäurenversorgung, Bericht Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein von der 31. Viehwirtschaftlichen Fachtagung (27.-28.04.2004), S. 41-49
- SÜDEKUM K.-H., SPIEKERS H. (2002): Raps- und Sojaextraktionsschrot neu bewertet, Kraftfutter/Feed Magazine, 85: S. 62-68
- SULLIVAN, M. L., AND R. D. HATFIELD (2006): Polyphenol Oxidase and o-Diphenols Inhibit Postharvest Proteolysis in Red Clover and Alfalfa. Crop Sci 46(2):662-670.
- SULZER S. (2005): Geschütztes Rapsschrot für die Hochleistungsmilchkuh, in Veredlungsproduktion, 1/2005: S. 3-23
- SUNDRUM A. (1996): Beurteilung der Auswirkungen überhöhter Rohproteinversorgung beim Rind mit biochemischen und immunologischen Blutparametern, Habilitationsschrift an der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn, Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Köpke U. (Hrsg.), Köster Verlag, Berlin
- TABACCO, E., G. BORREANI, G. M. CROVETTO, G. GALASSI, D. COLOMBO, AND L. CAVALLARIN (2006): Effect of Chestnut Tannin on Fermentation Quality, Proteolysis, and Protein Rumen Degradability of Alfalfa Silage. J. Dairy Sci. 89(12):4736 - 4746.
- TARGOWSKI S. P., KLUCINSKI W., JAWOREK D. (1984): Effect of ammonia on viability and blastogenesis of bovine lymphocytes, Veterinary Immunology and Immunopathology, 5 (3): S. 297 - 310
- TAS B. M., SUSENBETH A. (2007): Urinary purine derivatives excretion as an indicator of in vivo microbial N flow in cattle: A review, in Livestock Science, 111 (3): S. 181-192
- THALMANN C. (2014): Persistenz: So kriegen Ihre Kühe die Kurve – Eine gute Persistenz ist ein Muss für die wirtschaftliche Milchproduktion. Doch wie kann man sie beeinflussen? Und was sagt sie aus?, LANDfreund, 09/2014
- TRÄBING C. (2006): Immunologisches Reaktionsvermögen als Indikator für Belastungen bei der Milchkuh, Dissertation im Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften – Universität Kassel, Witzenhausen
- TREMONIS GMBH (2016): naturaVit®; <http://www.tremonis.de/produkte/futtermittel-fuer-die-rinderhaltung/naturavitr.html>, entnommen am 13.08.2018
- UMWELTBUNDESAMT (2017): Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft und Stickstoffüberschuss; <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/naehrstoffeintraege-aus-der-landwirtschaft#textpart-1>, entnommen am 10.07.2018
- VAN DE SAND H., PRIES M., SPIEKERS H., SÜDEKUM K.-H. (2006): Einfluss unterschiedlicher ruminaler Stickstoffbilanzen auf die Effizienz der Nährstoffverwertung und Leistungsmerkmale bei Milchkühen, 118. VDLUFA-Kongress, Freiberg

- VAN SOEST P.J. (1994): Nutritional ecology of the ruminant, 2. Auflage, Kapitel 18, Cornell University Press, Ithaca, New York
- VDLUFA (1993,1976,2004): Band III - Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 3. Auflage (1976), Bestimmung von XP mittels DUMAS-Verbrennungsmethode 5. Ergänzung (2004)
- VERMUNT J. J. (2004): Herd Lameness – A review, Major Causal Factors and Guidelines for Prevention and Control, Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, 11th-15th February 2004, Maribor, Slovenia, https://praxis-klauengesundheit.de/pdf/proceedings/2004-13th-International-Symposium-a_pi-67.pdf
- VIRTANEN A. I. (1964): Versuche über Milchproduktion ohne Protein unter ausschließlicher Verwendung von Harnstoff und Ammoniumstickstoff, Nachrichten der Giessener Hochschulgesellschaft, 33: S. 73-89, http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2013/10206/pdf/NGH_33_1964_73_89.pdf
- VOGEL M. (2018): persönliche Mitteilung am 17.07.2018
- WAEHNER M. (2013): Einführung in die Milchproduktion, <http://www.kolleg.loel.hs-ahalt.de/cmsloel/fileadmin/Dateien/Professor/MartinWaehner/Downloads/Oekotrophologie/EinfuehrungMilchproduktionQualitaet.pdf>, entnommen am 22.09.2018
- WALTER K. (2009): Fütterung und Haltung von Hochleistungskühen- 3. Ab- sowie Aufbau von Körpersubstanz und erzielbare Leistung, Landbauforschung- vTI Agriculture and Forestry Research, 1: S. 47-60
- WANG, Y., L. R. BARBIERI, B. P. BERG, AND T. A. MCALLISTER (2007): Effects of mixing sainfoin with alfalfa on ensiling, ruminal fermentation and total tract digestion of silage. Anim. Feed Sci. Technol. 135(3):296-314.
- WILKEN H. (2003): Endotoxin-Status und Antioxidative Kapazität sowie ausgewählte Stoffwechselfparameter bei gesunden Milch- und Mutterkühen, Inaugural-Dissertation, Medizinische Tierkliniken der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig, <https://ul.qucosa.de/api/qucosa%3A10593/attachment/ATT-0/>
- WINDISCH W. (2003): Fehlernährung laktierender Milchkühe und ihre Wirkung auf Stoffwechsel und Leistung, Tagungsband 2. BOKU-Symposium Tierernährung, 2.10.2003: S.1-7, https://boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H97000/H97600/Symptagungsbaende/BOKU_Symposium_2003.pdf
- WEIß J., PABST W., GRANZ S. (2011): Tierproduktion, 14. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart
- WINDISCH W., KIRCHGEßNER M., EDER K. (1995): 3-Methyl-Histidin und Kreatinin im Harn laktierender Milchkühe während und nach einer Unterversorgung an Protein und Energie, Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 74 (1-5): S. 274-280
- WILLE S., SIMON A., PLATEN M., OERTEL C. (2010): Einflussfaktoren auf die Aktivität von Leberenzymen klinisch gesunder Milchkühe unter Praxisbedingungen, Züchtungskunde, 82 (2): S. 155-164, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- WOOD G. M., BOETTCHER P. J., JAMROZIK J., JANSEN G. B., KELTON D. F. (2003): Estimation of genetic parameters for concentrations of milk urea nitrogen, Journal of Dairy Science, 86: S. 2462-2469.

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
(LfULG)

Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden

Telefon: +49 351 2612-0

Telefax: +49 351 2612-1099

E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de

www.lfulg.sachsen.de

Autoren:

Siriwan Martens

Am Park 3, 04886 Köllitsch

Telefon: +49 34222 46-2203

Telefax: +49 34222 46-2099

E-Mail: siriwan.martens@smul.sachsen.de

Olaf Steinhöfel

Abteilung 7 / Referat 74

Am Park 3, 04886 Köllitsch

Telefon: +49 34222 462200

Telefax: +49 34222 462099

E-Mail: olaf.steinhoefel@smul.sachsen.de

Fotos:

LfULG, Ref. 74

Redaktionsschluss:

22.11.2021

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

*Täglich für
ein gutes Leben.*

www.lfulg.sachsen.de