Hochschule Anhalt

Fachbereich Landwirtschaft, Ökotrophologie und Landschaftsentwicklung

Masterarbeit

Analyse von 2 Futterrationen mit differenzierten Gehalten an Struktur und Stärke und deren Wirkung auf den Pansen-pH-Wert bei Milchkühen unter Betrachtung der TM-Aufnahme

Name, Vorname	Heese, Annett
Matrikel	4058568
geboren am	11.01.1993
Studiengang	Master Food and Agribusiness

1. Gutachter:	Prof. Dr. Heiko Scholz, Hochschule Anhalt
2. Gutachter:	Dipl.-Ing. agr. Thomas Engelhard, LLG Sachsen-Anhalt

Bernburg (Saale), den 30.01.2020

Inhaltsverzeichnis

Bibliographische Beschreibung VII

Abbildungsverzeichnis VIII

Tabellenverzeichnis XIII

Abkürzungsverzeichnis XVII

1 Einleitung 1

2 Literatur 3

2.1 Rationsgestaltung in der Milchviehfütterung 3

2.1.1 Anforderungen an eine „Totale Mischration“ 4

2.1.2 „leicht lösliche Kohlenhydrate“ in der Milchviehfütterung 9

2.1.2.1 Unbeständige Stärke und Zucker 9

2.1.2.2 Beständige Stärke 10

2.1.3 Proteinversorgung 12

2.1.4 Strukturversorgung in der Milchviehfütterung 14

2.1.4.1 Strukturwirksamer Rohfaser 15

2.1.4.2 Physikalisch effektive Neutrale-Detergenzien-Faser 17

2.1.5 Einfluss Dietary Cation Anionen Balance 20

2.1.6 Besonderheiten im Laktationszyklus 22

2.1.6.1 Trockensteher und Vorbereiter 22

2.1.6.2 Frischmelkende Kühe 23

2.1.6.3 Altmelkende Kühe / Hochleister 24

2.1.6.4 Richtwerte in der TMR bezüglich Laktationsstadien 25

2.1.7 Stoffwechselerkrankungen 25

2.2 Harnanalyse 31

2.3 Milchparameter 32

2.3.1 Milchfett 33
2.3.2 Milcheiweiß 34
2.3.3 Fett - Eiweiß - Quotient 35
2.3.4 Energiekorrigierte Milchmenge 35
2.3.5 Laktationskurve 36

2.4 Pansen - pH - Wert 38

3 Zielstellungen 42

4 Material und Methode 44

4.1 Vorstellung der Versuchsbedingungen 44
4.2 Datenerfassung 47
4.3 Datenauswertung 48

5 Ergebnisse 53

5.1 Tabellarische Betrachtung einzelner Parameter in Abhängigkeit der Versuchsgruppen und in den einzelnen Wochen der Laktation 53
5.1.1 Trockenmasseaufnahme 53
5.1.2 Stärkeaufnahme (absolut) 54
5.1.3 Stärkeaufnahme (relativ) 54
5.1.4 Strukturwirksame Rohfaser (absolut) 55
5.1.5 Strukturwirksame Rohfaser (relativ) 56
5.1.6 Physikalisch effektive Neutrale-Detergenzien-Faser 57

5.2 Pansen-pH-Wert 59
5.2.1 Tabellarische Betrachtung des Pansen-pH-Werts in Abhängigkeit der Versuchsgruppen und in den einzelnen Wochen der Laktation 59
5.2.2 Einflüsse verschiedener Kennzahlen auf den Pansen-pH-Wert 60
5.2.2.1 Trockenmasseaufnahme 60

5.2.2.2 Stärkeaufnahme 60
5.2.2.3 Strukturwirksame Rohfaser (absolut) 61
5.2.2.4 Strukturwirksame Rohfaser (relativ) 62
5.2.2.5 Physikalisch effektive Neutrale-Detergenzien-Faser 63
5.2.2.6 Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahmen 64
5.2.2.7 Auswirkungen von XS-Aufnahme und peNDF - Gehalt 67
5.2.3 Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahmen auf den Pansen-pH-Wert innerhalb der Versuchsgruppen 70
5.2.3.1 NDF-reiche Versuchsgruppe 70
5.2.3.2 XS-reiche Versuchsgruppe 73
5.2.4 Prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts innerhalb der zwei Versuchsgruppe 76

5.3 Netto-Säure-Basen-Ausscheidung 78
5.3.1 Tabellarische Betrachtung der NSBA in Abhängigkeit der Versuchsgruppen und in den einzelnen Wochen der Laktation 78
5.3.2 Einflüsse verschiedener Kennzahlen auf die NSBA 79
5.3.2.1 Trockenmasseaufnahme 79
5.3.2.2 Stärkeaufnahme 79
5.3.2.3 Strukturwirksame Rohfaser (absolut) 80
5.3.2.4 Strukturwirksame Rohfaser (relativ) 81
5.3.2.5 Physikalisch effektive Neutrale-Detergenzien-Faser 82
5.3.2.6 Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahmen 83
5.3.2.7 Auswirkungen von XS- und peNDF - Gehalt 85
5.3.2.8 Zusammenhang NSBA und Pansen-pH-Wert 88

5.4 Milchparameter 90
5.4.1 Tabellarische Betrachtung der Milchinhaltsstoffe in Abhängigkeit der Versuchsgruppen und in den einzelnen Wochen der Laktation 90
5.4.2 Zusammenhang zwischen ECM und Trockenmasseaufnahme sowie Pansen-pH-Wert innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe 93
5.4.3 Zusammenhang zwischen ECM und Trockenmasseaufnahme sowie Pansen-pH-Wert innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe 95

5.5 Fett-Eiweiß-Quotient 97
5.5.1 Tabellarische Betrachtung des FEQ in Abhängigkeit der Versuchsgruppen und in den einzelnen Wochen der Laktation 97
5.5.2 Einflüsse verschiedener Kennzahlen auf den FEQ 97
5.5.2.1 Trockenmasseaufnahme 98
5.5.2.2 Stärkeaufnahme 100
5.5.2.3 Strukturwirksame Rohfaseraufnahme (absolut) 102
5.5.2.4 Strukturwirksame Rohfaseraufnahmen (relativ) 104
5.5.2.5 Physikalisch effektive Neutrale-Detergenzien-Faser 106
5.5.2.6 Pansen-pH-Wert 108
5.5.3 Auswirkungen eines FEQ < 1,1 auf den Pansen-pH-Wert 112

5.6 Einflüsse der Laktationsnummer auf unterschiedliche Kennzahlen 114
5.6.1 Gesamtbetrachtung 114
5.6.2 Auswirkungen innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe 117
5.6.3 Auswirkungen innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe 119

6 Diskussion 121

6.1 Veränderungen in der Trockenmasse, der Aufnahme an Stärke und strukturwirksamer Rohfaser sowie dem peNDF - Gehalt 121

6.2 Veränderung des *Pansen-pH-Werts* - Allgemein und zwischen den Laktationswochen 128
6.2.1 Einflüsse der Trockenmasse, der Aufnahme an Stärke und strukturwirksamer Rohfaser sowie der peNDF auf den Pansen-pH-Wert 129
6.2.2 Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert- Allgemein und innerhalb der ersten 60 Laktationstage 132
6.2.3 Auswirkungen von XS-Aufnahme und peNDF- Gehalt der Ration auf den Pansen-pH-Wert - Allgemein und innerhalb der ersten 60 Laktationstage 134
6.2.4 Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahmen auf den Pansen-pH-Wert innerhalb der Versuchsgruppe 136
6.2.4.1 NDF-reiche Versuchsgruppe 136

6.2.4.2 XS-reiche Versuchsgruppe 138
6.2.5 Veränderung des Pansen-pH-Werts innerhalb der zwei Versuchsgruppen 140

6.3 Veränderung der *Netto-Säure-Basen-Ausscheidung* (*NSBA)* - Allgemein und zwischen den Laktationswochen 143
6.3.1 Einflüsse der Trockenmasse, der Aufnahme an Stärke und strukturwirksamer Rohfaser sowie der peNDF auf die NSBA 144
6.3.2 Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahme auf die NSBA - Allgemein und innerhalb der ersten 60 Laktationstage 147
6.3.3 Auswirkungen von XS-Aufnahme und peNDF - Gehalt der Ration auf die NSBA - Allgemein und innerhalb der ersten 60 Laktationstage 149
6.3.4 Zusammenhang zwischen der NSBA und dem Pansen-pH-Wert 152

6.4 Veränderung der *Milchparameter* - Allgemein und zwischen den Laktationswochen 153
6.4.1 Zusammenhänge zwischen ECM und Trockenmasseaufnahme sowie Pansen-pH-Wert innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe 157
6.4.2 Zusammenhänge zwischen ECM und Trockenmasseaufnahme sowie Pansen-pH-Wert innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe 159
6.4.3 Vergleich beider Versuchsgruppen zwischen den Zusammenhängen von ECM und Trockenmasseaufnahme sowie Pansen-pH-Wert 161

6.5 Veränderung des *Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ)*- Allgemein und zwischen den Laktationswochen 162
6.5.1 Einflüsse der Trockenmasseaufnahme, der Aufnahme an Stärke und strukturwirksamer Rohfaser, peNDF sowie Pansen-pH-Wert auf den FEQ der Milchkühe 163
6.5.1.1 Trockenmasseaufnahme 163
6.5.1.2 Stärkeaufnahme 165
6.5.1.3 Strukturwirksame Rohfaser (absolut) 166
6.5.1.4 Strukturwirksame Rohfaser (relativ) 168
6.5.1.5 Physikalisch effektive Neutrale-Detergenzien-Faser 170
6.5.1.6 Pansen-pH-Wert 171
6.5.2 Auswirkungen einen FEQ < 1,1 auf den Pansen-pH-Wert 174

6.6 Einflüsse der *Laktationsnummern* auf unterschiedliche Kennzahlen 176
6.6.1 Auswertung der Gesamtbetrachtung in den Laktationsnummern 176
6.6.2 Auswirkungen innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe 179
6.6.3 Auswirkungen innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe 181
6.6.4 Vergleich beider Versuchsgruppen - Einfluss Laktationsnummer 183

7 Schlussfolgerung 184

8 Zusammenfassung 186

9 Literaturverzeichnis 187

10 Anhang 193

Bibliographische Beschreibung

Name, Vorname: Heese, Annett

Thema der Masterarbeit: Analyse von 2 Futterrationen mit differenzierten Gehalten an Struktur und Stärke und deren Wirkung auf den Pansen-pH-Wert bei Milchkühen unter Betrachtung der TM-Aufnahme

2020/ 193 Seiten/ 74 Abbildungen/ 65 Tabellen/ 1 Anlagen (CD-Rom)

Bernburg: Hochschule Anhalt
Fabereich Landwirtschaft, Ökotrophologie und Landschaftsentwicklung

In der vorliegenden Arbeit wurden die Auswirklungen der Fütterung von unterschiedlichen Gehalten an Struktur- und leicht verdaulichen Kohlehydrate untersucht. Die Gruppe 1 wies einen höheren Anteil an Strukturkohlenhydrate auf und die Gruppe 2 einen höheren Anteil leicht verdaulicher Kohlenhydrate. Insgesamt nahmen 77 Kühe der Rasse Deutsche Holstein an diesem Versuch teil. Von 46 Tieren wurde das Datenmaterial für diese Arbeit verwendet. Die Daten und Untersuchungen entstammen der Landesanstalt Sachsen-Anhalt / Zentrum für Tierhaltung und Technik in Iden. Der gesamte Versuchszeitraum ersteckte sich von Juli bis Dezember 2016. Für die vorliegende Arbeit wurden die ersten 60 Tage der Laktation zur Bewertung herangezogen.

Ziel dieser Arbeit war es, anhand der unterschiedlich ausgerichteten Ration herauszufinden, bei welcher Fütterungsration die Kühe am geringsten gesundheitliche Probleme sowie Leistungseinbußen, innerhalb der ersten 60 Tage der Laktation, aufzeigten. Es wurde in diesem Zusammenhang Harn- sowie Pansensaft-Proben entnommen und die täglichen Futteraufnahmen und Milchleistungsdaten aufgezeichnet und untersucht.

Die Ergebnisse der Arbeit sollen praktische Empfehlungen und Hinweise zur weiteren Optimierung der Fütterung geben.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung	1	Geschätzter Einfluss der tier- und futterbedingten Faktoren auf die Futteraufnahme von Milchkühen ohne Berücksichtigung von Rasse, Region, Management, Laktationsstadium und Laktationsnummer (GRUBER et al., 2004)	5
Abbildung	2	Berechnungsformel peNDF$_{>8mm}$ (Bildmaterial: SCHOLZ; HEESE, 2019)	19
Abbildung	3	Trockenmasse - Zusammensetzung der Milch (SPIEKERS et al., 2004)	32
Abbildung	4	Energiebilanz (MJ/d) und Futteraufnahme (kgTS/d) bei hochlaktierenden Kühen bis zur 30. LakW (BRADE, 2016)	37
Abbildung	5	Laktationskurven bei unterschiedlicher Milchleistung in der 1. und 3. Laktation (LfL Bayern - SPIEKERS et al., 2006)	38
Abbildung	6	Grundriss Milchviehanlage Iden (Quelle: Google Maps)	44
Abbildung	7	Zusammenhang zwischen TM-Aufnahme und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage (n 138)	60
Abbildung	8	Zusammenhang zwischen XS-Aufnahme und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage (n 138)	61
Abbildung	9	Zusammenhang zwischen absoluter sXF-Aufnahme und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage (n 138)	61
Abbildung	10	Zusammenhang zwischen relativer sXF-Aufnahme und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage (n 138)	62
Abbildung	11	Zusammenhang zwischen relativer sXF-Aufnahme und Pansen-pH-Wert bei Michkühen innerhalb der einzelnen Laktationswochen (n 138)	63
Abbildung	12	Zusammenhang zwischen peNDF und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage (n 138)	63
Abbildung	13	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der Gesamtbetrachtung (n 138)	64
Abbildung	14	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der 2. Laktationswoche (n 46)	65
Abbildung	15	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der 4. Laktationswoche (n 46)	66
Abbildung	16	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der 9. Laktationswoche (n 46)	66

Abbildung 17	Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf den Pansen-pH-Wert der Milchkühe (n 138)	67
Abbildung 18	Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf den Pansen-pH-Wert der Milchkühe in der 2. LakW (n 46)	68
Abbildung 19	Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf den Pansen-pH-Wert der Milchkühe in der 4. LakW (n 46)	68
Abbildung 20	Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf den Pansen-pH-Wert der Milchkühe in der 9. LakW (n 46)	69
Abbildung 21	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der NDF-reichen Ration - Gesamtbetrachtung (n 57)	70
Abbildung 22	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der NDF-reichen Ration - 2. LakW (n 19)	71
Abbildung 23	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der NDF-reichen Ration - 4. LakW (n 19)	72
Abbildung 24	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der NDF-reichen Ration - 9.LakW (n 19)	72
Abbildung 25	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der XS-reichen Ration - Gesamtbetrachtung (n 81)	73
Abbildung 26	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der XS-reichen Ration - 2. LakW (n 27)	74
Abbildung 27	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der XS-reichen Ration - 4. LakW (n 27)	74
Abbildung 28	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der XS-reichen Ration - 9. LakW (n 27)	75
Abbildung 29	Prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts innerhalb der Versuchswochen in Abhängigkeit der NDF-reiche Futterration (n 57)	76
Abbildung 30	Prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts innerhalb der Versuchswochen in Abhängigkeit der XS-reichen Futterration (n 81)	77
Abbildung 31	Zusammenhang zwischen NSBA und Trockenmasseaufnahme bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)	79
Abbildung 32	Zusammenhang zwischen XS-Aufnahme und NSBA bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)	80
Abbildung 33	Zusammenhang zwischen absoluter sXF-Aufnahme und NSBA bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)	80
Abbildung 34	Zusammenhang zwischen relativer sXF-Aufnahme und NSBA bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)	81

Abbildung 35	Zusammenhang zwischen relativer sXF-Aufnahme und NSBA bei den Milchkühen innerhalb der einzelnen Laktationswochen (n 138)	82
Abbildung 36	Zusammenhang zwischen peNDF (%) und NSBA bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)	82
Abbildung 37	Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf die NSBA der Milchkühe in der Gesamtbetrachtung (138)	83
Abbildung 38	Auswirkung XS - und sXF- Aufnahme auf die NSBA der Milchkühe in der 2. Laktationswoche (n 46)	84
Abbildung 39	Auswirkung XS - und sXF- Aufnahme auf die NSBA der Milchkühe in der 4. Laktationswoche (n 46)	84
Abbildung 40	Auswirkung XS - und sXF- Aufnahme auf die NSBA der Milchkühe in der 9. Laktationswoche (n 46)	85
Abbildung 41	Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf die NSBA der Milchkühe (n 138)	86
Abbildung 42	Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf die NSBA der Milchkühen n der 2. LakW (n 46)	87
Abbildung 43	Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf die NSBA der Milchkühe in der 4. LakW (n 46)	87
Abbildung 44	Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf die NSBA der Milchkühe in der 9. LakW (n 46)	88
Abbildung 45	Zusammenhang zwischen NSBA und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)	89
Abbildung 46	Zusammenhang zwischen ECM und Trockenmasseaufnahme bei Milchkühen in Abhängigkeit der NDF-reichen Futterration (n 57)	93
Abbildung 47	Zusammenhang zwischen ECM und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen in Abhängigkeit der NDF-reichen Futterration (n 57)	94
Abbildung 48	Zusammenhang zwischen ECM und Pansen-pH-Wert in Abhängigkeit der NDF-reichen Futterration in den einzelnen Versuchswochen (n 57)	94
Abbildung 49	Zusammenhang zwischen ECM und Trockenmasseaufnahme bei Milchkühen in Abhängigkeit der XS-reichen Futterration (n 81)	95
Abbildung 50	Zusammenhang zwischen ECM und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen in Abhängigkeit der XS-reichen Futterration (n 81)	96
Abbildung 51	Zusammenhang zwischen ECM und Pansen-pH-Wert in Abhängigkeit der XS-reichen Futterration in den einzelnen Versuchswochen (n 81)	96
Abbildung 52	Zusammenhang zwischen FEQ und Trockenmasseaufnahme innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe (n 57)	98

Abbildung 53 Zusammenhang zwischen FEQ und Trockenmasseaufnahme innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe (n 81) 99
Abbildung 54 Zusammenhang zwischen FEQ und Trockenmasseaufnahme der Milchkühe in den einzelnen Wochen der Laktation (n 138) 100
Abbildung 55 Zusammenhang zwischen FEQ und XS-Aufnahme innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe (n 57) 100
Abbildung 56 Zusammenhang zwischen FEQ und XS-Aufnahme innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe (n 81) 101
Abbildung 57 Zusammenhang zwischen XS-Aufnahme und FEQ der Milchkühe in den einzelnen Wochen der Laktation (n 138) 102
Abbildung 58 Zusammenhang zwischen FEQ und absolute sXF-Aufnahme innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe (n 57) 102
Abbildung 59 Zusammenhang zwischen FEQ und absolute XS-Aufnahme innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe (n 81) 103
Abbildung 60 Zusammenhang zwischen FEQ und absolute sXF-Aufnahme der Milchkühe in den einzelnen Wochen der Laktation (n 138) 104
Abbildung 61 Zusammenhang zwischen FEQ und relativer sXF-Aufnahme innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe (n 57) 104
Abbildung 62 Zusammenhang zwischen FEQ und relativer sXF-Aufnahme innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe (n 81) 105
Abbildung 63 Zusammenhang zwischen FEQ und relativer sXF-Aufnahme der Milchkühe in den einzelnen Wochen der Laktation (n 138) 106
Abbildung 64 Zusammenhang zwischen peNDF und FEQ innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe (n 57) 107
Abbildung 65 Zusammenhang zwischen peNDF und FEQ innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe (n 81) 107
Abbildung 66 Zusammenhang zwischen peNDF und FEQ der Milchkühe in den einzelnen Wochen der Laktation (n 138) 108
Abbildung 67 Zusammenhang zwischen FEQ und Pansen-pH-Wert innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe (n 57) 109
Abbildung 68 Zusammenhang zwischen FEQ und Pansen-pH-Wert innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe (n 81) 109
Abbildung 69 Zusammenhang zwischen FEQ und Pansen-pH-Wert der Milchkühe in den einzelnen Wochen der Laktation (n 138) 110
Abbildung 70 Prozentuale Verteilung des FEQ innerhalb der Versuchswochen in Abhängigkeit der NDF-reiche Futterration (n 57) 111

Abbildung 71 Prozentuale Verteilung des FEQ innerhalb der Versuchswochen in Abhängigkeit der XS-reichen Futterration (n 81) 111
Abbildung 72 Prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts unter Berücksichtigung eines FEQ < 1,1 (n 66) 112
Abbildung 73 Prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts unter Berücksichtigung eines FEQ < 1,1 innerhalb der NDF-reichen Futterration (n 25) 113
Abbildung 74 Prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts unter Berücksichtigung eines FEQ < 1,1 innerhalb der XS-reichen Futterration (n 41) 113

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Empfehlungswerte zur täglichen Versorgung von Milchkühen mit TM, NEL und nXP (KTBL 2009 - DLG-Information 1/2001)	9
Tabelle 2	Gehalte und Beständigkeit der Stärke im Vormagen in verschiedenen Futtermitteln (nach DLG 2001, 2008)	11
Tabelle 3	Orientierungswerte für die Gehalte an Stärke und Zucker in Frischmelker- und Hochleistungsrationen (DLG 2012 und STAUFENBIEL 2007,2016)	11
Tabelle 4	Orientierungswerte sXF-Aufnahme relativ/absolut (HOFFMANN, 2013)	17
Tabelle 5	Benötigte Anteile an peNDF$_{>8mm}$ (%) in Abhängigkeit von TM-Aufnahmen und abbaubarer Stärke in der Ration (GfE 2014)	18
Tabelle 6	Empfohlene Partikelgrößenverteilung (%) in Silage und TMR mittels Schüttelbox (LfL GRUBER Tabelle, Ausgabe 2019)	20
Tabelle 7	Richtwerte der Parameter in der TMR	25
Tabelle 8	Azidosegefährdung beim Wiederkäuer (ULBRICH, HOFFMANN et al., 2004)	28
Tabelle 9	NSBA-Gehalte im Harn in Bezug auf metabolische Azidosegefährdung (ULBRICH, HOFFMANN et al., 2004)	29
Tabelle 10	Referenzwerte der NSBA nach ROSSOW (2003)	32
Tabelle 11	Einfluss der Fütterung auf den Milchfettgehalt (ENGELHARD, 2007)	34
Tabelle 12	Referenzbereiche des FEQ (u.a. LKV; 2012)	35
Tabelle 13	Einfluss von Kohlenhydrate im Pansen (HOFFMANN, 2014)	39
Tabelle 14	Referenzbereiche Pansen-pH-Wert (div. Quellen, zit. bei WEST, 2017)	40
Tabelle 15	Schema für die Ermittlung des Pansenindex (WEST, ENGELHARD; 2017)	41
Tabelle 16	Mittlere Zusammensetzung der Rationen im Fütterungsversuch (% TM der TMR), (ENGELHARD, 2018)	45
Tabelle 17	Mittlere Gehalte der Rationen je kg TM an Energie und ausgewählten Nährstoffen sowie Orientierungswerte der DLG (2012) (ENGELHARD, 2018)	46
Tabelle 18	Schema für die Ermittlung des Pansenindex (WEST, ENGELHARD; 2017)	47
Tabelle 19	Ergebnisse der TMR-Analytik und zur Bestimmung der peNDF (n = 2x 15), (ENGELHARD, 2018)	48
Tabelle 20	Gruppierung Trockenmasseaufnahme (kg/d) (n 138)	49

Tabelle 21	Gruppierung absolute strukturwirksame Rohfaseraufnahme (g/d) (n 138)	50
Tabelle 22	Gruppierung absolute sXF-Aufnahme (g/d) in Abhängigkeit der einzelnen Wochen der Laktation (n/LakW 46)	50
Tabelle 23	Gruppierung der XS-Aufnahmen (g/d) (n 138)	50
Tabelle 24	Gruppierung der XS-Aufnahme (g/d) in Abhängigkeit der einzelnen Wochen der Laktation (n/LakW 46)	50
Tabelle 25	Gruppierung Energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) (n 138)	51
Tabelle 26	Gruppierung Milchfettgehalt (%) (n 138)	51
Tabelle 27	Gruppierung Milcheiweißgehalt (%) (n 138)	51
Tabelle 28	Gruppierung des FEQ (LKV; 2012)	52
Tabelle 29	Anpassung der Gruppierung des Pansen-pH-Werts (Orientierung Literaturrecherche nach WEST, 2017)	52
Tabelle 30	mittlere Aufnahme an Trockenmasse (kg/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	53
Tabelle 31	mittlere Aufnahme an Trockenmasse (kg/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	53
Tabelle 32	mittlere Aufnahme an Stärke (g/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	54
Tabelle 33	mittlere Aufnahme an Stärke (g/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	54
Tabelle 34	relative Stärkeaufnahme (g/kg TM) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	55
Tabelle 35	relative Stärkeaufnahme (g/kg TM) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	55
Tabelle 36	mittlere Aufnahme an absoluter strukturwirksamer Rohfaser (g/d) der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	56
Tabelle 37	mittlere Aufnahme an absoluter strukturwirksamer Rohfaser (g/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	56
Tabelle 38	mittlere Aufnahme an relativer strukturwirksamer Rohfaser g/100kg LM) der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	56
Tabelle 39	mittlere Aufnahme an relativer strukturwirksamer Rohfaser (g/100kg LM) der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	57
Tabelle 40	mittlerer Gehalt an peNDF (%) in der Ration der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	57

Tabelle 41	mittlerer Gehalt an peNDF (%) in der Ration der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	58
Tabelle 42	mittleren Gehalt an Pansen-pH-Wert der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	59
Tabelle 43	mittleren Gehalt an Pansen-pH-Wert der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	59
Tabelle 44	mittleren Gehalt an Netto-Säure-Basen-Ausschidung (NSBA in mmol/l) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	78
Tabelle 45	mittleren Gehalt an Netto-Säure-Basen-Ausschidung (NSBA in mmol/l) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	78
Tabelle 46	mittlerer Gehalt an Milchmenge (kg/d) der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	90
Tabelle 47	mittlerer Gehalt an Milchmenge (kg/d) der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	90
Tabelle 48	mittlere Energie-korrigierte Milchmenge (ECM in kg/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	91
Tabelle 49	mittlere Energie-korrigierte Milchmenge (ECM in kg/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	91
Tabelle 50	mittlerer Fettgehalt (%) in der Milch in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	91
Tabelle 51	mittlerer Fettgehalt (%) in der Milch in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	92
Tabelle 52	mittlerer Eiweißgehalt (%) in der Milch in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	92
Tabelle 53	mittlerer Eiweißgehalt (%) in der Milch in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	92
Tabelle 54	mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) in der Milch in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe	97
Tabelle 55	mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) in der Milch in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation	97
Tabelle 56	Einfluss Laktationsnummer auf ausgewählte Kennzahlen in der Gesamtbetrachtung (n 138)	114
Tabelle 57	Einfluss Laktationsnummer - Jungkühe auf ausgewählte Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation	115

Tabelle 58	Einfluss Laktationsnummer - Zweitkalbskühe auf ausgewählte Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation	116
Tabelle 59	Einfluss Laktationsnummer - Altkühe auf ausgewählte Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation	116
Tabelle 60	Einfluss Versuchsgruppe NDF auf Laktationsnummer Jungkühe - Betrachtung ausgewählter Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation (n 15)	117
Tabelle 61	Einfluss Versuchsgruppe NDF auf Laktationsnummer Zweitkalbskühe - Betrachtung ausgewählter Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation (n 15)	118
Tabelle 62	Einfluss Versuchsgruppe NDF auf Laktationsnummer Altkühe - Betrachtung ausgewählter Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation (n 27)	118
Tabelle 63	Einfluss Versuchsgruppe Stärke auf Laktationsnummer Jungkühe - Betrachtung ausgewählter Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation (n 24)	119
Tabelle 64	Einfluss Versuchsgruppe Stärke auf Laktationsnummer Zweitkalbskühe - Betrachtung ausgewählter Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation (n 21)	120
Tabelle 65	Einfluss Versuchsgruppe Stärke auf Laktationsnummer Altkühe - Betrachtung ausgewählter Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation (n 36)	120

Abkürzungsverzeichnis

aNDF	Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung
a.p.	ante partrum - vor der Geburt
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
d	Tag
DCAB	Dietary Cation - Anionen Balance
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
ECM	Energie-korrigierte-Milchmenge
etc.	et cetera
FEQ	Fett-Eiweiß-Quotient
g	Gramm
h	Stunde
Hz	Hertz
insges.	insgesamt
kg	Kilogramm
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
l	Liter
LakW	Laktationswoche
LKV	Landeskontrollverband
LLG	Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt
LM	Lebendmasse

m	Meter
max.	maximal
mg	Milligramm
min.	minimal
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmol	Millimol
µmol	Mikromol
N	Stickstoff
NEL	Nettoenergie - Laktation
NPN-Verbindung	Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen
NSBA	Netto - Säure - Basen - Ausscheidung
nXP	nutzbares Rohprotein
peNDF	physikalisch effektive Neutral-Detergenzien-Faser
$peNDF_{>8mm}$	physikalisch effektive Neutral-Detergenzien-Faser - Partikel durch Aussiebung größer 8 mm
p.p.	post partrum - nach der Geburt
rel.	relativ
RNB	Ruminale-Stickstoffbilanz
sXF	strukturwirksame Rohfaser
TM	Trockenmasse
TMR	Totale Mischration
u.	und
u. a.	unter anderem

UDP	un-degradable protein - pansenstabiles Protein
XF	Rohfaser
XP	Rohprotein
XS	Stärke
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

In Zeiten von Wetterextremen, geringen Ernteerträgen und den sinkenden Preisen für Rohmilch – in Verbindung mit erhöhten Erzeugerkosten, ist es für einen wirtschaftlich stabilen Milchviehbetrieb unabdingbar, den Fokus auf ein ausgewogenes Fütterungskonzept und eine optimale Tiergesundheit zu legen. Genetisch hohe Milchleistung von 11.000 kg pro Kuh und Jahr sind heutzutage keine Seltenheit, jedoch bringt ein solches Leistungspotenzial auch spezielle Anforderungen mit sich (BRADE et al., 2015). In diesem Zusammenhang darf die Gesundheit der Tiere nicht vernachlässigt werden.

Die Sicherung einer wiederkäuergerechten Versorgung hat die größte Bedeutung bei der Fütterung von Milchkühen. Gerade im ersten Laktationsdrittel gilt es anhand der Fütterung, dass Leistungspotenzial bestmöglich auszuschöpfen sowie gleichzeitig die Begrenzung des Energiedefizits in einem physiologischen Bereich unter Kontrolle zu bringen. Im weiteren Verlauf der Laktation (Hochleistungsphase) muss die Fütterung an den benötigten Energiebedarf angepasst werden. Das Verhältnis zwischen einer optimale Strukturversorgung sowie einer entsprechenden Fütterung leicht verdaulicher Kohlenhydrate spielt hier eine entscheidende Rolle.

Um eine hohe Milchleistung zu erzielen, ist es notwendig eine hohe Energiedicht in Futterration zu erreichen. Dies erfolgt durch den vermehrten Einsatz von Kraftfutter. Bei einem Anstieg leicht verdaulicher Kohlenhydrate steigt jedoch auch das Risiko gesundheitlicher Probleme. Bei der Verdrängung bzw. einem zu geringen Grundfuttereinsatz in der Ration (Struktur) nimmt die Wiederkauaktivität ab, welches wiederum zu einen geringerem Speichelfluss und zum Absinken des Pansen-pH-Werts führt. Es kommt zum Auftreten von Pansenfunktionsstörungen und die Gefahr des Ausbruches einer Pansenazidose steigt. Der wirtschaftliche Schaden der durch Ausbrüche von Pansenfunktionsstörungen entsteht, kann erheblich sein. Demzufolge ist eine optimale und wiederkäuergerechte Strukturversorgung der Milchkühe innerhalb der Laktation essentiell. Die einfachste Bewertung von Struktur in der Ration erfolgt über die Bestimmung des Rohfasergehalts. Da diese Methode jedoch zu ungenau ist, beschäftigten sich PIATKOWSKI und HOFFMANN ab den 1970er Jahren intensiv mit der Strukturwirksamkeit von Futtermittelen und führten in diesem Zusammenhang mehrere Untersuchungen zum Verzehr- und Wiederkauverhalten, zur Wiederkauaktivität sowie Speichelbildung und zur Pansenfermentation bei Rindern und Schafen durch. Aus diesen Forschungsergebnissen wurde das Bewertungssystem strukturwirksame Rohfaser (sXF) entwickelt, welches bis heute eine Beschreibung und Einschätzung der verschiedensten Futtermittel in ihrer

Strukturwirksamkeit darstellt. Jedoch stellte MERTENS (1997, 2000) um die Zweitausendwende erstmalig ein Strukturbewertungssystem vor, bei dem sowohl die analytischen- als auch die physikalischen Eigenschaften der Faser (primär die Partikellängen) berücksichtigt werden. Im System peNDF (physikalisch effektive Neutrale-Detergentien-Faser) wird im Zusammenhang mit der Futteraufnahme und der Aufnahme an fermentierbaren Kohlenhydraten (Stärkeaufnahme), der Gehalt an Struktur in der Ration erfasst.

Ebenso gibt der Gesundheitszustand der Kuh Rückschlüsse über eine optimale Rationsgestaltung. Es lassen sich, unter anderem anhand von Stoffwechselkennzahlen in Form von Harn, Milch- und Pansensaftproben, wesentliche Aussagen erzielen. Ständige Kontrolle und Analysen der Futtermittel auf Inhaltsstoffe und deren Qualität, sind somit für einen Milchviehbetrieb unabdingbar.

Es gilt in dieser Arbeit herauszufinden, welche Auswirklungen die praktische Fütterung von verschiedenen Gehalten an Struktur und leicht verdaulicher Kohlenhydrate in der Ration für die Milchkühe besitzen und welchen Einfluss sie auf ausgewählte Stoffwechselkennzahlen, in den ersten 60 Tagen der Laktation, ausüben.

2 Literatur

2.1 Rationsgestaltung in der Milchviehfütterung

Die Fütterung von Milchkühen stellt an einen landwirtschaftlichen Betrieb hohe Anforderungen. Eine optimale Ausgestaltung der Fütterung beeinflusst die Kosten und die Leistung in der Milchviehhaltung maßgeblich. Optimale Futtermittelqualität sowie eine angepasste Fütterung und ein angepasstes Fütterungssystems, sind Voraussetzungen für eine bedarfsgerechte und leistungssicherende Ernährung der Milchkühe. Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) sichert diese Standards durch gesetzliche Festlegungen von Vorschriften - Grundlage bildet das Futtermittelgesetzbuch (FMG).

Es geht vor allem darum, die vorhanden und gegebenenfalls zugekauften Futtermittel so einzusetzen, dass eine optimale Ausnutzung des Grobfutters und des Kraftfutters gewährleitet sind. Um diese Anforderungen zu erfüllen, stellt die Rationsplanung einen der wichtigsten Bestandteile in der Milchviehfütterung dar. Ohne eine konkrete Rationsberechnung ist eine genaue Fütterung nicht möglich. Durch diese Anwendung können Fütterungsfehler vermieden und die Leistungsfähigkeit der Grundration festgestellt sowie das Kraftfutter gezielt zugeteilt werden. Die betriebsindividuelle Rationsplanung ist die Grundlage für eine langfristige hohe Milchleistung der Kühe bei Aufrechterhaltung von Gesundheit und Fruchtbarkeit.

Um eine optimale Versorgung zu gewährleisten, wird der benötigte Bedarf der Milchkühe in Erhaltungs- und Leistungsbedarf unterteilt. Der **Erhaltungsbedarf** entspricht diejenige Menge an Energie, die ein Tier benötigt, um die lebensnotwendige Stoffwechselprozesse aufrechtzuerhalten (SPIEKERS et al., 2004). Er setzt sich aus dem Grundumsatz zuzüglich dem Energiebedarf für Futteraufnahme, Verdauung, leichte Muskelaktivität und Wärmeregulation zusammen. Der Erhaltungsbedarf wird auf die metabolische Lebendmasse ($LM^{0,75}$) bezogen. Die Ermittlung des Bedarfs erfolgt durch die nachfolgende Gleichung (BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT - BRAUNSCHWEIG; MEYER, Sonderheft 289 - 2. Auflage, 2005):

$$\textit{Erhaltungsbedarf (MJ NEL/Tag)} = 0{,}293 \textit{ je kg } LM^{0,75}.$$

Die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) brachte im Jahr 2001, in Orientierung an unterschiedlichen Lebendmassen, Werte für den Erhaltungsbedarf für Milchkühe heraus. An

einem Bespiel erklärend: Es benötigt eine 700 kg schwere Kuh, eine Aufnahme von 39,9 MJ NEL/Tag, um ihren Erhaltungsbedarf zu decken.

Der **Leistungsbedarf** setzt sich, unter anderen aus dem jeweils erforderlichen Anteil für die Erhaltung, die Milchbildung und ggf. auch für die Lebendmassezunahme und den Energieeinsatz für das Wachstum von Föten und weiteren Geweben im Verlaufe der Trächtigkeit, zusammen. Im Wesentlichen erfolgt die Ermittlung des Leistungsbedarfs jedoch aus der Höhe der Milchleistung.

Nach den Ermittlungen des kalkulierten Bedarfes der Kühe, um Erhaltung und Leistung zu gewährleisten, startet die eigentliche Rationsplanung. Um eine optimale Rationsplanung durchzuführen, müssen u.a. die Protein- und Kohlenhydratversorgung, die Abdeckung mit Struktur und eine ausreichende Mineralstoffversorgung analysiert, kalkuliert und angewandt werden. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird auf einzelne Punkte näher eingegangen.

2.1.1 Anforderung an eine „Totale Mischration“

Die Ermittlung der tatsächlichen Futteraufnahme ist eine wichtige Voraussetzung für eine bedarfsgerechte Versorgung. Die genaue Bewertung gestaltet sich in der Praxis meist schwierig. Unterschiedlichste Faktoren haben einen Einfluss auf die Futteraufnahme, u.a. die Gestaltung der Ration sowie das Fütterungssystems des Betriebes (BAYRISCHE LfL, 2015).

Um eine ausgewogene Versorgung mit Grob-, Saft-, Kraft- und Mineralfutter für die Kühe sicherzustellen, wird die Ration als Mischung auf dem Futtertisch vorgelegt. In vielen landwirtschaftlichen Betrieben hat sich die Anwendung einer „Totalen Mischration“ (TMR) als Fütterungssystems durchgesetzt. Die Grundvoraussetzung einer optimalen und wiederkäuergerechten Fütterung, ist eine homogene Durchmischung der Ration durch den Einsatz eines Futtermischwagens notwendig. Somit kann einer Selektion einzelner Futterkomponenten am Futtertisch entgegengewirkt werden.

Die Anwendung einer TMR stellt aus der ernährungsphysiologischen Sicht eine optimale Fütterungsform dar. Es empfiehlt sich, je nach betrieblichen Verhältnissen, eine Gruppierung der Tiere nach dem jeweiligen Leistungsstand vorzunehmen, um eine mögliche Überkonditionierung der Tiere zu vermeiden. Die TMR-Fütterung kann eine höhere

Futteraufnahme von bis zu 1,5 kg TM/Kuh und Tag bewirken und ebenso zur Steigerung der Milchleistung führen. Weitere Vorteile des Fütterungssystems bei genauer Anwendung, ist die Einsparung des Arbeitsaufwands und der Kosten (SPIEKERS et al., 2004).

Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme

Die Futtermenge, die eine Kuh aufnehmen kann, wird vor allem durch die Größe und des Volumens ihres Verdauungstraktes, sowie die Abbaugeschwindigkeit des Futters in den Vormägen, bestimmt (SPIEKERS et al., 2004). Die Futteraufnahme der Milchkühe besitzt eine gleich große Wichtigkeit wie eine optimale Rationsgestaltung. Eine ausreichende Aufnahme an Futter ist die wichtigste Voraussetzung zur Realisierung der Bedarfsgehalte und zur Vermeidung von Stoffwechselstörungen (ULBRICH; HOFFMANN et al., Fütterung und Tiergesundheit, 2004). Somit wird die Höhe der Futteraufnahme über physikalische, chemische und bedarfsabhängige Einflussgrößen gesteuert.

Die Länder Deutschland, Österreich und Schweiz haben über die Auswertungen von Datenmaterialien aus Fütterungsversuchen, eine Abschätzung der Bedeutung der einzelnen Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme analysiert (GRUBER et al., 2004 - Abbildung 1). Hieraus ergab sich, dass die Ausgestaltung von Futter und Fütterung sowie tierbedingte Faktoren einen entscheidenden Einfluss auf die Futteraufnahme besitzen.

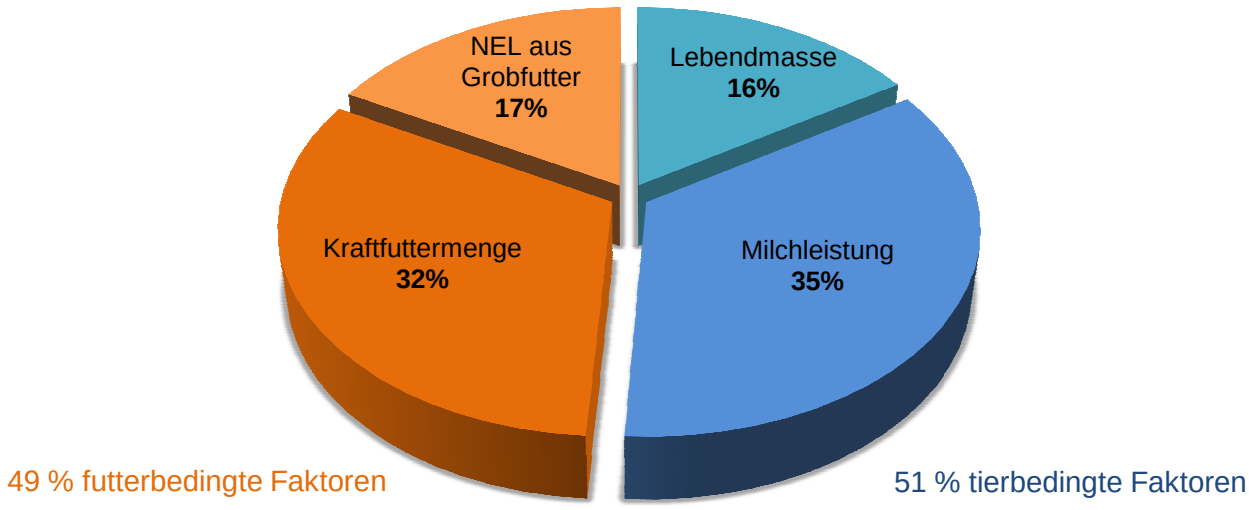

Abbildung 1: Geschätzter Einfluss der tier- und futterbedingten Faktoren auf die Futteraufnahme von Milchkühen ohne Berücksichtigung von Rasse, Region, Management, Laktationsstadium (GRUBER et al., 2004)

Futterbedingte Faktoren

Die Eigenschaften an Futterqualität, die Anteile von Grob- und Kraftfutter und das Fütterungssystem haben Einfluss auf die Aufnahme an Futter. Um eine möglichst hohe Futteraufnahme zu erzielen, ist der ständige Zugang zu einwandfreien Futter zwingend Voraussetzung.

Die **Futtermittelqualität** spielt eine entscheidende Rolle in der Futteraufnahme. Hygienisch einwandfreies Futter ist Voraussetzung für einen optimalen Umfang des Abbaus, die Geschwindigkeit des Abbaus und die Passage im Vormagen (DLG-Information, Ausgabe 1/2006). Als Maßstab bietet sich in der Praxis die **Energiekonzentration** (Nettoenergie-Laktation - NEL) des Futters an. Die Energiekonzentration hängt wesentlich von der Verdaulichkeit ab. Speziell der Energiegehalt und die Verdaulichkeit aus dem Grundfutter haben einen entscheidenden Einfluss auf die Futteraufnahme. Studien haben gezeigt, dass wenn der Gehalt an NEL um 1 MJ je kg TM seigt, erhöht sich die Gesamtfutteraufnahme um ca. 1 kg Trockenmasse je Tag. Der Effekt ist umso größer je weniger Kraftfutter eingesetzt wird. In der Frühlaktation ist der Einfluss der Energiedichte größer als zum Ende der Laktation (DLG-Information, Ausgabe 1/2006).

Einen weiteren Einfluss auf die Futteraufnahme hat der **Trockenmassegehalt** des Grundfutters. Die Mischration sollte ein Trockenmassegehalt von 40 % - 42 % aufweise (GRUBER, 2019). Weiterhin ist eine Grundfuttermenge von mindestens 6 kg TM je Kuh und Tag anzustreben (SPIEKERS et al., 2004). Wird eine zu feuchte Ration gefüttert, kann diese im Mischwagen eher zur Vermusung des Futters führen. Wobei eine zu trockene Futterration sich leichter entmischt und somit den Kühen mehr Raum für eine ungewünschte Futterselektion bietet. KIRCHGESSNER (2011) empfiehlt die Fütterung von Grassilage bei einem TM-Gehalt zwischen 38 % - 42 %, bei Maissilagen zwischen 33 % - 37 %. Der Effekt der Optimierung des Trockenmassegehalts von Silagen wirkt sich positiv auf die Grundfutteraufnahme aus, da sich die Strukturwirksamkeit des Grundfutters bei einem höheren TM-Gehalt verbessert. Eine optimale Verdaulichkeit des Grundfutters hängt jedoch unter anderem vom Schnittzeitpunkt, Konservierungsmethode, Verschmutzungsgrad, Schmackhaftigkeit und der Häcksellänge ab (KIRCHGESSNER, 2011).

Die gefütterte Menge an **Kraftfutter** besitzt ebenso einen erheblichen Einfluss auf die zu realisierende Futteraufnahme. In der Gesamtration sollte ein maximaler Kraftfutteranteil von 60 % der TM-Aufnahme nicht überschreiten werden (SPIEKERS et al., 2004). Die Höhe der Kraftfuttermenge reguliert die Grundfutterverdrängung. Ursache hierfür ist, dass durch eine

höhere Kraftfutterzugabe der pH-Wert im Pansen sinkt, wodurch der Abbau des rohfaserreichen Grundfutters und die Passagerate ebenfalls absinken. Grundfutterverdrängung setzt ja nach Grundfutterart erst bei einer Kraftfuttergaben von > 4 kg ein. Dies hat zur Folge, dass 1 kg Kraftfutter-TM eine Verdrängung von bis zu 0,9 kg Grundfutter-TM führen kann (KIRCHGESSNER, 2011).

Tierbedingte Faktoren

Der Stand der Laktation, die Laktationsnummer, die Lebendmasse, die Milchleistung und der Einfluss der Rasse sind die wichtigsten tierbedingten Faktoren für die Höhe der Futteraufnahme.

Der **Laktationsstand** besitzt die größte Bedeutung für die Futteraufnahme. Zu Beginn der Laktation ist das Pansenvolumen noch verkleinert, durch die geringe Futteraufnahme vor der Kalbung. Ebenso hat die Abbaugeschwindigkeit des Futters noch nicht die volle Intensität erreicht (SPIEKERS et al., 2004). Studien in der Literatur zeigen, dass bei einer gleichen Rationsgestaltung und Leistung im ersten Laktationsmonate eine geringere Aufnahme von bis zu 3,5 kg TM je Kuh und Tag vorherrscht (DLG-Information, Ausgabe 1/2006). Dieser dominierende Einfluss ist der Grund, dass alle weitern Einflussgrößen in Abhängigkeit des Laktationsstandes zu betrachten sind.

Mit der **Lebendmasse** steigt auch die Futteraufnahme. Dieses hängt eng mit dem Volumen der Vormägen und des Pansen sowie mit dem Anstieg des Erhaltungsbedarfs zusammen. Daher können Altkühe mehr Futter zu sich nehmen als Jungkühe (1. Laktation). Die Gründe dafür sind, dass sie noch nicht vollkommen ausgewachsen und somit ihr Verdauungstrakt noch nicht voll ausgebildet ist (DLG-Information, Ausgabe 1/2006). Eine weitere Einflussgröße in diesem Zusammenhang ist der Abbau und Ansatz von Köpermasse. Kühe mit einem stärkeren Fettansatz fressen, laut Untersuchungen, meist schlechter (DLG-Information, Ausgabe 1/2006).

Das **Milchleistungsniveau** beeinflusst ebenfalls die Futteraufnahme. Mit einer steigenden Milchleitung geht auch die Steigung der Futteraufnahme einher. Allerdings erhöht sich auch die Anforderung an die Ration, da das Pansenvolumen nicht im gleichen Maße zunimmt. Dies bedeutet, dass gerade zur Beginn der Laktation bei hoher Milchleistung die Gestaltung weiterer Faktoren wichtig sind, um eine ausreichende Futteraufnahme zu realisieren (DLG-Information, Ausgabe 1/2006).

Die **Rasse** der Kuh, hat ebenso Einfluss auf die Trockenmasseaufnahme. Untersuchungen belegen, dass die Ausrichtung innerhalb der Rasse bezüglich ihres Standortes einen großen Einfluss hat. Unterschiedliche Haltungsformen, standortabhängige Klimabedingungen, die sich auf die Futterqualitäten auswirken. Aber auch unterschiedliche genetische Veranlagung bezüglich des Rahmens, des Pansenvolumens und der Milchleistung sind Einflussgrößen die die Futteraufnahme regulieren.

Management

Neben den tier- und futterbedingten Faktoren, besitzt einen erheblichen Einfluss auf die realisierende Futteraufnahme, die Betrachtung des einzelbetrieblichen Futter- und Herdenmanagements. Wichtige Einzelfaktoren, bezüglich des Futters und der Fütterung sowie das gesamte Silo- und Futtertischmanagement sind zu berücksichtigen. Eine gezielte Vorbereitung auf die Laktation und Überprüfungen des Gesundheitszustandes der Milchkühe sind entscheidende Ansatzpunkte für die Ausschöpfung des Futteraufnahmevermögens. Diesbezüglich sind für eine praktische und optimale Rationsgestaltung ein kontrolliertes Betriebs- und Herdenmanagementsystems unerlässlich.

Unterschiedliche Einflussfaktoren, wie vorher beschrieben, bestimmen die Futteraufnahme der Milchkühe. Demensprechend sich anzustrebende Futteraufnahmen für Milchkühe nach GRUBER et. al (2019) in der Anfütterungsphase bzw. bei den Frühlaktierenden (1 bis 40 Tag p.p.) zwischen 13,0 - 22,0 kgTM/d empfehlenswert. Futteraufnahmen zwischen 20 und 25 kgTM/d sind nur bei hervorragender Grundfutterqualität und ad-libitum-Angebot zu erreichen (KTBL, 2009). Gerade im ersten Laktationsdrittel ist die „Ausfütterung“ der Milchkühe durch eine begrenzte Futteraufnahmekapazität eingeschränkt. Erstkalbinnen nehmen prinzipiell weniger Trockenmasse auf als ältere Kühe (GRUBER et al., 2006). Die Aufnahmekapazität der Trockenmasse beträgt nur 80 % gegenüber Altkühen. Weiter Erklärungen zu dieser Problematik werden unter dem Kapitel 2.3.5 in dieser Arbeit etwas näher erläutert.

KTBL (2009) gibt Empfehlungen zur täglichen Versorgung von Milchkühen in Hinblick auf Trockenmasseaufnahme, Energie (NEL) und nutzbaren Rohprotein (nXP) in Abhängigkeit der Milchleistung (kg/d) heraus (Tabelle 1).

Tabelle 1: Empfehlungswerte zur täglichen Versorgung von Milchkühen mit TM, NEL und nXP (KTBL 2009 - DLG-Information 1/2001)

Vorgabe: 4,0 % Milchfett; 3,4 % Milcheiweiß			
Milchmenge	**TM-Aufnahme**	**NEL**	**nXP**
kg/Tag	**kg/Tag**	**MJ/kg TM**	**g/kg TM**
20	**16 - 17**	**6,4**	**137**
30	**19 - 20**	**6,8**	**155**
40	**23 - 24**	**7,1**	**167**
45	**25**	**7,2**	**173**

2.1.2 „leicht lösliche Kohlenhydrate“ in der Milchviehfütterung

Je höher die Leistung der Milchkuh, umso wichtiger wird die Differenzierung der Kohlenhydratversorgung in der Milchviehfütterung. Besonderes Augenmerk liegt bei der Abdeckung des hohen Energiebedarfs mit einhergehender begrenzter Futteraufnahme, vor allem im ersten Laktationsdrittel der Milchkühe. Um den Anforderungen gerecht zu werden, bestehen in der Fütterungspraxis verschieden Ansätze zur Steigerung der Energiekonzentration in der Ration. Eine besondere Energiequelle für die Wiederkäuer stellt die Verwendung von Stärke und Zucker dar. Zucker und Stärke gehören zu den leicht verdaulichen/löslichen Kohlenhydraten. Diese sind meist durch eine schnellere Abbaugeschwindigkeit und Passagerate gekennzeichnet (SPIEKERS et al., 2004). Der Abbau kann auf unterschiedlichen Arten erfolgen und wird im weitern Verlauf näher erläutert.

2.1.2.1 Unbeständige Stärke und Zucker

Unbeständige Stäke wird im Pansen abgebaut und dient den Pansenbakterien als Energiequelle. Der Großteil der zugeführten Stärke wird im Pansen zu flüchtigen Fettsäuren, vor allem zu Propionsäure, fermentiert. In der Leber wird dann aus der Propionsäure Glucose gebildet, welches als Energielieferant und wichtig für die Milchproduktion ist. Dieser Weg des Abbaus geht jedoch meist mit einem höheren Energieaufwand einher (KOCH; PRIES, 2009). Daher ist die Menge an leicht löslichen pansenverfügbaren Kohlenhydraten nach oben insgesamt zu begrenzen. In der Gesamtration sollte nach SPIEKERS et al. (2004) bis zu 250 g/kg TM unbeständiger Stärke und Zucker enthalten sein. ENGELHARD (2007) gibt einen Toleranzbereich von 22 % bis max. 28 % (davon min. 5 % beständige Stärke) Stärke und Zucker in der Gesamtration vor. Werden höhere Gehalte von der Kuh

aufgenommen kann dies zu einer Abnahme des Grobfutteranteils führen. Durch eine höhere Aufnahme an unbeständiger Stärke, kommt es bei der Fermentierung im Pansen, in kurzer Zeit, zu einer Pansenübersäuerung (Acidose), was einen Abfall des pH-Wertes zur Folge hat. Übersäuerung im Pansen bewirkt einen Rückgang des Michfetts und vermindert die Futteraufnahme und kann langfristig zu einer Schädigung der Pansenschleimhaut und zur Beeinträchtigung der Klauengesundheit führen (SPIEKERS et al., 2004).

Zucker

Einen ähnlichen Effekt, wie die unbeständige Stärke, hat die Aufnahme von Zucker. Zucker gehört, wie die unbeständige Stärke zu den leicht fermentierbaren (löslichen) Kohlenhydraten. Beim Zucker werden Gehalte von SPIEKERS et al. bis zu 75 g/kg TM in der Gesamtration empfohlen und als unproblematisch angesehen. Dies sind zum Beispiel bei einer Trockenmasseaufnahme von 22 kg, 1.650 g Zucker je Tag, was die Milchkuh aufnimmt. Bei höheren Gehalten muss die Ration genauer geprüft werden, um Problem in der Futteraufnahme, der Kotkonsistenz sowie eine Pansenübersäuerung (Acidose) zu vermeiden (SPIEKERS, POTTHAST, 2004). Eine Mindestanforderung an Zucker gibt es nicht. Obwohl gewisse Mengen sich an Zucker positiv auf die mikrobielle Synthese auswirken können und eine höhere Futteraufnahme beeinflussen. Ebenfalls kann sich eine Steigerung des Milchfettgehalts einstellen.

2.1.2.2 Beständige Stärke

Um den hohen Energie- und Glukosebedarf, vor allem im ersten Drittel der Laktationsphase abdecken zu können und eine Pansenübersäuerung durch zu hohe Kraftfuttergabe und unbeständiger Stärke und Zucker entgegenzuwirken, werden teilweise Komponenten mit einem höheren Rohfasergehalt oder sogenannter „Bypass-Stärke“ eingesetzt. Beim letzteren handelt es sich um beständige Stärke, solche die relativ langsam und unvollständig im Pansen abgebaut wird und dadurch größere Mengen den Dünndarm erreichen. Die Menge schwankt nach SPIEKERS et al. (2004) zwischen 10 % und 45 %. Im Dünndarm wird die ankommende beständige Stärke dann enzymatisch zu Glucose und Disaccharide abgebaut und steht der Kuh direkt als Energielieferant zur Verfügung. Es stimuliert die Bildung von Milchzucker und Milcheiweiß. Mais ist hier als wichtigster Vertreter für die beständige Stärke zu nennen (KOCH; PRIES, 2009). Bei Maissilage ist zu beachten, dass mit steigender Ausreife des Maiskorns der Stärkegehalt und die Beständigkeit der Stärke ansteigt. Es sollte die Beständigkeit auf maximal 30 % beschränken werden, um eine Überversorgung an

Stärkebeständigkeit bei der Maisfütterung zu vermeiden (SPIEKERS, POTTHAST, 2004). Beachtet werden sollte, dass verschieden Futtermittel in ihrer Stärkebeständigkeit variieren. Beispiele sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Gehalte und Beständigkeit der Stärke im Vormagen in verschiedenen Futtermitteln (nach DLG 2001, 2008)

Futtermittel	Stärke (g/kg TM)	Beständigkeit der Stärke (%)
Körnermais	694	42
Weizen	823	15
Maissilage, ca. 55% TM im Korn	210 - 300	10
Maissilage, ca. 60% TM im Korn	> 300	15

Weiterhin zu beachten ist jedoch, dass die Verdauungsleistung des Dünndarms zwar gut, jedoch nicht grenzenlos ist. Untersuchungen haben ergeben, dass die maximale Verdauungsleistung des Dünndarms bei 1.500 g beständiger Stärke pro Tag liegt (SPIEKERS, POTTHAST, 2004). Dies bedeutet z.B., wenn eine hochlaktierende Kuh 25 kg TM pro Tag frisst, entspricht dies einem maximalen Gehalt an beständiger Stärke von 6-7 % in der Gesamtration. Eine Überversorgung an „Bypass-Stärke“ (beständige Stärke) kann auf langer Sicht zur Verfettung der Milchkühe führen.

In der folgenden Tabelle 3 sind die Orientierungswerte für eine optimale Rationsgestaltung beziehend auf Stärke, Zucker, unbeständige Stärke mit Zucker sowie beständige Stärke in Frischmelker und- Hochleistungsrationen aufgelistet.

Tabelle 3: Orientierungswerte für die Gehalte an Stärke und Zucker in Frischmelker- und Hochleistungsrationen (DLG 2012 und STAUFENBIEL 2007,2016)

		Frischmelker		Hochleister	
		DLG	STAUFENBIEL	DLG	STAUFENBIEL
Stärke	**g/kg TM**		180 - 230		180 - 230
Zucker	**g/kg TM**	< 65	< 60	< 75	60 - 75
unbeständige Stärke + Zucker	**g/kg TM**	< 230		< 250	
beständige Stärke	**g/kg TM**	30 - 60	40 - 60	25 - 50	30 - 60
Stärke + Zucker	**g/kg TM**	≤ 270	240 - 290	≤ 290	240 - 290

2.1.3 Proteinversorgung

Eine effiziente Proteinversorgung von Milchkühen, ist unter andern für eine optimale Bedarfsdeckung im Rahmen der Leistungsfütterung sowie für die Sicherung der Tiergesundheit und Reproduktionsfähigkeit, bedeutend (ENGELHARD, 2016). Für die Eiweißverdauung ist nicht nur das Rohprotein (XP) des Futters entscheidend, sondern vor allem, das darin enthaltende nutzbare Rohprotein (nXP). Ebenso spielen aber auch das unabgebautes Futterprotein (UDP) sowie die Ruminale Stickstoffbilanz (RNB) in Zusammenhang mit der Proteinversorgung eine entscheidende Rolle.

Die Ausgangsbasis der Betrachtung für die Proteinverdauung des Wiederkäuers ist die Umsetzung des Rohproteins, vor allem im Pansen und Darm. Das XP wird im Pansen von Mikroben zu Aminosäuren und unter anderen zu Ammoniak (NH_3) umgewandelt. Die Mikroorganismen des Pansens benutzen als Stickstoffquelle zum Aufbau ihrer eigenen Proteine jedoch nicht nur das XP aus dem Futter, sondern auch endogene und futterspezifische Nicht-Protein-Stickstoffverbindungen (NPN-Verbindungen). Hier entsteht ebenfalls, durch den mikrobiellen Abbau, Ammoniak. Der restliche Anteil wird zur Umsetzung für das Mikrobenprotein verwendet. Ebenso dienen Kohlenhydrate als Energiequelle. Sie sind für die mikrobielle Proteinsynthese, sowie für das Wachstum der Mikroben und für Verfügbarkeit von Stickstoff genauso verantwortlich. Viele Untersuchungen machten deutlich, dass die mikrobielle Proteinsynthese mit zunehmender Energieversorgung linear ansteigt (KIRCHGESSNER, 2011). Das gebildete Mikrobenprotein wird weitergeleitet in den Dünndarm, ebenso das UDP, welches nicht im Pansen, sondern nur im Darm abgebaut wird. In der Gesamtration sollte der Zielwert an UDP zwischen 25 % bis 30 % liegen (RICHARDT, 2009). Beim Wiederkäuer ist das verfügbare Protein, auch nutzbare Rohprotein (nXP) genannt, die entscheidender Größe für eine ausreichende Proteinversorgung. Das nXP setzt sich aus den zwei Komponenten, dem UDP und dem gebildeten Mikrobenprotein zusammen und steht somit der Kuh als nutzbare Proteinquelle zur Verfügung. Das nXP und den daraus gebildeten Aminosäuren, dienen der Milchkuh vordergründlich für die Bildung von Milcheiweiß. Ein kleinerer Teil der Aminosäuren wird zu Bildung von Körpereiweiß, speziell für das Muskelwachstum, genutzt. Dies gilt insbesondere für wachsende Tiere in der ersten Laktation (SPIEKERS, 2004). Zu Beginn der Laktation, speziell bei Färsen (Jungkühe), ist die Voraussetzung einer ausreichenden Futteraufnahme meist nicht gewährleistet. Der Abbau von Körpersubstanzen und geringeren Milcheiweißgehalten sind die Folge. Hierdurch steigt die erforderliche Konzentration an nXP je kg TM. SPIEKERS et al. (2004) empfiehlt für Leistungen von 45 kg Milchmenge bei Frischmelkern einen nXP-Gehalt von 175 g/kg TM.

Laut HOFFMANN (2012) sollte sich der durchschnittliche nXP-Gehalt für Milchkühe bei ca. 160 g/kg TM befinden und der XP-Gehalt zwischen 155 - 170 g/kg TM liegen. Die DLG empfiehlt bei frischmelkenden Milchkühen ein nXP-Gehalt zwischen 160 - 170 g/kg TM und bei Hochleistern 150 g/kg TM. Die empfohlene Anpassung der nXP-Aufnahme (g je kgTM/d) nach KTBL, in Abhängigkeit der Milchleistung, wird in Tabelle 1 im Kapitel 2.1.1 dieser Arbeit, veranschaulicht.

Für die Ermittlung einer bedarfsgerechten Proteinversorgung darf die Berücksichtigung der Ruminalen-Stickstoffbilanz (RNB) nicht fehlen. Diese Zahl gibt an, ob neben der Energiemenge auch genügend Stickstoff für die Bildung von Pansenmikroben vorhanden ist. Da das gebildete Ammoniak, unter anderem bei der Proteinsynthese zelltoxisch wirkt, wird es rasch über das Blut in der Leber transportiert und zu Harnstoff umgewandelt. Anteile dieses Harnstoffes werden, über den Harn und die Milch der Kuh, wieder ausgeschieden. Optimalbereich für den Milchharnstoffgehalt befindet sich nach dem Fütterungsmanagement der LLG in Iden (2016) zwischen 180 - 220 mg/l und nach LOSAND (2016) zwischen 150 - 250 mg/l. Die anderen Anteile des Harnstoffes gelangen in die Speichelflüssigkeit oder diffundieren zurück in den Pansen. Dort wird der Harnstoff dann wieder in Ammoniak gespaltet und steht den Pansenmikroben als Stickstoffquelle zur Verfügung. Zu beachte ist, dass verschiedene Futtermittel, unterschiedliche RNB-Werte haben. Als Beispiel kann hier Maissilage verwendet werden. Maissilage ist ein energiereiches und proteinarmes Futtermittel. Es weist einen negativen RNB-Wert auf. Dies bedeutet, dass die Stickstoffmenge im Pansen nicht ausreicht, um aus dieser Ration die möglichen Mikrobenproteinmengen zu bilden. Der RNB-Wert ist somit ein Parameter für das Energie : Eiweiß - Verhältnis (LIKRA - Fachinformation Milchviehfütterung, 2013). Nach STAUFENBIEL (2007) und auch HOFFMANN (2012) sollte sich die RNB in der Ration zwischen 0 bis maximal + 2 g/kg TM befinden. Nach ENGELHARD (2016) sollte der Zielbereich zwischen - 20 g und + 30 g je Kuh und Tag liegen. Eine positive RNB besitzt eine höhere N-Freisetzung aus dem Futter, die für die mikrobielle Proteinsynthese verwertet werden kann (Grassilage). Eine negative RNB drückt aus, dass weniger N im Pansen verfügbar ist, als für die Proteinsynthese erforderlich wäre (Maissilage) (SCHOLZ, 2012).

Mögliche Folgen bei einer nicht bedarfsgerechten Rohproteinversorgung können bei einer Überversorgung Klauenentzündungen, Fruchtbarkeitsstörungen, Alkalose und eine starke Belastungen von Leber und Nieren hervorrufen. Bei einer Unterversorgung kann es zu einer Reduzierung der Futteraufnahme, sowie Einschränkungen in den mikrobiellen Synthesen (u.a. nXP) führen (ENGELHARD, 2016).

2.1.4 Strukturversorgung in der Milchviehfütterung

HOFFMANN (1983, 1990) fasste einst zusammen: „Die Strukturwirksamkeit einer Ration ergibt sich aus der Futtermittelstruktur der Einzelkomponenten entsprechend ihrer Mengenanteil in der Ration. Die Futtermittelstruktur ist die Summe von Eigenschaften eines Futtermittels die durch die physikalische Form und den Gehalt an Strukturstoffe des betreffenden Futtermittels gekennzeichnet wird."

Dies drückt aus, dass Wiederkäuer zur Aufrechterhaltung ihrer normalen Pansenfunktion neben der Zufuhr adäquater Mengen fermentierbarer Nährstoffe, u.a. Zucker, Stärke und Eiweiß, auch eine ausreichenden Aufnahme an „strukturiertem Futter" benötigen. Als Strukturfutter werden grundsätzlich Grundfuttermittel bezeichnet, die einen gewissen Fasergehalt aufweisen. Eine Rolle spielt hier die Zusammensetzung der Kohlenhydratfraktionen der Gesamtration, die physikalischen Eigenschaften der Futterpartikel (Länge, Steifheit) sowie die ruminale Abbaudynamik der einzelnen Fraktionen (STEINGASS, ZEBELI, 2008).

Wie im vorherigen Verlauf dieser Arbeit schon erwähnt, steigt mit zunehmendem Leistungsniveau der Milchkühen ebenso der Energiebedarf linear an. Die physiologische Grenze der Futteraufnahmekapazität der Tiere liegt jedoch als eingrenzender Faktor gegenüber (GRUBER et al., 2001). Eine bedarfsgerechte Versorgung mit steigender Leistung ist somit nur sicherzustellen, wenn die Erhöhung der Energiekonzentration erfolgt. Dies kann aber nur in einem gewissen Rahmen erfolgen, um den Gesundheitszustand der Kühe nicht zu gefährden. Denn die Fütterung größerer Mengen an schnell fermentierbarer Kohlenhydrate (Stärke), für eine Erhöhung der Energiekonzentration, führt zu einem schnellen Anstieg an kurzkettigen Fettsäuren im Pansen und dadurch zu einem schnelleren Absinken des Pansen-pH-Wertes (NOCKEK, 1997). Demzufolge ist eine Mindestanforderung mit strukturiertem Futter für die Gesunderhaltung des Pansen und des Tieres unumgänglich (STEINGASS, ZEBELI, 2008). Um somit eine Bedarfsableitung für eine ausreichende Strukturversorgung zu erstellen, müssen zum einen die physiologischen Reaktionen des Tieres, die einen Strukturmangel charakterisieren, definiert werden. Zum anderen muss das Futter in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften quantifiziert werden. Als physiologische Kennzahlen dienen die Messungen der Kauaktivitäten, der Milchfettgehalt oder der pH-Wert im Pansen (KIRCHGESSNER, 2011). Zu den physikalischen und chemischen Eigenschaften, werden häufig der Gehalt an Rohfaser oder Detergenzienfaser herangezogen, bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Partikellängen des Futters (STEINGASS, ZEBELI, 2008).

Grundvoraussetzung ist eine ausgewogene und wiederkäuergerechte Versorgung der Milchkuh. Bei einer Unterversorgung mit Struktur kommt es, wie schon erwähnt, zum Absinken des Pansen-pH-Werts, welches über einen längeren Zeitraum zu einer subakuten Pansenazidose führen kann (ZEBELI, 2008). Des Weiteren führen geringe Futterstrukturen zu einer Verminderung der Wiederkauzeit und Speichelsekretion. Demzufolge kommt es zu einer geringeren Pansenmotorik mit einhegend schlechterer Durchmischung des Panseninhaltes. Dies führt zu einer Veränderung des Essigsäure : Propionsäure - Verhältnisses.

Eine Überschreitung des Bedarfes an strukturreichem Futter führt zu einem Rückgang der Trockenmasseaufnahme. Grund ist die vermehrte Wiederkauaktivität, welches die verminderte Futteraufnahme fördert (ZEBELI et al. 2015). Vor allem in der Frühlaktation sollte darauf geachtet werden, dass die Kühe keinen zu hohen Anteil an Strukturfutter in der Ration erhalten. Das in dieser Phase der Laktation bereits reduzierte TM-Aufnahmevermögen, mit der meist einhergehenden starken negativen Energiebilanz, würde durch mehr Struktur im Futter nur verstärkt werden. Demzufolge ist es wichtig das Verhältnis an Struktur und Energie entsprechend in der Ration anzupassen, um gesundheitliche Schäden (Ketose, Fettleber) sowie einen Rückgang bei der Milchleistung und den Milcheiweißgehalten zu vermeiden (LIKRA - Fachinformation Milchviehfütterung, 2013).

Im weitern Verlauf dieser Arbeit werden ein paar gegenwärtige Systeme zur Strukturbewertung dargestellt.

2.1.4.1 Strukturwirksame Rohfaser

Seit Beginn der 1970er Jahre beschäftigten sich PIATKOWSKI (speziell bei Rindern) und HOFFMANN (speziell bei Schafen) mit diversen Untersuchungen zum Verzehr- und Wiederkauverhalten, zur Wiederkauaktivität und Speichelbildung sowie zur Pansenfermentation. Die Ergebnisse der Untersuchungen trugen dazu bei, dass Einschätzungen zur Strukturwirksamkeit bei den verschiedensten Futtermitteln festgestellt werden konnten. Die Messungen und Ergebnisse haben zur Formulierung des Bergriffes „strukturwirksame Rohfaser“ (sXF) geführt (HOFFMANN 1990, PIATKOWSKI et al. 1990). Als strukturwirksam gilt ein trockenes und in Wasser weitestgehend beständiges Futterpartikel von mindestens 8 mm Länge bei Rindern. Als Basis für die Berechnung der sXF dient der ermittelte Gehalt an Rohfaser (XF). Dieser wird im Labor über das Verfahren der Weender Analyse (HENNEBERG; STOHMANN, 1860) analytisch für die Bestimmung

der Futtermittelstruktur ermittelt. Die Rohfaser ist, analytisch bedingt, ein heterogenes Gemisch aus Faserstoffen und verschiedenen Kohlenhydraten (HOFFMANN, 2013). In der Gesamtration sollten mindestens 15 - 17 % XF in der TM enthalten sein (ENGELHARD, 2007). Die wesentliche Bedeutung von Rohfaser liegt in der Bildung von Essigsäure, woraus zum Großteil das Milchfett gebildet wird. Etwa 70 % des Milchfetts wird aus Essigsäure gebildet. Ein optimales Verhältnis ist Essigsäure zu Propionsäure von 3 zu 1 (LIKRA, Fachinformation Milchviehfütterung, 2013). Für die Berechnung der sXF wird zusätzlich zu dem ermittelten Gehalt an Rohfaser, wird ein jeweiliger Strukturfaktor, multipliziert. Je nach Futtermitteltyp, Vegetationsstadium und Zerkleinerungsgrad kommen unterschiedliche Strukturfaktoren zur Anwendung (STEINGASS, ZEBELI, 2008). Dieser Faktor schwankt zwischen Werten von 0 für Kraftfutterstoffe (keine Struktur) und 1,5 für Langstroh (sehr strukturreich). Abstufungen des Strukturfaktors erfolgen mit 0,25 und werden für geringere XF-Gehalte oder für kürzere Partikellängen vorgenommen (GfE, 2001). Dies bedeutet, dass eine Grassilage (lang) mit 26 % TM einen Strukturfaktor von 1,00 aufweist, wobei eine qualitativ gleichwerte Grassilage, nur in gehäckselter Form, ein Strukturfaktor von 0,75 enthält (HOFFMANN, 2013). Somit ergibt sich für die Berechnung der strukturwirksamen Rohfaser zusammenfassend folgende Formel:

sXF = XF * Strukturfaktor

Der Bedarf an sXF wird auf die Lebendmasse der Tiere bezogen und mit 400 g je 100 kg LM angegeben (STEINGASS, ZEBELI, 2008). In der Gesamtration sollte mindestens 10 - 13 % sXF enthalten sein (ENGELHARD, 2007). Nach HOFFMANN (2013) sollten Kühe mindestens 300 g sXF je 100 kg LM nur für kurze Zeiträume (z.B. 14 Tage) aufnehmen, um gesundheitliche Störungen nicht entstehen zu lassen. Die maximale Aufnahme sollte bei 500 g je 100 kg LM liegen. Höhere sXF-Aufnahmen sind nicht zu empfehlen um eine verminderte Verdaulichkeit und Futteraufnahme zu vermeiden. In der Tabelle 4 sind die Orientierungswerte für die sXF-Aufnahme übersichtlich dargestellt.

Tabelle 4: Orientierungswerte sXF-Aufnahme relativ/absolut (HOFFMANN, 2013)

je 100 kg LM/Tag	mindestens ≥ 300 g	optimal 400 g (350 g - 450 g)	maximal ≤ 500 g
Lebendmasse (kg)		**kg je Tier und Tag**	
550	1,7	2,2	2,8
600	1,8	2,4	3,0
650	2,0	2,6	3,2
700	2,1	2,8	3,5
750	2,3	3,0	3,8

2.1.4.2 Physikalisch effektive Neutrale-Detergenzien-Faser

Die Neutrale-Detergenzien-Faser (NDF) ist eine internationale Kenngröße zur Beurteilung der Futterstruktur. Die Bestimmung des NDF-Gehalts erfolgt über die Futtermittelanalyse nach VAN SOEST (1964, 1967). Bei der Ermittlung der NDF erfolgt die Lösung der Zellinhaltsstoffe, wodurch die Gesamtheit der Gerüstsubstanzen erfasst wird. Unter dem Begriff NDF ist die Summe der Zellwandbestandteile (pflanzlichen Gerüstsubstanzen) Hemizellulose, Zellulose und Lignin zusammengefasst. Jedoch befinden sich noch einige Rückstände von Stärke und diversen Partikeln in dem analysierten Gehalt NDF. Daher wird von heutigen Fütterungsexperten, als Parameter zu Beschreibung der Strukturwirksamkeit bzw. zur Sicherung des idealen Pansenmilieus, zunehmend der korrigierte Gehalt aNDFom favorisiert. Der Gehalt an Futter-NDF wird korrigiert, indem man den Stärkegehalt durch eine Enzymbehandlung (Amylase) entfernt und den Gehalt aNDF erhält. Zusätzlich wird bei der aNDF die Veraschung des Trockenrückstandes durchgeführt und man erhält den Gehalt der aNDFom („om“ bezieht sich auf organisches Material oder aschefrei). Nach STAUFENBIEL (2007, 2016) wird ein Gehalt von mindestens 300 g/kg TM in der Futterration empfohlen. Die DLG (2012) gab Empfehlungswerte bei einer Frischmelkerration von ≥ 300 g/kg TM und bei Hochleistungsration von ≥ 280 g/kg TM für Milchkühe heraus.

Wie bei der Rohfaser ist jedoch der analysierte Gehalt an aNDFom allein nicht immer explizite ausreichend zur Bestimmung einer optimalen Strukturversorgung, da die physikalischen Eigenschaften des Futters unberücksichtigt bleiben. Mit der physikalisch effektiven NDF (peNDF) stellte MERTENS (1997, 2000) erstmalig ein System vor, bei dem der chemisch analysierte Gehalt an aNDFom und die physikalischen Eigenschaften der Faser (primär die Partikellängen) des Futtermittels verknüpft werden. In der amerikanischen Futterbewertung setzte sich dieses System zur Strukturbewertung schon frühzeitig durch

(SALEWSKI, 1998). Erst seit dem Jahr 2014 wurde das Bewertungssystem der peNDF zur Beurteilung der Ration von Milchkühen hinsichtlich der Strukturversorgung durch die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) auch in Deutschland offiziell anerkannt.

Der Gehalt an peNDF in der Ration sollte nach MERTENS (1997) bei mindestens 20 % in der TM liegen. Dieser Wert leitet sich aus einem Milchfettgehalt von 3,4 % und einem mittelern Pansen-pH-Wert von 6,0 ab. Dieser Wert erscheint jedoch für deutsche Verhältnisse zu niedrig angesetzt, da ein Milchfettgehalt in Deutschland meist um die 4 % angestrebt wird. Außerdem sind für die Strukturbewertung einer Ration nicht nur der mittlere Pansen-pH-Wert von Bedeutung, sondern vor allem die Schwankungen im Tagesverlauf. Der pH-Wert im Pansen sollte nicht länger als maximal 6 h/Tag unter einem Wert von 5,8 fallen, um eine subklinische Acidose zu vermeiden (STEINGASS; ZEBELI, 2008). Im Tagesmittel sollte der Pansen-pH-Wert bei > 6,15 liegen. STEINGASS und ZEBELI et al. (2012) gaben diesbezüglich heraus, dass die Versorgung an Struktur in der Ration bei einem Gehalt von mindestens 18 % peNDF in der TMR garantiert wird. Ebenfalls von Bedeutung bei der Ermittlung des peNDF-Gehalts, sind die Gehalte an pansen-abbaubarer Stärke (unbeständige Stärke). Mit steigendem Anteil in der Ration an abbaubarer Stärke, sollten auch die Anteile an peNDF zunehmen. Die Tabelle 5 zeigt in Abhängigkeit der verschiedenen TM-Aufnahmen und dem Gehalt pansen-abbaubarer Stärke, die benötigten Anteile an peNDF in der Ration an. Die Bedarfszahlen wurden auf Basis eines ruminalen pH-Werts von 6,2 ermittelt (STEINGASS; PRIESMANN, 2010).

Tabelle 5: Benötigte Anteile an $peNDF_{>8mm}$ (%) in Abbhänigkeit von TM-Aufnahmen und abbaubarer Stärke in der Ration (GfE 2014)

Stärkegehalt (%) der Gesamtration	TM-Aufnahme (kg/Kuh/Tag)			
	18	**20**	**22**	**24**
14	12	13	15	16
18	14	15	17	18
22	16	17	19*	21*
26	18	20*	22*	22*

* peNDF Gehalte über 18 % können die Futteraufnahme limitieren

Anhand der Tabelle 5 ist schlussfolgernd zu sagen, dass für deutsche Verhältnisse, bei einem Milchfettgehalt von 4 % und jeweils anzustrebender Aufnahmen an Stärke und Trockenmasse, der entsprechende peNDF-Gehalt in der Ration um die 20 bis 22 % liegen sollte (STEINGASS; PRIESMANN, 2010).

Die Bestimmung des peNDF-Gehalts lässt sich in der Praxis mittels Penn State Particle Separator (PSPS), umgangssprachlich auch Schüttelbox genannt, ermitteln. Dadurch kann die Beurteilung der „Strukturwirksamkeit“, speziell die Partikelgrößenverteilung von der TMR und dem Grobfutter erfasst werden. KONONOFF et al. (2003) empfiehlt die Anwendung eines Geräts mit drei Siebböden mit den Größen 19 mm und 8 mm Rundloch sowie 1,18 mm Quadratloch. Zusätzlich definiert er die Anwendung bzgl. Hublänge (17 cm), Frequenz (≥ 1,1 Hz) und Zahl der Bewegung (insges. 40; 2x5 in jede Richtung) um eine bessere Standardisierung der Ergebnisse zu erzielen. Nach PIATKOWSKI und HOFFMANN et al. (1983, 1990) definieren Futterpartikellängen ≥ 8 mm die Strukturwirksamkeit bei Rindern. Demzufolge wird für die Bestimmung der $peNDF_{>8mm}$ prozentual die Anteile von den Inhalten der Fraktionen aus dem 19 mm und 8 mm Sieb verrechnet (LAMMERS et al. 1996). Die Berechnungsformel für die Bestimmung des peNDF-Gehalts, veranschaulicht Abbildung 2.

Abbildung 2: Berechnungsformel $peNDF_{>8mm}$ (Bildmaterial: SCHOLZ; HEESE, 2019)

Die peNDF dient als Instrument für die *Rationskontrolle*. Vorteil bei der peNDF ist, dass sämtliche Effekte auf die Partikelgröße des Futters durch technische Bearbeitung berücksichtigt werden. Durch die Verknüpfung von chemischen und physikalischen Eigenschaften eines Futters (TMR oder Einzelkomponenten) sollte es somit möglich sein die Strukturversorgung der Kühe noch bedarfsgerechter zu gestalten. Für die *Rationsplanung*, im Bereich Struktur, dient der Wert aNDFom aus dem Grobfutter, der mittels Laboranalyse erfasst wird.

Die prozentuale Verteilung der Partikelgrößen in der TMR und auch bei Silage mittels Schüttelbox (Gerät mit zwei Siebböden) sollte sich nach Literaturempfehlung in folgenden Rahmen befinden (Tabelle 6).

Tabelle 6: Empfohlene Partikelgrößenverteilung (%) in Silage und TMR mittels Schüttelbox (LfL GRUBER Tabelle, Ausgabe 2019)

	Maissilage	Grassilage (gehäckselt)	TMR
Obersieb (> 19 mm)	2 - 4 %	10 - 20 %	≥ 6 - 10 %
Mittelsieb (8 - 19 mm)	40 - 50 %	30 - 40 %	30 - 50 %
Auffangschale (< 8 mm)	40 - 50 %	40 - 50 %	40 - 60 %

2.1.5 Einfluss Dietary Cation-Anion Balance

Das Konzept der DCAB befasst sich mit der Ausbalancierung der Anionen (Kalium, Natrium) und Kationen (Chor, Schwefel) in der Futterration von Milchkühen. Eine bedarfsgerechte Mineralstoffversorgung in der Ration ist demzufolge stets zu beachten. Somit stellt die Erfassung der DCAB einen weiteren Parameter für die Beurteilung der Futterration dar.

Der Säure-Basen-Haushalt der Kuh wird durch die DCAB beeinflusst. Zur Überprüfung ob die berechneten Werte der DCAB in der Ration stimmen bzw. die Verfügbarkeit der Elemente für die Kuh auch vorhanden/ausreichend sind, lässt sich mittels Erhebung der Netto-Säuere-Basen-Ausscheidung (NSBA) im Harn erfassen. Auf den Wert der NSAB wird im späteren Verlauf dieser Arbeit nochmal näher darauf eingegangen.

Bei der Berechnung der DCAB muss das Äquivalentgewicht der einzelnen Elemente (Konzentrationsangaben in g/kg TM) beachtet werden. Unter dieser Berücksichtigung hat sich international die Formel von OETZEL (2002) durchgesetzt:

$$\textit{DCAB (meq/kg TM)} = (Na * 43{,}5 + K * 25{,}6) - (CL^{-} * 28{,}2 + S * 62{,}3).$$

Eine bedeutende Rolle spielt die Kalkulierung der DCAB während des Zeitraums ca. 14 Tage vor der Kalbung. Die optimale Anpassung des DCAB-Werts dient in diesem Zeitraum als Vorbeugemaßnahme für Gebärparese (Milchfieber). Durch die Senkung der Kationen (speziell Kalzium) in der Ration kommt es zur Herabsetzung des pH-Werts im Blut. Dies löst eine metabolische Azidose im Tier aus, woraufhin die Kuh anfängt, körpereigene Kalziumreserven aus den Knochen zu mobilisieren, was eine Gebärparese somit vermeiden soll. Die Verfütterung saurer Salze können das Herabsetzten des DCAB-Werts bewirken. Nach BEEDER (1991) und MOORE et al. (2000) sollte ein DCAB-Wert, in diesem Zeitraum, im negativen Bereich zwischen 0 meq/kg TM und -250 meq/kg TM angestrebt werden.

STAUFENBIEL (2016) gibt hier einen Referenzbereich zwischen -50 meq/kg TM und +50 meq/kg TM an.

In der Laktation wird eine deutlich positive DCAB in der Gesamtration angestrebt. Da Kühe von jeher Pflanzenfresser sind, nehmen sie von Natur aus Futter mit deutlich positiver DCAB auf. Dies sorgt für mehr Pufferkapazität im Blut der Kühe, was wiederrum vor einer stoffwechselbedingten Übersäuerung des Blutes (metabolische Azidose) schützt. Studien von HU und MURRHY (2004) belegten, dass signifikante Zusammenhänge zwischen DCAB und Futteraufnahme sowie Milchleistung vorhanden sind. Demzufolge liegt, unter Berücksichtigung des Schwefelgehaltes in der Ration von 2,1 g S/kg TM, die höchste Futteraufnahme bei einer DCAB von 270 meq/kg TM, und die höchste Milchleistung bei einer DCAB von 210 meq/kg TM. STAUFENBIEL (2007) gibt einen DCAB-Referenzwert in der Ration von lacktierenden Kühen zwischen +200 bis +350 meq/kg TM vor, und APPER-BOSSARD et al. (2006) zwischen +150 bis +300 meq/kg TM.

Mögliche Folgen während der Laktation beim Über- und Unterschreiten der Referenzwerte können erhebliche gesundheitliche Auswirkungen auf die Kuh ausüben. Eine zu starke Auslenkung der Kationen-Anionen-Bilanz in einem niedrigen oder sogar negativen Bereich (Überhang an Anionen) kann zu einer schädigenden Azidose mit negativen Folgen bzgl. der Stoffwechsel- und Klauengesundheit führen. DCAB-Werte über +500 meq/kg TM (Überhang Kationen) ist nach CHAN et al. (2005) mit ebenso negativen Folgen verbunden und bewirken im Tier das Auftreten einer Alkalose. In diesem Zusammenhang ist weiterhin auch der Schwefelgehalt in der Ration zu beachten (FELIX et al. 2004). Begrenzungen des Schwefels (S) auf < 4 g/kg TM in der Ration sind anzustreben. Das Überschreiten des S-Wertes hat Auswirkungen auf Rückgang der Futteraufnahme und führt zu Pansenfermentationsstörungen. Ebenso sind Unterversorgungen (< 2,0 g/lkg TM) zu vermeiden (FELIX, 2014).

Zum Absenkung der DCAB in der Futterration eignet sich der Einsatz von Rapsextraktionsschrot (RES), Biertreber und auch Körnermais, welche einen hohen Anteil an Anionen besitzen. Das Futtermittel Sojaextraktionsschrot (SES) kann den DCAB-Wert in der Futterration erhöhen (SPIEKERS; POTTHAST, 2004).

2.1.6 Besonderheiten im Laktationszyklus

Der Start in eine erfolgreiche Laktation entscheidet über die Leistung und die Fitness der Milchkuh. Die Basis für eine erfolgreiche erneute Belegung und eine gute Gesundheit der Kuh werden über die Fütterung zur Trockenstehzeit und vor allem kurz vor und nach der Kalbung gelegt. Jedoch spielen neben der Fütterung auch die Haltungsform sowie ein erfolgreiches und kontrollierbares Managementkonzept, speziell für die Bereiche Gesundheit und Fruchtbarkeit, eine wichtige Rolle.

2.1.6.1 Trockensteher und Vorbereiter

Die richtige Fütterung der *Trockensteher* ist die Grundlange für den Start einer erfolgreichen Laktation. Einige Punkte gilt es jedoch zu beachten, um eine wiederkäuergerechte Fütterung während dieser Zeit zu gewährleisten. Die Kunst besteht darin, die Futterumstellung so zu begleiten, dass die Anpassung der Pansenmikroben mit einer gewissen Stabilität erfolgt. Die Anpassung der Pansenmikroben benötigt eine Zeitpanne von ein bis zwei Wochen. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass die Tiere eine optimale Kondition zum Trockenstellen und zur Kalbung aufweisen. Gewisse Fettreserven sind zur Kalbung erwünscht und können zur Abdeckung des Leistungsbedarfs nach der Kalbung genutzt werden. Anzustreben ist ein Body-Condition-Score (BCS) um die 3,5 zum Beginn des Trockenstellens, denn es ist davon auszugehen, dass die Kuh etwa 0,5 kg Lebendmasse je Tag im ersten Laktationsdrittel verliert. Demzufolge ergibt sich ein tolerabler Verlust an Körpermasse um die 30-40 kg bzw. 0,75 BCS-Noten im ersten Drittel der Laktation (SPIEKERS; POTTHAST, 2004). Trockenstehende Kühe müssen einerseits ihren Erhaltungsbedarf decken aber vor allem auch genügend Nährstoffe für die wachsenden Föten aufnehmen. Man kann mit einer Trockenmasseaufnahme um die 10 kg täglich ausgehen. Die benötigte Energiekonzentration sollte bei 5,1 bis 5,5 MJ NEL/kg TM angestrebt werden (SPIEKERS; POTTHAST, 2004).

Eine zentrale Bedeutung kommt der *Vorbereitungsgruppe* zu. Die Fütterung der Vorbereiter (Kühe ab 2 Woche vor dem Kalbetermin) sollte in einer separaten Gruppe erfolgen. Aufgrund des Rückgangs in der Futteraufnahme, ist eine Anhebung der NEL- und nXP-Werte im Futter durchzuführen, um die Kuh mit dem benötigenden Energiebedarf abzusichern. Anzustreben ist ein Bereich von 6,5 - 6,7 MJ NEL/kg TM. Der nXP-Gehalt der Ration sollte mindestens 140 g/kg TM betragen (SPIEKERS; POTTHAST, 2004). Des Weiteren ist die Mineralstoffversorgung in der Ration anzupassen, um das Auftreten einer Gebärparese

(Milchfieber) zu vermeiden. Dies erfolgt über die Bestimmung der Kationen-Anionen-Bilanz (= DCAB) im Futter. Im vorherigen Kapitel (2.1.5) wurde dies schon näher erläutert.

2.1.6.2 Frischmelkende Kühe

Als Frischmelker werden Kühe nach der Geburt ihres Kalbes bis zum ca. 60. Tag der Laktation bezeichnet (SCHOLZ, 2016). Die Ausfütterung frischmelkender Kühe ist nicht ganz unproblematisch. Zum einen steigt der Bedarf an Energie und Nährstoffen mit dem Einsetzten der Laktation schlagartig an, zum anderen muss die Ration im Ganzen deutlich verändert werden (wesentlich mehr Kraftfutter). Zusätzlich besteht das Problem darin, dass die Kuh in den ersten 6 Woche der Laktation keine 100 % Bedarfsabdeckung erzielt, weil das völlige Futteraufnahmevermögen noch nicht erreicht ist (SPIEKERS; POTTHAST, 2004). Natürlich hängt die Futteraufnahme, wie schon im Kapitel 2.1.1 erwähnt, von genetischen und futterbedingten Faktoren ab und kann demzufolge nur begrenzt beeinflusst werden. Durch die zu geringe Futteraufnahme, verbunden mit steigendem Bedarf an Energie, zur Leistungsabdeckung, verfallen die Kühe meist in eine negative Energiebilanz. Demzufolge mobilisiert die Kuh körpereigne Fettreserven um dieses Defizit auszugleichen. Die Gefahr ist nach der Kalbung bei den Kühen sehr hoch, an Ketose zu erkranken, vor allem bei stark überkonditionierte Tieren. Deswegen ist die optimale Konditionierung vor der Geburt sehr wichtig.

Da das Futteraufnahmevermögen der Kuh in der Frühlaktation begrenzt ist, die Milchleistung jedoch rasch steigt, ist eine hohe Energiedichte in der Gesamtration vorteilhaft (BRADE et al., 2015). Dies wird meist durch hohe Kraftfutteranteile realisiert. Jedoch kompromittiert ein hoher Kraftfutteranteil allerdings Leistung, Gesundheit und ernährungsphysiologische Aspekte. Jede Futterumstellung belastet den Pansenstoffwechsel. Durch das Verabreichen von mehr Kraftfutter, in dem lösliche Kohlenhydrate (Zucker, Stärke) vermehrt enthalten sind, werden vorrangig propionsäurebildende Mikroorganismen produziert. Dies führt jedoch zum Absenken des pH-Werts im Pansen. Zu niedrige Pansen-pH-Werte können zu einer Pansenazidose führen. Ebenso führt eine zu kraftfutterreiche Ration weiterhin zu einem Rückgang der Milchleistung sowie des Milchfettgehalts und zu einer noch geringeren Futteraufnahme. Grund dafür ist, dass die zelluloseabbauenden Mikroorganismen, die bei einer strukturreicherer Ration vermehrt gebildet werden, zurückgedrängt werden und der Abbau des Grobfutters, durch verminderte Wiederkauaktivität, dadurch nur langsam voran geht (HOFFMANN, 2008).

Um geringere Schwankungen in der Futterumstellung aufzuweisen, lohnt es sich zu Beginn der Laktation mit den gleichen Kraftfuttertypen weiter zu füttern, wie zum Ende der Trockenstehzeit. Damit vermeidet man das Auftreten schädlicher Nebenwirkungen im Pansen. Kontinuierliche aber langsame Kraftfuttersteigerung um ca. 0,3 kg/Tag bei einer Ausgangsbasis von 3 kg Kraftfutter/Tag (HÄUSLER, 2007) ist erstrebenswert. Voraussetzung bleibt aber immer noch eine gute Grobfutteraufnahme, um die Energieversorgung möglichst ab der 8. bis 12. Wochen p.p. der Milchleistung anzupassen (BRADE et al., 2015). Die Energiekonzentration sollte bei der Fütterung der Frischmelker um die 7,0 MJ NEL/kg TM sich befinden (HÄUSLER, 2007).

2.1.6.3 Altmelkende Kühe / Hochleister

Die Fütterung altmelkender Kühe im zweiten und dritten Laktationsdrittel ist wesentlich einfacher als bei den Frischmelkern. Grund dafür ist, dass einerseits weniger Energie und Nährstoffe benötigt werden und anderseits keine Schwierigkeiten in der Futteraufnahme mehr bestehen. Demzufolge muss darauf geachtet werden Überversorgung der Tiere zu vermeiden. Aufgrund der hohen Futteraufnahmekapazität, bei gleichzeitig fallender Leistung, wird oft mehr Energie verabreicht als notwendig ist. SPIEKERS et al. (2004) empfiehlt einen Energiegehalt um die 6,5 MJ NEL/kg TM in der Ration. Die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) (2012) gibt ein Orientierungswert von > 7,1 MJ NEL/kg TM an. Eine Überversorgung (BCS) der Ration ist zum einen ein Kostenfaktor und bewirkt eine Überkonditionierung der Milchkühe. Studien belegen, dass verfettete Tiere mit Verlauf der Laktation gehäuft gesundheitliche Probleme aufweisen. Daher ist es notwendig die Fütterung der tatsächlichen Leistung anzupassen. Es empfiehlt sich einmal im Monat anhand durch Milchkontrolle und BCS-Bewertungen, die Fütterung wenn nötig leistungsgerecht anzupassen (SPIEKERS; POTTHAST, 2004).

2.1.6.4 Richtwerte in der TMR bezüglich Laktationsstadien

Die Tabelle 7 beinhaltet alle Richtwerte der Parameter, die unter dem Kapitel 2.1 näher erläutert wurden. Das Hauptaugenmerk liegt vor allem bei den Richtwerten für die Fütterung von Frischmelkern und Hochleistern, welches den Kern dieser Arbeit darstellt.

Tabelle 7: Richtwerte der Parameter in der TMR

Parameter	Einheit (je kg TM)	Frischmelker	Hochleister	Literatur
NEL	MJ	> 7,0	> 7,1	DLG, 2012
Stärke + Zucker	g	≤ 270	≤ 290	DLG, 2012
Zucker	g	< 65	< 75	DLG, 2012
Stärke (rel. XS)	g	180 - 230		STAUFENBIEL, 2007
Rohprotein	g	155 - 170	155 - 165	HOFFMANN, 2012
nutzbares Rohprotein	g	160 - 170	150	DLG, 2001
Rohfaser	g	≥ 160	≥ 150	DLG, 2012
strukturwirksame Rohfaser	g	≥ 125	≥ 115	DLG, 2012
aNDFom	g	≥ 300	≥ 280	DLG, 2012
NDF	g	300 (270 bis 320)		STEINGASS; ZEBELI, 2011
peNDF	%	20 - 22		STEINGASS; ZEBELI 2011
DCAB	meq	200 - 350		STAUFENBIEL, 2007
RNB	g	0 - 2		STAUFENBIEL, 2007

2.1.7 Stoffwechselerkrankungen

In den ersten Wochen der Laktation, meist kurz nach dem Abkalben, treten sowohl bei Alt- als auch Jungkühen gesundheitliche Störungen vermehrt auf. Hauptsächlich durch Folgen von Fütterungsfehlern mit einhergehend unzureichender Futteraufnahme, verbunden mit Leistungsrückgang, Fruchtbarkeitsprobleme und Organkrankheiten. Mastitis und Klauenprobleme, sind Ausdruck gesundheitlicher Erkrankungen. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden auf die häufigsten auftretenden Krankheiten in der Milchviehhaltung eingegangen.

***Ketose* (Acetonämie)**

Ketose ist hauptsächlich eine Störung des Energiestoffwechsels und zählt zu den bedeutsamsten metabolischen Erkrankungen beim Rind. Es kommt zu einem Anstieg an Ketonkörpern (Beta-Hydroxybutyrat) im Blut. Dies geschieht, wenn der Energiebedarf die Energieaufnahme für längere Zeit überschreitet (negative Energiebilanz - Absinken Blutzuckerspiegels). Im ersten Laktationsdrittel ist das Risiko eines Auftretens an Ketose am größten. Untersuchungen ergaben, dass ältere Kühe häufiger erkranken als Jungkühe (STAUFENBIEL, 2004). Die häufigste Form des Auftretens ist die subklinische Ketose. Studien belegen, dass ca. bis zu 50 % der Kühe während der Fühlaktation daran erkranken. Die Häufigkeit der klinischen Ketose bewegt sich um die 3 - 5 %, wo die Folge direkt durch Milcheinbußen veranschlagt wird (STAUFENBIEL, 2004). Sie ist deutlich durch einen Acetongeruch (fruchtig-sauer - durch Anstieg der Ketonkörper) in der Atemluft, Urin und Milch zu erkennen.

Grundsätzlich erfolgt jedoch ein Ausbruch der Ketose, wie schon erwähnt, durch eine zu geringe Futteraufnahme was dazuführt, dass benötigtet Energie für die Leistungserbringung somit nicht gegeben ist. Bei einer ausgeprägten negativen Energiebilanz wird vermehrt Körpergewebe (Fettreserven) abgebaut. Bei einem sehr schnellen und intensiven Fettabbau können so die freigesetzten Fettsäuren in die Leber gelangen und eine Fettleber verursachen. Daraufhin kann die Leber nicht mehr ihre eigentliche Funktion als Entgiftungsorgan nachkommen. Das Immunsystem der Kuh wird dadurch stark geschwächt und ist somit anfälliger für andere Krankheiten. Auftretende Symptome sind rapide Gewichtsverluste, intensives Belecken der Umgebung, schwankender Gang, Trägheit, Festliegen und meist etwas festerer Kot der glänzende Stücke enthält. Ein deutlicher Hinweis für das Auftreten einer subklinischen Ketose ist vor allen auch die Erfassung eines Fett-Eiweiß-Ouotienten von 1,5 und höher (STAUFENBIEL, 2004). Nach GEISHAUSER et al. (2000) deuten Werte ab 1400 µmol Beta-Hydroxibutyrat/l Blutserum auf eine subklinische Ketose hin. Zuverlässig lässt sich eine Diagnose durch die Untersuchungen von Blut und Harn feststellen. Die Messung kann zum einen vor Ort im Stall erfolgen. Dies kann durch die Entnahme eines Tropfen Blutes (Beta-Hydroxibutyrat = Ketonkörper) geschehen, woraufhin ein digitales Gerat ein sofortiges Ergebnis anzeigt, welches als sehr genau eingestuft wird. Teststreifen mit Farbumschlag für Urin und Testtabletten für Milch sind auch möglich, jedoch sind die Ergebnisse eher ungenau. Am sichersten ist jedoch die Untersuchung des Blutes im Labor (SPIEKERS; POTTHAST, 2004).

Vorbeugende Maßnahmen zur Vermeidung einer Ketose ist eine bedarfsgerechte Fütterung innerhalb der Laktation, damit die Kuh über ausreichend Kondition (BSC) verfügt, um somit eine Puffer für die ersten Wochen nach der Kalbung zu besitzen. Weiterhin sollte eine optimale Fütterung mit bestmöglichen Futterqualitäten angestrebt werden, um eine möglichst hohe Futteraufnahme nach der Kalbung zu gewährleisten.

Pansenazidose

Das Auftreten einer akuten Pansenazidose ist eher selten, jedoch kann diese Form der Azidose durchaus zum Tod des betroffen Tieres führen. Eher häufiger ist das Auftreten einer subakuten Panenazidose (SARA: Subacute ruminal acisosis). Bei 19 bis 26 % der früh - und hochlaktierenden Kühe tritt es verstärkt auf (TRAULSEN, 2016). Oft entwickelt sich diese Form zu einem Bestandsproblem und führt durch die meist verbunden Folgeerkrankungen zu großen wirtschaftlichen Verlusten im Betrieb.

Eine ***akuten Pansenazidose*** ist gekennzeichnet durch einen schellen Anstieg der Laktat-Konzentration im Pansen (> 50 mmol/l) und einem Abfall des pH-Werts im Pansen unter 6,0 (ULBRICH; HOFFMANN et al., 2004). Durch den Abfall des Pansen-pH-Werts kommt es zu Fermentationsstörungen, die einen negativen Einfluss auf den Gesundheitszustand und die Milchleistung ausübt. Die Haupturasche liegt in der falschen Fütterung der Milchkühe. Das plötzliche Verfüttern sehr großer Mengen leicht fermentierbare Kohlenhydrate führt in kürzester Zeit zu einer um 30 % erhöhten Gesamtsäureproduktion und damit zur Senkung des pH-Werts im Pansen, meist auch bis Werte unter 5,5. Aus dieser starken Absenkung des pH-Werts resultiert eine veränderte Produktion flüchtiger Fettsäuren, sodass der Anteil an Essigsäure (faserabbauende Bakterien streben ab) an der Gesamtsäuremenge absinkt und der Anteil an Propionsäure und Buttersäure zunimmt. Dies hat zurfolge, dass sich das molare Verhältnis dieser drei Säuren zueinander verschiebt. Normalerweise herrscht im gesunden Zustand ein Verhältnis von 3 : 1 : 0,6 und verschiebt sich zu einem Verhältnis von 1 : 1 : 0,8 (ULBRICH, HOFFMANN et al., 2004). Durch diese erheblichen Verschiebungen und den straken Abfall des pH-Wert im Pansen, führt dies meinst zu Schleimhautentzündungen im Hauben-Pansen-Raum und lebensgefährliche Toxine sowie Krankheitserreger gelangen in die Blutbahn. Dies führt meist zu starken Durchfall, Leberabszessen, akute Klauenrehe, Fruchtbrakeitsstörungen sowie zu Früh- und Totgeburten. Unbehandelt, führt diese eher selten auftretende Form der Azidose, schnell zum Festliegen und Tod des Tieres.

Bei der am häufigsten auftretenden Form, der ***subakuten Pansenazidose (sub-acute rumen acidosis = SARA)***, kommt es durch die steigende Aufnahme leicht verdaulicher Kohlenhydrate und gleichzeitig sinkender Abnahme von strukturwirkamer Rohfaser, zu einer Konzentrationserhöhung von flüchtigen Fettsäuren im Pansen. Wie schon erwähnt tritt dies meist in der Frühlaktation auf, wenn der Kraftfutteranteil zur Deckung des steigenden Nährstoffbedarfs erhöht wird (im Zusammenhang mit verringerte Futteraufnahme - negative Energiebilanz), oder aber in der Hochlaktation, wenn zu stark erhöhte Kraftfuttermengen zur Bedarfsabdeckung verabreicht werden müssen (TRAULSEN, 2016). Durch den vermehrt höheren Gehalt an Kraftfutter kommt es zu einem Rohfasermangel in der Kuh. Dies führt zu verminderten Kauaktivitäten, was wiederum den Speichelfluss senkt, welcher normalerweise eine Pufferfunktion im Pansen ausübt. Es kommt zum Abfall des Pansen-pH-Werts auf ≤ 5,5 (ULBRICH, HOFFMANN et al, 2004). Die faserabbauenden Bakterien sterben ab, dies führt einer verringerten Bildung von Essigsäure (die vor allem für die Milchfettsynthese genutzt wird) und der Milchfettgehalt sinkt (TRAULSEN, 2016). Es ist zu sagen, dass die subakute Azidose meist schwierig zu erkennen ist, da unspezifische Symptome auftreten, die meist erst nach mehreren Wochen erkennbar werden können. Am häufigsten wird eine verminderte bzw. wechselhafte Futteraufnahme beobachtet. Ebenso ist die Kotkonsistenz meist verändert. Die erwartete Milchleistung wird nicht erreicht und der Milchfettgehalt ist verringert (< 3,6 %). Der Fett-Eiweiß-Quotient weist einen Wert unter 1,1 auf (TRAULSEN, 2016). Folgeerkrankungen durch ein geschwächtes Immunsystem können Entzündungen der Pansenschleimhaut sein, Bildung von Klauenrehe und Sohlengeschwüre oder auch das Auftreten einer Ketose hervorrufen.

In der Tabelle 8 wird deutlich gemacht, dass durch Fütterungsfehler die Gefahr einer Pansenazidose steigt. Das Zusammenspiel von leicht löslichen Kohlenhydraten (Konzentratanteil in %) und Rohfasergehalte in der Ration beeinflussen das Ausprägungsrisiko der Azidose.

Tabelle 8: Azidosegefährdung beim Wiederkäuer (ULBRICH, HOFFMANN et al., 2004)

Konzentratanteil (%) in der TM der Ration	Rohfasergehalt (%) in der TM der Ration	Azidosegefährdung
60 - 70	< 12	groß
50 - 60	12 - 16	vorhanden
30 - 50	> 16	gering
< 30	> 20	keine

Maßnahmen zur Prophylaxe der Pansenazidose ist unter anderem eine möglichst hohe Futteraufnahme aus Grobfutter durch gute Qualität zu erzielen. Ausreichende Versorgung

mit strukturwirksame Rohfaser, Richtwert laut HOFFMANN (2013) bei 400 g je 100 kg LM (350 - 450 g je 100 kg LM), sollte gewährleistet sein. Ebenso sollte die Einhaltung der Richtwerte für die Versorgung der Milchkuh mit leicht verdaulichen Kohlenhydraten berücksichtigt werden und ein plötzlicher Futterwechsel ist stark zu vermeiden, vor allem beim Übergang von konzentratarmer zu konzentratreicher Rationen (ULBRICH, HOFFMANN et al., 2004).

metabolische Azidose

Die metabolische Azidose auch eine fütterungsbedingte Stoffwechselstörung, ausgelöst durch die Dysfunktion im Pansen. Ein Abfall des Blut-pH-Werts infolge einer Abnahme an Hydrogenkarbonatkonzentration im Blut charakterisiert diese Form der Azidose. Wenn der pH-Wert im Blut in einem Bereich zwischen 7,3 und 7,5 liegt, spricht man von einer kompensierten (ausgeglichen) metabolischen Azidose. Fällt der Wert jedoch unter 7,3, liegt eine dekompensierte (unausgeglichen) metabolische Azidose vor (ULBRICH, HOFFMANNN et al., 2004). Ursache der metabolischen Azidose ist eine Anhäufung saurer Stoffwechselprodukte, z. B. von Carbonsäure oder Ketosäuren, im But und in Gewebsflüssigkeiten. Ernährungsbedingt tritt sie vor allem bei Wiederkäuern auf, als Folge von einer Pansenazidoe oder Ketose. Die in kürzester Zeit resorbierte Menge flüchtiger Fettsäuren und D-Milchsäuren aus dem Pansen sowie Darm, können im Stoffwechsel nicht mit der gleichen Geschwindigkeit oxidiert und transformiert werden. Demzufolge kommt es vermehrt zu einer Anhäufung von Säuren, welche den pH-Wert und Hydrogenkarbonatgehalt im Blut senken. Durch bestimmte Puffersysteme, wie z. B. Phosphatpuffer, wird die pH-Wert-Verschiebung mehr oder weniger ausreichend ausgeglichen.

Bei der metabolischen Azidose nimmt der Harn einen sauren pH-Wert an. Als Indikator zur Messung dient die Ermittlung der Netto-Säure-Basen-Ausscheidung (NSBA). Ist eine saurer pH-Wert im Harn gegeben wird auch die NSBA negativ. Die Tabelle 9 zeigt unterschiedliche NSBA-Gehalte und das Ausmaß der azidotischen Belastung.

Tabelle 9: NSBA-Gehalte im Harn in Bezug auf metabolische Azidosegefährdung (ULBRICH, HOFFMANN et al., 2004)

NSBA-Gehalte	metabolische Azidosegefährdung
50 - 100 mmol/l	Tendenz zur kompensierten metabolischen Azidose
0 bis 50 mmol/l	kompensierte metabolische Azidose
0 mmol/l	unkompensierte metabolische Azidose

Pansenalkalose

Die Pansenalkalose ist eine weitere fütterungsbedingte Pansenfunktionsstörung. Eine Verschiebung des Pansen-pH-Werts über 7,0 führt zur Pansenalkalose (STAUFENBIEL, 2009). Auf Grund eines geringen Verzehrs an leicht verdaulichen Kohlenhydraten kommt es zu einer verminderten Säurebildung im Pansen und einem geringem Säureeintrag im Blut (metabolische Alkalose). Zusätzliche ist aber gleichzeitig die Aufnahme an basischen (alkalische) Futterbestandteilen erhöht. An erster Stelle ist ein überhöhtes Angebot an Rohprotein zu nennen. Es spielen hier sowohl die absolute Proteinmenge und auch die Proteinqualität im Futter die entscheidende Rolle. Alkalische Effekte im Pansen und im Stoffwechsel gehen in erster Linie von dem pansenabbaubaren Futterprotein oder von NPN-Verbindungen aus. Je höher der Gehalt an Durchflussproteinen (UDP) ist, desto geringer ist der Effekt auf den Pansen-pH-Wert (STAUFENBIEL, 2004). Demzufolge besitzen Futtermittelkomponenten wie Anwelksilage, Gras, Heu, Weizen usw. welche einen geringen Gehalt an Durchflussprotein aufweisen (Abbaurat bei den genannten Beispielen um die 75 - 95 %) den größten Einfluss auf den Pansen-pH-Wert (STAUFENBIEL, 2004). Ebenso fördern auch erhöhte Rohaschegehalte und hohe Kaliumgehallte eine alkalische Richtung. Als Messinstrument der Mineralstoffversorgung in der Ration dient die Berechnung der DCAB (Kationen-Anionen-Bilanz; Kapitel 2.1.5). DCAB-Werte über 200 meq/kg TM wirken deutlich in Richtung einer Pansenalkalose. Der stark erhöhte Überschuss an Basen im Blut und im Körper der Tiere, muss von den Nieren wieder ausgeglichen werden. Dies hat zufolge, dass der Harn alkalisch reagiert und eine erhöhte NSBA (> 200 mmol/l) die Folge ist (STAUFENBIEL et al., 2009). Auch die RNB (ruminale Stickstoffbilanz) hat Einfluss auf das Auftreten einer Pansenalkalose. Eine stark positive RNB über 5 g N je kg TM fördert das Ausbrechen (ULBRICH, HOFFMANN et al, 2004).

Die Pansenalkalose äußert sich durch eine verminderte Futteraufnahme, einhergehend mit geringer Wiederkauaktivität und Pansenbewegung. Ebenso ist ein Rückgang der Milchleistung und -qualität sowie das Auftreten von Fruchtbarkeitsstörungen bei der Kuh zu verzeichnen. Außerdem können Durchfall und Krampfanfälle die Tiere belasten. Bei nicht rechtzeitiger Behandlung der Krankheit, treten zum Teil irreversible Leberschäden mit nachfolgender Abmagerung auf, die bis zum Tod der Kuh führen können. Demzufolge ist eine bedarfsgerechte Rationsgestaltung eine unumgänglich Maßnahme zur Prophylaxe der Pansenalkalose (ULBRICH, HOFFMANN et al., 2004).

2.2 Harnanalyse

Die Untersuchung des Harns der Kuh dient zur Feststellung einer optimalen und ausgewogenen wiederkäuergerechten Fütterung. Der Harn reagiert innerhalb kürzester Zeit (wenigen Stunden) auf Veränderung der Stoffwechsellage und dient deshalb hervorragend als Frühindikator. Mit der Analyse unterschiedlicher Parameter (pH-Wert Harn, Basen-Säure-Quotient) kann auf den Gesundheitszustand der Kuh Rückschlüsse gezogen werden. Im weitern Verlauf diese Kapitels wird der Parameter, Netto-Säure-Basen-Ausscheidung (NSBA) näher vorgestellt

Netto-Säure-Basen-Ausscheidung (NSBA)

Die NSBA dient als ein Parameter zur Überprüfung des Säure-Basen-Haushalt der Milchkuh (MORITZ et al., 2013). Am stärksten wird die NSBA über den Gehalt an DCAB (Kationen-Anionen-Bilanz; Kapitel 2.1.5) in der Futterration beeinflusst, aber auch die Futteraufnahme sowie die Aufnahme an Rohfaser üben einen Einfluss auf die NSBA aus (SCHOLZ et al., 2010). Die Untersuchung der NSBA dient als Hilfsmittel für die Bestimmung, ob ein azidotischer- (hoher Säuregehalt im Harn - niedrige NSBA) oder eher alkalotischer Zustand (hohe NSBA) im Tier vorherrscht. Somit können Aussagen auf mögliche Pansenfermentationsstörungen (Azidose, Alkalose) getroffen werden. Die Ermittlung der NSBA im Harn erfolgt von KUTAS (1965) erstmalig über die Titrationsmethode. Man unterscheidet dabei in „einfachen und fraktionierten NSAB“. Für die Bestimmung der „einfachen NSBA“ erfolgt die Ermittlung weitgehend unabhängig vom pH-Wert mit einer Titration bis zum Farbumschlag. Bei der Bestimmung der „fraktionierten NSBA“ wird die Titration auf bestimmte pH-Werte durchgeführt, was genauere Ergebnisse erzielt.

Laut ROSSOW (2003) befindet sich der anzustrebende physiologische Referenzbereich der NSBA im Harn zwischen 100 - 200 mmol/l. Die Einstufungen der weiteren Referenzwerte von ROSSOW (2003) sind der Tabelle 10 zu entnehmen. Nach STAUFENBIEL und GELFERT (2002) zwischen 103 - 197 mmol/l und die Toleranzgrenzen bei FÜRLL (2004) liegen zwischen 83 -215 mmol/l. Bei kraftfutterreich versorgten Milchkühen kann sich nach FÜRLL (2004) der Toleranzbereich von 0 - 60 mmol/l bewegen. Wie schon erwähnt, wiesen verschiedene Untersuchungen auf, dass die Rohfaseraufnahme der Milchkühen, Einfluss auf die Höhe der NSBA im Harn besitzt. Es konnte dokumentiert werden, dass mit steigender Aufnahme an Rohfaser bei der Milchkuh, eine signifikante Erhöhung der NSBA zu verzeichnen ist. Ebenso kann dies auch umgekehrt eine geringere Rohfaseraufnahme gleich geringere NSBA-Gehalte bedeuten (SCHOLZ; ENGELHARD 2012).

Tabelle 10: Referenzwerte der NSBA nach ROSSOW (2003)

Bewertung	NSBA (mmol/l)
alkalische Belastung	> 200
physiologischer Wert	100 - 200
geringgradige azidotische Belastung	50 - 99
mittelgradige azidotische Belastung	0 - 49
hochgradige azidotische Belastung	< 0

2.3 Milchparameter

Ein Liter Milch (= 1.030 g = 100 %) besteht zum Großteil aus 87 % Wasser. Demzufolge befindet sich in der Milch 13 % Trockenmasse. Dieser Trockenmasseanteil setzt sich hauptsächlich zusammen aus Milchzucker (Laktose), Fett, Eiweiß, Mineralstoffe und Vitaminen. Die mittlere Zusammensetzung der Milch ist in der Abbildung 3 zu entnehmen.

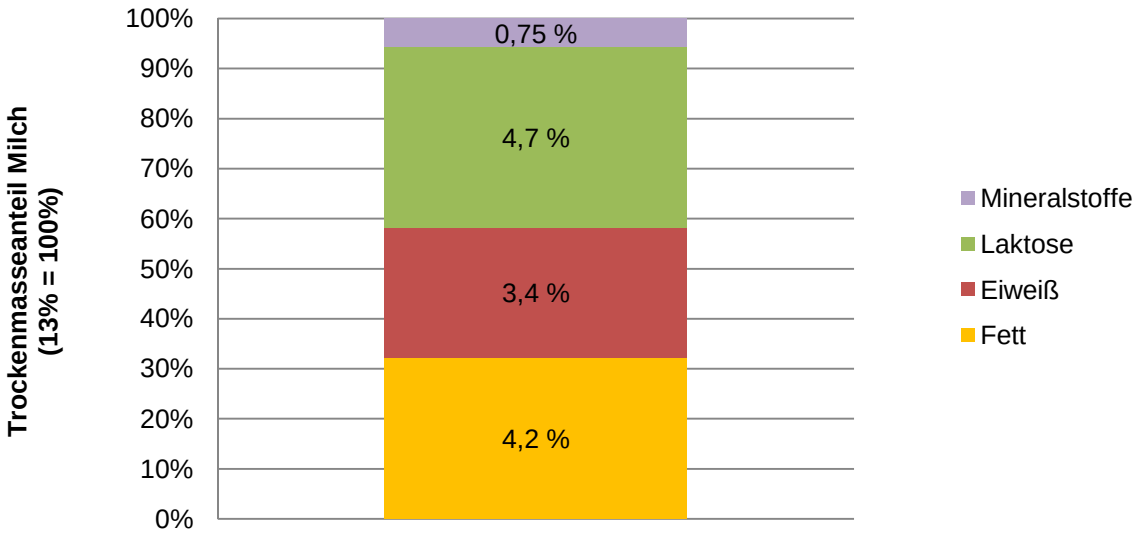

Abbildung 3: Trockenmasse - Zusammensetzung der Milch (SPIEKERS et al., 2004)

In Deutschland herrschen gewisse Qualitätsanforderungen für die Milch, die die Milcherzeuger an den Molkereien abliefern müssen. Dabei bezieht sich, der Milchgrundpreis in allen Regionen Deutschlands, auf einen Fettgehalt von 4,0 % und einen Eiweißgehalt von 3,4 %. Die Qualitäten der Milchinhaltsstoffe sind neben Rasse, Alter und Laktationsstadium, hautsächlich abhängig von der Fütterung und Rationsgestaltung der Milchkuh (SPIEKERS et al., 2004). Demzufolge sind sie ebenso eine Maßzahl zur Beurteilung der Pansenfunktionen

und dem Gesundheitszustand der Kuh. Im weitern Verlauf dieses Kapitels wird auf einzelne Milchinhaltsstoffe näher drauf eingegangen.

2.3.1 Milchfett

Neben dem genetischen Potenzial wird der Milchfettgehalt der Kuh am stärksten durch die Fütterung beeinflusst. Die Versorgung mit Struktur und Energie spielt essenzielle Rolle. Nach SPIEKERS et al. (2004) liegt der anzustrebende Fettgehalt in der Kuhmilch zwischen 3,5 - 4,5 %. Die im Pansen gebildeten flüchtigen Fettsäuren Essig- und Buttersäure sind vornehmlich verantwortlich für die Bildung von Milchfett. Aber auch Glycerin und langkettige Fettsäuren haben einen Einfluss. Die Menge an im Pansen gebildete Essigsäure und deren Verhältnis untereinander, hängt im Wesentlichen von der Rationsgestaltung ab. Essigsäure wird vor allem aus rohfaser- und strukturreichem Futter gebildet. Die Aufnahme von Stärke und Zucker fördert vermehrt die Bildung von Propion- und Buttersäure. Dies bedeutet, dass bei der Verfütterung einer stark kraftfutterreiche Ration im Pansen vermehrt Propionsäure als Essigsäure gebildet wird (Verhältnis 1,5 : 1) und der Milchfettgehalt sinkt. Ebenso führt dies zu einer verminderten Futteraufnahme und meist zum Ausbruch einer Pansenazidose (WURM, 2010).

Eine umgekehrte Situation tritt bei einer erhöhten Körperfettmobilisation, besonders zum Laktationsbeginn auf. Diese führt zwar zu einem hohen Fettgehalt in der Milch (meist > 5 %) kann aber über einen gewissen Zeitraum den Ausbruch einer Ketose hervorrufen (SPIEKERS et al., 2004). Grund dafür ist, dass bei einem Überangebot an strukturiertem Grobfutter, verbunden mit einem Mangel an leicht löslichen Kohlenhydraten (zu wenig Kraftfutter) es dazu führt, dass ein erhöhter Speichelfluss den Pansen-pH-Wert ansteigen lässt (6,5 bis 7,0). Daraufhin verschiebt sich das Verhältnis zwischen Essigsäure und Propionsäure auf etwas 4 : 1 (normales Verhältnis 3 : 1; siehe Kapitel 2.1.7). Damit steht zwar genügend Essigsäure zur Bildung von Milchfett zur Verfügung, aber Aufgrund des Mangels an Propionsäure, zu wenig Energie für die Milchzucker- und Milcheiweißbildung zur Verfügung. Somit kommt es zum Einschmelzen des Körperfetts wodurch aber der Mangel an Glucose jedoch nicht ausgeglichen werden kann. Es kommt im Blut zu einer Anhäufung an Ketokörpern, was zum Ausbruch einer Ketose führt. Ebenso führt es zusätzlich zum kontinuierlichen Milchleistungsrückgang und zum starken Abmagern der Kuh bei hohen Milchfettwerten (SPIEKERS et al., 2004).

Einen weiteren Einfluss auf die Bildung von Milchfett haben Temperatur und Luftführung im Stall. Hitze und eine mangelnde Luftführung führen allgemein zu geringe Milchinhaltsstoffe, speziell aber zu niedrigen Fettgehalten in der Milch. Gründe dafür sind die geringen Futteraufnahmen und die verminderte Fettbildung, um damit die erforderliche Abgabe von Wärme einzuschränken (SPIEKERS et al., 2004). In der Tabelle 11 werden die die verschiedenen Einflussfaktoren der Fütterung auf den Milchfettgehalt zusammengefasst.

Tabelle 11: Einfluss der Fütterung auf den Milchfettgehalt (ENGELHARD, 2007)

Einflussfaktoren		Fettgehalt
strukturwirksame Rohfaser, effektive NDF	↗	↗
Verdaulichkeit Rohfaser/NDF	↗	↗
Stärke und Zucker	↗	↘
Abbau der Stärke im Pansen	↗	↘
Abbaubares Fett im Pansen	↗	↘
Partikellängen	↗	↗ ↘
Negative Energiebilanz	↗	↗
Fettblocker	↗	↘

2.3.2 Milcheiweiß

Die Einflussfaktoren für die Bildung des Milcheiweißes sind vor allem die Versorgung mit Energie und nutzbare Protein (nXP). Des Weiteren spielen die Stärke und Stärkebeständigkeit in der Futterration eine Rolle, aber auch das genetische Potenzial und die Melktage der Milchkuh beeinfluss die Eiweißbildung (SPIEKERS et al., 2004).

Die Bausteine, des Milcheiweißes, sind die im Blut zirkulierenden Aminosäuren. Diese stammen hauptsächlich aus Mikrobenprotein, aus nicht abgebautem Futterprotein (UDP) und aus dem daraus entstehenden nutzbaren Rohprotein. Unter Kapitel 2.1.3 wird der Vorgang der Proteinverdauung näher erläutert. Grundsätzlich dient das aufgebaute Mikrobenprotein als wichtigster Lieferant für die Bildung von Aminosäuren. Demzufolge kann eine Verbesserung des Milcheiweißgehalts über die Erhöhung der Mikrobenproteinbildung erreicht werden (WURM, 2010). Diesbezüglich ist eine ausreichende und wiederkäuergerechte Energie- und Proteinversorgung unumgänglich (beachte Kapitel 2.1.2 und 2.1.3). Ebenso spielt der Pansen-pH-Wert eine entscheidende Rolle. Denn die Voraussetzung für einen optimalen Aufbau von Mikrobenprotein ist die Schaffung eines idealen Wachstumsverhältnisses für die Pansenmikroben. Demzufolge ist ein optimaler

Pansen-pH-Wert zwischen 6,3 und 6,8 nach WEST (2017) anzustreben. SPIEKERS et a. (2004) gibt einen Normalbereich für den Eiweißgehalt in der Milch von 3,0 -3,5 % an.

2.3.3 Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ)

Eine weitere Möglichkeit über die Milch, fütterungsbedingte Stoffwechselstörungen wie Ketose und Azidose zu erkennen, besteht in der Analyse des Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ). Die Milchinhaltsstoffe Fett und Eiweiß sollen in einem bestimmten Verhältnis zueinander liegen. Ein Verhältnis von 1,1 bis 1,5 : 1 deutet auf eine ausgeglichene Fütterung hin (WURM, 2010). Bei einem FEQ < 1,1 besteht der Verdacht auf Azidose bzw. eine azisotische Belastung. Dies deutet auf eine unzureichende Rohfaserversorgung hin (WURM; 2010). Diese wird meist hervorgerufen durch die Fütterung einer kraftfutterreichen Ration, welche sich negativ auf die Pufferkapazität des Pansens (subklinische Pansenazidose, siehe Kapitel 2.1.7) auswirkt. Neben akuten Auffälligkeiten kann der Verlauf auch unbeobachtet bleibe was meist Spätfolgen mit sich zieht. Oftmals wird die Klauengesundheit der Tiere in Mitleidenschaft gezogen. Ein FEQ von > 1,5 ist meist ein Zeichen für eine hohe Körperfettmobilisation. Es deutet auf eine Ketose bzw. auf eine alkalische Belastung hin (Erläuterungen siehe Kapitel 2.1.7). In Tabelle 12 sind die Referenzbereiche nach dem Stand des LKV Rheinland-Pfalz e.V. (2012) zusammengefasst. Im Allgemeinen ist es wichtig, dass bei der Auswertung bzw. Kontrolle der Leistung, jedes Tier einzeln betrachtet wird. Weisen mehr als 10 % der Milchkühe zu Beginn der Laktation einen zu niedrigen oder zu hohen FEQ auf, ist dies als Herdenproblem aufzufassen und es besteht dringend Handlungsbedarf (JOSERA, 2016).

Tabelle 12: Referenzbereiche des FEQ (u.a. LKV; 2012)

Bewertung	Referenzbereich FEQ
azidotische Belastung	< 1,1
optimal	1,1 - 1,5
alkalische Belastung	> 1,5

2.3.4 Energiekorrigierte Milchmenge (ECM)

Neben den Erhaltungsbedarf, benötigt die Kuh den größten Teil der Energie für die Milchproduktion (Leistungsbedarf, siehe Kapitel 2.1). Es spielt nicht nur die absolute Tagesmilchmenge eine Rolle, sondern vor allem die Milchinhaltsstoffe. Energierelevante

Parameter für die Milchproduktion sind neben der Milchmenge auch die Inhaltsstoffe Fett und Eiweiß (siehe Kapitel, 2.3.2 und 2.3.3). Unter anderem ist auch der Gehalt an Laktose energierelevant, dieser wird jedoch mit einem konstanten Wert in den Berechnungsformeln berücksichtigt. Nach SPIEKERS et al. (2004) empfiehlt es sich den Energiebedarf je kg Milch zu berechnen, um die benötigte Energiemenge = Nettoenergie-Laktation (NEL) festzustellen und bestmöglich zu decken. Die Berechnung erfolgt nach der Formel:

NEL/kg Milch (MJ) = (0,38 * Fett (%) + 0,21 * Eiweiß (%) + 1,05).

Für die Berechnung der ECM dient als Vergleichsbasis die standardisierte Milch mit 4,0 % Fett und 3,4 % Eiweiß. Für diese Milch wird ein Energiebedarf von 3,28 MJ NEL benötigt (LKV Niederösterreich). Daraus ergibt sich folgende Berechnungsformel:

$$\textbf{ECM (kg)} = \frac{\boldsymbol{Milch}\ (\boldsymbol{kg}) * [\mathbf{0{,}38} * (\boldsymbol{Fett}\ \%) + \mathbf{0{,}21} * (\boldsymbol{Eiweiß}\ \%) + \mathbf{1{,}5}]}{\mathbf{3{,}28}}$$

Die Berechnung der ECM dient als Kontrollinstrument. Zum Beispiel, beim Vergleich zweier Kühe mit annähernd gleicher Leistung im Stall, benötigt die Kuh mit höherem Fett- und Eiweißgehalt mehr Futterenergie um diese Milchleistung produzieren zu können. Daher empfiehlt es sich die Fütterung anzupassen, gegebenenfalls Leistungsgruppen zu etablieren und das Management nie außer acht zu lassen.

2.3.5 Laktationskurve

Die Milchmenge der Kuh hängt einerseits von deren genetischen Leistungsvermögen ab, andererseits aber auch von einer Reihe weiterer Faktoren wie die Futteraufnahme und Nährstoffversorgung, Laktationsnummer oder des Trächtigkeitsstadium ab (BRADE et al., 2016). Für den Verlauf der Laktationskurve spielt aber hauptsächlich die Energie- und Nährstoffversorgung und deren hormonelle Steuerung eine entscheidende Rolle. Innerhalb der ersten drei Wochen p.p. steigt der Milchfluss stark. Das Maximum der Milchleistung pendelt sich bereits zwischen der 5. bis 7. Woche p.p ein, wenn eine leistungsgerechte Ration vorherrscht (BRADE et al., 2015). Jedoch ist im ersten Laktationsdrittel das Futteraufnahmevermögen im Vergleich zu späteren Laktationsabschnitten niedriger. Das Erreichen der maximalen Futteraufnahme pendelt sich erst zwischen der 8. und 12. Woche p.p. ein (BRADE et al., 2015). Aber gerade in dieser ersten Laktationsphase ist der Bedarf an Energie und Nährstoffen für den Erhalt und die Milchproduktion am höchsten. Zu Anfang der Laktation kann die Kuh im Mittel nur etwas 0,1 kg TM je kg Milch steigen, zum Ende der

Laktation erhöht sich Verwertung die Futteraufnahme auf 0,2 kg TM je kg Milch (GRUBER et al., 2006). Dies bedeutet, dass im ersten Laktationsdrittel eine entsprechende Energie- und Nährstoffversorgung nicht ausreichend über das aufgenommene Futter gewährleistet werden kann (BRADE et al., 2015). Es kommt zum Auftreten einer negativen Energiebilanz im Tier. Demzufolge ist die Mobilisierung des Depotfetts und Muskelproteins in diesem Zeitraum stark bedeutend. Nur wenn weit vor der Geburt des Kalbes die Kuh ausreichend größere Mengen an Körperreserven anlegt, können diese ab den geburtsnahmen Zeitraum auch mobilisiert werden und einen Ausgleich der Energieversorgung durch die geringen Futteraufnahme bewirken. Eine Verfettung der Tiere ist zu vermeiden. Sollte das Ausmaß der Körperfettreserven zu groß sein, ist die Futteraufnahme bereits vor der Kalbung negativ beeinflusst und Erkrankungen des Stoffwechsels sind die Folgen (BRADE et al., 2015). Untersuchungen nach BRADE et al. (2015) zeigen in der Abbildung 4 die Problematik der ausgewogenen Versorgung der Milchkühe im ersten Drittel der Laktation.

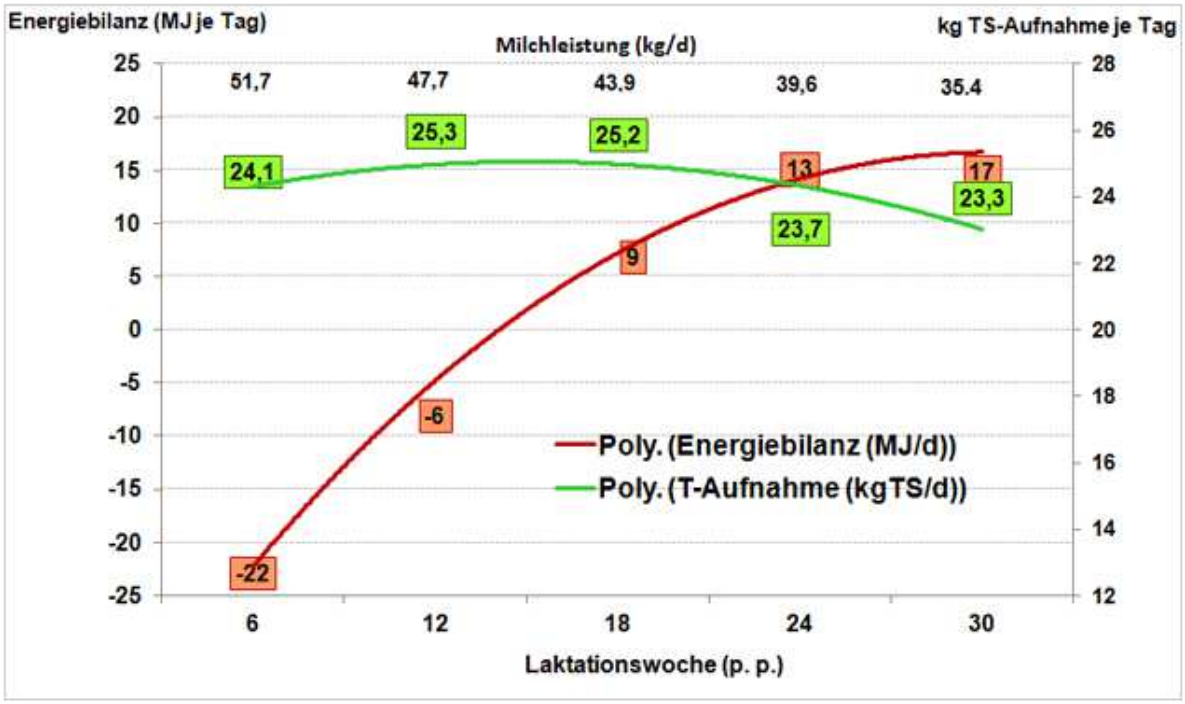

Abbildung 4: Energiebilanz (MJ/d) und Futteraufnahme (kgTS/d) bei hochlaktierenden Kühen bis zur 30. LakW (BRADE, 2016)

Neben der Fütterung besitzt auch, wie schon erwähnt, die Laktationsnummer einen wesentlichen Einfluss auf die Milchmenge und den Milchverlauf. Studien von KRÄMER (1984) beobachteten, dass eine deutlich Steigerung der Milchleistung von der ersten zur zweiten und von der zweiten zur dritten Laktation sichtbar sind, während sich die weiteren Laktation ab der dritten steigend nicht mehr signifikant unterscheiden. Ebenso wiesen die Untersuchungen von KRÄMER (1984) auf, dass die Milchleistungskurve bei Laktationen mit

geringerer Gesamtleistung (z. B. 4.000 kg/Jahr) von Anfang an eher flacher Verläuft. Bei höheren Leistungen ist der Anstieg zu Beginn der Laktation erheblich steiler und länger andauernd, sodass auch der Laktationshöhepunkt dementsprechend später erreicht wird (KRÄMER, 1984; SIEBERT und PALLAUF, 2010). Die Milchleistungssteigerung befindet sich somit überwiegend im ersten Laktationsdrittel, was eine entsprechend optimale wiederkäuergerechte Versorgung voraussetzt.

In Abbildung 5 werden die Laktationskurven bei unterschiedlicher Milchleistung für erstlaktierende und drittlaktierende Milchkühe dargestellt. Die Auswertungen stammen aus Studien der Bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft von SPIEKERS und PRIES et al. (2006).

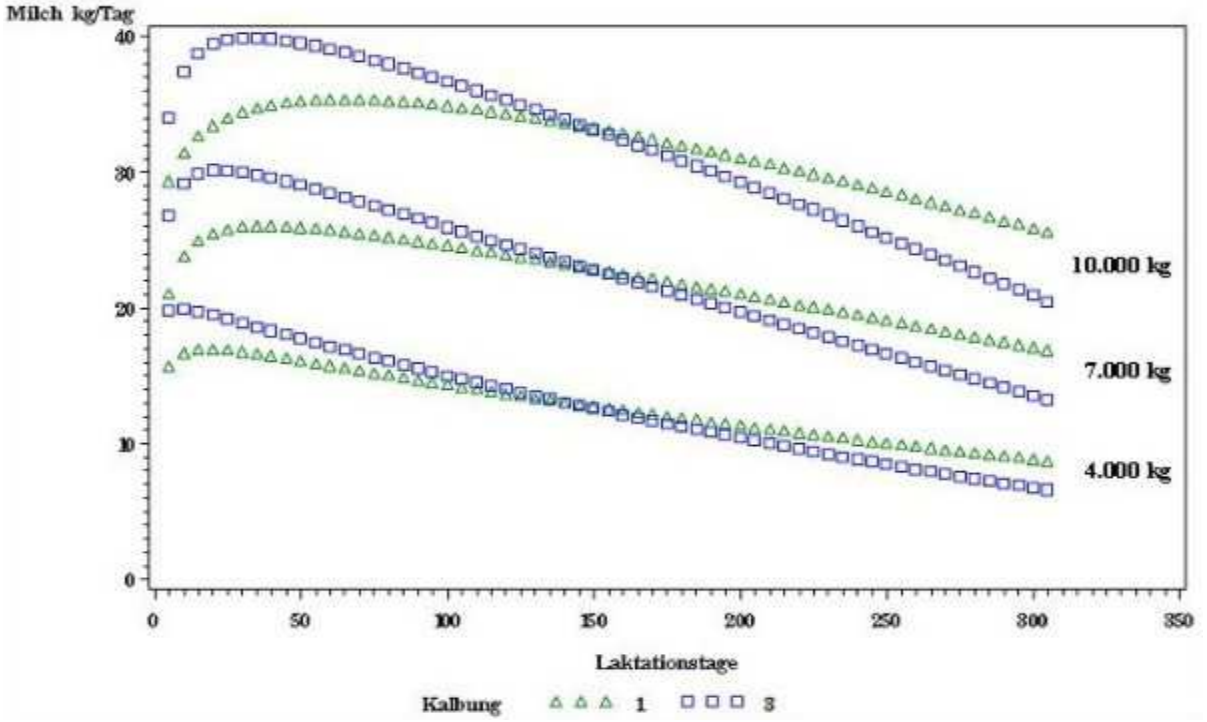

Abbildung 5: Laktationskurven bei unterschiedlicher Milchleistung in der 1. und 3. Laktation (LfL Bayern - SPIEKERS et al., 2006)

2.4 Pansen - pH - Wert

Der pH-Wert im Pansen einer Milchkuh gibt Auskunft darüber, ob eine optimal ablaufende und effiziente Fermentation der Nahrungsbestandteile erfolgt. Um hohe Leistungen bei gleichzeitiger Erhaltung der Tiergesundheit zu gewährleisten, gilt es die Kühe wiederkäuergerecht (strukturwirksame Faserbestandteile) und gleichzeitig mit ausreichend Energie zu versorgen. Die meisten Nährstoffe, die in den Pansen gelangen, werden dort von

den Milliarden Mikroorganismen weitestgehend abgebaut. Nur ein sehr geringer Teil an Nährstoffen durchläuft den Pansen unverändert. Bei der mikrobiellen Umsetzung im Pansen fallen verschiedene Stoffwechselprodukte an. Es kommt zur Bildung flüchtiger Fettsäuren. Am wichtigsten sind vor allem Essig-, Propion- und Buttersäure. Aus diesen kurzkettigen Fettsäuren gewinnt die Milchkuh einen großen Teil ihrer Energie. Je nachdem in welcher Form die Futterenergie vorliegt, kann das Verhältnis der gebildeten Fettsäuren variieren. Normalberweise wird ein Verhältnis zwischen Essig-, Propion- und Buttersäure von 3 : 1 : 0,6 angestrebt (ULBRICH, HOFFMANN, 2004). Beim Abbau von Rohfaser wird vermehrt Essigsäure produziert. Beim Abbau von Stärke und Zucker kommt es vermehrt zu der Bildung von Propion- und Buttersäure (Tabelle 13). Dies bedeutet, dass die Ausrichtung der Futtervorlage erheblichen Einfluss auf den Pansen-pH-Wert hat.

Tabelle 13: Einfluss von Kohlenhydrate im Pansen (HOFFMANN, 2014)

	Zucker	Stärke	Zellulose (Struktur)
Abbaugeschwindigkeit	sehr schnell	schnell	langsam
pH - Wert	unter 5,5	unter 6,0	über 6,0
Endprodukte der bakteriellen Fermentation	Propionsäure Buttersäure (Milchsäure) Essigsäure	Propionsäure Buttersäure Essigsäure	Essigsäure Propinsäure Buttersäure
Essigsäure - Propionsäure Verhältnis	über 1,5 : 1	unter 2 : 1	über 2,5 : 1

Der Optimalbereich des Pansen-pH-Werts befindet sich nach WEST (2017) zwischen 6,3 bis 6,8 (Tabelle 14). Nach STEINGASS und ZEBELI (2008) sollte der pH-Wert im Pansen zwischen 6,2 und 7,2 liegen. Sinkt der pH-Wert unter 5,5 ab, spricht man von azidotischen Bedingungen in der Kuh. Dies führt sehr häufig zu einem Ausbruch einer subakuten Azidose (siehe Kapitel 2.1.7). Grund für diesen starken Abfall des Pansen-pH-Werts ist eine zu kraftfutterreiche und strukturarme Futterration. Durch den zu geringen Anteil an strukturwirksamer Rohfaser kommt es zu einer geringeren Wiederkauaktivität. Dies führt zu einem geringeren Speichelfluss (pH-Wert 8,2) was wiederum zum Absinken des pH-Werts ins stark saure Milieu führt. Der pH-Wert im Pansen sollte nicht länger als maximal 6 h/Tag unter einem Wert von 5,8 fallen, um eine subakute Acidose zu vermeiden (STEINGASS; ZEBELI, 2008). Umfangreiche Literaturrecherche und eine Vielzahl an Untersuchungen von STEINGASS und ZEBELI (2008) belegen, dass der pH-Wert im Pansen das sicherste Merkmal zur Charakterisierung der Strukturversorgung einer Milchkuh darstellt.

Tabelle 14: Referenzbereiche Pansen-pH-Wert (div. Quellen, zit. bei WEST, 2017)

	Referenzbereiche
Optimalbereich	6,3 bis 6,8
Normalbereich	5,8 bis 6,2
subakute Pansenazidose	5,0 bis 5,5
akute Pansenazidose	< 5,0
Pansenalkalose	> 7,5

Methoden zur Messung und Bewertung des Pansensafts

Für die Untersuchung des Pansensafts, insbesondere des pH-Werts, gibt es in der Praxis zwei Möglichkeiten für die Entnahme. Zu beachten ist, dass der Pansen-pH-Wert starken tageszeitlichen Schwankungen unterliegt, weshalb das Ergebnis besonders vom Zeitpunkt der Probenentnahme in Bezug zur letzten Futteraufnahme abhängig ist. Die Intensive Fermentation findet 2 - 3 Stunden nach der Fütterung statt (FÜRLL, 2014). In dieser Zeit sind die Infusorien sowie die Bakterien am zahlreichsten und aktivsten, der pH-Wert erreicht sein Minimum. Bei fehlender Futteraufnahme nimmt die Aktivität des Pansensafts ab. Daraufhin steigt der pH-Wert an, jedoch sinkt die Infusorienanzahl stak ab. Man spricht in diesem Zusammenhang von einer sogenannten Hungeralkalose (FÜRLL, 2014). Demnach gaben GASTEINER und KOCH (2009) die Empfehlung der Probenahme bei 3 - 5 Stunden nach der letzten Fütterung heraus. Dies ist jedoch unter heutigen Fütterungsbedingungen (ad libitum Fütterung, Mischrationen usw.) schwer abzuschätzen und die gewonnen Ergebnisse sind, unabhängig von der Probenentnahme, entsprechend schwieriger zu beurteilen. Letztendlich bleibt die Gewinnung, Untersuchung und Beurteilung des Pansensafts eine Momentaufnahme.

Die folgenden Möglichkeiten der Pansensaftgewinnung können nur durch einen Tierarzt durchgeführt werden.

1. Möglichkeit: Gewinnung von Pansensaft via Schlundsonde

Unter praktischen Bedingungen lässt sich der Pansensaft anhand einer Schlundsonde realtiv rasch und einfach entnehmen. Hierbei wird der Kuh übers Maul eine Schlundsonde eingeführt. Durch aktives Pumpen wird der Pansensaft gewonnen (DIRKSEN, 1975). Da das Einführen und Platzieren der Sonde mit anregender Speichelproduktion einhergeht, kommt es vermehrt zum Speichelfluss. Die Pansensaftprobe wird aus dem Haubenbereich des Pansens entnommen, in welchem ohnehin bereits ein etwas höheres pH-Wert-Verhältnis

vorzufinden ist, als im übrigen Vormagensystem herrscht. Durch den pH-Wert des Speichels bzw. auch durch dessen Pufferkapazität kann es zum Verfälschen der Probenergebnisse kommen. Daher empfiehlt es sich, die ersten 100 bis 200 ml der Probe zu verwerfen (GASTEINER, KOCH, 2009).

2. Möglichkeit: Gewinnung von Pansensaft via Ruminozentese

Bei dieser Möglichkeit der Pansensaftgewinnung, wird mittels Punktion des ventralen Pansensackes mittels einer Kanüle der Saft durch Erzeugung von Unterdruck mit einer Spritze gewonnen. Nachteilig gegenüber der Schlundsonde ist hier der höhere Aufwand, da die Gewinnung unter lokaler Betäubung des Tieres durchzuführen ist. Jedoch liefert die Probe, bei optimaler Anwendung, realistischere Pansen-pH-Werte, als über die Schlundsonde (GASTEINER, KOCH, 2009).

Zur Untersuchung des Pansensaftes nutzt man physikalische, chemische, mikrobiologische und botanische Untersuchungsmethoden. Speziell liefern jedoch die grobsinnigen Beurteilungen wie Geruch, Konsistenz, Farbe, Sedimentaktivitätszeit (SAT), Methylenblauprobe und die Messung der Infusorien-Anzahl sowie -Bewegung, neben dem pH-Wert, wertvolle Daten zum Pansensaft (FÜRLL, 2014). In diesem Zusammenhang wurde nach WEST und ENGELHARD (2017) ein Pansen-Index gebildet. In der Tabelle 15 ist das Schema für die Ermittlung des Pansen-Index ersichtlich.

Tabelle 15: Schema für die Ermittlung des Pansenindex (WEST, ENGELHARD; 2017)

Parameter	Bewertung		
	1	**2**	**3**
Infusorien-Anzahl	massenhaft / viel	mäßig viel	wenig / keine
Infusorien-Aktivität	sehr lebhaft / gut	träge	schwach / keine
Methylenblauprobe	≤ 3 Minuten	> 3 Minuten	nicht möglich
Sedimentation / Flotation	3 bis 9 Minuten	10 bis 15 Minuten	> 15 Minuten / keine

3 Zielstellungen

1. Welche Veränderungen können in der Trockenmasseaufnahme, der Aufnahme an Stärke (absolut und relativ) und strukturwirksamer Rohfaser (relativ und absolut) sowie beim peNDF Gehalt in den Rationen bei den Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein innerhalb der ersten 60 Tagen der Laktation beobachtet werden?

2. Wie verändert sich der Pansen-pH-Wert der Kühe im Allgemeinen und in den betrachteten Laktationswochen?

3. Inwieweit beeinflussen die Trockenmasseaufnahmen, die Aufnahme an Stärke, strukturwirksamer Rohfaser (relativ und absolut) sowie der Gehalt an peNDF den Pansen-pH-Wert der Milchkühe? Sind dabei Unterschiede in den 3 betrachteten Wochen der ersten 60 Laktationstage erkennbar?

4. Wie verändert sich die Netto-Säure-Basen-Ausscheidung (NSBA) im Harn der Kühe im Allgemeinen und in den betrachteten Laktationswochen.

5. In welchem Zusammenhang steht die Aufnahme an Stärke, strukturwirksamer Rohfaser (relativ und absolut) und der Gehalt an peNDF der Futterrationen mit der Höhe der NSBA im Harn der Kühe und können dabei Effekte in den verschiedenen Wochen der Laktation beobachtet werden?

6. Können über die Analyse der NSBA Rückschlüsse auf die Schwankungen des Pansen-pH-Werts innerhalb der ersten 60 Laktationstage getroffen werden?

7. Inwieweit verändert sich die Milchleistung und die Milchinhaltsstoffe der Kühe im Allgemeinen und in den betrachteten Laktationswochen?

8. Welche Zusammenhänge können zwischen den Milchinhaltsstoffen der Kühe und der Trockenmasseaufnahme innerhalb der Versuchswochen beobachtet werden? Kann ein Effekt zwischen der Energie-korrigierte Milchmenge und dem Pansen-pH-Wert festgestellt werden?

9. Wie verändert sich der Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) der Kühe im Allgemeinen und in den betrachteten Laktationswochen?

10. Inwieweit beeinflussen die Trockenmasseaufnahme, die Aufnahmen an Stärke, strukturwirksamer Rohfaser (relativ und absolut) sowie der Gehalt an peNDF den FEQ? Sind dabei Unterschiede in den ersten 60 Tagen der Laktation erkennbar?

11. Welche Zusammenhänge können zwischen dem FEQ und dem Pansen-pH-Wert innerhalb der betrachteten Versuchswochen beobachtet werden?

12. Sind Unterschiede zwischen den Laktationsnummern und den untersuchten Kennzahlen innerhalb der ersten 60 Tage der Laktation sichtbar?

4 Material und Methode

Das Datenmaterial der vorliegenden Arbeit wurde in der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen - Anhalt (LLG) in Iden, erhoben. Im Rahmen eines Projektes wurden Auswirkungen der Fütterung von Rationen mit unterschiedlichen Gehalten an Struktur- und leicht verdaulichen Kohlenhydraten bei Milchkühen im 1. Laktationsdrittel untersucht.

Abbildung 6: Grundriss Milchviehanlage Iden (Quelle: Google Maps)

4.1 Vorstellung der Versuchsbedingungen

Im Versuch wurden insgesamt 77 Milchkühe der Rasse Deutsche Holstein in zwei vergleichbare Versuchsgruppen eingeteilt. Die Gesamtversuchsdauer des Projektes erstreckte sich über insgesamt 23 Wochen. Der Versuchszeitraum war von Juli bis Dezember 2016. Vom 1. bis mindestens 105. Laktationstag wurden die Kühe mit den unterschiedlichen zusammengestellten Rationen gefüttert. Von den insgesamt 77 Versuchskühen wurden in der statistischen Auswertung 60 Milchkühe (≤ 4. Laktation, 1/3 1. Laktation) je Versuchsvariante einbezogen. Im Mittel wiesen die Kühe der Gruppen zum Versuchs- und Laktationsbeginn die Laktationsnummer 2,0 (Gruppe 1) und 2,1 (Gruppe 2)

auf. Die Milchleistungen der Mehrkalbskühe beider Gruppen wiesen ein vergleichbares Niveau auf. Bei Gruppe 1 lag der Fokus der Rationszusammenstellung auf einen höheren Anteil an Strukturkohlenhydrate, wo gegenüber bei der Gruppe 2 einen höheren Anteil an leicht verdaulichen Kohlenhydraten aufwies. Die Tabelle 16 zeigt die mittlere tägliche Zusammensetzung der TM der Gesamtration auf, kalkuliert unter Verwendung der Lage-/Wägeprotokolle des Futtermischwagens und der regelmäßigen durchgeführten Bestimmungen der TM-Gehalte der Einzelfuttermittel.

Tabelle 16: Mittlere Zusammensetzung der Rationen im Fütterungsversuch (% TM der TMR)[1] (ENGELHARD, 2018)

Futtermittel	Gruppe 1_NDF	Gruppe 2_Stärke
Maissilage	17,5	20,8
Grassilage	35,4	30,2
Stroh	5,1	3,8
Feuchtkornmaisschrot	11,9	14,6
Mais, Gerste, Roggen (Mischfutter)	5,6	7,3
Trockenschnitzel melassiert	4,9	3,6
Rapsextraktionsschrot	16,7	16,6
Rationsergänzung[2]	2,9	3,1

[1)] Mittel der täglichen Lademenge, Ergebnisse der mehrmals wöchentlich durchgeführten TM-Bestimmungen

[2)] Mineralfutter, Rohglycerin, Konservierungsmittel, Ration B zusätzlicher Harnstoff

Die Gehalte der berechneten Rationen wurden an der Orientierungswerten der DLG (2012) für die Versorgung von Frischmelkern (Gruppe 1 – NDF-reiche Versuchsgruppe) sowie für die Kühe der Hochleistungsphase (Gruppe 2 – XS-reiche Versuchsgruppe) ausgerichtet (Tabelle 17). Die Differenzierung zwischen den Rationen wurde gezielt in den Bereichen an Struktur- und Nichtstrukturkohlenhydraten vorgenommen.

Tabelle 17: Mittlere Gehalte der Rationen je kg TM an Energie und ausgewählten Nährstoffen[1] sowie Orientierungswerte der DLG (2012) (ENGELHARD, 2018)

Parameter	Einheit	Rationsgruppe		Orientierungswerte DLG (2012)	
		1_NDF	2_Stärke	*Frischmelker*	*Hochleister*
NEL, MJ		7,00	7,15	≥ 7,0	≥ 7,1
aNDFom	g	314	291	≥ 300	≥ 280
aNDFom aus Grobfutter	g	239	217	≥ 225[2]	≥ 210
Rohfaser	g	170	157	≥ 160	≥ 150
Strukturwirksamer Rohfaser	g	132	120	≥ 125	≥ 115[3]
Stärke	g	184	226	180 - 230[4]	
Stärke + Zucker	g	232	270	≤ 270	≤ 290
Zucker[5]	g	48	44	< 65	< 75
NFC	g	391	421	< 420	< 420
Rohprotein	g	168	168	155 - 170[6]	155 - 165[6]
Nutzbares Rohprotein	g	160	161	160 - 170	150
DCAB	meq	154	135	200 - 350[4]	

[1)] Kalkulation nach Ladeprotokollen Futtermischwagen sowie Ergebnissen der TM-Bestimmung und Einzelfuttermittelanalysen, [2)] DLG (2012) modifiziert: 75% von aNDFom g, [3)] Faktoren Strukturwirksamkeit nach Hoffmann (1190) [4)] Angaben nach STAUFENBIEL (2007, 2016) [5)] einschließlich Fruktane [6)] Angaben nach HOFFMANN (2012)

Die Rationsberechnungen sowie die Kalkulation und Auswertung zu den Energie- und Nährstoffaufnahmen der Kühe basieren auf durchgeführte Futtermittelanalysen. Die eingesetzten Silagen wurden für jedes Silo mehrfach auf die relevanten Gehaltswerte stichprobenartig untersucht. Ebenso wurden Qualitätsuntersuchungen bei Kraft- und Zukauffuttermittel sowie beim Futterstroh durchgeführt. Die Analyse der Gehalte an Struktur- und leicht verdaulichen Kohlenhydraten erfolgten mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) im Untersuchungslabor LKSmbH in Lichtenwalde.

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird das Datenmaterial in den ersten 60 Tagen der Laktation betrachtet. Es werden die Messpunkte in der 2., 4. und 9. Laktationswoche für die Auswertung der Ergebnisse herangezogen. Die resultierende Gesamtanzahl der Kühe beträgt demnach insgesamt 46 Tiere. Es ergibt sich eine Verteilung der Tieranzahl in der NDF-reichen Ration (Gruppe 1) von 19 Milchkühen und bei der XS-reich Ration (Gruppe 2) von insgesamt 27 Milchkühen.

4.2 Datenerfassung

Die DCAB wurde mittels Berechnungen für die entsprechende Rationsgestaltung ermittelt. In der NDF-reichen Ration betrug die berechnete DCAB 154 meq/kg TM und in der stärkereichen Ration 135 meq/kg TM. Die Erfassung der Futteraufnahme und die Milchmenge der Kühe wurden täglich einzeltierbezogen erfasst und dokumentiert. Die Fütterung erfolgte zur freien Aufnahme in Wiegetrögen (mit Tiererkennung) mit ein Tier : Fressplatz-Verhältnis von 2 : 1 bei einem angestrebten Restfutteranteil von 5 %. Zur Beurteilung der NSBA wurde eine Harnprobenentnahme bei den Kühen durchgeführt. An den gleichen Tagen der Harnprobenentnahme wurden ebenso Pansensaftproben mittels Entnahmegerät „Ruminator“ entnommen. In diesem wurde der pH-Wert bestimmt, sowie anhand weiterer Mess- und Beobachtungswerte ein Pansenindex gebildet (Tabelle 18). Der Pansenindex wird in einem Bewertungsbereich von 1 bis 3 ausgewiesen. Die niedrigste Note (1) entspricht einer optimalen physiologischen Situation und die höchste Benotung (3) einer problematischen unphysiologischen Situation.

Tabelle 18: Schema für die Ermittlung des Pansenindex (WEST, ENGELHARD; 2017)

Parameter	Bewertung		
	1	**2**	**3**
Infusorien-Anzahl	massenhaft / viel	mäßig viel	wenig / keine
Infusorien-Aktivität	sehr lebhaft / gut	träge	schwach / keine
Methylenblauprobe	≤3 Minuten	>3 Minuten	nicht möglich
Sedimentation / Flotation	3 bis 9 Minuten	10 bis 15 Minuten	>15 Minuten / keine

Die Bestimmung der Partikellängenverteilung in der TMR wurde mittels des Geräts „Pentstat Pratical Seperator“ vorgenommen. Es wurden jeweils 15 TMR-Proben der beiden Versuchsrationen gesiebt und untersucht. Es stellte sich heraus, dass im Vergleich zu den Empfehlungen, relative hohe Anteile an langen Futterpartikeln (>19 mm) gefunden wurden. In der NDF-Ration betrug dies 25 % und in der Stärke-Ration 18 %. In den identischen TMR-Proben erfolgte die nasschemische Untersuchung der Gehalte an aNDForm, Rohfaser und Stärke mittels Referenzmethode. Aus den Ergebnissen der Siebung und den Ergebnissen der nasschemischen Analysen der aNDForm errechnet sich der peNDF-Gehalt (Tabelle 19). Sowohl für die Partikellängenverteilung als auch für den nasschemisch untersuchten Gehalt an aNDForm und Stärke waren relativ hohe Variationen zwischen den TMR-Proben einer Rationsvariante zu verzeichnen.

Zu der Datenerhebung, innerhalb der Versuchswochen, betrugen die Lebendmasse der Kühe aus der NDF-reichen Gruppe im Durchschnitt 653 ± 73 kg. Die mittlere Milchleistung in dieser Versuchsgruppe betrug 40,94 l/Kuh. Die Kühe der stärkereichen Rationsgruppe wiesen über alle Versuchswochen hinweg eine durchschnitte Lebendmasse von 643 ± 64 kg auf. Ihre mittlere Milchleistung lag bei 43,31 l/Kuh.

Tabelle 19: Ergebnisse der TMR-Analytik und zur Bestimmung der peNDF (n = 2x 15) (ENGELHARD, 2018)

Parameter	Gruppe 1_NDF			Gruppe 2_Stärke		
	MW ± s	Min	Max	MW ± s	Min	Max
Futterpartikel >8mm (%)	62 ± 3	45	77	60 ± 8	45	74
aNDForm (g/kg TM)	349 ± 19	312	377	327 ± 13	304	350
peNDF$_{8mm}$ (g/kg TM)	217 ± 12	193	236	195 ± 13	173	216
Stärke (g/kg TM)	207 ± 23	175	237	262 ± 27	204	300

Es ist zu erwähnen, dass im Versuchsverlauf zwischen der 4. und 13. Laktationswoche verschiedene identifizierte „Störgrößen“ in der Fütterung und auch Haltung der Versuchskühe auftraten.

Diese „*Störgrößen*“ waren, dass der Gehalt an Stärke in der Rationsgruppe 2 (stärkereiche Ration) oberhalb des Orientierungsbereichs sich befand, wobei gegenüber der Gehalt peNDF in der Ration unterhalb des Orientierungsbereiches lag. Es wurde weiterhin ein Abfall des DCAB-Wertes in beiden Fütterungsrationen festgestellt. In der Rationsgruppe 1 befand sich der Wert unter 140 meq/kg TM, bei der Rationsgruppe 2 unter 120 meq/kg TM. Bei der Analyse der Futterrationen wurde ermittelt, dass die Grassilage keine ausreichende aerobe Stabilisation besaß, welches zur Nacherwärmung führte. Zusätzlich kam hinzu, dass über den Verlauf des Projektes die Kühe Tageshöchsttemperaturen von über 30°C ausgesetzt waren. Dies führte bei den meisten Tieren zum Auslösen von Hitzestress.

4.3 Datenauswertung

Das Datenmaterial wurde mit Hilfe von MICROSOFT EXCEL 2013 verwaltet. Für die statistische Analyse konnte das Statistik-Programm-Paket SPSS Version 25.0 genutzt werden. Unter Verwendung des einfachen Mittelwertvergleichs durch ANOVA wurden die Mittelwerte bei 2 normalverteilten Gruppen bestimmt, auf signifikante Mittelwertdifferenzen geprüft und im Anschluss mögliche Effekte auf die Merkmale erfasst. Für die Überprüfung

von zwei und mehr potentiellen Einflussfaktoren auf ausgewählte metrische Kennzahlen wurde die mehrfaktorielle Varianzanalyse (MANOVA) bei SPSS genutzt. Für alle Auswertungen wurde ein Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ festgelegt.

Um einige der folgenden Ergebnisse kompakter und aussagekräftiger darzustellen, wurden aus dem gesamten Datenpool spezielle Kennzahlen ausgewählt und dafür verschiedene Gruppierungen angefertigt. Gruppierungen wurden erstellt für die TM-Aufnahme, die absolute Aufnahme an strukturwirksamer Rohfaser, für die Aufnahme an Stärke sowie für die Energiekorrigierte Milchmenge (ECM) und deren Milchinhaltsstoffe (Fett, Eiweiß) und dem Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ). Die Berechnungen beruhen auf die Ermittlung des statistischen Mittelwerts und einer halben Standardabweichung, welche mit Microsoft EXCEL 2013 erfasst wurden. Dementsprechend wurden die Grenzbereiche festgelegt und es kam zur Bildung von 3 Gruppen. Bei der Gruppe 1 ergeben sich Werte aus dem Mittelwerte minus einer halben Standardabweichung, demzufolge entspricht Gruppe 3 den Werten aus dem Mittelwert plus einer halben Standardabweichung. Ebenso wurde eine Anpassung des Pansen-pH-Werts vorgenommen. Dazu erfolgte die Gruppierung der Bereich anhand der Empfehlungsgrenzen nach WEST (2017). In der Tabelle 29 sind die Anpassungen des Pansen-pH-Werts dargestellt. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wurden die folgenden Abbildungen danach gruppiert und dargestellt.

Die Tabelle 20 veranschaulicht die Gruppierung der Trockenmasseaufnahme (kg/d). Die Berechnung und die folgende Gruppierung der Grenzwerte erfolgt über beide Rationen sowie über alle Versuchswochen hinweg.

Tabelle 20: Gruppierung Trockenmasseaufnahme (kg/d) (n 138)

Gruppierung	Aufnahmen	Grenzbereich
Gruppe 1	geringe Aufnahme	≤ 18,50
Gruppe 2	mittlere Aufnahme	18,50 - 22,70
Gruppe 3	hohe Aufnahme	≥ 22,70

Die Festlegung der Gruppierung von der absoluten strukturwirksamen Rohfaseraufnahme (g/d) der Milchkühe wird über beide Versuchsgruppen sowie Laktationswochen hinweg in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Gruppierung absolute strukturwirksame Rohfaseraufnahme (g/d) (n 138)

Gruppierung	Aufnahmen	Grenzbereich
Gruppe 1	geringe Aufnahme	≤ 2377
Gruppe 2	mittlere Aufnahme	2377 - 2903
Gruppe 3	hohe Aufnahme	≥ 2903

Die folgende Tabelle 22 zeigt die Gruppierung der absoluten strukturwirksamen Rohfaseraufnahme (g/d) über alle beiden Versuchsgruppen hinweg, aber in die jeweiligen Laktationswochen unterteilt.

Tabelle 22: Gruppierung absolute sXF-Aufnahme (g/d) in Abhängigkeit der einzelnen Wochen der Laktation (n/LakW 46)

Gruppierung	Aufnahmen	2. LakW	4. LakW	9. LakW
Gruppe 1	geringe Aufnahme	≤ 2005	≤ 2505	≤ 2727
Gruppe 2	mittlere Aufnahme	2005 - 2587	2505 - 2923	2727 - 3087
Gruppe 3	hohe Aufnahme	≥ 2587	≥ 2923	≥ 3087

Die Gruppierung der berechneten Grenzwerte für die XS-Aufnahmen (g/d) wird über beide Futterrationen und über alle Versuchswochen hinweg in Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23: Gruppierung der XS-Aufnahmen (g/d) (n 138)

Gruppierung	Aufnahmen	Grenzbereich
Gruppe 1	geringe Aufnahme	≤ 4167
Gruppe 2	mittlere Aufnahme	4167 - 5029
Gruppe 3	hohe Aufnahme	≥ 5029

In Tabelle 24 wird die Gruppierung der Stärkeaufnahme (g/d) der Versuchskühe über beide Fütterungsgruppen hinweg dargestellt, jedoch in den einzelnen Laktationswochen des Versuches separat betrachtet.

Tabelle 24: Gruppierung der XS-Aufnahme (g/d) in Abhängigkeit der einzelnen Wochen der Laktation (n/LakW 46)

Gruppierung	Aufnahmen	2. LakW	4. LakW	9. LakW
Gruppe 1	geringe Aufnahme	≤ 3667	≤ 4384	≤ 4578
Gruppe 2	mittlere Aufnahme	3667 - 4485	4384 - 5076	4578 - 5392
Gruppe 3	hohe Aufnahme	≥ 4485	≥ 5076	≥ 5392

Die Tabelle 25 zeigt die Gruppierung der Energiekorrigierte Milchmenge (ECM - kg/d). In der ersten Spalte wird die Gruppierung der Grenzwerte von der gesamten ECM über beide Futterrationen sowie über alle Versuchswochen hinweg aufgeführt. Die folgenden Spalten stellen die Grenzwerte der jeweiligen Versuchsrationen dar, jedoch über alle untersuchten Laktationswochen hinweg.

Tabelle 25: Gruppierung Energiekorrigierte Milchmenge (kg/d) (n 138)

Gruppierung	Aufnahmen	Gesamt	Gruppe 1_NDF	Gruppe 2_Stärke
Gruppe 1	geringe Aufnahme	< 35,92	< 34,99	< 35,87
Gruppe 2	mittlere Aufnahme	35,92 - 43,68	34,99 - 41,97	35,87 - 43,69
Gruppe 3	hohe Aufnahme	> 43,68	> 41,97	> 43,69

In der Tabelle 26 wird der Milchfettgehalt (%) dargestellt. Wieder erfolgt die Festlegung der berechneten Grenzbereiche unter „Gesamt“ über alle Rationen und Versuchswochen hinweg. In den darauf folgenden Spalten sind die Versuchsrationen separat aufgelistet und die Berechnung der Grenzwerte erfolgt auch hier über alle betrachteten Laktationswochen.

Tabelle 26: Gruppierung Milchfettgehalt (%) (n 138)

Gruppierung	Aufnahmen	Gesamt	Gruppe 1_NDF	Gruppe 2_Stärke
Gruppe 1	geringe Aufnahme	< 3,4	< 3,22	< 3,22
Gruppe 2	mittlere Aufnahme	3,4 - 3,92	3,22 - 3,92	3,22 - 3,92
Gruppe 3	hohe Aufnahme	> 3,92	> 3,92	> 3,92

Die Tabelle 27 veranschaulicht die Gruppierung des Milcheiweißgehalts (%). Die Darstellung der Grenzwerte erfolgt nach dem gleichen Schema wie bei dem Milchfettgehalt. Da man keine Unterschiede in der Berechnung zwischen „Gesamt“ und den jeweiligen Versuchsgruppen ermittelt konnte, wurden für die weiteren Berechnungen und Darstelllungen die Spalte „Gesamt“ verwendet.

Tabelle 27: Gruppierung Milcheiweißgehalt (%) (n 138)

Gruppierung	Aufnahmen	Gesamt	Gruppe 1_NDF	Gruppe 2_Stärke
Gruppe 1	geringe Aufnahme	< 3,12	< 3,12	< 3,12
Gruppe 2	mittlere Aufnahme	3,12 - 3,44	3,12 - 3,44	3,12 - 3,44
Gruppe 3	hohe Aufnahme	> 3,44	> 3,44	> 3,44

In der Tabelle 28 werden die Gruppierungsbereiche des FEQ dargestellt. Die Grenzbereiche orientieren sich an den Angaben aus der Literatur (siehe Kapitel 2.1.7 und 2.3.3).

Tabelle 28: Gruppierung des FEQ (LKV; 2012)

Gruppierung	Beschreibung	Pansen-pH-Wert
Gruppe 1	azidotische Belastung	< 1,1
Gruppe 2	Optimal	1,1 - 1,5
Gruppe 3	alkalische Belastung	> 1,5

In der Tabelle 29 werden die angepassten Gruppierungen des Pansen-pH-Werts an den Empfehlungsbereichen nach WEST (2017) dargestellt. Die Aussagefähigkeiten der Grenzbereiche bleiben weiterhin erhalten.

Tabelle 29: Anpassung der Gruppierung des Pansen-pH-Werts (Orientierung Literaturrecherche nach WEST, 2017)

Gruppierung	Beschreibung	Pansen-pH-Wert
Gruppe 1	Tendenz azidotische Belastung	≤ 5,5
Gruppe 2	Normalbereich	5,6 - 6,2
Gruppe 3	Optimalbereich	6,3 - 6,8
Gruppe 4	Tendenz alkalische Belastung	≥ 6,9

Der zweite Teil der Gruppierungen beruht auf Literaturrecherche. Diesbezüglich kamen für den Gehalt an peNDF, der relativen strukturwirksamen Rohfaseraufnahme, für den Fett-Eiweiß-Quotienten, dem Pansen-pH-Wert sowie der NSBA entsprechende Grenzbereiche für die Gruppierung zustande. Unter der Rubrik Literatur ist es in dieser Arbeit nachzuschlagen.

5 Ergebnisse

5.1 Tabellarische Betrachtung einzelner Parameter in Abhängigkeit der Versuchsgruppen und in den einzelnen Wochen der Laktation

In den folgenden Tabellen werden die Veränderungen der Trockenmasseaufnahme, der Aufnahme an Stärke (absolut und relativ) und strukturwirksamer Rohfaser (absolut und relativ) sowie der peNDF Gehalt separat in den jeweiligen Versuchsrationen und in den einzelnen Wochen der Laktation betrachtet.

5.1.1 Trockenmasseaufnahme

Aus Tabelle 30 wird ersichtlich, dass die Kühe der XS-reichen Versuchsgruppe eine durchschnittlich höhere Trockenmasseaufnahme aufwiesen als Fütterungsgruppe 1. Im Mittel nahmen die Kühe von der Gruppe 2 pro Tag 0,7 kg Trockenmasse mehr auf als die NDF-reiche Versuchsgruppe. Es traten keine Signifikanzen auf.

Tabelle 30: mittlere Aufnahme an Trockenmasse (kg/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
TM	138	20,6 ± 4,1	57	20,2 ± 3,7	81	20,9 ± 4,5	≤ 0,822

Bei der Betrachtung der Trockenmasseaufnahme zu den jeweiligen Messpunkten während der Laktation wird deutlich, dass bei beiden Fütterungsgruppen eine Zunahme zu verzeichnen ist. Jedoch wird ersichtlich, dass die XS-reiche Versuchsgruppe durchschnittlich höhere Aufnahmen aufweist (Tabelle 31).

Tabelle 31: mittlere Aufnahme an Trockenmasse (kg/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**TM**	46	18,1 ± 3,7	19	17,8 ± 3,5	27	18,4 ± 3,9	≤ 0,598
4.	**TM**	46	20,9 ± 4,1	19	21,0 ± 3,2	27	20,7 ± 4,8	≤ 0,598
9.	**TM**	46	22,8 ± 3,4	19	21,9 ± 3,3	27	23,5 ± 3,4	≤ 0,120

5.1.2 Stärkeaufnahme (absolut)

Aus Tabelle 32 wird ersichtlich, dass über den gesamten Verlauf der Bewertung, die Kühe der XS-reichen Versuchsgruppe eine durchschnittlich höhere XS-Aufnahme (XS) aufweisen als Fütterungsgruppe 1. Im Mittel nahmen die Kühe von der XS-reichen Versuchsgruppe pro Tag gesamtdurchschnittlich 973 g XS mehr auf, als die NDF-reiche Fütterungsration (Gruppe 1). Bei der statistischen Auswertung traten zwischen den Gruppen signifikante Unterschiede von $p \leq 0{,}001$ auf.

Tabelle 32: mittlere Aufnahme an Stärke (g/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
XS	138	4597 ± 861	57	4026 ± 695	81	4999 ± 732	≤ 0,001

Bei der Betrachtung der XS-Aufnahme zu den jeweiligen Messpunkten während der Laktation wird deutlich, dass bei beiden Fütterungsgruppen eine Zunahme zu verzeichnen ist. Jedoch wird auch hier wieder ersichtlich, dass die XS-reiche Rationsgruppe, versuchsbedingt eine durchschnittlich höhere Aufnahme aufweist (Tabelle 33). In der 9. Laktationswoche nahmen die Versuchskühe der XS-reichen Gruppe durchschnittlich 1091 g/d mehr XS auf als die NDF-reiche Versuchsgruppe. Es konnten zwischen den Versuchsgruppen, in den einzelnen Laktationswochen, signifikante Unterschiede ermittelt werden ($p \leq 0{,}001$)

Tabelle 33: mittlere Aufnahme an Stärke (g/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**XS**	46	4076 ± 817	19	3497 ± 614	27	4483 ± 691	≤ 0,001
4.	**XS**	46	4730 ± 691	19	4235 ± 567	27	5079 ± 546	≤ 0,001
9.	**XS**	46	4985 ± 814	19	4345 ± 598	27	5436 ± 625	≤ 0,001

5.1.3 Stärkeaufnahme (relativ)

Bei der relativen XS-Aufnahme über alle Laktationswochen hinweg zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen (Tabelle 34). Die NDF-reiche Versuchsgruppe wies eine durchschnittlich relative XS-Aufnahme von 201 g/kg TM auf. Versuchsbedingt wies die XS-reiche Versuchsgruppe mit durchschnittlich 246 g XS/kg TM eine höhere Aufnahme

auf. Signifikante Unterschiede von p ≤ 0,001 konnten bei der statistischen Auswertung zwischen den Gruppen ermittelt werden.

Tabelle 34: relative Stärkeaufnahme (g/kg TM) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
XS	138	227 ± 40	57	201 ± 21	81	246 ± 40	≤ 0,001

Bei der Betrachtung der relativen XS-Aufnahmen zu den jeweiligen Laktationswochen zeigte sich, dass versuchsbedingt allgemein die XS-reiche Gruppe höhere XS-Aufnahmen je kg TM aufwiesen als die NDF-reiche Versuchsgruppe (Tabelle 35). In der 4. Laktationswoche nahmen die Versuchskühe der XS-reichen Gruppe im Mittel 52 g/kg TM mehr auf als die NDF-reiche Versuchsgruppe. Zur 9. Laktationswoche war bei beiden ein Rückgang der XS zu ermitteln. Signifikante Unterschiede traten bei der statistischen Auswertung, zwischen den Gruppen und Laktationswochen, auf (p ≤ 0,001).

Tabelle 35: relative Stärkeaufnahme (g/kg TM) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**XS**	46	228 ± 38	19	199 ± 24	27	248 ± 32	≤ 0,001
4.	**XS**	46	233 ± 51	19	203 ± 20	27	255 ± 55	≤ 0,001
9.	**XS**	46	220 ± 29	19	200 ± 21	27	234 ± 27	≤ 0,001

5.1.4 Strukturwirksame Rohfaseraufnahme (absolut)

In Tabelle 36 sind die durchschnittlichen Aufnahmen an strukturwirksamer Rohfaser (sXF) im gesamten Bewertungsverlauf dargestellt. Es wird sehr deutlich, dass die NDF-reiche Fütterungsgruppe (Gruppe 1) eine deutlich höhere Aufnahme an sXF aufweist als die XS-reiche Versuchsgruppe. Im Mittel nahmen die Kühe der Gruppe 1 am Tag 2756 g sXF zu sich. Bei der statistischen Auswertung konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen erfasst werden.

Tabelle 36: mittlere Aufnahme an absoluter strukturwirksamer Rohfaser (g/d) der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
sXF	138	2639 ± 525	57	2756 ± 528	81	2557 ± 511	≤ 0,392

Bei der weiteren Betrachtung der Aufnahme an sXF zu den jeweiligen Messpunkten während der Laktation wird deutlich, dass bei beiden Fütterungsgruppen eine stetige Zunahme zu verzeichnen ist. Die NDF-reiche Gruppe wies schon zum Messtag in der 4. Laktationswoche eine Aufnahme von 2956 g strukturwirksame Rohfaser pro Tag auf, welche sich in der 9. Laktationswoche jedoch nur noch gering erhöht (Tabelle 37). Es konnte zwischen den Gruppen in der 4. Laktationswoche ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (p ≤ 0,001)

Tabelle 37: mittlere Aufnahme an absoluter strukturwirksamer Rohfaser (g/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**sXF**	46	2296 ± 582	19	2323 ± 443	27	2278 ± 671	≤ 0,800
4.	**sXF**	46	2714 ± 417	19	2956 ± 470	27	2543 ± 273	≤ 0,001
9.	**sXF**	46	2907 ± 359	19	2989 ± 391	27	2850 ± 329	≤ 0,197

5.1.5 Strukturwirksame Rohfaseraufnahme (relativ)

Die Tabelle 38 zeigt die gesamtdurchschnittliche Aufnahme pro Tag an relativer strukturwirksamer Rohfaser je 100 kg Lebendmasse. Die Aufnahme der XS-reichen Versuchsgruppe mit 398 g/100 kg LM liegt deutlich unter der NDF-reiche Versuchsgruppe mit 422 g/100 kg LM im Gesamtverlauf. Es konnten signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen von p ≤ 0,028 analysiert werden.

Tabelle 38: mittlere Aufnahme an relativer strukturwirksamer Rohfaser (g/100kg LM) der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
sXF	138	408 ± 72	57	422 ± 71	81	398 ± 71	≤ 0,028

Bei der Betrachtung der relativen sXF-Aufnahme zu den einzelnen Laktationswochen wird deutlich, dass die NDF-reiche Gruppe, durch deren versuchsbedingten Ausrichtung, über eine höhere Aufnahme an sXF je 100 kg Lebendmasse, gegenüber der XS-reichen Versuchsgruppe, verfügt (Tabelle 39). In der 4. Laktationswoche nahmen die Versuchskühe der NDF-reiche Gruppe im Mittel 53 g sXF/100 kg LM mehr auf als die Kühe aus der XS-reichen Versuchsgruppe. Es konnte in dieser Woche eine Signifikanz von $p \leq 0{,}001$ zwischen Gruppen ermittelt werden.

Tabelle 39: mittlere Aufnahme an relativer strukturwirksamer Rohfaser (g/100kg LM) der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**sXF**	46	349 ± 77	19	353 ± 62	27	346 ± 87	≤ 0,790
4.	**sXF**	46	423 ± 49	19	454 ± 49	27	401 ± 35	≤ 0,001
9.	**sXF**	46	452 ± 42	19	460 ± 46	27	447 ± 40	≤ 0,326

5.1.6 Physikalisch effektive Neutrale-Detergenz-Faser

Die Tabelle 40 zeigt den gesamtdurchschnittlichen Gehalt an physikalisch effektiven Neutral - Detergenz - Faser (peNDF). Die XS-reiche Versuchsgruppe liegt im Gesamtverlauf mit 19,4 % peNDF Gehalt, deutlich unter der NDF-reichen Rationsgruppe mit 21,3 % peNDF. Bei der statistischen Auswertung traten zwiscchen den Gruppen signifikante Unterschiede von $p \leq 0{,}001$ auf.

Tabelle 40: mittlerer Gehalt an peNDF (%) in der Ration der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
peNDF	138	20,2 ± 1,6	57	21,3 ± 1,3	81	19,4 ± 1,3	≤ 0,001

Bei der Betrachtung des peNDF Gehalts zu den einzelnen Laktationswochen wird deutlich, dass die NDF-reiche Gruppe versuchsbedingt über einen höheren prozentualen Anteil an peNDF, gegenüber der XS-reichen Versuchsgruppe, verfügt (Tabelle 41). In der 9. Laktationswoche befand sich in der Gruppe 1 der höchste Gehalt an peNDF mit 22,3 %. Es konnten bei der statistischen Auswertung, zwischen beiden Gruppen und Laktationswochen, Signifikanzen von $p \leq 0{,}001$ analysiert werden.

Tabelle 41: mittlerer Gehalt an peNDF (%) in der Ration der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**peNDF**	46	19,8 ± 1,1	19	20,6 ± 0,9	27	19,2 ± 0,9	≤ 0,001
4.	**peNDF**	46	19,9 ± 1,6	19	20,9 ± 1,2	27	19,1 ± 1,5	≤ 0,001
9.	**peNDF**	46	20,8 ± 1,7	19	22,3 ± 1,1	27	19,8 ± 1,3	≤ 0,001

5.2 Pansen-pH-Wert

5.2.1 Tabellarische Betrachtung des Pansen-pH-Werts in Abhängigkeit der Versuchsgruppen und in den einzelnen Wochen der Laktation

In den folgenden Tabellen wird die Veränderung des Pansen-pH-Werts innerhalb der unterschiedlichen Versuchsrationen und separat in den einzelnen Laktationswochen betrachtet.

Die Tabelle 42 zeigt die Gesamtheit des durchschnittlichen gemessenen Pansen-pH-Werts. Es ergaben sich keine Schwankungen in der Gesamtübersicht über alle bewerteten Laktationswochen. Im Mittel befindet sich der Pansen-pH-Wert bei 6,3.

Tabelle 42: mittleren Gehalt an Pansen-pH-Wert der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
pH-Wert	138	6,3 ± 0,4	57	6,3 ± 0,4	81	6,3 ± 0,4	≤ 0,760

Bei der näheren Betrachtung des Pansen-pH-Wertes zu den Messpunkten in den jeweiligen Laktationswochen sind Unterschiede deutlich sichtbar (Tabelle 43). Bei beiden Fütterungsgruppen kann im Durchschnitt ein Rückgang des pH-Wertes im Verlauf der Laktationswoche gemessen werden. Bei der XS-reichen Versuchsgruppe konnte zum Messtag der 2. Laktationswoche ein Pansen-pH-Wert von 6,5 und zum Messpunkt der 9. Laktationswoche von 6,0 ermittelt werden.

Tabelle 43: mittleren Gehalt an Pansen-pH-Wert der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**pH-Wert**	46	6,4 ± 0,4	19	6,4 ± 0,4	27	6,5 ± 0,4	≤ 0,631
4.	**pH-Wert**	46	6,4 ± 0,4	19	6,3 ± 0,4	27	6,3 ± 0,4	≤ 0,656
9.	**pH-Wert**	46	6,1 ± 0,3	19	6,1 ± 0,4	27	6,0 ± 0,6	≤ 0,529

5.2.2 Einflüsse verschiedener Kennzahlen auf den Pansen-pH-Wert

Die folgenden Abbildungen zeigen unterschiedliche Kennzahlen im Zusammenhang zum Pansen-pH-Wert. Die Betrachtung erfolgt, wenn nicht extra beschrieben, über alle untersuchten Laktationswochen, sowie über beiden Versuchsrationen, hinweg.

5.2.2.1 Trockenmasseaufnahmen

In der Abbildung 7 wird der Einfluss der TM-Aufnahme der Versuchskühe im Zusammenhang mit dem Pansen-pH-Wert dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die Tiere mit einer TM-Aufnahme zwischen 18,50 - 22,70 kg TM/d den niedrigsten Pansen-pH-Wert bei 6,21 aufweisen. Signifikate Unterschiede konnten nicht ermittelt werden.

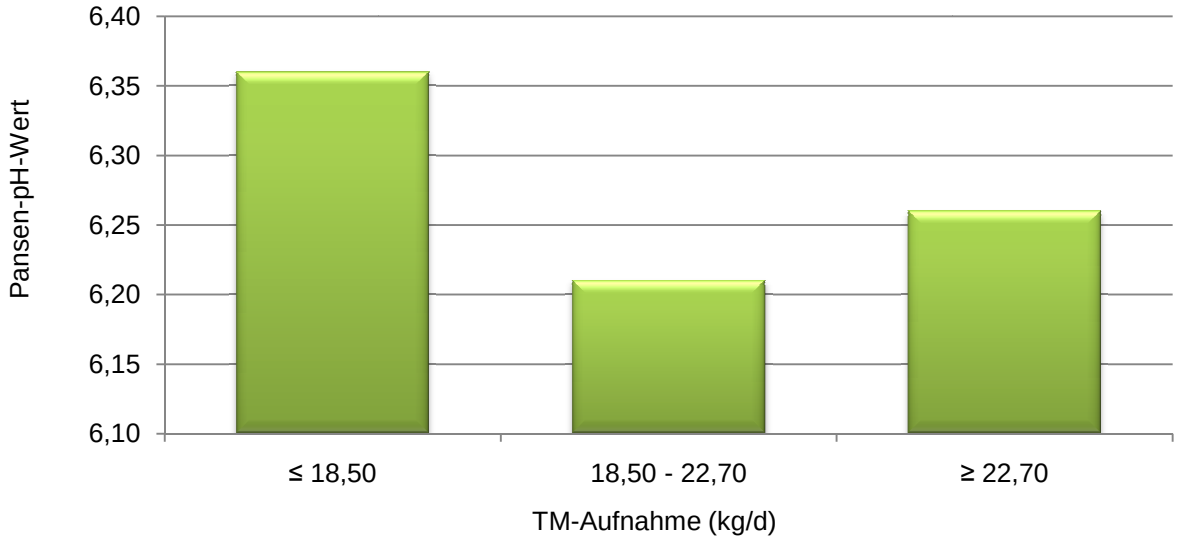

Abbildung 7: Zusammenhang zwischen TM-Aufnahme und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)

5.2.2.2 Stärkeaufnahmen

Die Auswirkung der unterschiedlichen Stärkeaufnahme in Bezug auf den Pansen-pH-Wert wird in Abbildung 8 dargestellt. Es sind kaum Unterschiede zwischen den jeweiligen Stärkeaufnahmen zu erkennen. Die Versuchskühe mit einer geringeren Stärkeaufnahme von ≤ 4167 g/d wiesen einen pH-Wert im Pansen von 6,28 auf. Bei einer Aufnahme von Stärke von ≥ 5029 g/d wurde ein Pansen-pH-Wert von 6,25 ermittelt. Signifikate Unterschiede konnten nicht ermittelt werden.

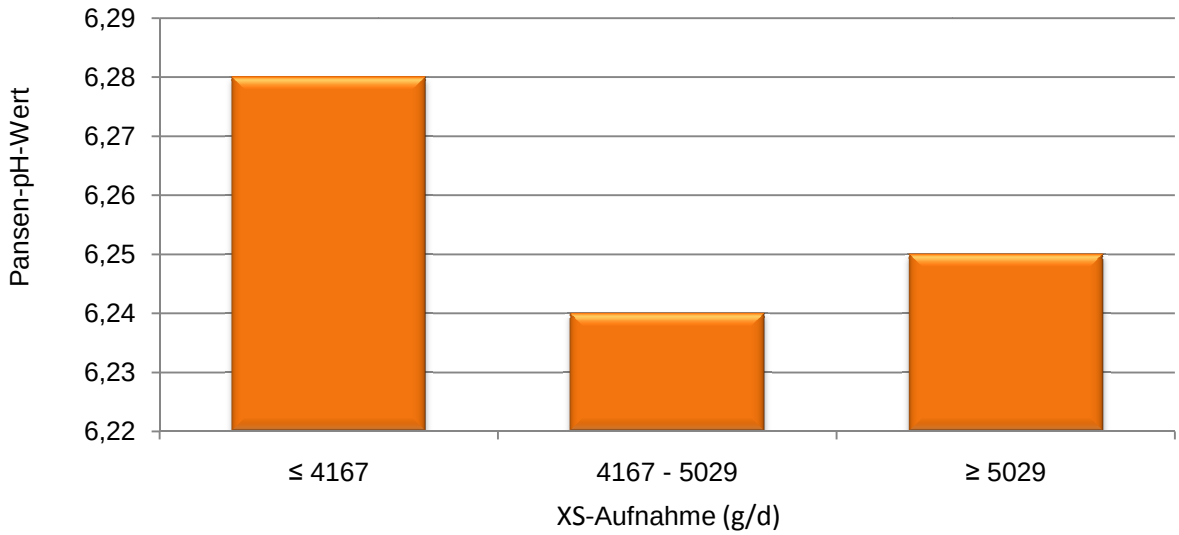

Abbildung 8: Zusammenhang zwischen XS-Aufnahme und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)

5.2.2.3 Strukturwirksame Rohfaser (absolut)

Die Abbildung 9 zeigt den Einfluss der absoluten sXF-Aufnahme der Milchkühe auf den Pansen-pH-Wert. Es wird gut ersichtlich, dass der höchste Gehalt an pH-Wert im Pansen von 6,43, bei einer absoluten sXF-Aufnahme von ≤ 2377 g/d liegt. Der niedrigste Pansen-pH-Wert liegt bei 6,16 bei einer absoluten sXF-Aufnahme zwischen 2377 - 2903 g/d. Bei der statistischen Auswertung konnten zwischen den sXF-Gruppierungen zum Pansen-pH-Wert signifikante Unterschiede von p ≤ 0,003 ermittelt werden.

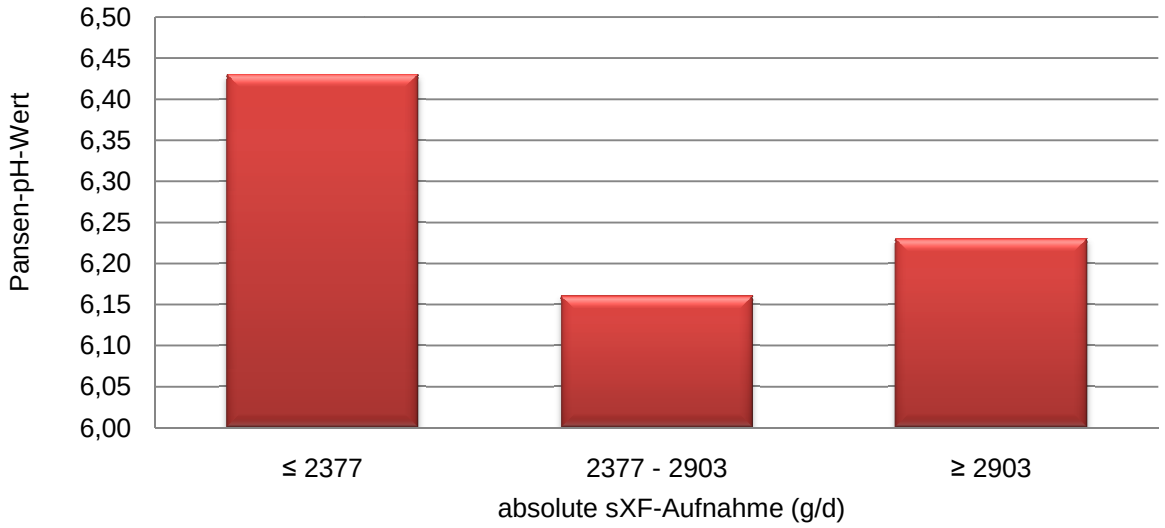

Abbildung 9: Zusammenhang zwischen absoluter sXF-Aufnahme und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)

5.2.2.4 Strukturwirksame Rohfaser (relativ)

Die Abbildung 10 zeigt den Einfluss der relativen sXF-Aufnahme g/100 kg Lebensmasse der Milchkühe auf den Pansen-pH-Wert. Es zeigt, dass mit zunehmender Aufnahme an relativer strukturwirksamer Rohfaser der pH-Wert im Pansen der Milchkühe sinkt. Der Pansen-pH-Wert fällt von 6,38 auf 6,19 ab. Signifikate Unterschiede konnten nicht ermittelt werden.

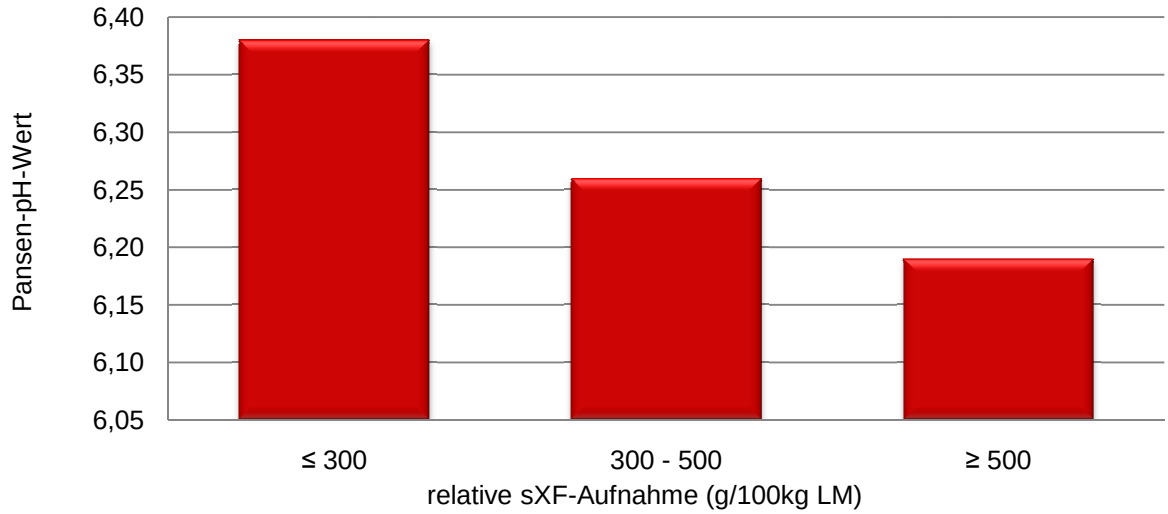

Abbildung 10: Zusammenhang zwischen relativer sXF-Aufnahme und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)

In der Abbildung 11 wird Einfluss von der relative sXF-Aufnahme in den einzelnen Laktationswochen aber über beide Versuchsgruppen hinweg, auf den Pansen-pH-Wert betrachtet. Es zeigt sich, dass bei einer relativen sXF-Aufnahme zwischen 300 - 500 g/100kg LM der pH-Wert im Pansen mit voranschreitender Laktation absinkt. Der Pansen-pH-Wert fällt von der 2. zur 9. Laktationswoche um 0,41 Einheiten. Bei der statistischen Auswertung konnten signifikante Unterschiede zwischen dem Pansen-pH-Wert und den Laktationswochen ermittelt werden ($p \leq 0,046$).

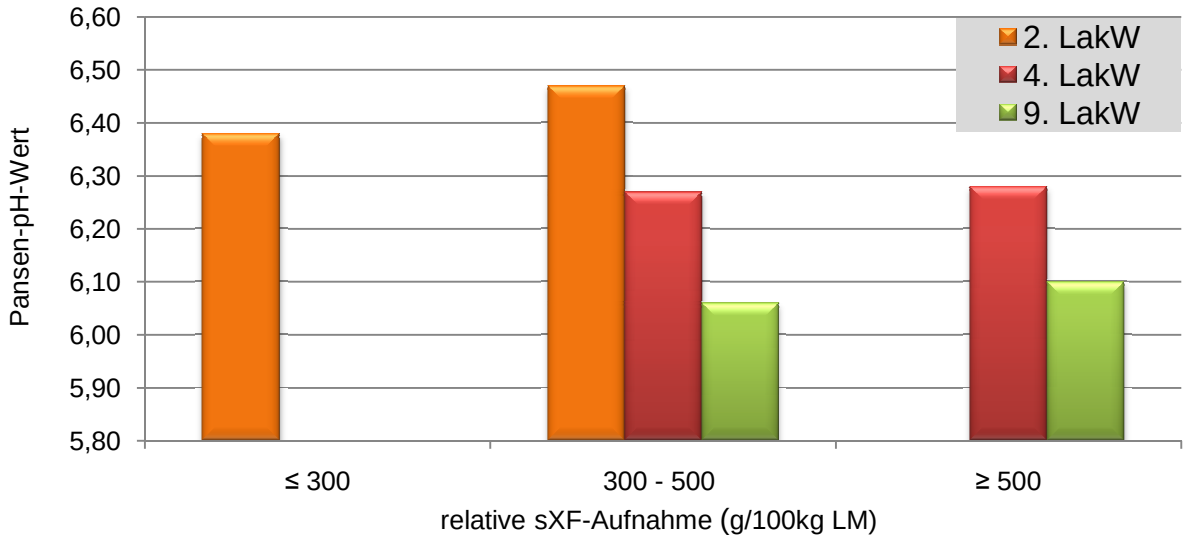

Abbildung 11: Zusammenhang zwischen relativer sXF-Aufnahme und Pansen-pH-Wert bei Michkühen innerhalb der einzelnen Laktationswochen (n 138)

5.2.2.5 Physikalisch effektive Neutrale-Detergenzien-Faser

In der Abbildung 12 wird ersichtlich, wie sich der Pansen-pH-Wert der Kühe auf den Gehalt an peNDF in der Ration verhält. Es wird deutlich, dass mit zunehmendem prozentualem Anteil an peNDF in der Futterration der pH-Wert im Pansen absinkt. Bei einem Gehalt an peNDF von über 22 % befindet sich der Pansen-pH-Wert bei der Messung im niedrigsten Bereich von 6,06. Innerhalb der statistischen Analyse konnten signifikante Unterschiede zwischen den peNDF-Gruppen zum Pansen-pH-Wert von $p \leq 0{,}032$ erfasst werden.

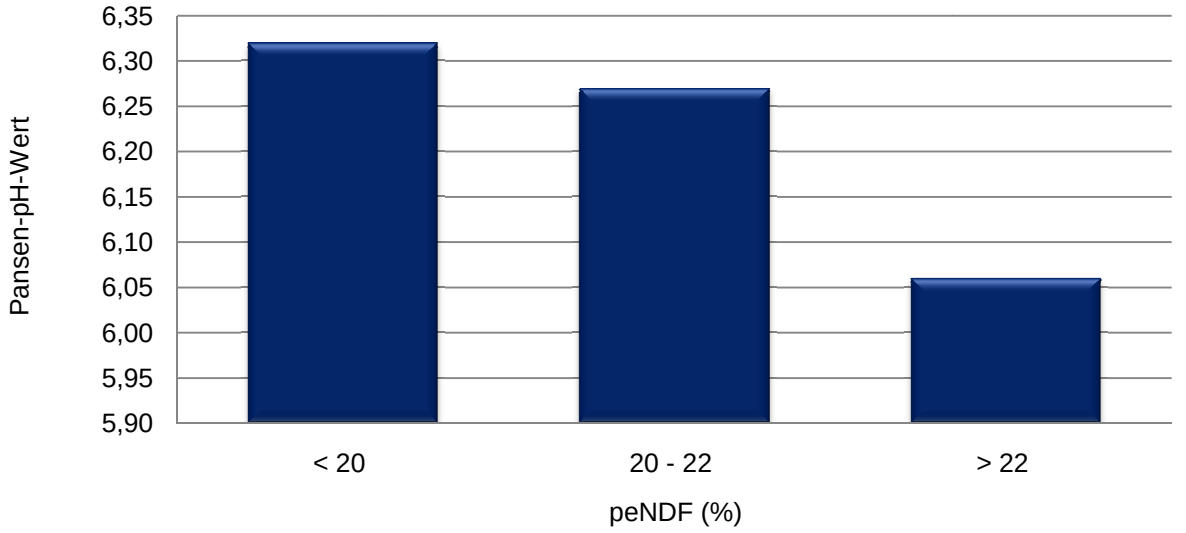

Abbildung 12: Zusammenhang zwischen peNDF und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)

5.2.2.6 Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahmen

Bei den folgenden 3 D Abbildungen werden die gruppierten Aufnahmen an Stärke (XS) und strukturwirksamer Rohfaser (sXF) dem Pansen-pH-Wert gegenübergestellt. Die Betrachtung erfolgt allgemein über beide Versuchsrationen hinweg. Als erstes wird immer die „Gesamtbetrachtung“, d.h. über alle Laktationswochen dargestellt und dann im Anschluss die Betrachtung zwischen den jeweiligen Laktationswochen separat durchgeführt. Die Gruppierungen der Aufnahmen an sXF und XS erfolgen in Abhängigkeit und Anpassung an den Laktationswochen (siehe Kapitel 4.3 Datenauswertung Tabellen 22 / 24).

Gesamtbetrachtung

In der Abbildung 13 werden die Auswirkungen von der Aufnahme an XS und sXF auf den Pansen-pH-Wert in der Gesamtbetrachtung dargestellt. Es zeigt sich, dass bei einer hohen sXF-Aufnahme von ≥ 2903 g/d der Pansen-pH-Wert mit steigender XS-Aufnahme sukzessiv erhöht. Somit stieg der Pansen-pH-Wert in diesem sXF-Bereich von 6,0 auf 6,34, bei einer XS-Aufnahme von ≥ 5029 g/d, an. Die höchste Messung des Pansen-pH-Werts von 6,47 lag bei einer sXF-Aufnahme von ≤ 2377 g/d und einer XS-Aufnahme von ≤ 4167 g/d. Es konnten signifikante Unterschiede zwischen der sXF-Aufnahme und den Pansen-pH-Wert von p ≤ 0,012 ermittelt werden. Statistische Wechselwirkungen traten nicht auf.

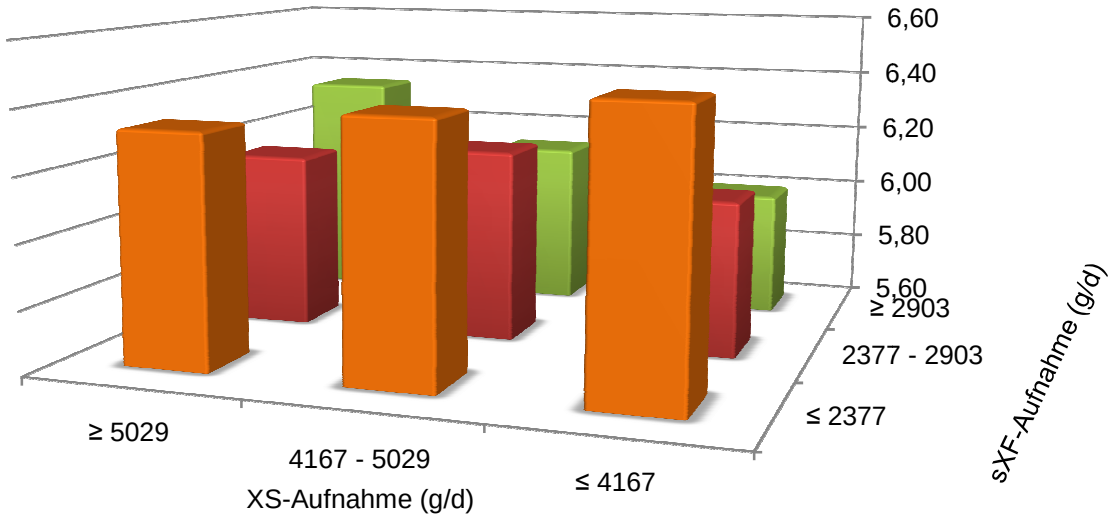

Abbildung 13: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der Gesamtbetrachtung (n 138)

2. Laktationswoche

Bei der Gegenüberstellung der jeweiligen Aufnahmen wird deutlich, dass obwohl eine geringe XS - als auch sXF - Aufnahme vorliegen, ein Pansen-pH-Wert von 6,55 gemessen wurde. Bei einer hohen Stärkeaufnahme von ≥ 4485 g/d und einer hohen Aufnahme an strukturwirksamer Rohfaser (≥ 2587 g/d), befand sich die durchschnittlich höchste Messung des Pansen-pH-Wert bei 6,60 (Abbildung 14).

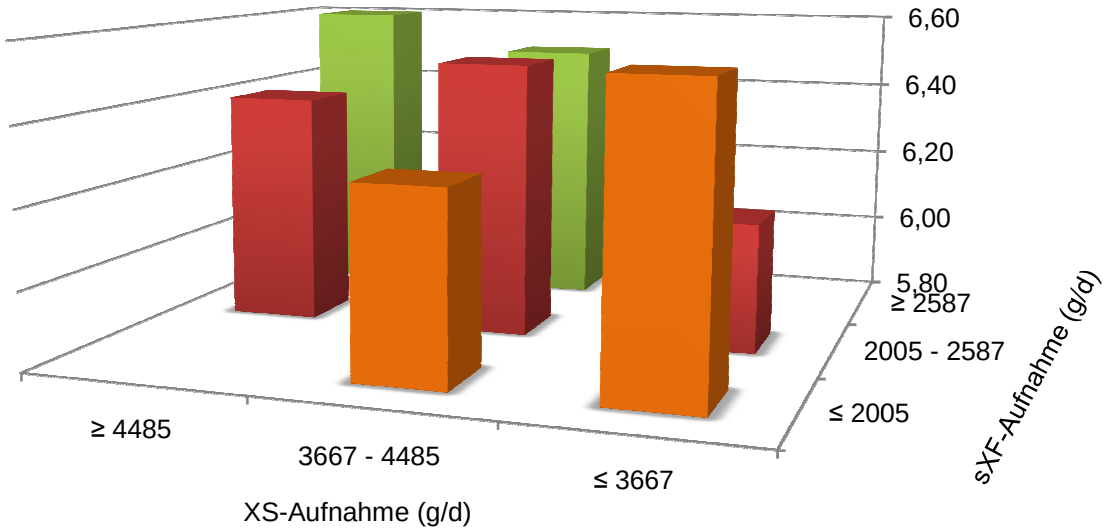

Abbildung 14: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der 2. Laktationswoche (n 46)

4. Laktationswoche

Die Abbildung 15 veranschaulicht einige Schwankungen. Jedoch wird gut ersichtlich, dass bei einer sXF - Aufnahme von ≥ 2923 g/d und einer stetig höheren Aufnahme an XS, der Pansen-pH-Wert steigt. Es konnte ein pH-Wert im Pansen von 6,70 bei einer hohen Aufnahme an strukturwirksamer Rohfaser und einer hohen Stärkeaufnahme (≥ 5076 g/d) ermittelt werden. Bei den gruppierten mittleren sXF und XS-Aufnahmen befand sich durchschnittlich der niedrigste Pansen-pH-Wert von 6,04.

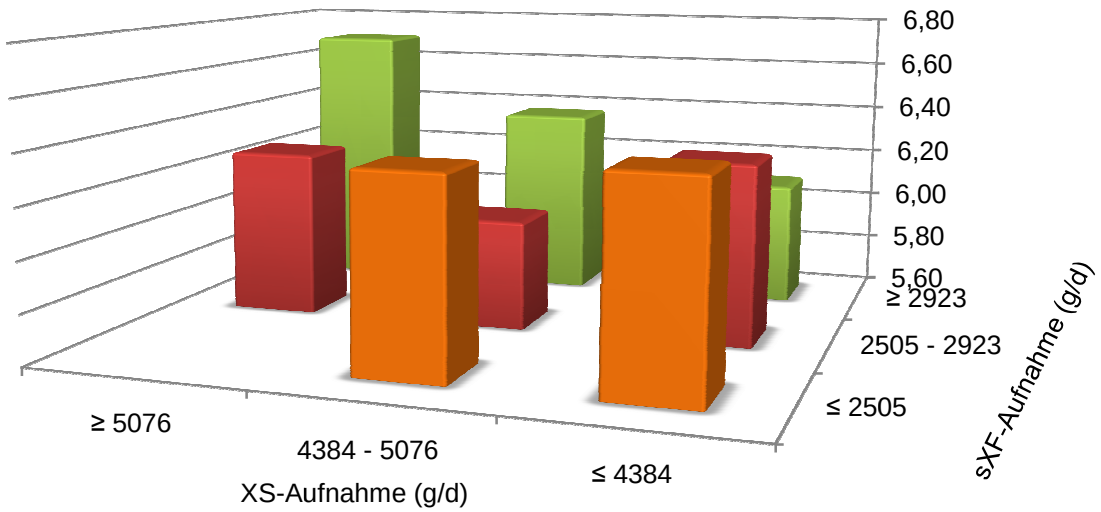

Abbildung 15: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der 4. Laktationswoche (n 46)

9. Laktationswoche

Bei der Abbildung 16 wird ersichtlich, dass mit steigenden Aufnahmen an strukturwirksamer Rohfaser im Zusammenhang mit den gruppierten Stärkeaufnahmen, auch der Pansen-pH-Wert ansteigt. Gut ersichtlich wird dies bei der gruppierten XS-Aufnahme zwischen 4578 - 5392 g/d. In diesem Bereich steigt der Pansen-pH-Wert im Zusammenhang mit einer stetig höheren sXF-Aufnahme an. Der Pansen-pH-Wert steigt von 5,84 auf 6,1 an.

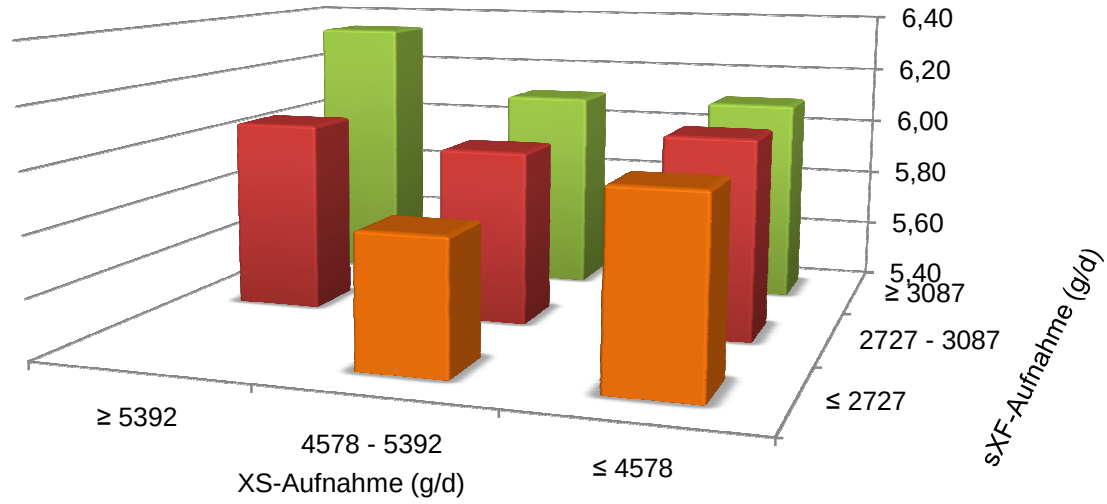

Abbildung 16: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der 9. Laktationswoche (n 46)

5.2.2.7 Auswirkungen von XS-Aufnahme und peNDF - Gehalt

Bei den folgenden 3 D Abbildungen werden die gruppierten Aufnahmen an Stärke (XS) und peNDF dem Pansen-pH-Wert gegenübergestellt. Die Bertachtung erfolgt allgemein über beide Versuchsrationen hinweg. Es erfolgt als erstes immer die „Gesamtbetrachtung“, d.h. über alle Laktationswochen hinweg und dann im Anschluss die Betrachtung zwischen den jeweiligen Laktationswochen separat. Die Gruppierungen der Aufnahmen an XS erfolgen in Abhängigkeit und Anpassung an die Laktationswochen (siehe Kapitel 4.3 Datenauswertung Tabellen 23 / 24).

Gesamtbetrachtung

Das Zusammenspiel von XS-Aufnahme und peNDF auf den Pansen-pH-Wert wird in Abbildung 17 veranschaulicht. Es wird deutlich, dass bei gleichbleibender Aufnahme von Stärke zwischen 4167 - 5029 g/d und steigendem peNDF Gehalt, der Pansen-pH-Wert sukzessiv absinkt. Er fällt in diesem Bereich von 6,41 auf 5,99 ab. Bei der statistischen Berechnung konnten keine Signifikanzen oder Wechselwirkungen festgestellt werden.

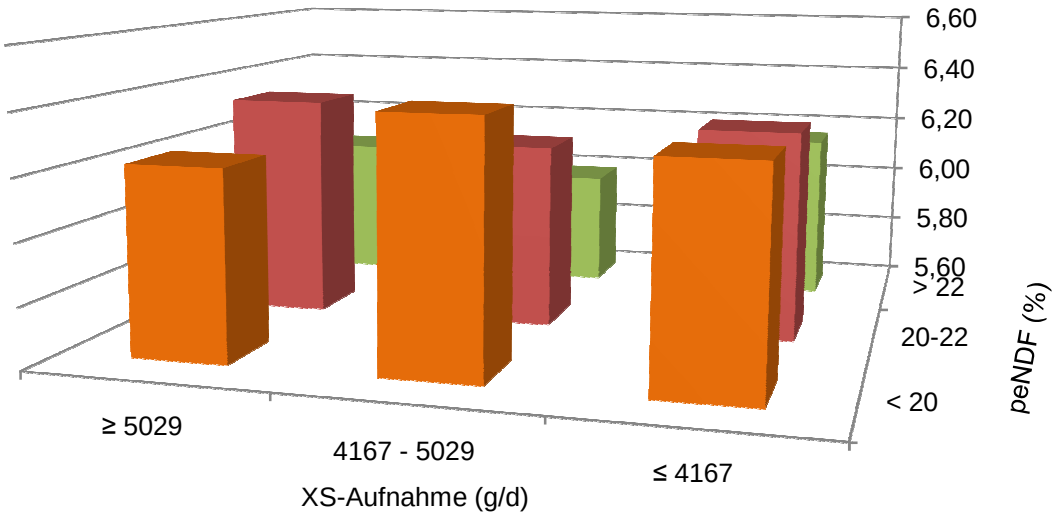

Abbildung 17: Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf den Pansen-pH-Wert der Milchkühe (n 138)

2. Laktationswoche

In der Abbildung 18 wird die Wirkung zwischen XS-Aufnahme und peNDF auf den Pansen-pH-Wert dargestellt. Allgemein ist erkennbar, dass innerhalb der unterschiedlichen Strukturaufnahmen (peNDF), der Pansen-pH-Wert mit erhöhter Aufnahme an Stärke sukzessiv ansteigt. Bei einem peNDF Gehalt unter 20 % in der Ration, stieg der Pansen-pH-

Wert, mit steigenden XS-Aufnahmen, von 6,27 auf 6,49 an. Innerhalb des Bereiches zwischen 20 -22 % peNDF und zunehmender XS-Aufnahmen, erhöhte sich der Pansen-pH-Wert von 6,49 (≤ 3667 gXS/d) auf 6,9 (≥ 4485 gXS/d).

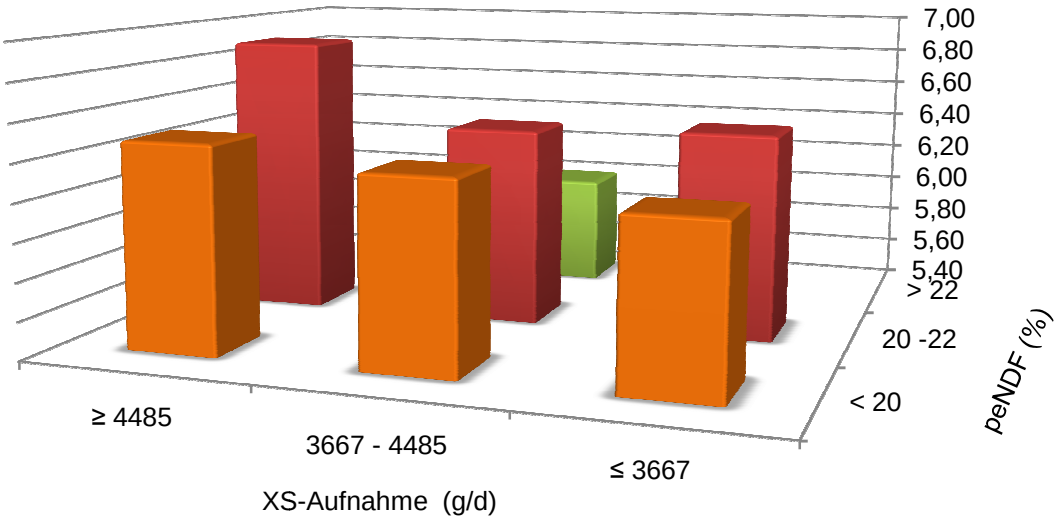

Abbildung 18: Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf den Pansen-pH-Wert der Milchkühe in der 2. LakW (n 46)

4. Laktationswoche

Der Einfluss von XS-Aufnahme und peNDF auf den Pansen-pH-Wert in der 4. Laktationswoche wird in der Abbildung 19 ersichtlich. Es zeigt sich, dass bei der geringeren XS-Aufnahme von ≤ 4384 g/d und einem niedrigen peNDF Gehalt von < 20 % die Messung des Pansen-pH-Wert mit 6,5 am höchsten war. Der niedrigste Pansen-pH-Wert von 5,9 lag bei einer XS-Aufnahme ≥ 5076 g/d und zwischen 20 - 22 % peNDF.

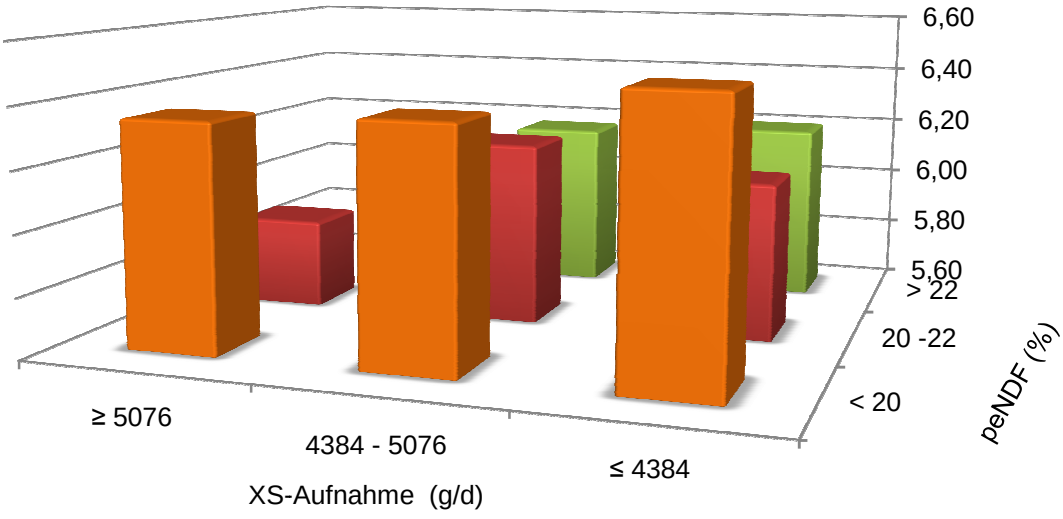

Abbildung 19: Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf den Pansen-pH-Wert der Milchkühe in der 4. LakW (n 46)

9. Laktationswoche

In der 9. Laktationswoche wird allgemein erkennbar, dass egal wie die unterschiedlichen Aufnahmen an XS oder peNDF sind, ein relativ konstanter Pansen-pH-Wert vorherrschte (Abbildung 20). Innerhalb einer XS-Aufnahme zwischen 4578 -5392 g/d wiesen die Versuchstiere durchschnittlich einen Pansen-pH-Wert von 6,0 auf, egal wie viel peNDF in der Ration vorhanden war. Bei einer XS-Aufnahme von ≥ 5392 g/d und einem peNDF Gehalt von > 22 % konnte bei einer Kuh ein Pansen-pH-Wert von 6,9 ermittelt werden.

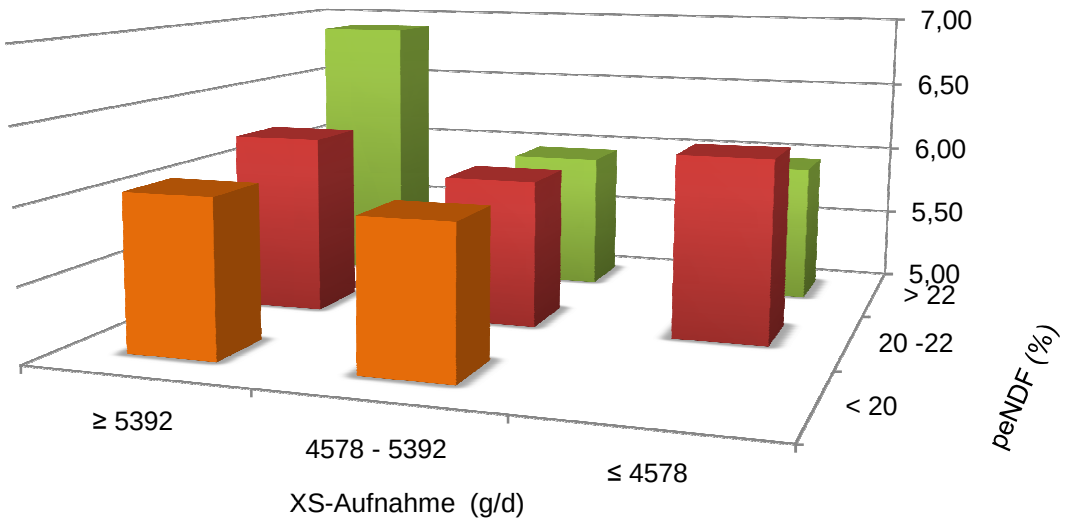

Abbildung 20: Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf den Pansen-pH-Wert der Milchkühe in der 9. LakW (n 46)

5.2.3 Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahmen auf den Pansen-pH-Wert innerhalb der Versuchsgruppen

In Kapitel 5.2.3 werden separat für die jeweiligen Versuchsgruppen die Einflüsse von den unterschiedlichen XS- und sXF-Aufnahmen und deren Auswirkungen auf den Pansen-pH-Wert betrachtet. Innerhalb der Darstellung erfolgt als erstes die Gesamtbetrachtung und im Anschluss die Auswertung zwischen den jeweiligen Laktationswochen.

5.2.3.1 NDF-reiche Versuchsgruppe

Gesamtbetrachtung

Das Zusammenspiel von XS- und sXF-Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert, innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe, wird in Abbildung 21 veranschaulicht. Es wird deutlich, dass bei gleichbleibender Aufnahme von Stärke zwischen 4167 - 5029 g/d und steigender sXF-Aufnahme, der Pansen-pH-Wert sukzessiv absinkt. Er fällt in diesem Bereich von 6,24 auf 6,09 ab. Bei der statistischen Berechnung konnten keine Signifikanzen oder Wechselwirkungen festgestellt werden.

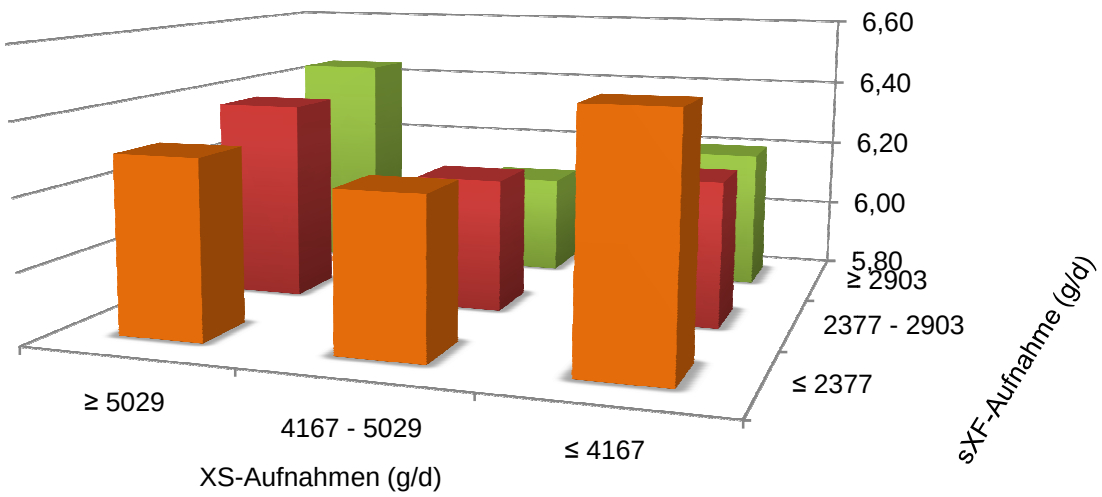

Abbildung 21: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der NDF-reichen Ration - Gesamtbetrachtung (n 57)

2. Laktationswoche

In der 2. Laktationswoche nahm kein Versuchstier der NDF-reichen Versuchsgruppe eine hohe XS-Aufnahme von ≥ 4485 g/d zu sich (Abbildung 22). Hauptsächlich bewegte sich der

Großteil der Versuchskühe innerhalb der geringes XS-Aufnahme (≤ 3667 g/d) und bei einer geringen (≤ 2005 g/d) und mittleren (2005 - 2587 g/d) sXF-Aufnahme. Der Pansen-pH-Wert befand sich in diesen Bereichen bei 6,57 und 6,23. Es wies eine Kuh einen Pansen-pH-Wert von 7,4 bei einer XS-Aufnahme zwischen 3667 - 4485 g/d und einer sXF-Aufnahme von 2005 - 2587 g/d auf.

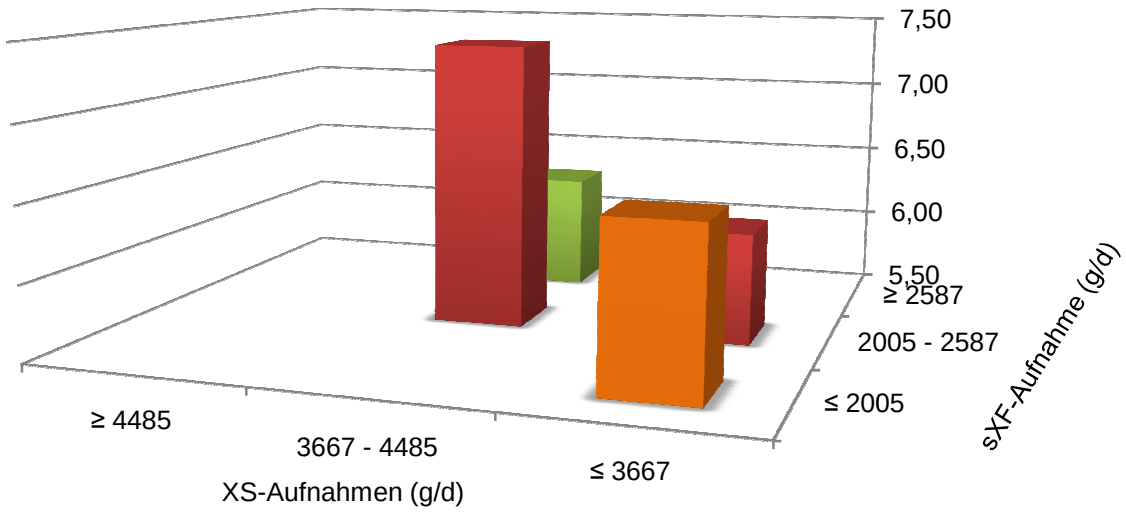

Abbildung 22: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der NDF-reichen Ration - 2. LakW (n 19)

4. Laktationswoche

Die Abbildung 23 zeigt, dass bei einer gleichbleibenden geringen XS-Aufnahme von ≤ 4384 g/d, mit zunehmender sXF-Aufnahme, der Pansen-pH-Wert schwankt. Im Bereich dieser XS-Aufnahme lag der Pansen-pH-Wert innerhalb eine sXF-Aufnahme von ≤ 2505 g/d bei 6,35. Dieser sank bei einer Aufnahme an sXF von ≥ 2923 g/d auf 6,1 ab. Es nahmen in der 4. Laktationswoche keine Versuchstiere der NDF-reichen Versuchsgruppe eine hohe XS-Aufnahme (≥ 5076 g/d) zu sich.

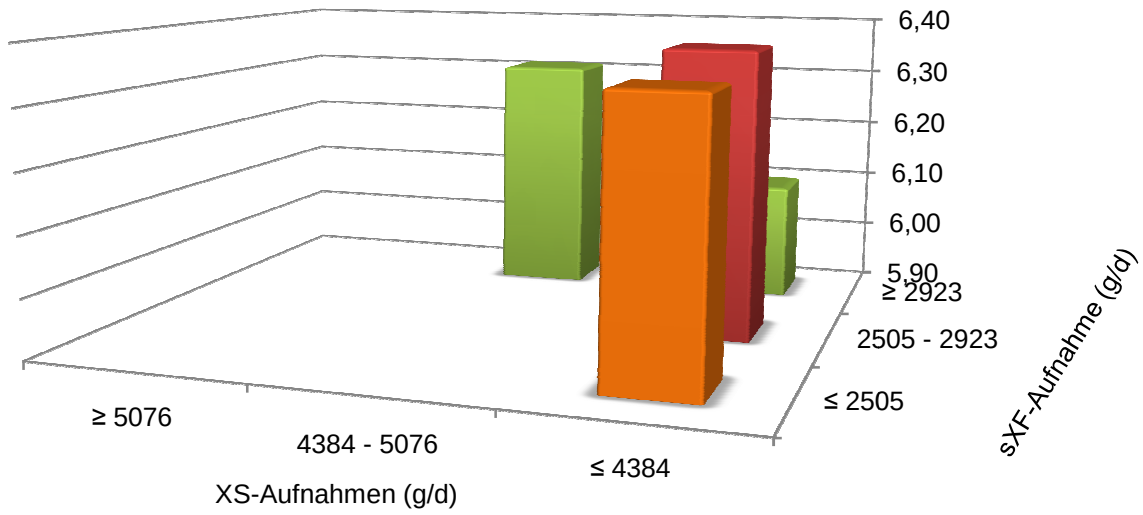

Abbildung 23: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der NDF-reichen Ration - 4. LakW (n 19)

9. Laktationswoche

Bei der Betrachtung der Einflüsse in der 9. Laktationswoche wies eine Versuchskuh eine hohe XS-Aufnahme von ≥ 5392 g/d mit einem Pansen-pH-Wert von 6,9 auf (Abbildung 24). Die meisten Aufnahmen bewegten sich innerhalb einer geringen XS-Aufnahme von ≤ 4578 g/d. Innerhalb dieses XS Bereichs und mit steigernder sXF-Aufnahme stieg der Pansen-pH-Wert leicht an. Bei einer sXF-Aufnahme von ≤ 2727 g/d lag der Pansen-pH-Wert bei 6,02 und stieg auf 6,23 bei einer Aufnahme von ≥ 3087 g sXF/d an.

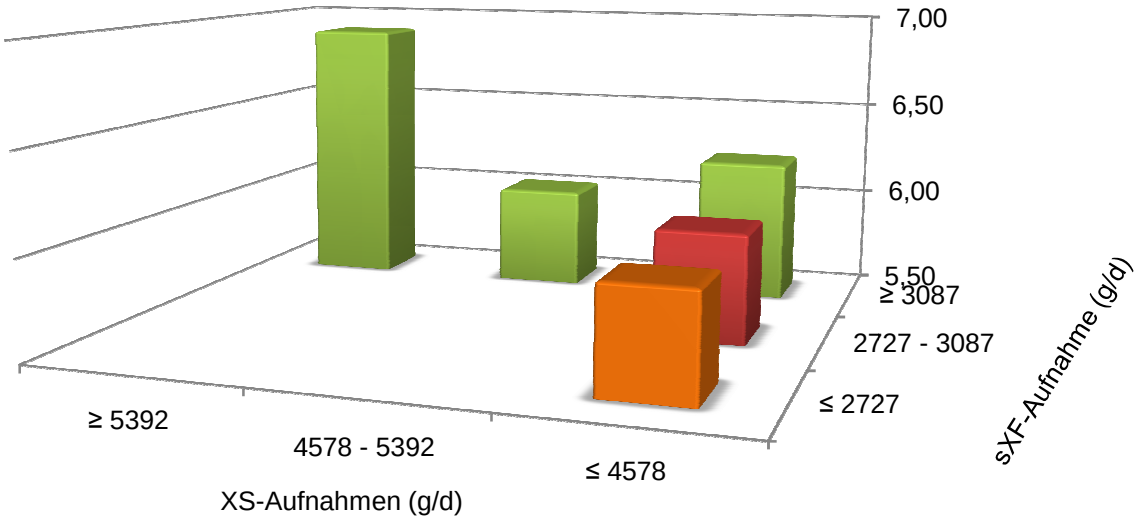

Abbildung 24: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der NDF-reichen Ration - 9. LakW (n 19)

5.2.3.2 XS-reiche Versuchsgruppe

Gesamtbetrachtung

Das Zusammenspiel von XS- und sXF-Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert, innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe, wird in Abbildung 25 veranschaulicht. Es wird deutlich, dass in allen drei gruppierten XS-Aufnahmen der Pansen-pH-Wert mit zunehmender sXF-Aufnahme abfällt. Bei einer XS-Aufnahme von ≤ 4167 g/d und einer sXF-Aufnahme von ≤ 2377 g/d lag der Pansen-pH-Wert bei 6,46 und sank mit zunehmender sXF-Aufnahme (≥ 2903 g/d) auf 5,9 ab. Betrachtet man die Einflüsse aus der Sicht der sXF-Aufnahmen, zeigten sich innerhalb der jeweiligen Bereiche, dass mit zunehmender XS-Aufnahme leichte Schwankungen im Pansen-pH-Wert auftraten. Innerhalb einer sXF-Aufnahme von ≥ 2903 g/d lag der Pansen-pH-Wert, bei einer XS-Aufnahme von ≤ 4167 g/d, im Mittel bei 5,9 und stieg bei einer höheren XS-Aufnahme (≥ 5029g/d) leicht auf 6,24 an. Es traten bei der statistischen Auswertung signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen der sXF-Aufnahmen von p ≤ 0,004 auf.

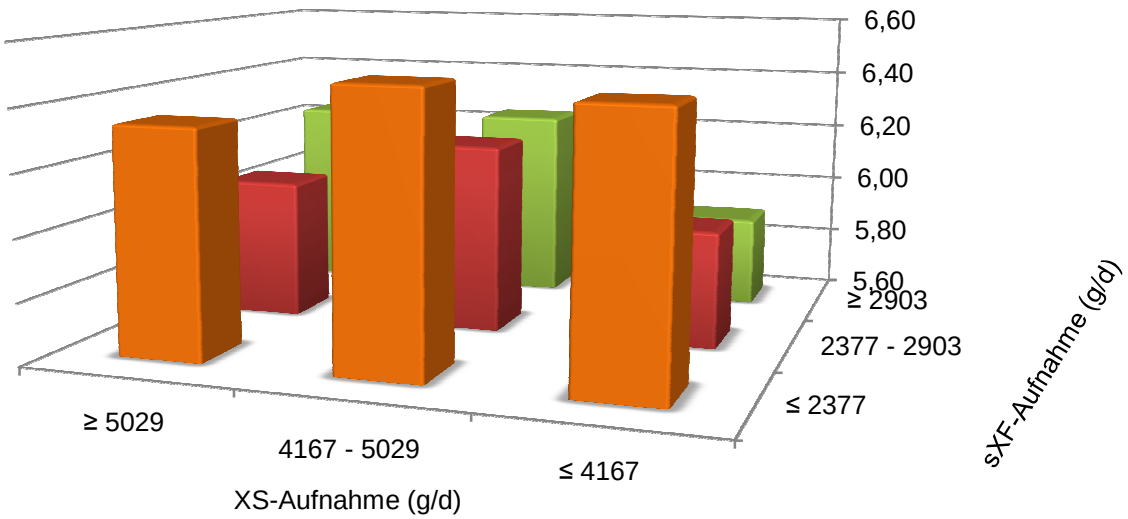

Abbildung 25: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der XS-reichen Ration - Gesamtbetrachtung (n 81)

2. Laktationswoche

In der 2. Laktationswoche wiesen unterschiedliche XS- und sXF-Aufnahmen einen konstanten Pansen-pH-Wert von 6,45 auf (Abbildung 26). Die höchste Messung des Pansen-pH-Werts lag bei 6,59 innerhalb einer XS-Aufnahme von ≥ 4485 g/d und einer sXF-Aufnahme zwischen 2005 - 2587g/d.

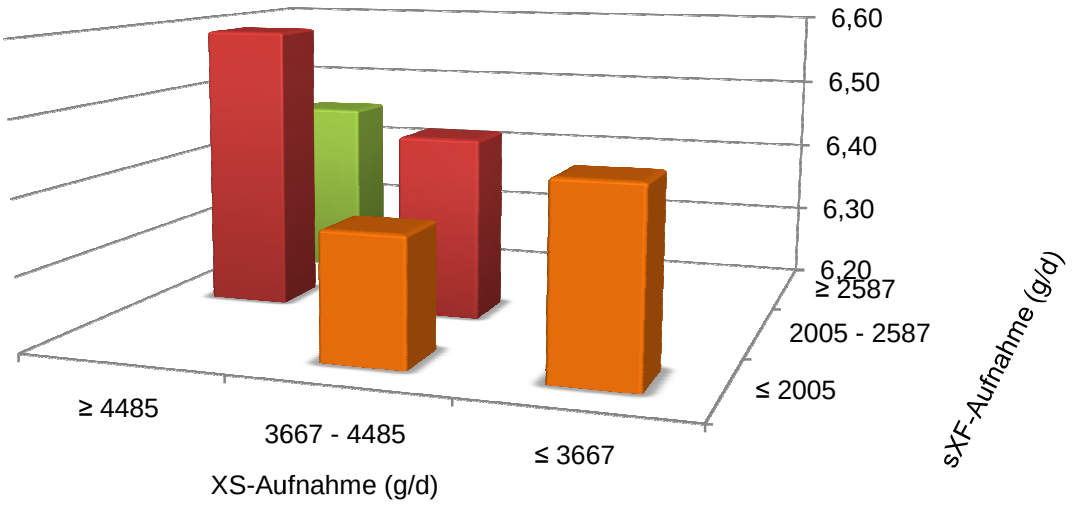

Abbildung 26: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der XS-reichen Ration - 2. LakW (n 27)

4. Laktationswoche

Im Bereich der sXF-Aufnahme zwischen 2505 und 2923 g/d lag der Pansen-pH-Wert konstant, innerhalb der unterschiedlichen XS-Aufnahmen, bei 6,18 (Abbildung 27). Die höchsten Messungen des Pansen-pH-Werts lagen bei 6,5. Diese konnten im Bereich der hohen XS-Aufnahme von ≥ 5076 g/d ermittelt werden.

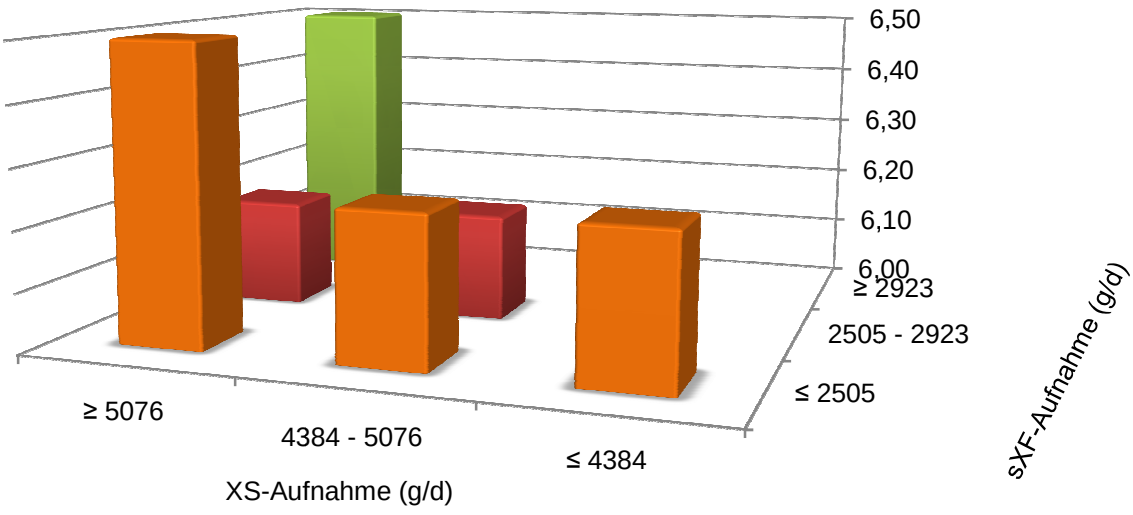

Abbildung 27: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der XS-reichen Ration - 4. LakW (n 27)

9. Laktationswoche

In der 9. Laktationswoche, innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe, zeigte sich bei der Auswertung, dass mit steigenden XS- und sXF-Aufnahmen der Pansen-pH-Wert anstieg (Abbildung 28). Im Bereich der XS-Aufnahme von ≥ 5392 g/d stieg der Pansen-pH-Wert mit sukzessiv steigender sXF-Aufnahme von 5,9 auf 6,25 an. Jedoch wies in diesem Bereich nur einen Kuh den Pansen-pH-Wert von 5,9 auf.

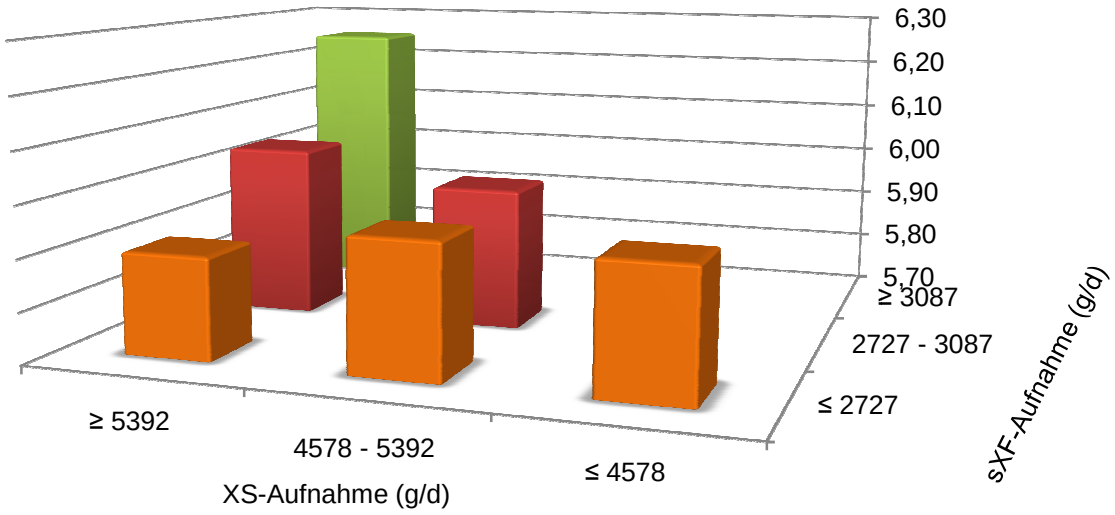

Abbildung 28: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert in der XS-reichen Ration - 9. LakW (n 27)

5.2.4 Prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts innerhalb der zwei Versuchsgruppen

Unter diesem Kapitel wird zusammenfassend die prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts separat innerhalb der Versuchsgruppen dargestellt. Die Betrachtung erfolgt zwischen den untersuchten Laktationswochen.

NDF-reiche Futterration

In der Abbildung 29 wird die prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts in den einzelnen Versuchswochen für die NDF-reiche Futterration dargestellt. Der Bereich des Pansen-pH-Werts zwischen 6,3 - 6,8 nimmt prozentual im betrachteten Verlauf der Laktation tendenziell ab. In der 2. Laktationswoche lagen 69 % der Milchkühe in diesem Bereich. Bei der Messung zur 9. Laktationswoche wiesen nur noch 26 % der Tiere diesen Bereich des pH-Werts auf.

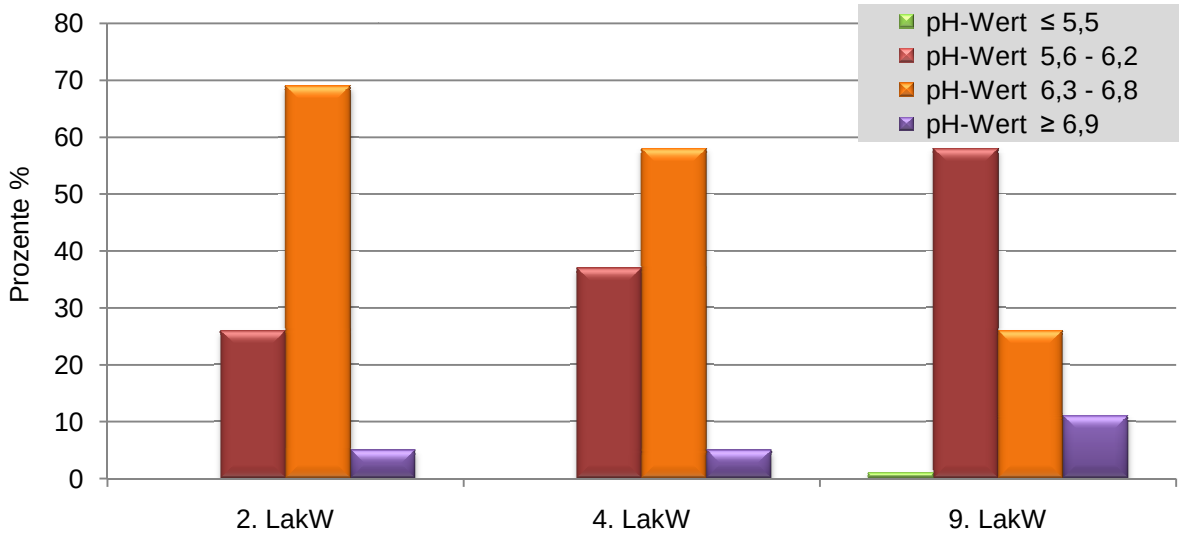

Abbildung 29: Prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts innerhalb der Versuchswochen in Abhängigkeit der NDF-reiche Futterration (n 57)

XS-reichen Futterration

Die prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts innerhalb der XS-reichen Versuchsration wird in Abbildung 30 dargestellt. In der 2. Laktationswoche wiesen 20 % der Tiere einen Pansen-pH-Wert ≥ 6,9 auf. Am Messtag der 9. Laktationswoche lagen 70 % der Milchkühe bei einem Pansen-pH-Wert zwischen 5,6 - 6,2.

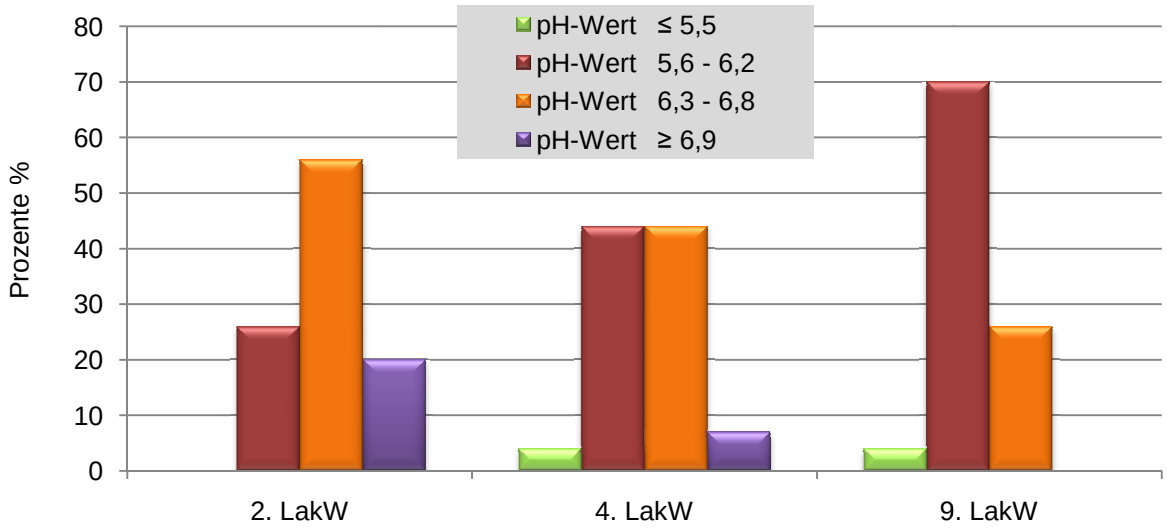

Abbildung 30: Prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts innerhalb der Versuchswochen in Abhängigkeit der XS-reichen Futterration (n 81)

5.3 Netto-Säure-Basen-Ausscheidung

5.3.1 Tabellarische Betrachtung der NSBA in Abhängigkeit der Versuchsgruppen und in den einzelnen Wochen der Laktation

In den folgenden Tabellen wird die Veränderung der NSBA innerhalb der unterschiedlichen Versuchsrationen und separat in den einzelnen Laktationswochen betrachtet.

Die Tabelle 44 zeigt die gesamtdurchschnittlich ermittelte NSBA der Milchkühe. Die XS-reiche Fütterungsgruppe (Gruppe 2) hatte im Gesamtverlauf eine durchschnittlich höhere Ausscheidung an NSBA.

Tabelle 44: mittleren Gehalt an Netto-Säure-Basen-Ausschidung (NSBA in mmol/l) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
NSBA	138	85,5 ± 60,1	57	82,8 ± 60,1	81	87,4 ± 59,8	≤ 0,655

Bei der näheren Betrachtung der NSBA zu den Messpunkten in den jeweiligen Laktationswochen sind Schwankungen deutlich sichtbar (Tabelle 45). Bei beiden Fütterungsgruppen kann am Messtag der 4. Laktationswoche der niedrigste NSBA - Gehalt gemessen werden. In der NDF-reichen Fütterungsgruppe fiel der NSBA - Gehalt auf 78,4 mmol/l ab.

Tabelle 45: mittleren Gehalt an Netto-Säure-Basen-Ausschidung (NSBA in mmol/l) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**NSBA**	46	86,0 ± 64,3	19	81,0 ± 69,2	27	89,6 ± 61,7	≤ 0,662
4.	**NSBA**	46	80,7 ± 60,2	19	78,4 ± 58,3	27	82,3 ± 62,6	≤ 0,829
9.	**NSBA**	46	89,8 ± 56,4	19	88,9 ± 57,1	27	90,4 ± 57,0	≤ 0,932

5.3.2 Einflüsse verschiedener Kennzahlen auf die NSBA

Die folgenden Abbildungen zeigen unterschiedliche Kennzahlen im Zusammenhang zur NSBA. Die Betrachtung erfolgt, wenn nicht extra beschrieben, über alle untersuchten Laktationswochen, sowie über beiden Versuchsrationen, hinweg.

5.3.2.1 Trockenmasseaufnahme

In der Abbildung 31 wird die gruppierte NSBA im Zusammenhang mit der Trockenmasseaufnahme über beide Versuchsgruppen und Laktationswochen hinweg dargestellt. Bei einem natürlichen physiologischen Bereich der NSBA zwischen 100 mmol/l - 200 mmol/l nahmen die Versuchskühe durchschnittlich 20,51 kg TM/d auf. Die Kühe mit einer NSBA > 200 mmol/l (alkalotische Bedingung) nahmen mit 19,1 kg TM/d durchschnittlich am geringsten auf. Bei der statistischen Auswertung konnten keine signifikanten Unterschiede dargestellt werden.

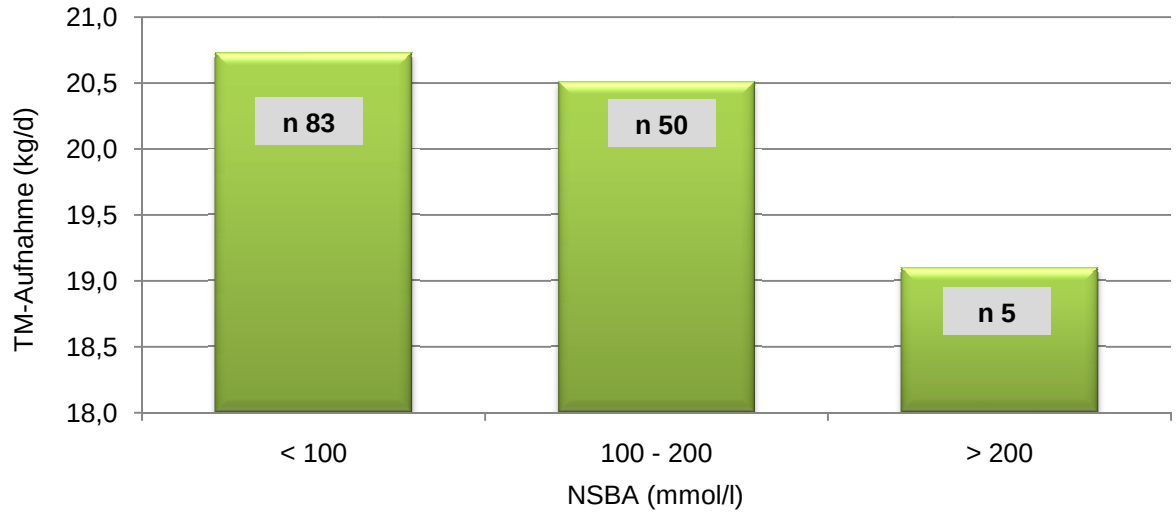

Abbildung 31: Zusammenhang zwischen NSBA und Trockenmasseaufnahme bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)

5.3.2.2 Stärkeaufnahmen

Die Abbildung 32 zeigt den Einfluss der unterschiedlichen XS-Aufnahmen auf die NSBA über alle Rationen und Versuchswochen hinweg. Es wird deutlich, dass mit sukzessiver Aufnahme an XS die Gehalte an NSBA sich leicht erhöhen. Bei einer Aufnahme von ≤ 4167 g/d an XS betrug die NSBA 74,63 mmol/l und stieg auf 92,33 mmol/l bei einer XS-Aufnahme von ≥ 5029 g/d an. Signifikate Unterschiede konnten nicht ermittelt werden.

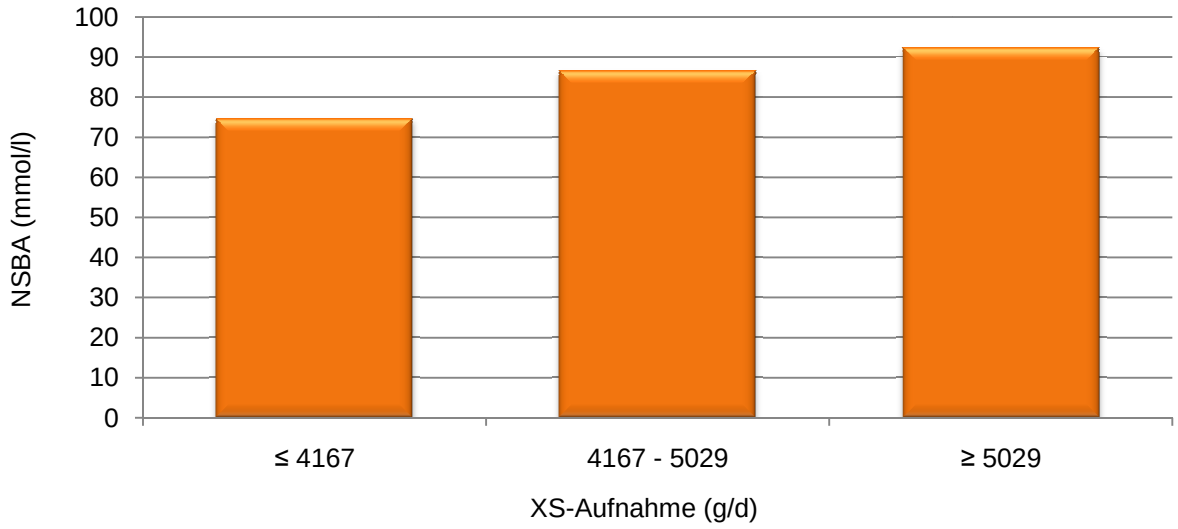

Abbildung 32: Zusammenhang zwischen XS-Aufnahme und NSBA bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)

5.3.2.3 Strukturwirksame Rohfaseraufnahme (absolut)

Die Abbildung 33 zeigt den Einfluss der absoluten sXF-Aufnahme der Milchkühe auf die NSBA. In der Abbildung wird deutlich, dass bei einer hohen Aufnahme an absoluter strukturwirksame Rohfaser (≥ 2903) die höchste Ausscheidung an NSBA um die 91,45 mmol/l liegt. Je geringer die Aufnahmen an Struktur umso niedriger die Netto-Säure-Basen-Ausscheidung. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

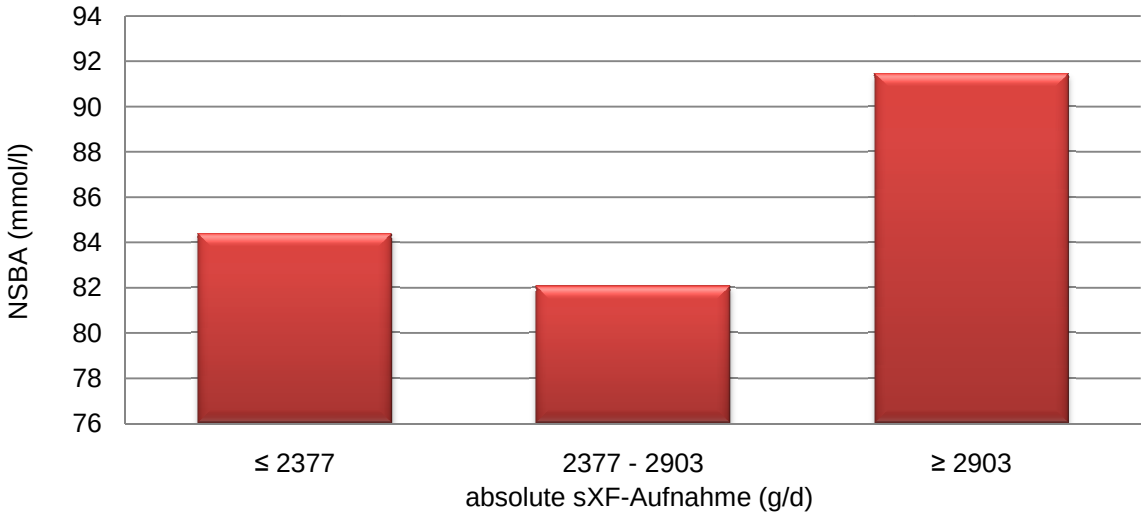

Abbildung 33: Zusammenhang zwischen absoluter sXF-Aufnahme und NSBA bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)

5.3.2.4 Strukturwirksame Rohfaseraufnahme (relativ)

In der Abbildung 34 wird ersichtlich, wie sich die NSBA Ausscheidung der Kühe auf die Aufnahme an relativer strukturwirksamer Rohfaser in der Ration verhält. Die Abbildung zeigt, dass bei einer relativen sXF-Aufnahme zwischen 300 - 500 g/100kg LM die höchste Ausscheidung an NSBA von 87,89 mmol/l erzielt wird. Bei einer geringen Aufnahme an Struktur (≤ 300 g) befindet sich der geringste NSBA Gehalt von 68,47 mmol/l. Es ergaben sich keine Signifikanzen.

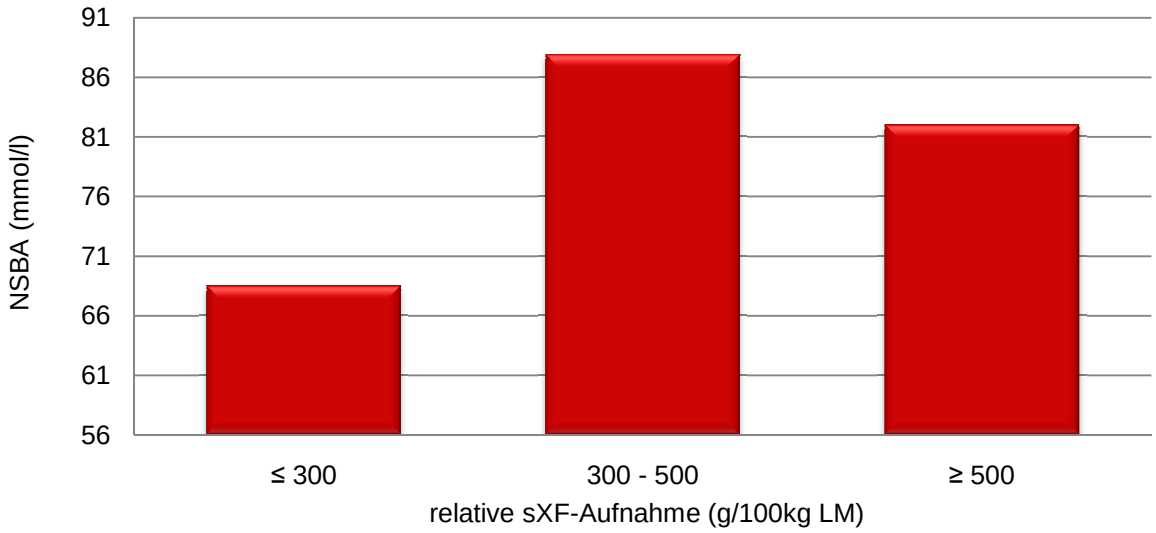

Abbildung 34: Zusammenhang zwischen relativer sXF-Aufnahme und NSBA bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)

Die Abbildung 35 zeigt den Zusammenhang der relativen sXF-Aufnahme zur NSBA separat für die einzelnen Laktationswochen. Es zeigt sich, dass in allen Versuchswochen die konstantesten NSBA Gehalt bei einer relativen sXF-Aufnahme zwischen 300 bis 500 g/100kg LM ermittelt wurde. Die NSBA Gehalte lagen in diesem Bereich der relativen sXF-Aufnahme zwischen 93 und 88 mmol/l. Bei der statistischen Analyse konnten keine Signifikanzen festgestellt werden.

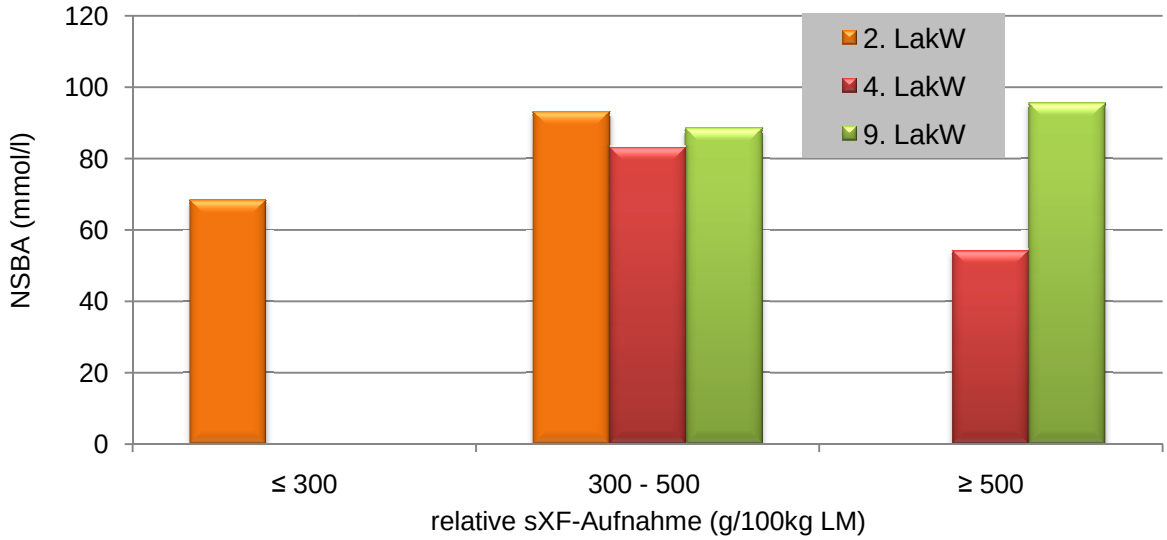

Abbildung 35: Zusammenhang zwischen relativer sXF-Aufnahme und NSBA bei den Milchkühen innerhalb der einzelnen Laktationswochen (n 138)

5.3.2.5 Physikalisch effektive Neutrale-Detergenzien-Faser

In der Abbildung 36 wird ersichtlich, wie sich die NSBA der Kühe auf den Gehalt an peNDF in der Ration verhält. Es wird ersichtlich, dass ein hoher prozentualer Gehalt an peNDF (> 22 %) in der Futterration die Ausscheidung an NSBA erhöht. Es konnte ein NSBA Wert von 94 mmol/l ermittelt werden. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

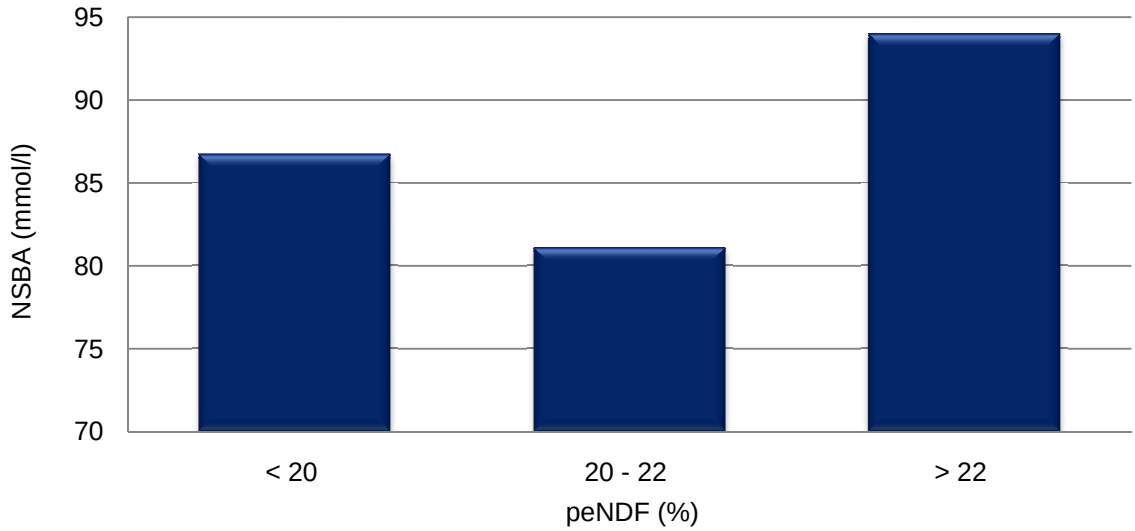

Abbildung 36: Zusammenhang zwischen peNDF (%) und NSBA bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)

5.3.2.6 Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahmen

In den folgenden 3 D Abbildungen werden die gruppierten Aufnahmen an Stärke (XS) und strukturwirksamer Rohfaser (sXF) der NSBA gegenübergestellt. Die Bertachtung erfolgt allgemein über beide Versuchsrationen hinweg. Als erstes immer die „Gesamtbetrachtung“, d.h. über alle Laktationswochen, dargestellt und dann im Anschluss die Betrachtung zwischen den jeweiligen Laktationswochen separat. Die Gruppierungen der Aufnahmen an sXF und XS erfolgen in Abhängigkeit und Anpassung an den Laktationswochen (siehe Kapitel 4.3 Datenauswertung Tabellen 22 / 24).

Gesamtbetrachtung

Die Auswirkungen der XS- und sXF- Aufnahme auf die NSBA der Versuchskühe wird in der Abbildung 37 dargestellt. Der höchste Gehalt an NSBA von 116,67 mmol/l lag bei einer sXF-Aufnahme von ≤ 2377 g/d und einer XS-Aufnahme von ≥ 5029 g/d. Es traten bei der statistischen Auswertung keine signifikanten Unterschiede bzw. Wechselwirkungen auf.

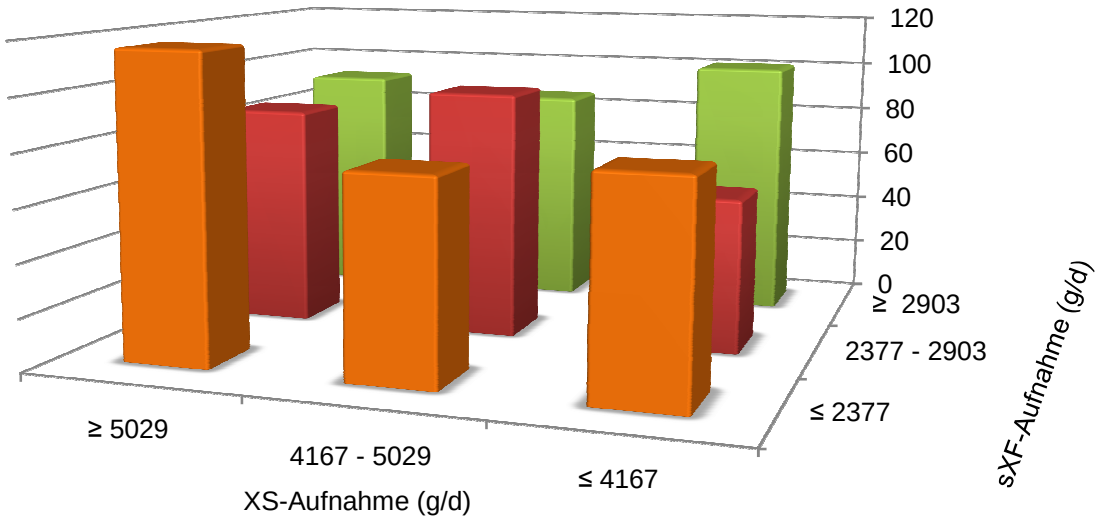

Abbildung 37: Auswirkung XS - und sXF - Aufnahme auf die NSBA der Milchkühe in der Gesamtbetrachtung p.p. (n 138)

2. Laktationswoche

Die Abbildung 38 zeigt die NSBA Messung in der 2. Laktationswoche. Es ist kein klarer Verlauf ersichtlich. Der höchste Wert an NSBA betrug 109,33 mmol/l. Dieser Gehalt konnten bei einer hohen gruppierten Stärkeaufnahme von ≥ 4485 g/d und einer mittleren strukturwirksamen Rohfaseraufnahme von 2005 - 2587 g/d erfasst werden.

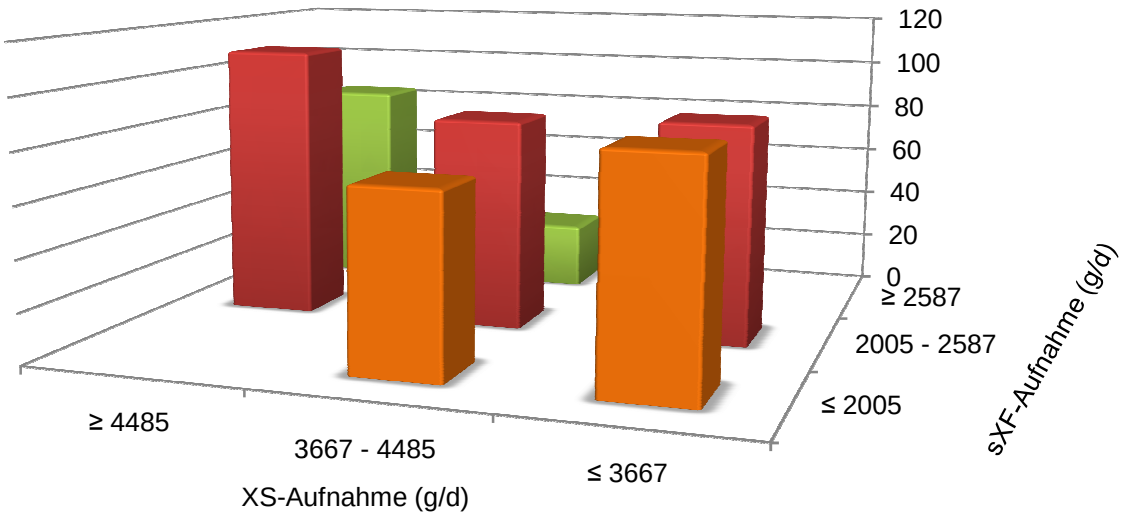

Abbildung 38: Auswirkung XS - und sXF- Aufnahme auf die NSBA der Milchkühe in der 2. Laktationswoche (n 46)

4. Laktationswoche

Die Abbildung 39 zeigen einige Unregelmäßigkeiten bei der NSBA - Messung in der 4. Laktationswoche. Es zeigt sich, dass bei hohen sXF-Aufnahmen von ≥ 2923 g/d und einer niedrigen XS-Aufnahme von ≤ 4384 g/d eine der höchsten Gehalte an NSBA mit 119,00 mmol/l ermittelt werden konnte. Bei einer durchschnittlichen XS-Aufnahme zwischen 4384 - 5076 g/d und einer stetig steigenden sXF-Aufnahme sank die NSBA von 115,00 mmol/l auf 28,17 mmol/l ab.

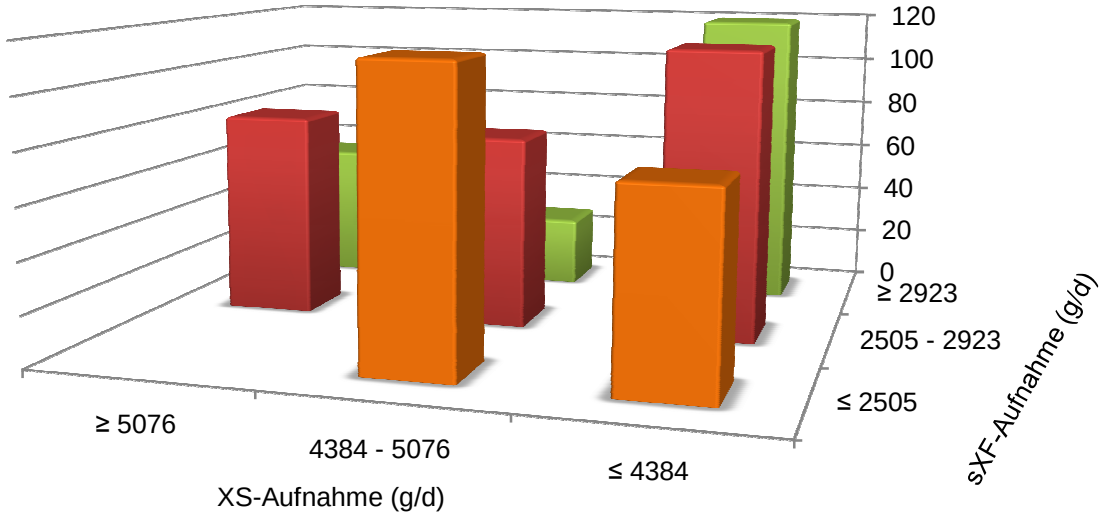

Abbildung 39: Auswirkung XS - und sXF- Aufnahme auf die NSBA der Milchkühe in der 4. Laktationswoche (n 46)

9. Laktationswoche

Bei den Messungen in der 9. Laktationswoche wird ersichtlich, dass bei der Ausscheidung der NSBA allgemein betrachtet nur sehr geringe Schwankungen vorherrschen (Abbildung 40). Ein deutlicher Rückgang des NSBA Gehalts sieht man bei einer geringen sXF-Aufnahme, im Zusammenhang einer zunehmenden XS-Aufnahme. Hier sank die NSBA Ausscheidung von 98,67 mmol/l auf 54,80 mmol/l ab.

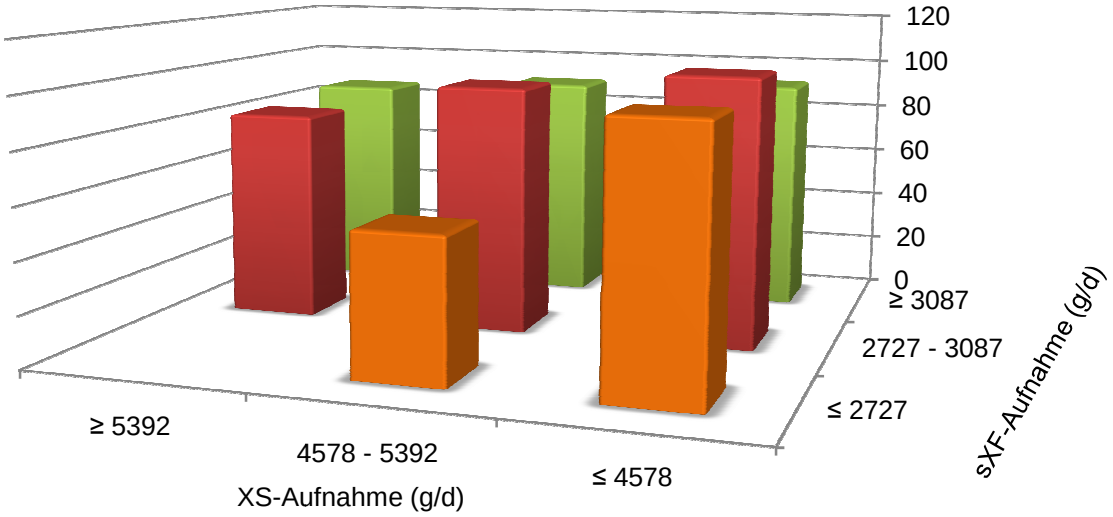

Abbildung 40: Auswirkung XS - und sXF- Aufnahme auf die NSBA der Milchkühe in der 9. Laktationswoche (n 46)

5.3.2.7 Auswirkungen von XS-Aufnahme und peNDF - Gehalt

Bei den folgenden 3 D Abbildungen werden die gruppierten Aufnahmen an Stärke (XS) und peNDF der NSBA gegenübergestellt. Die Bertachtung erfolgt allgemein über beide Versuchsrationen hinweg. Es erfolgt als erstes immer die „Gesamtbetrachtung“, d.h. über alle Laktationswochen und dann im Anschluss die Betrachtung zwischen den jeweiligen Laktationswochen separat. Die Gruppierungen der Aufnahmen an XS erfolgen in Abhängigkeit und Anpassung an die Laktationswochen (siehe Kapitel 4.3 Datenauswertung Tabellen 23/24).

Gesamtbetrachtung

In Abbildung 41 wird der Einfluss von XS-Aufnahme und peNDF auf die NSBA betrachtet. Die höchste NSBA-Messung mit 116,38 mmol/l konnte bei einer hohen Aufnahme von ≥ 5029 g/d an Stärke und einem peNDF Gehalt zwischen 20 - 22 % ermittelt werden.

Innerhalb der statistischen Berechnungen wurden signifikante Wechselwirkungen zwischen peNDF und XS-Aufnahme von p ≤ 0,038, erfasst.

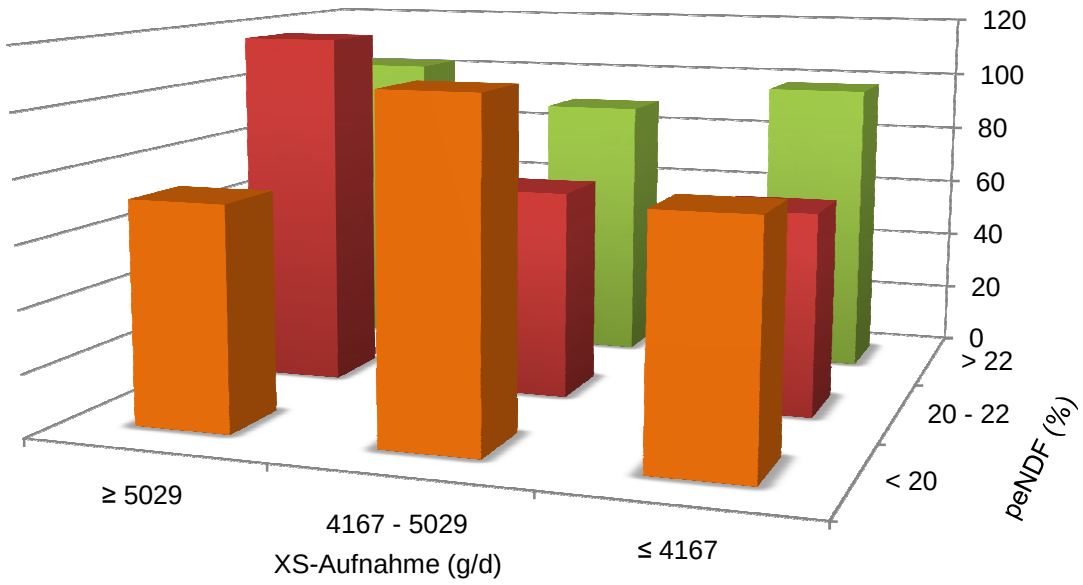

Abbildung 41: Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf die NSBA der Milchkühe (n 138)

2. Laktationswoche

Bei der Abbildung 42 werden die Einflüsse der XS-Aufnahme und der peNDF auf die NSBA, innerhalb der 2. Laktationswoche, dargestellt. Die höchste NSBA mit 143,33 mmol/l lag bei einer XS-Aufnahme von ≥ 4384g/d und einem peNDF Gehalt unter 20 % in der Ration. Allgemein wird ersichtlich, dass die geringsten Schwankungen der NSBA bei einer XS-Aufnahme zwischen 3667 - 4485 g/d, unabhängig wie viel Struktur die Kühe aufnahmen, vorhanden war.

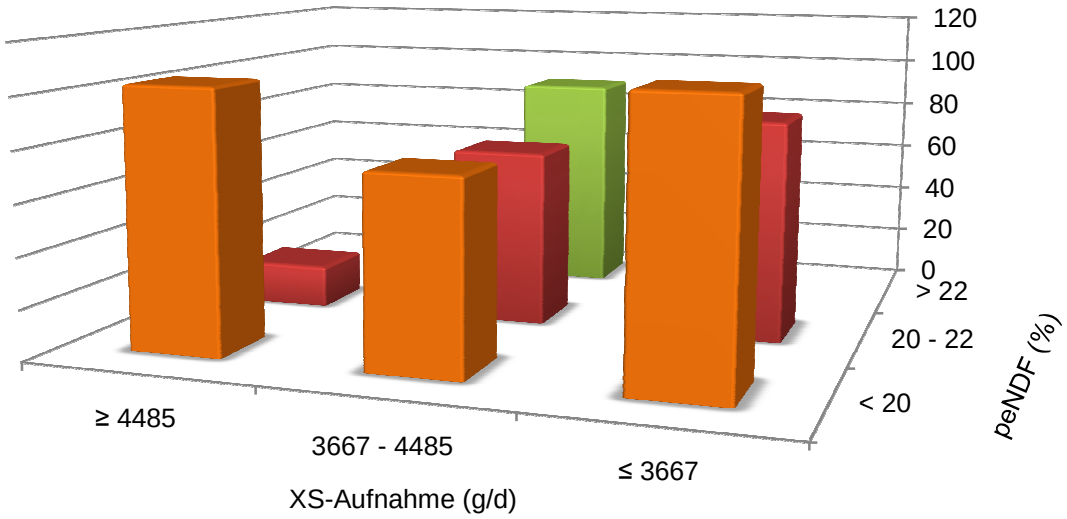

Abbildung 42: Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf die NSBA der Milchkühen in der 2. LakW (n 46)

4. Laktationswoche

In der Abbildung 43 wird der Einfluss von XS-Aufnahme und peNDF auf die NSBA in der 4. Laktationswoche veranschaulicht. Es wird ersichtlich, dass die niedrigsten Werte der NSBA bei XS-Aufnahmen zwischen 4384 - 5076 g/d, unabhängig welcher Gehalt an peNDF in der Ration enthalten war, lagen. Die höchste Messung der NSBA lag bei 143,33 mmol/l, die niedrigste bei 36,67 mmol/l.

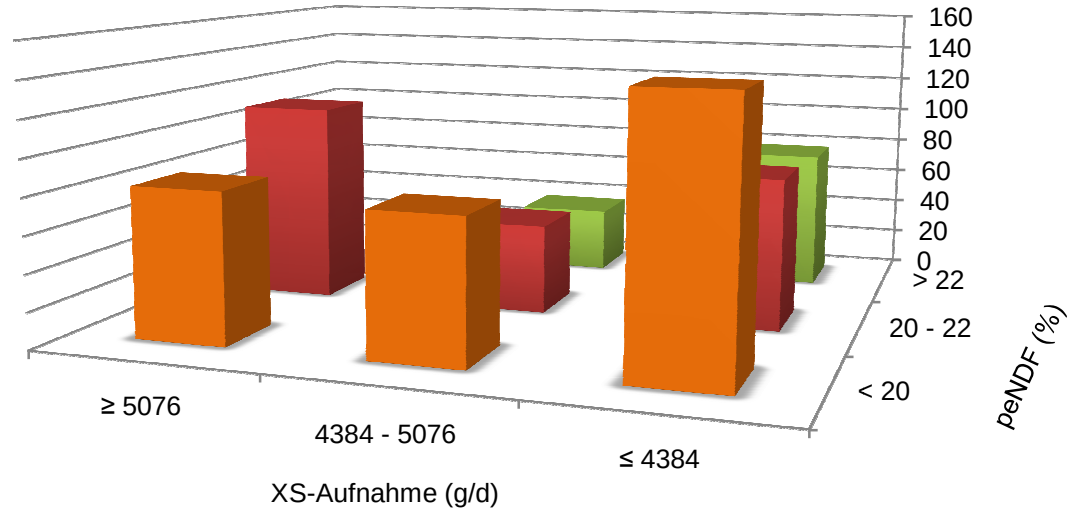

Abbildung 43: Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf die NSBA der Milchkühe in der 4. LakW (n 46)

9. Laktationswoche

Innerhalb der 9. Laktationswoche zeigte sich, dass bei peNDF Gehalten von < 20 % und zwischen 20 - 22 %, mit zunehmenden XS-Aufnahmen, die NSBA anstieg (Abbildung 44). Bei einem peNDF Gehalt < 22 % sank die NSBA mit steigender XS-Aufnahme. In diesem letzt genannten Bereich, sank die ermittelte NSBA von 124,44 mmol/l auf 51 mmol/l ab. Innerhalb des Bereiches zwischen 20 - 22 % peNDF stieg die NSBA von 61,83 mmol/l auf 120,83 mmol/l, mit zunehmender XS-Aufnahme, an.

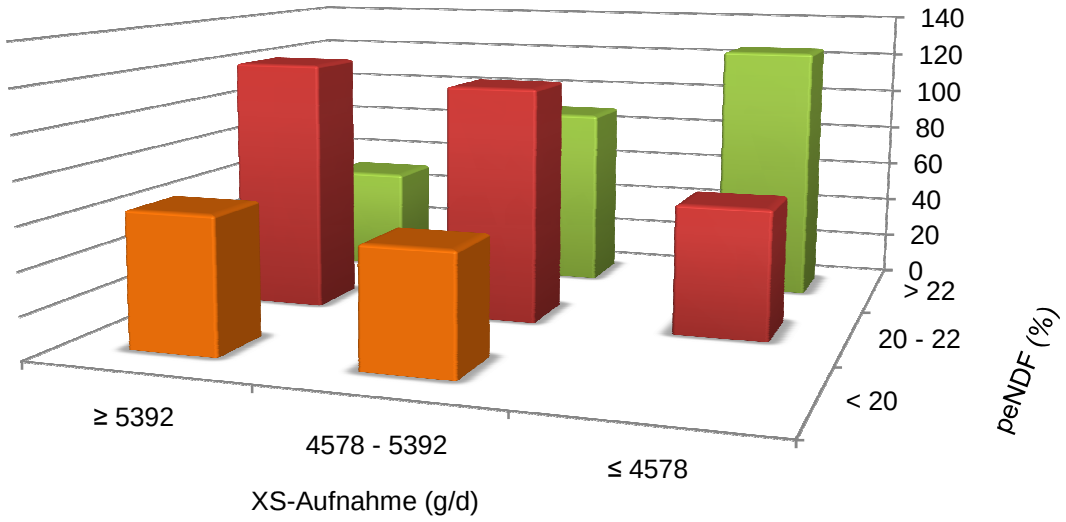

Abbildung 44: Auswirkung XS-Aufnahme und peNDF auf die NSBA der Milchkühe in der 9. LakW (n 46).

5.3.2.8 Zusammenhang NSBA und Pansen-pH-Wert

Die Abbildung 45 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen NSBA und dem Pansen-pH-Wert der Milchkühe. Es wird deutlich, dass ein hoher Gehalt an NSBA, über 200 mmol/l, einen hohen pH-Wert im Pansen von 6,56 ergibt. Sinkt die NSBA immer mehr ab, fällt auch der Pansen-pH-Wert der Milchkühe.

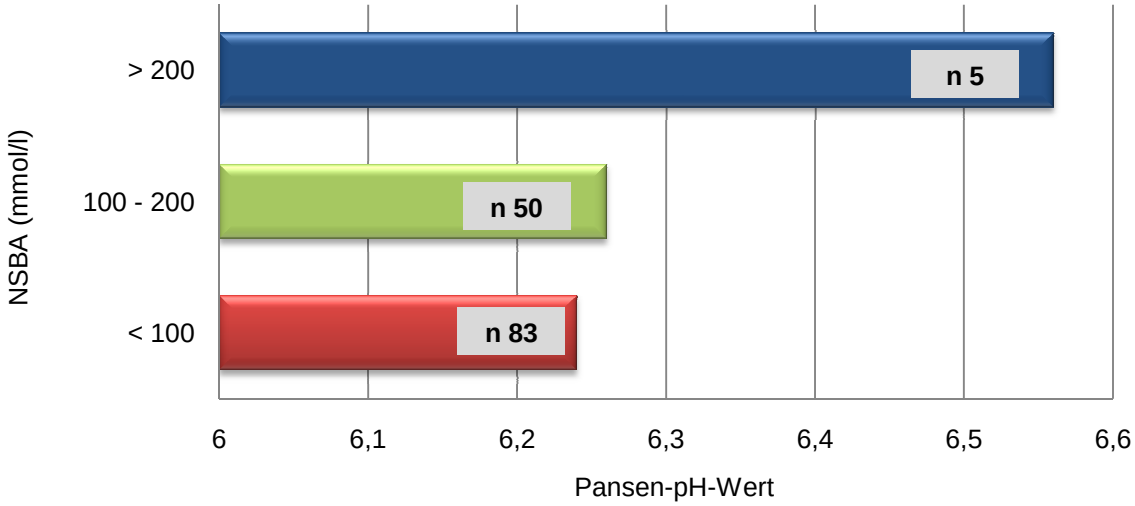

Abbildung 45: Zusammenhang zwischen NSBA und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen innerhalb der ersten 60 Tage p.p. (n 138)

5.4 Milchparameter

5.4.1 Tabellarische Betrachtung der Milchinhaltsstoffe in Abhängigkeit der Versuchsgruppen und in den einzelnen Wochen der Laktation

In den folgenden Tabellen wird die Veränderung der Milchmenge, des Milchfettgehalts und des Milcheiweißgehalts sowie der Energiekorrigierten Milchmenge (ECM) innerhalb der unterschiedlichen Versuchsrationen und separat in den einzelnen Laktationswochen betrachtet.

Milchmenge

Bei der Betrachtung der gesamtdurchschnittlichen Milchmenge pro Tag im Bewertungszeitrum wird deutlich, dass die XS-reiche Versuchsgruppe eine höhere Milchleistung pro Tag, von durchschnittlich 43,3 kg, aufweist (Tabelle 46).

Tabelle 46: mittlerer Gehalt an Milchmenge (kg/d) der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
Milchmenge	138	42,3 ± 8,3	57	40,9 ± 7,0	81	43,3 ± 9,0	≤ 0,098

In Tabelle 47 wird die durchschnittliche Milchmenge pro Tag zu den Messpunkten in den jeweiligen Laktationswochen dargestellt. Es ist ersichtlich, dass im Verlauf der Laktationswochen, in beiden Fütterungsgruppen, eine höhere Milchmenge erzielt wird. Bei der XS-reichen Versuchsgruppe konnte die höchste Milchleistung ermittelt werden. In der 9. Laktationswoche konnte in der Gruppe 2 durchschnittlich 4,7 kg mehr Milch pro Tag erzielt werden als in NDF-reichen Versuchsgruppe. Es konnte in der 9. Laktationswiche, zwischen den Versuchsgruppen, signifikante Unterschiede (p ≤ 0,023) ermittelt werden.

Tabelle 47: mittlerer Gehalt an Milchmenge (kg/d) der Milchkühe in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**Milchmenge**	46	39,3 ± 7,7	19	37,5 ± 6,1	27	40,6 ± 8,5	≤ 0,173
4.	**Milchmenge**	46	43,3 ± 9,3	19	43,7 ± 7,2	27	43,0 ± 10,6	≤ 0,796
9.	**Milchmenge**	46	44,4 ± 7,0	19	41,6 ± 6,4	27	46,3 ± 6,8	≤ 0,023

Milchfettgehalt

Aus Tabelle 48 wird ersichtlich, dass über den gesamten Verlauf der Bewertung, die Kühe der NDF-reiche Ration (Gruppe 1) einen im Durchschnitt um 0,2 % höheren Fettgehalt in der Milch aufweisen als die XS-reiche Versuchsgruppe.

Tabelle 48: mittlerer Fettgehalt (%) in der Milch in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
Fettgehalt	138	3,6 ± 0,7	57	3,7 ± 0,6	81	3,5 ± 0,8	≤ 0,204

Mit dem voranschreiten der Laktation nahm der Fettgehalt in der Milch bei beiden Fütterungsrationen ab (Tabelle 49). In der NDF-reichen Fütterungsration (Gruppe 1) beträgt der Rückgang des Fettgehalts von der 2. zur 9. Laktationswoche 0,5 %. Bei der XS-reichen Versuchsgruppe konnte ein Rückgang von 1,0 % gemessen werde. Es konnte in der 9. Laktationswiche, zwischen den Versuchsgruppen, signifikante Unterschiede von p ≤ 0,042 ermittelt werden.

Tabelle 49: mittlerer Fettgehalt (%) in der Milch in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**Fettgehalt**	46	4,0 ± 0,6	19	3,9 ± 0,8	27	4,0 ± 0,5	≤ 0,388
4.	**Fettgehalt**	46	3,5 ± 0,6	19	3,7 ± 0,6	27	3,5 ± 0,6	≤ 0,276
9.	**Fettgehalt**	46	3,2 ± 0,7	19	3,4 ± 0,5	27	3,0 ± 0,8	≤ 0,042

Milcheiweißgehalt

In Tabelle 50 wird der durchschnittliche Eiweißgehalt der Milch im gesamten Bewertungsverlauf dargestellt. Im Mittel beträgt der Eiweißgehalt in beiden Fütterungsrationen 3,3 %.

Tabelle 50: mittlerer Eiweißgehalt (%) in der Milch in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
Eiweißgehalt	138	3,3 ± 0,3	57	3,3 ± 0,3	81	3,3 ± 0,3	≤ 0,691

Bei der näheren Betrachtung des Eiweißgehaltes zu den Messpunkten in den jeweiligen Laktationswochen sind Unterschiede sichtbar (Tabelle 51). Bei beiden Fütterungsgruppen kann von der 2. zur 4. Laktationswoche im Durchschnitt ein Rückgang des Eiweißgehaltes gemessen werden. In der XS-reichen Versuchsgruppe bewegte sich der prozentuale Eiweißgehalt in der Milch, ab der 4. Laktationswoche, bei 3,2 %.

Tabelle 51: mittlerer Eiweißgehalt (%) in der Milch in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**Eiweißgehalt**	46	3,5 ± 0,4	19	3,6 ± 0,4	27	3,4 ± 0,3	≤ 0,174
4.	**Eiweißgehalt**	46	3,2 ± 0,3	19	3,1 ± 0,2	27	3,2 ± 0,4	≤ 0,499
9.	**Eiweißgehalt**	46	3,2 ± 0,2	19	3,2 ± 0,2	27	3,2 ± 0,2	≤ 0,698

Energiekorrigierte Milchmenge

In Tabelle 52 wird die gesamtdurchschnittliche Energie-korrigierte Milchmenge pro Tag im Bewertungszeitrum dargestellt. Es wird deutlich, dass die XS-reiche Versuchsgruppe im Mittel eine höhere ECM pro Tag von 40,3 kg aufweist (Tabelle XX).

Tabelle 52: mittlere Energie-korrigierte Milchmenge (ECM in kg/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
ECM	138	39,8 ± 7,8	57	38,9 ± 6,5	81	40,3 ± 8,5	≤ 0,293

Bei der Betrachtung der ECM in den einzelnen Laktationswochen ist ersichtlich, dass in beiden Fütterungsgruppen Schwankungen auftreten (Tabelle 53). Bei der NDF-reichen Versuchsgruppe konnte von der 4. zur 9. Laktationswoche ein Rückgang von 3,0 kg ECM gemessen werden.

Tabelle 53: mittlere Energie-korrigierte Milchmenge (ECM in kg/d) in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**ECM**	46	39,4 ± 8,3	19	37,2 ± 6,7	27	40,9 ± 8,3	≤ 0,148
4.	**ECM**	46	40,4 ± 8,8	19	41,3 ± 6,8	27	39,8 ± 8,8	≤ 0,594
9.	**ECM**	46	39,5 ± 5,9	19	38,3 ± 5,6	27	40,3 ± 6,1	≤ 0,254

5.4.2 Zusammenhänge zwischen ECM und Trockenmasseaufnahme sowie Pansen-pH-Wert innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe

Trockenmasseaufnahme

Die Abbildung 46 zeigt den Zusammenhang zwischen der Energiekorrigierten Milchleistung (ECM) und der Trockenmasseaufnahme innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe und über alle Laktationswochen hinweg. Es wird ersichtlich, dass mit steigender ECM-Leistung auch die Trockenmasseaufnahme leicht ansteigt. Die Kühe mit der höchsten gruppierten ECM von > 41,97 kg/d nahmen durchschnittlich eine TM-Aufnahme von 22,61 kg/d zu sich. Bei der statistischen Auswerten konnte eine Signifikanz zwischen den ECM-Gruppierungen von $p \leq 0{,}001$ ermittelt werden.

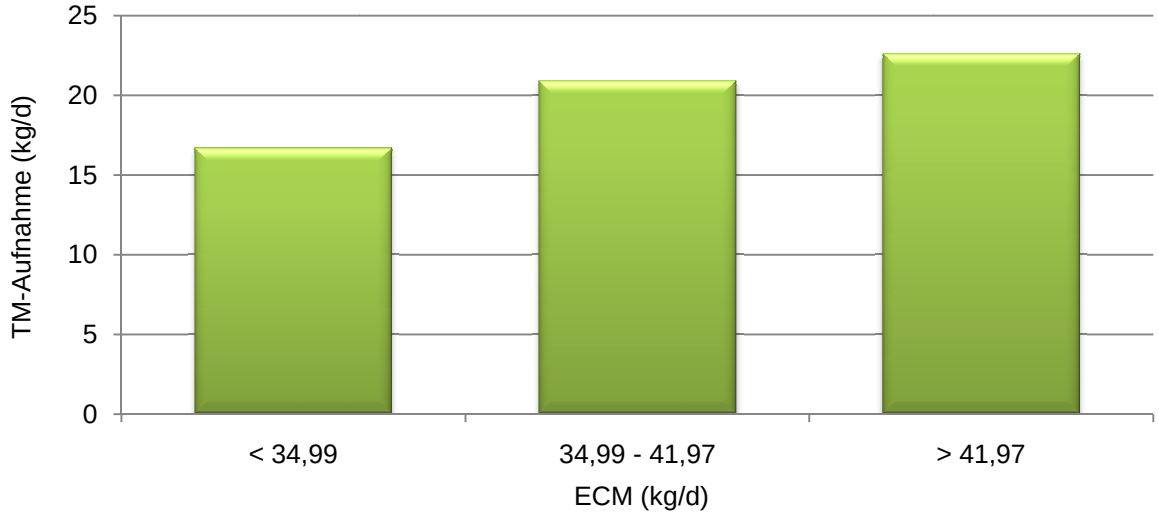

Abbildung 46: Zusammenhang zwischen ECM und Trockenmasseaufnahme bei Milchkühen in Abhängigkeit der NDF-reichen Futterration (n 57)

Pansen-pH-Wert

Der Zusammenhang zwischen der gruppierten ECM und dem Pansen-pH-Wert für die NDF-reiche Versuchsration wird in Abbildung 47 dargestellt. Es zeigt sich deutlich, dass die Versuchstiere. die eine ECM von > 41,97 kg/d aufwiesen, den höchsten Pansen-pH-Wert von 6,41 besaßen.

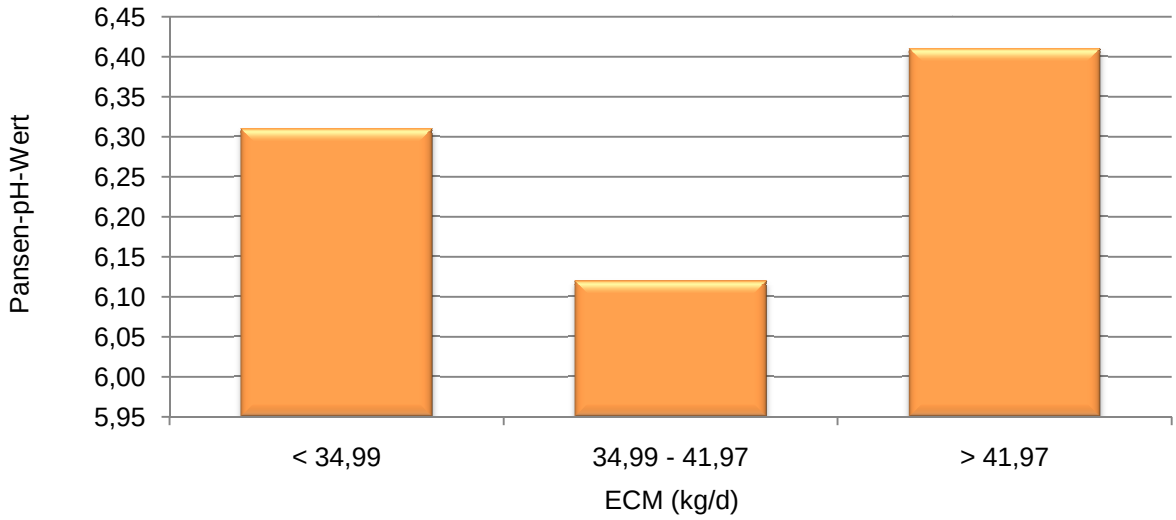

Abbildung 47: Zusammenhang zwischen ECM und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen in Abhängigkeit der NDF-reichen Futterration (n 57)

Bei der Abbildung 48 erkennt man einige Schwankungen zwischen den Laktationswochen. Der niedrigste Pansen-pH-Wert von 6,02 wurde bei einer ECM von < 34,99 kg/d in der 9. Laktationswoche gemessen. In der 4. Laktationswoche zeigte sich bei allen ECM-Leistungen ein durchschnittlich konstanter Pansen-pH-Wert von 6,3. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede oder Wechselwirkungen, bei der statistischen Analyse.

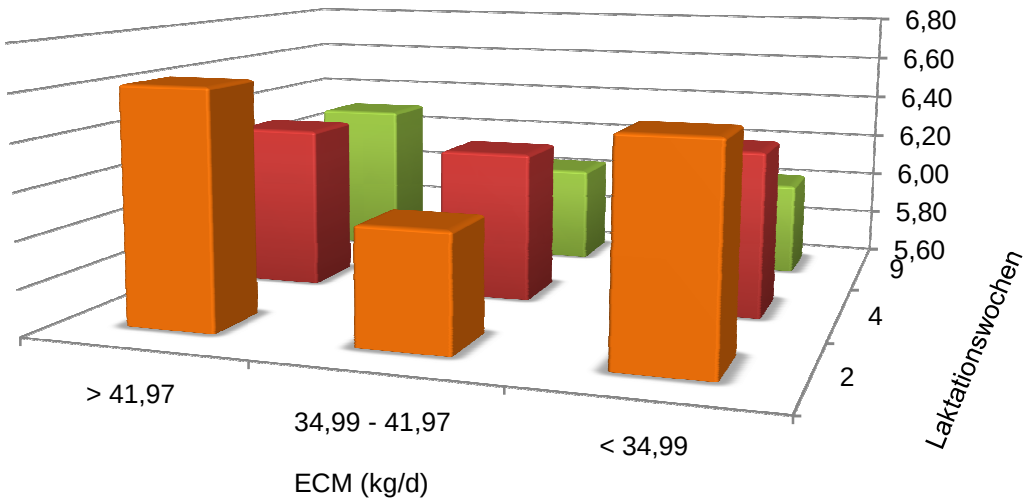

Abbildung 48: Zusammenhang zwischen ECM und Pansen-pH-Wert in Abhängigkeit der NDF-reichen Futterration in den einzelnen Versuchswochen (n 57)

5.4.3 Zusammenhänge zwischen ECM und Trockenmasseaufnahme sowie Pansen-pH-Wert innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe

Trockenmasseaufnahme

Innerhalb der Abbildung 49 zeigt sich, dass in der XS-reichen Versuchsgruppe über alle Laktationswochen hinweg, die Trockenmasseaufnahme mit steigender ECM sich erhöht. Bei der gruppierten ECM-Leistung von < 35,87 kg/d nahmen die Kühe durchschnittlich 19,12 kg TM/d zu sich. Innerhalb der gruppierten ECM von > 43,69 kg/d fraßen die Milchkühe im Mittel 22,48 kg TM/d. Bei der statistischen Auswerten konnte eine Signifikanz zwischen den ECM-Gruppierungen von $p \leq 0{,}022$ ermittelt werden

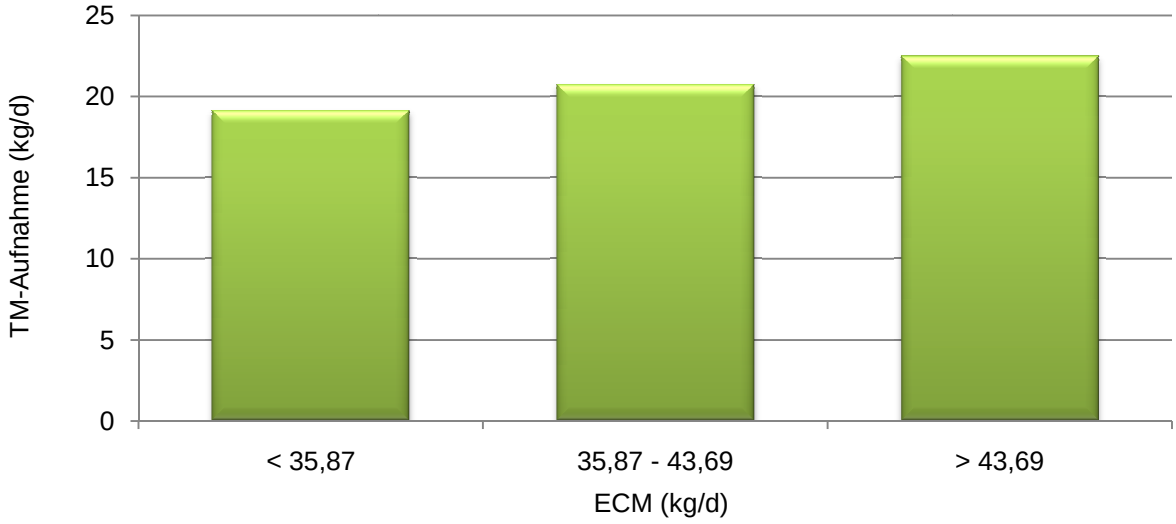

Abbildung 49: Zusammenhang zwischen ECM und Trockenmasseaufnahme bei Milchkühen in Abhängigkeit der XS-reichen Futterration (n 81)

Pansen-pH-Wert

Die Abbildung 50 veranschaulicht für die stärkereiche Futterration den Zusammenhang zwischen der gruppierten Energiekorrigierten Milchmenge (ECM) und Pansen-pH-Wert. Die Messung des durchschnittlich höchsten Pansen-pH-Werts von 6,31 lagen zwischen einer Energiekorrigierten Milchmengen von 35,87 - 43,69 kg/d. Bei der statistischen Analyse ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

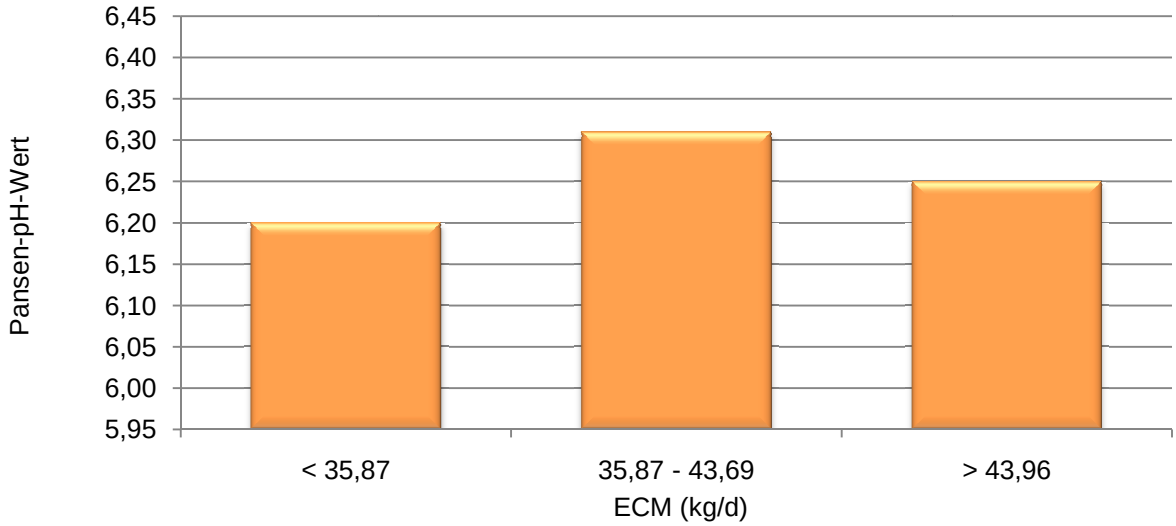

Abbildung 50: Zusammenhang zwischen ECM und Pansen-pH-Wert bei Milchkühen in Abhängigkeit der XS-reichen Futterration (n 81)

In der Abbildung 51 zeigt sich, dass bei einer ECM von < 35,87 kg/d, in der 9. Laktationswoche, die niedrigste Messung des Pansen-pH-Werts von 5,89 lag. Zu erkennen ist ebenfalls, dass bei einer ECM-Leistung von > 43,96 kg/d mit voranschreiten der Laktation der Pansen-pH-Wert absank. In der 2. Laktationswoche konnte, in diesem Bereich der ECM, ein Pansen-pH-Wert von 6,59 ermittelt werden, welche zur 4. Laktationswoche auf 6,02 abfiel und in der 9. Laktationswoche leicht auf 6,11 wieder anstieg. Es konnte bei der statistischen Auswertung festgestellten werden, dass die Laktationswoche einen signifikanten Unterschied zum Pansen-pH-Wert von $p \leq 0{,}001$ aufweist. Wechselwirkungen zwischen der Laktationswoche und der ECM-Leistung lagen Signifikant bei $p \leq 0{,}056$.

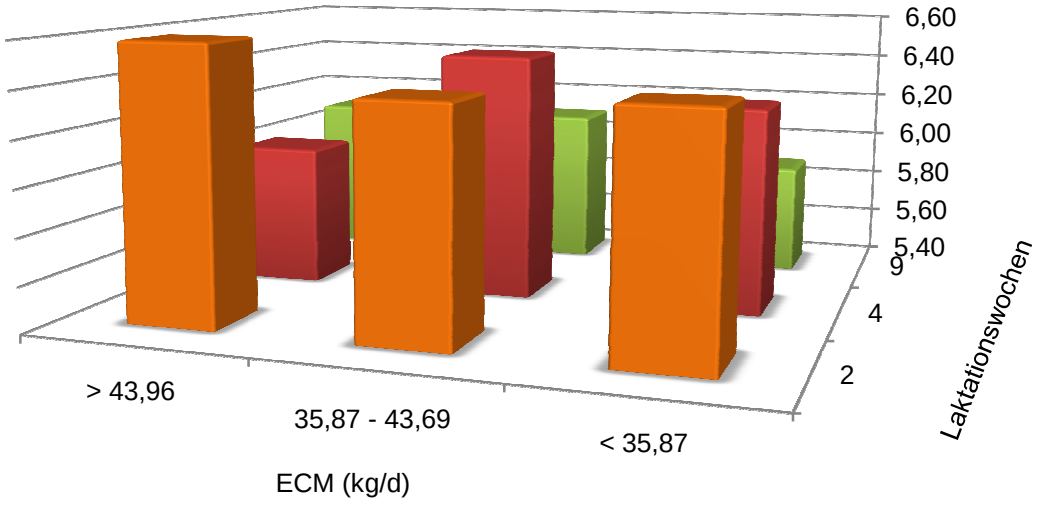

Abbildung 51: Zusammenhang zwischen ECM und Pansen-pH-Wert in Abhängigkeit der XS-reichen Futterration in den einzelnen Versuchswochen (n 81)

5.5 Fett - Eiweiß - Quotient

5.5.1 Tabellarische Betrachtung des FEQ in Abhängigkeit der Versuchsgruppen und in den einzelnen Wochen der Laktation

In den folgenden Tabellen wird die Veränderung des FEQ innerhalb der unterschiedlichen Versuchsrationen und separat in den einzelnen Laktationswochen betrachtet.

Die Tabelle 54 zeigt die Gesamtheit des durchschnittlichen ermittelten Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ). Es ergaben sich keine Schwankungen in der Gesamtübersicht über alle bewerteten Laktationswochen. Im Mittel befindet sich der FEQ bei 1,1.

Tabelle 54: mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) in der Milch in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe

Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
FEQ	138	1,1 ± 0,2	57	1,1 ± 0,2	81	1,1 ± 0,2	≤ 0,691

Bei der näheren Betrachtung des FEQ zu den Messpunkten in den jeweiligen Laktationswochen sind kleinere Schwankungen sichtbar (Tabelle 55). In der Gruppe 2 sinkt der FEQ von der 2. zur 9. Laktationswoche von 1,2 auf 0,9 ab. Es konnte in der 9. Laktationswiche, zwischen den Versuchsgruppen, signifikante Unterschiede ($p \leq 0,013$) ermittelt werden.

Tabelle 55: mittlerer Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) in der Milch in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe in den einzelnen Wochen der Laktation

LakW	Kennzahl	Gesamt		Gruppe 1_NDF		Gruppe 2_Stärke		Signifikanz
		n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
2.	**FEQ**	46	1,1 ± 0,2	19	1,1 ± 0,2	27	1,2 ± 0,2	≤ 0,156
4.	**FEQ**	46	1,1 ± 0,2	19	1,2 ± 0,1	27	1,1 ± 0,2	≤ 0,095
9.	**FEQ**	46	1,0 ± 0,2	19	1,1 ± 0,1	27	0,9 ± 0,2	≤ 0,013

5.5.2 Einflüsse verschiedener Kennzahlen auf den FEQ

In den folgenden Abbildungen werden unterschiedliche Kennzahlen im Zusammenhang zum FEQ dargestellt. Die Betrachtung erfolgt als erstes separat innerhalb der jeweiligen

Versuchsgruppen, aber über alle Laktationswochen hinweg. Im Anschluss erfolgt die Darstellung dann innerhalb der Laktationswochen, aber über beide Versuchsrationen hinweg. Die Auswirkungen der verschiedenen Kennzahlen auf den FEQ sind innerhalb der jeweiligen Laktationswochen aus den folgenden Abbildungen zu entnehmen.

5.5.2.1 Trockenmasseaufnahmen

NDF-reiche Versuchsgruppe

Die Trockenmasseaufnahme innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe in Zusammenhang zum FEQ wird in Abbildung 52 dargestellt. Es zeigt sich, dass die höchste TM-Aufnahme von durchschnittlich 21,2 kg/d bei einem FEQ von > 1,5 liegt. Lediglich wiesen jedoch nur zwei Tiere dies Aufnahme und FEQ in der Auswertung auf. Innerhalb des FEQ Bereichs zwischen 1,1 - 1,5 nahmen die Milchkühe durchschnittlich 19,89 kg TM/d zu sich. Es konnte bei der statistischen Auswertung keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

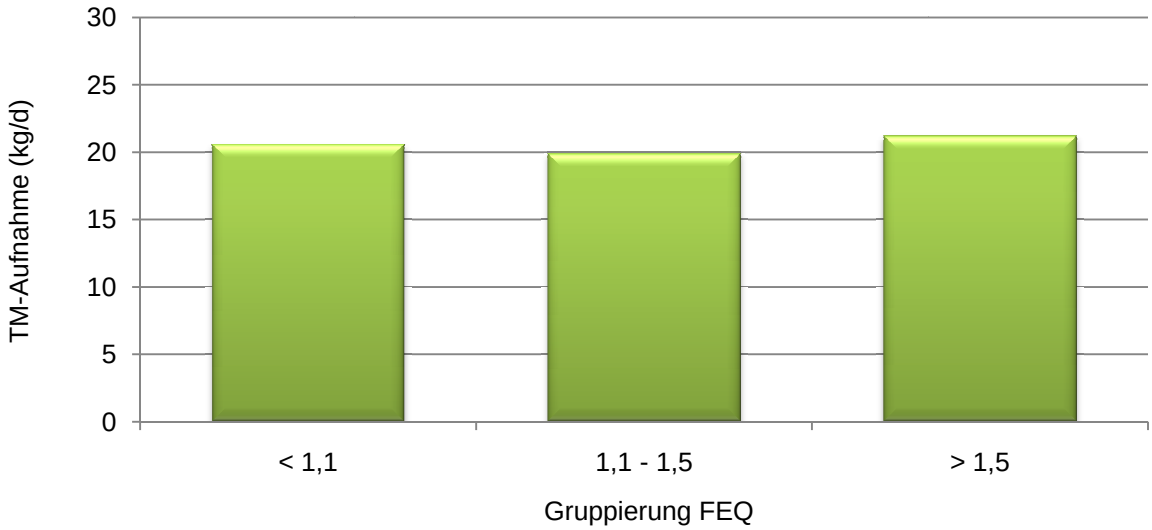

Abbildung 52: Zusammenhang zwischen FEQ und Trockenmasseaufnahme innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe (n 57)

XS-reiche Versuchsgruppe

Bei der Trockenmasseaufnahme in Zusammenhang zum FEQ, innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe, traten allgemein betrachtet geringe Schwankungen zwischen den Grenzbereiche auf (Abbildung 53). Bei einem FEQ < 1,1 nahmen die Kühe durchschnittlich 21,7 kg TM/d zu sich und lagen innerhalb des FEQ Bereich zwischen 1,1 - 1,5 bei 19,59 kg TM/d. Insgesamt wiesen drei Milchkühe einen FEQ von > 1,5 mit einer TM-

Aufnahme von 25,07 kg/d auf. Es traten bei der statistischen Auswertung signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen von p ≤ 0,028 auf.

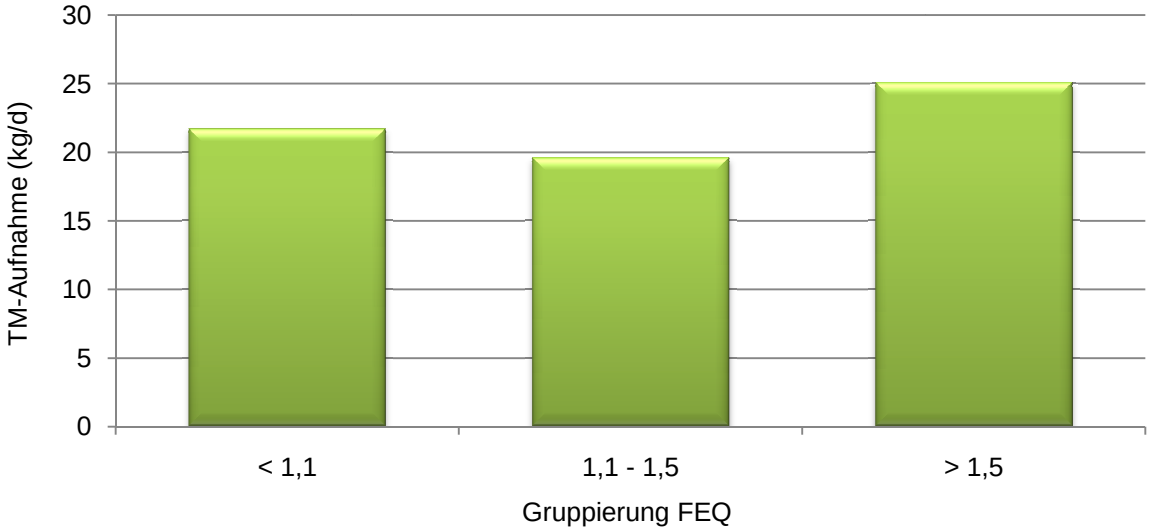

Abbildung 53: Zusammenhang zwischen FEQ und Trockenmasseaufnahme innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe (n 81)

Gesamtbetrachtung über beide Versuchsgruppen

In der Abbildung 54 wird die Trockenmasseaufnahme der Milchkühe im Zusammenhang des FEQ, über beide Versuchsgruppen hinweg, dargestellt. Es zeigt sich, dass mit zunehmendem Verlauf der Laktation die TM-Aufnahme der Milchkühe steigt, unabhängig in welchem Bereich sich der FEQ befindet. Im Bereich des FEQ von 1,1 - 1,5 stieg die TM Aufnahme innerhalb der Laktationswochen geringer an. In der 2. Laktationswoche lag die Aufnahme bei 18,55 kg/d und sieg in der 9. Laktationswoche auf 21,74 kg/d an. Bei der statistischen Auswertung traten Signifikanzen sowohl zwischen der Laktationswoche (p ≤ 0,001) als auch bei den FEQ Gruppierungen (p ≤ 0,006) auf. In diesem Zusammenhang konnten auch signifikante Wechselwirkungen von p ≤ 0,040 ermittelt werden.

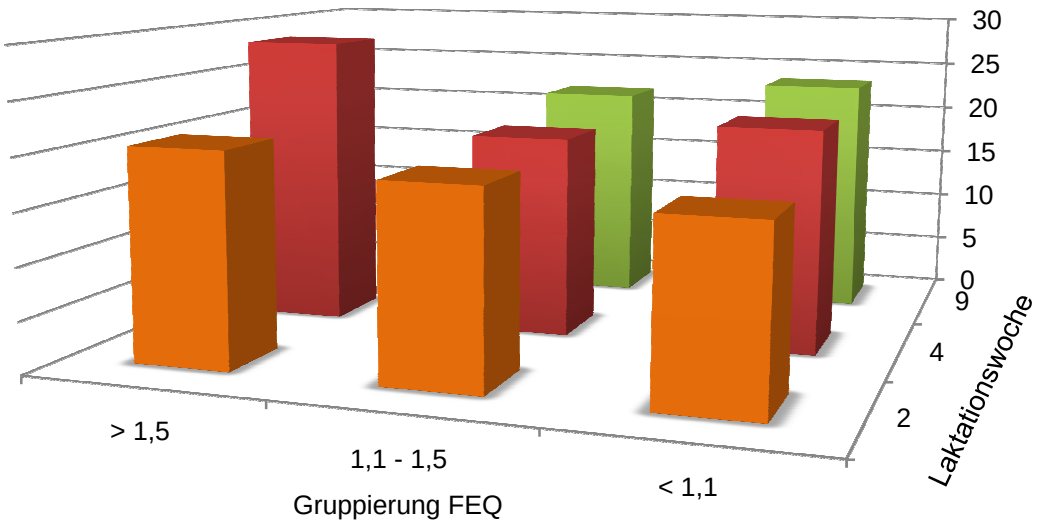

Abbildung 54: Zusammenhang zwischen FEQ und Trockenmasseaufnahme der Milchkühe in den einzelnen Wochen der Laktation (n 138)

5.5.2.2 Stärkeaufnahme

NDF-reiche Versuchsgruppe

In der Abbildung 55 wird die Stärkeaufnahme im Zusammenhang zum FEQ, innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe, dargestellt. Es zeigt sich, dass die höchste XS-Aufnahme von 4048 g/d bei einem FEQ Bereich von < 1,1 liegt. Es konnte ermittelt werden, dass sich in diesem Bereich die meisten Milchkühe befanden (n 25). Die zweitgrößte Anzahl an Tieren (n 20) befanden sich innerhalb des FEQ Bereichs zwischen 1,1 und 1,5. Diese Milchkühe nahmen durchschnittlich 3980 g/d XS auf. Es konnten keine Signifikanzen ermittelt werden.

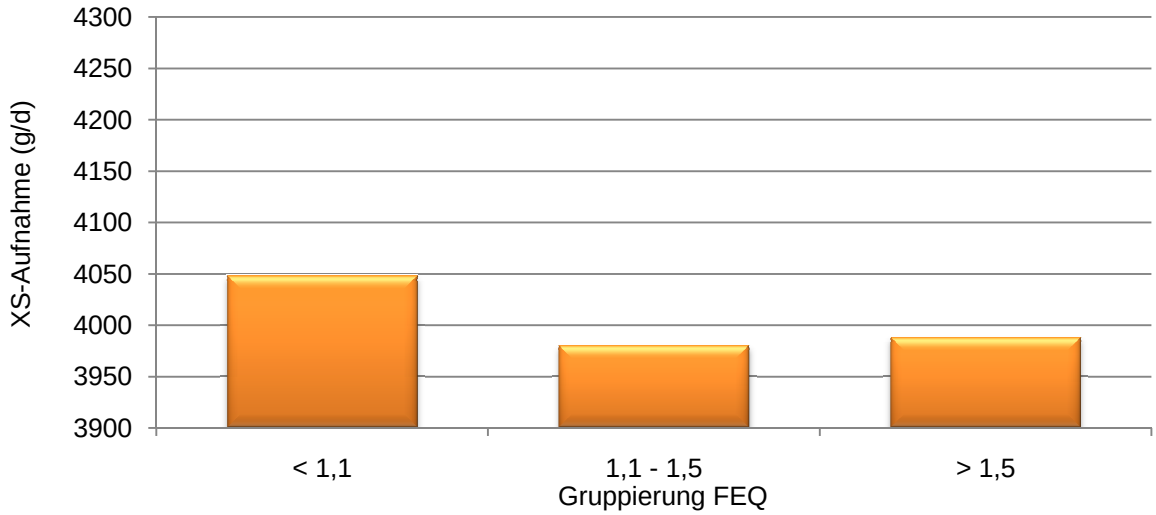

Abbildung 55: Zusammenhang zwischen FEQ und XS-Aufnahme innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe (n 57)

XS-reiche Versuchsgruppe

Die Abbildung 56 zeigt den Zusammenhang zwischen XS-Aufnahme und FEQ innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe. Insgesamt wiesen 41 Versuchstiere dieser Gruppe einen FEQ von < 1,1, bei einer XS-Aufnahme von 5130 g/d. Bei einem FEQ zwischen 1,1 und 1,5 lag die durchschnittliche XS-Aufnahme bei 4834 g/d. Drei Versuchstiere wiesen einen FEQ < 1,5 auf und nahmen 5260 g/d XS zu sich. Bei der statistischen Auswertung traten keine Signifikanzen auf.

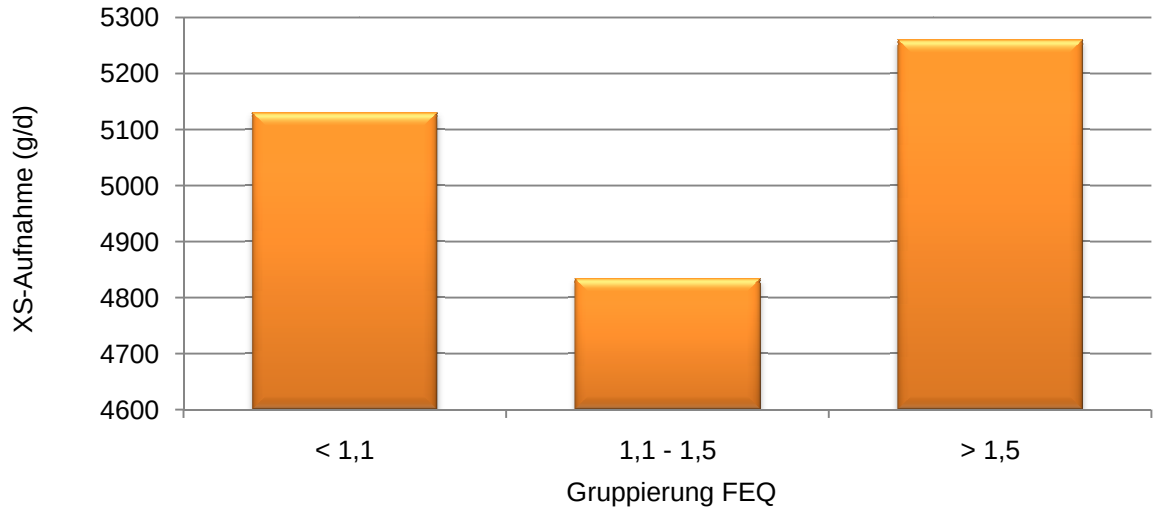

Abbildung 56: Zusammenhang zwischen FEQ und XS-Aufnahme innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe (n 81)

Gesamtbetrachtung über beide Versuchsgruppen

Die Abbildung 57 veranschaulicht die Ausprägung des FEQ in Abhängigkeit von der Laktationswoche und der XS-Aufnahme. Die stärkste Ausprägung eines FEQ < 1,1 befand sich in der 9. Laktationswoche bei einer XS-Aufnahme von 5115 g/d. Bei einer XS-Aufnahme von 5342 g/d wies der Großteil der Kühe einen FEQ von > 1,5, in der 9. Laktationswoche, auf. Bei der statistische Auswertung traten signifikante Unterschiede zwischen den Laktationswoche und der XS-Aufnahme auf ($p \leq 0{,}001$). Wechselwirkungen konnten nicht ermittelt werden.

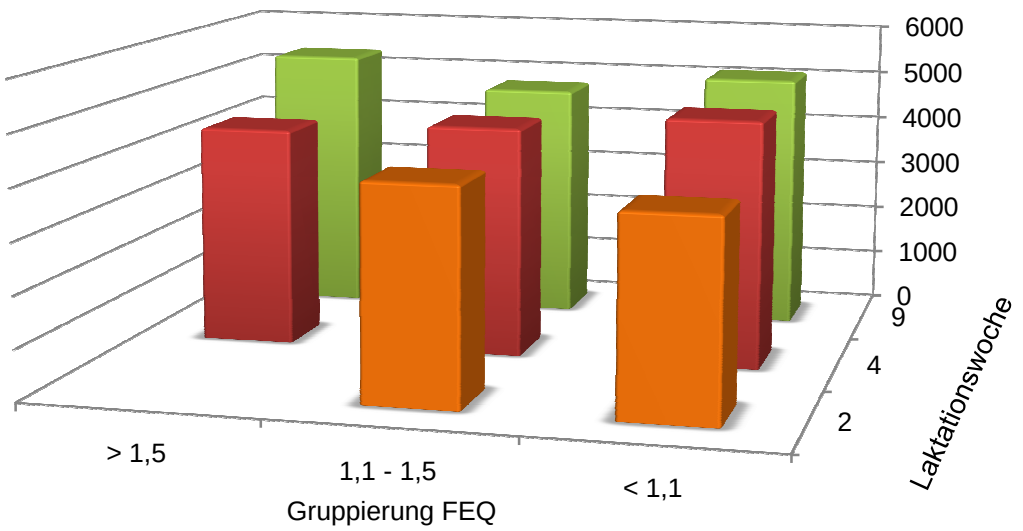

Abbildung 57: Zusammenhang zwischen XS-Aufnahme und FEQ der Milchkühe in den einzelnen Wochen der Laktation (n 138)

5.5.2.3 Strukturwirksame Rohfaseraufnahme (absolut)

NDF-reiche Versuchsgruppe

Der Zusammenhang zwischen der absoluten sXF-Aufnahme in Zusammenhang zum FEQ, innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe, wird in Abbildung 58 dargestellt. Insgesamt wiesen 25 Milchkühe einen FEQ < 1,1, bei einen sXF-Aufnahme von 2817 g/d, auf. Die Mehrzahl der Milchkühe wies einen FEQ zwischen 1,1 - 1,5. Hier betrug die durchschnittlich absolute sXF-Aufnahme 2710 g/d. Signifikanzen traten keine auf.

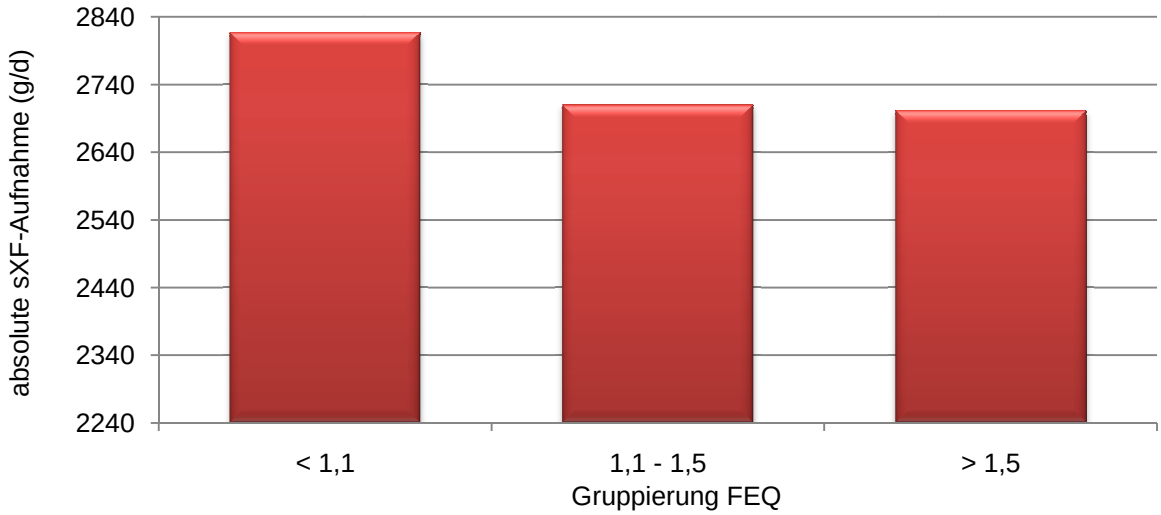

Abbildung 58: Zusammenhang zwischen FEQ und absolute sXF-Aufnahme innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe (n 57)

XS-reiche Versuchsgruppe

In der XS-reichen Versuchsgruppe wiesen insgesamt 41 Milchkühe einen FEQ < 1,1, bei einer absoluten sXF-Aufnahme von durchschnittlich 2627 g/d, auf (Abbildung 59). Der zweitgrößte Anteil mit 37 Versuchstieren lag im FEQ Bereich zwischen 1,1 - 1,5. Diese Tiere nahmen durchschnittlich 2457 g/d sXF zu sich. Drei Milchkühe wiesen einen FEQ > 1,5, bei einer absoluten sXF-Aufnahme von 2620 g/d, auf. Es konnten keine Signifikanzen festgestellt werden.

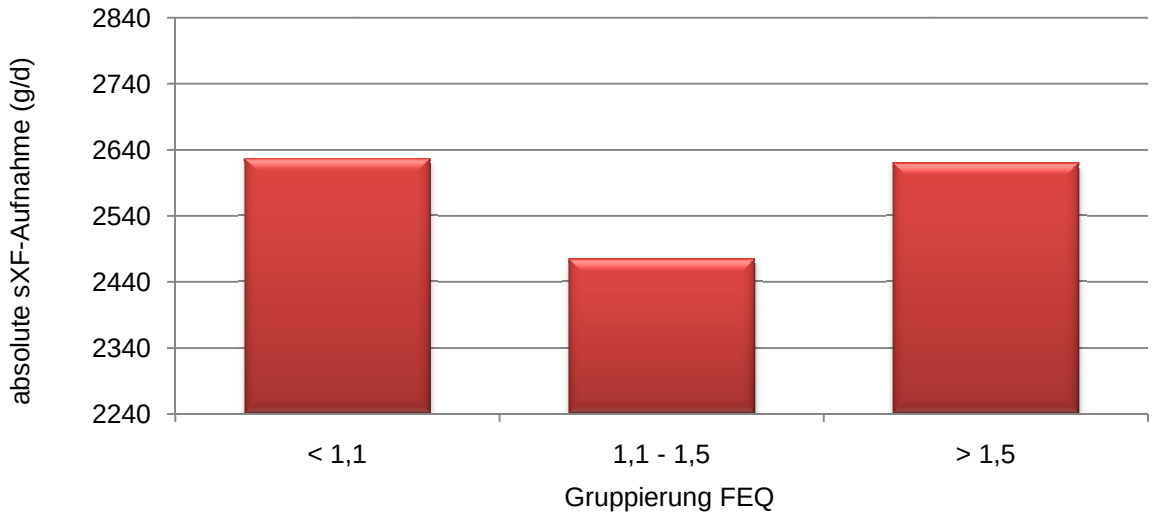

Abbildung 59: Zusammenhang zwischen FEQ und absolute sXF-Aufnahme innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe (n 81)

Gesamtbetrachtung über beide Versuchsgruppen

Die Abbildung 60 veranschaulicht die Ausprägung des FEQ in Abhängig von den Laktationswochen und die absoluten sXF-Aufnahmen. Es zeigt sich, dass innerhalb der FEQ Gruppierungsbereiche die absoluten sXF-Aufnahmen mit voranschreitender Laktation sukzessiv ansteigen. Die stärkste Ausprägung an sXF-Aufnahmen (absolut) befand sich innerhalb des FEQ Bereiches < 1,1. In der 2. Laktationswoche befand sich die durchschnittlich absolute sXF-Aufnahme bei 2197 g/d, stieg auf 2752 g/d in der 4. Laktationswoche an und lag in der 9. Laktationswoche bei 2931 g/d. Insgesamt wiesen 66 Versuchskühe den FEQ Bereich < 1,1 auf. Den FEQ Bereich zwischen 1,1 und 1,5 konnte bei 67 Milchkühen ermittelt werden und lediglich fünf Versuchstiere wiesen einen FEQ > 1,5 auf. Bei der statistischen Auswertung konnten keine Signifikanzen ermittelt werden.

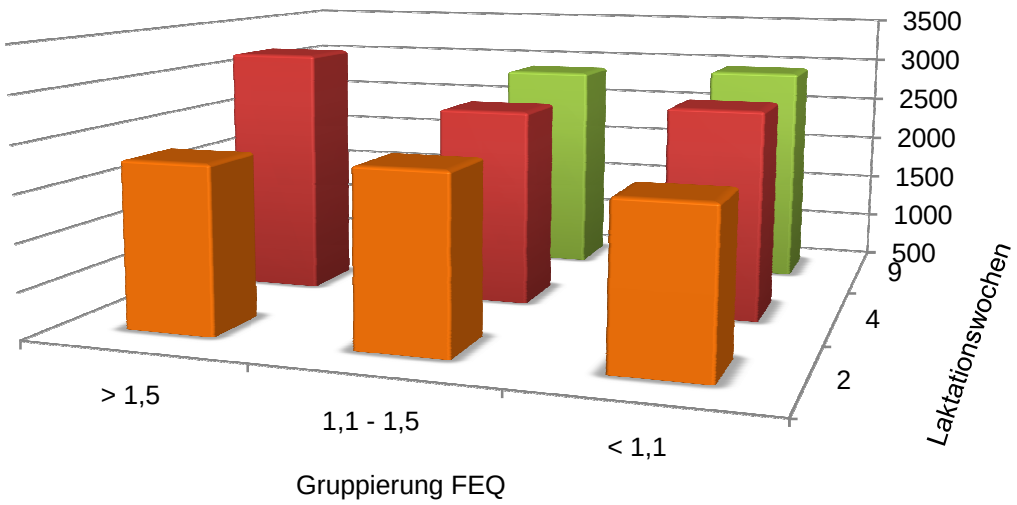

Abbildung 60: Zusammenhang zwischen FEQ und absolute sXF-Aufnahme der Milchkühe in den einzelnen Wochen der Laktation (n 138)

5.5.2.4 Strukturwirksame Rohfaseraufnahme (relativ)

NDF-reiche Versuchsgruppe

Die Abbildung 61 stellt den Zusammenhang zwischen relative sXF-Aufnahme und dem FEQ, innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe, dar. Bei einem FEQ unter 1,1 nahmen die Versuchstiere im Mittel 423 g/100kg LM sXF auf. Im Bereich des FEQ zwischen 1,1 und 1,5 beträgt die relative sXF-Aufnahme 427 g/100kg LM. Zwei Versuchstiere wiesen einen FEQ > 1,5 auf und nahem 352 g/100kg LM sXF zu sich. Es trat keine Signifikanz auf.

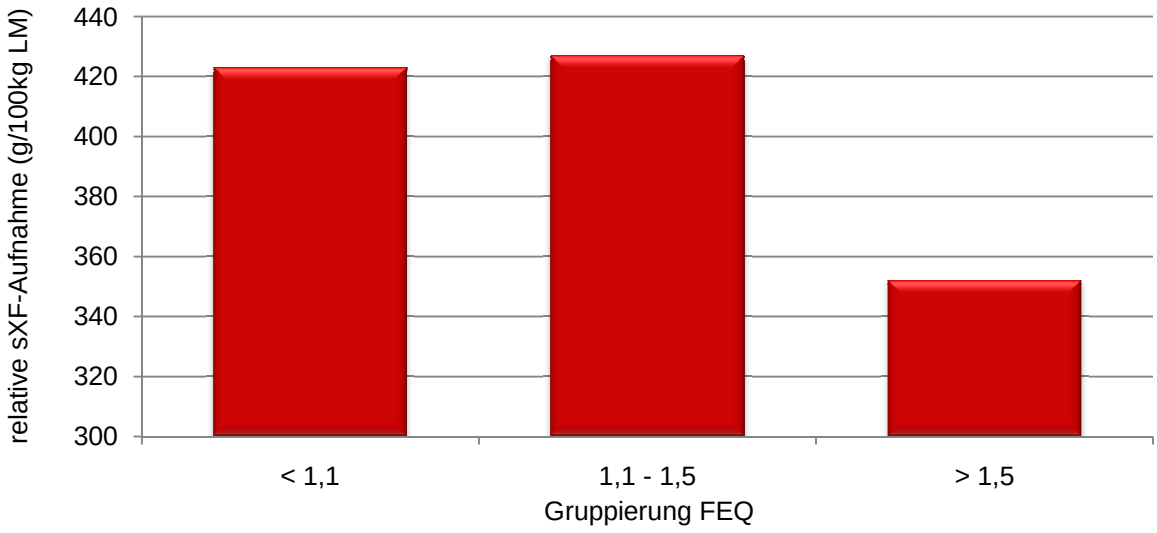

Abbildung 61: Zusammenhang zwischen FEQ und relativer sXF-Aufnahme innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe (n 57)

XS-reiche Versuchsgruppe

Der Zusammenhang zwischen relativer sXF-Aufnahme und dem FEQ, in der XS-reichen Versuchsgruppe, wird in der Abbildung 62 dargestellt. Insgesamt wiesen 41 Versuchstiere einen FEQ < 1,1 auf und nahmen in diesem Bereich im Mittel 416 g/100kg LM sXF auf. Im Bereich des FEQ zwischen 1,1 und 1,5 lag die reaktive sXF-Aufnahme bei 381 g/100kg LM. Es traten bei der statistischen Auswertung keine Signifikanzen auf.

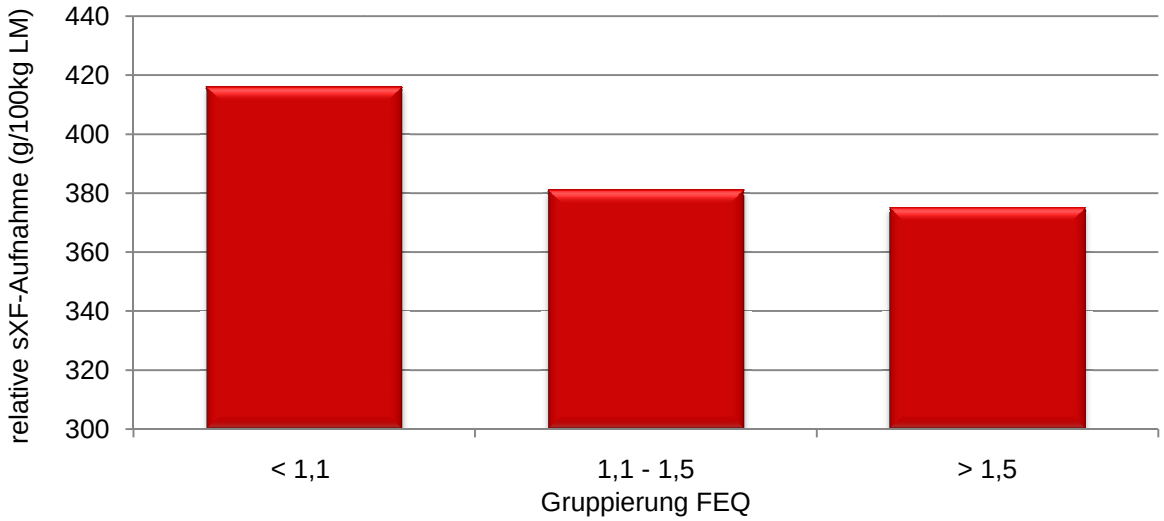

Abbildung 62: Zusammenhang zwischen FEQ und relativer sXF-Aufnahme innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe (n 81)

Gesamtbetrachtung über beide Versuchsgruppen

In der Abbildung 63 wird die Aufnahme der relativen sXF im Zusammenhang zum FEQ, über beide Versuchsgruppen hinweg aber zwischen den Laktationswochen, dargestellt. Es wird ersichtlich, dass bei den Milchkühen die eine relativen sXF-Aufnahme zwischen 300 bis 500 g/100kg LM zu sich nahmen, der FEQ mit voranschreiten der Laktation absank. In diesem Bereich sank der FEQ von 1,16 auf 1,0 ab. Ebenso ist diese Wirkung auch bei einer relativen sXF-Aufnahme von ≥ 500 g/100kg LM erkennbar. Hier fiel der FEQ von 1,17 in der 2. Laktationswoche auf 0,99 zur 9. Laktationswoche ab. Ab der 4. Laktationswoche nahmen keine Versuchstiere eine relative sXF ≤ 300 g/100kg LM zu sich.

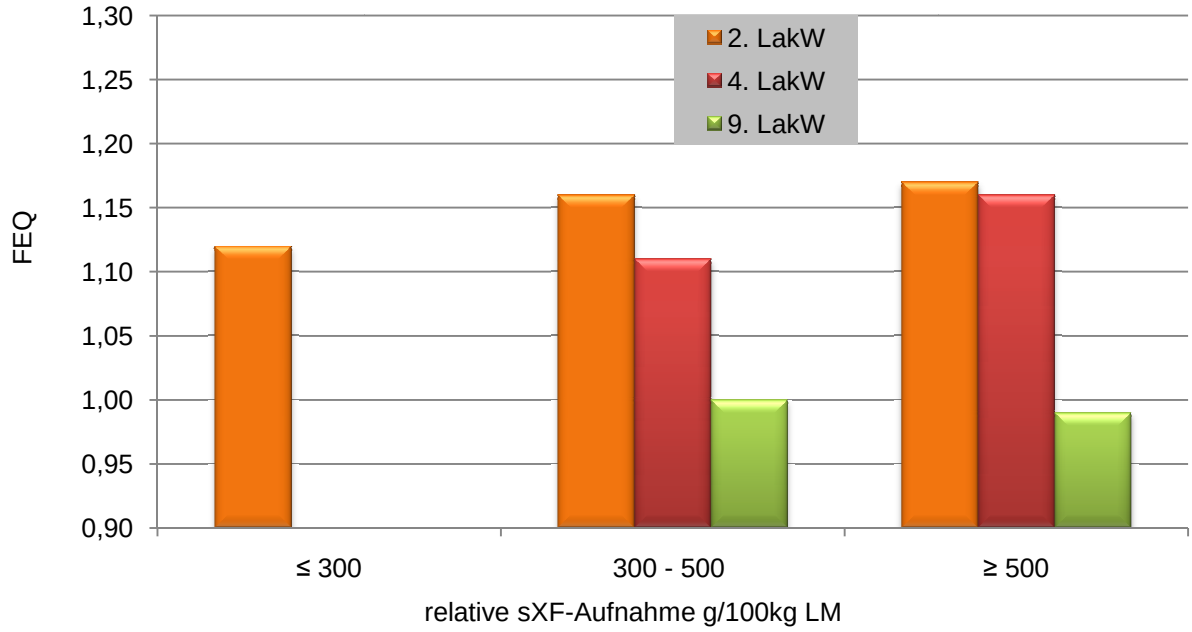

Abbildung 63: Zusammenhang zwischen FEQ und relativer sXF-Aufnahme der Milchkühe in den einzelnen Wochen der Laktation (n 138)

5.5.2.5 Physikalisch effektive Neutrale-Detergenzien-Faser

NDF-reiche Versuchsgruppe

In der Abbildung 64 wird der Zusammenhang zwischen peNDF und FEQ innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe dargestellt. Allgemein betrachtet lag die peNDF, in allen FEQ Bereichen, im Mittel bei 21 %. Die Mehrzahl der Versuchstiere (n 30) liegt innerhalb des FEQ zwischen 1,1 und 1,5 und wies eine peNDF von durchschnittlich 20,9 % auf. Insgesamt wiesen 25 Milchkühe einen FEQ unter 1,1 auf, bei einer peNDF von 21,7 %. Bei der statistischen Auswertung traten keine Signifikanzen auf.

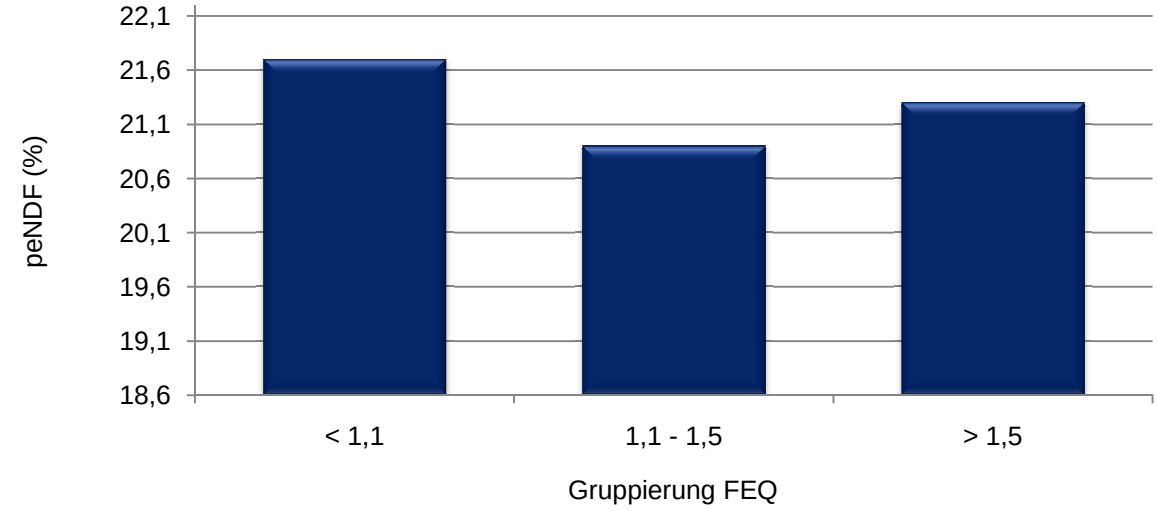

Abbildung 64: Zusammenhang zwischen peNDF und FEQ innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe (n 57)

XS-reiche Versuchsgruppe

In der XS-reichen Versuchsgruppe lag die durchschnittliche peNDF, in allen FEQ Bereichen bei, 19 % (Abbildung 65). Innerhalb der FEQ Bereiche von < 1,1 und zwischen 1,1 und 1,5 lagen die peNDF konstant bei 19,4 %. Insgesamt wiesen 41 Versichstiere einen FEQ unter < 1,1 auf. Bei drei Versuchskühen lag der FEQ über 1,5 und der peNDF-Gehalt bei 18,9 %. Es konnten bei der statistischen Auswertung keine Signifikanzen ermittelt werden.

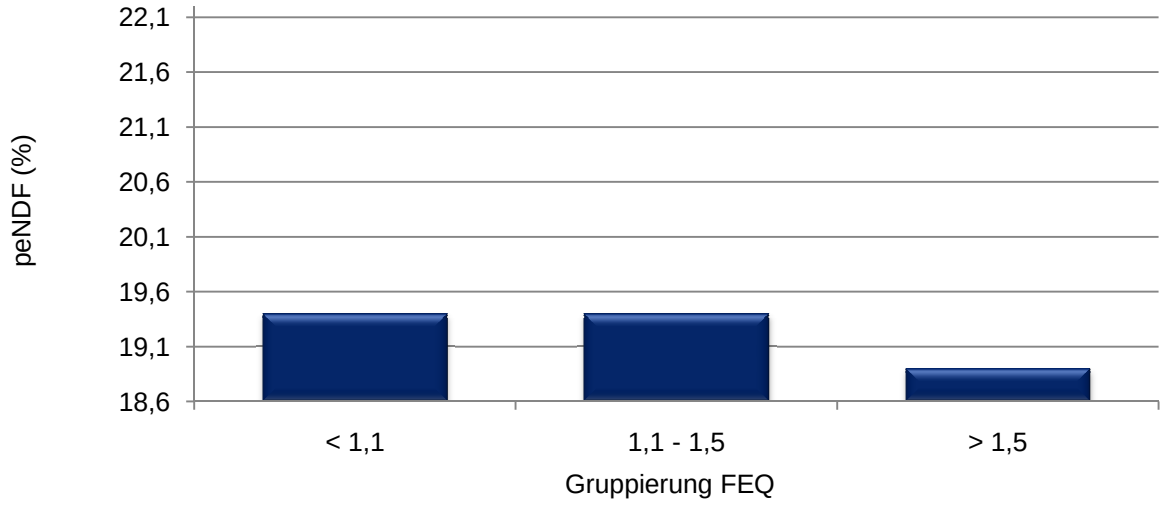

Abbildung 65: Zusammenhang zwischen peNDF und FEQ innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe (n 81)

Gesamtbetrachtung über beide Versuchsgruppen

Der Einfluss bzw. Zusammenhang der peNDF auf den FEQ, innerhalb der Laktationswochen, wird in der Abbildung 66 dargestellt. Es zeigt sich ziemlich deutlich, dass ein FEQ zwischen 1,1 und 1,5 in der 9. Laktationswoche, bei einem peNDF Gehalt von 21 % in der Ration, am stärksten vertreten war. Signifikante Unterschiede von $p \leq 0{,}003$ traten zwischen den Laktationswochen und peNDF Gehalt auf. Es konnten keine Wechselwirkungen festgestellt werden.

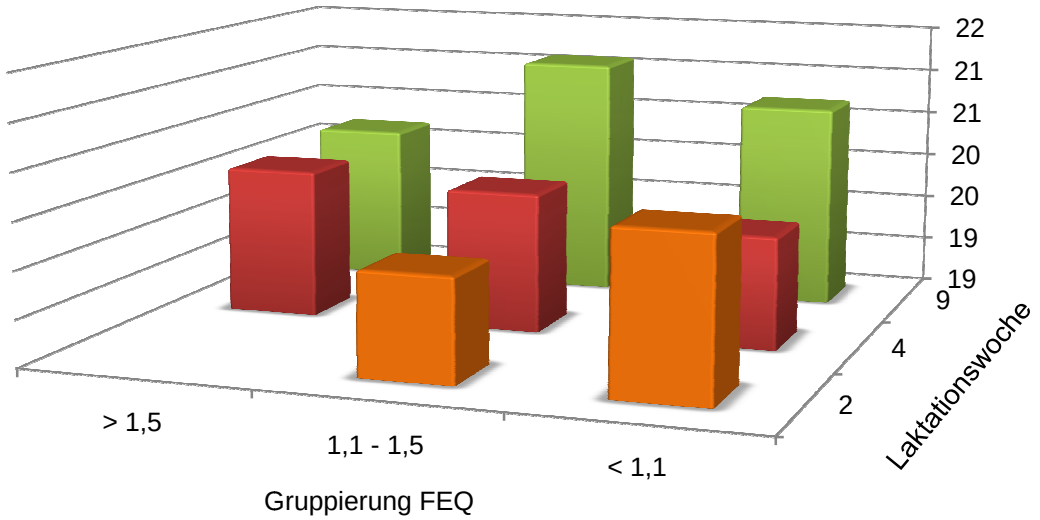

Abbildung 66: Zusammenhang zwischen peNDF und FEQ der Milchkühe in den einzelnen Wochen der Laktation (n 138)

5.5.2.6 Pansen-pH-Wert

NDF-reiche Versuchsgruppe

Die Ausprägung des Pansen-pH-Werts innerhalb der FEQ Bereich, für die NDF-reiche Versuchsgruppe, wird in der Abbildung 67 dargestellt. Insgesamt wiesen 25 Milchkühen einen FEQ < 1,1 auf. Der Pansen-pH-Wert lag in dieser Gruppierung bei 6,2. Innerhalb des FEQ Bereichs zwischen 1,1 und 1,5 lag der Pansen-pH-Wert bei 6,31 (n 30). Zwei Versuchstiere wiesen eine FEQ > 1,5 und einen Pansen-pH-Wert von 6,65 auf. Es konnten bei der statistischen Auswertung keine Signifikanzen ermittelt werden.

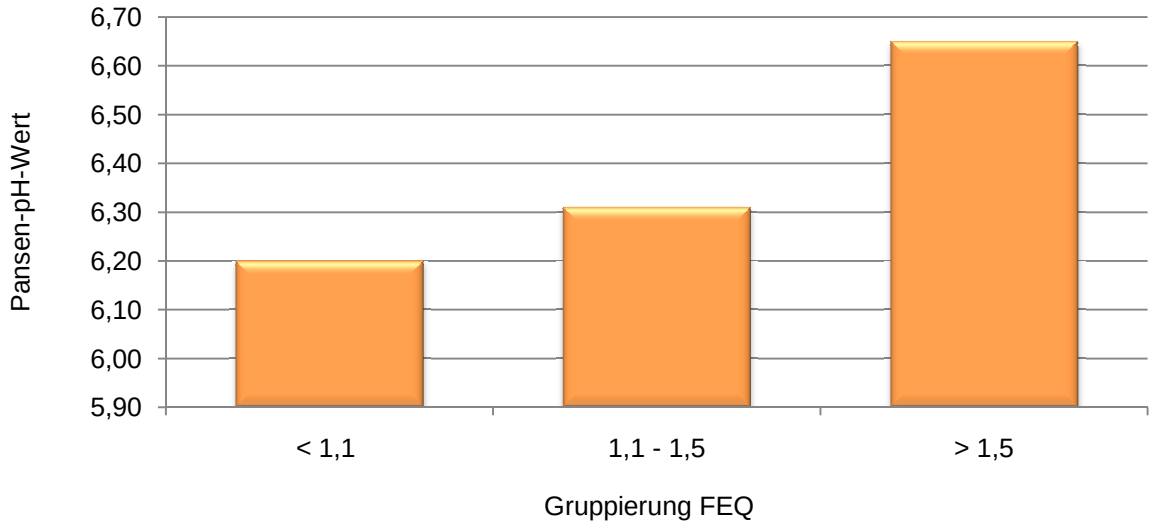

Abbildung 67: Zusammenhang zwischen FEQ und Pansen-pH-Wert innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe (n 57)

XS-reiche Versuchsgruppe

In der Abbildung 68 ist die Ausprägung des Pansen-pH-Werts innerhalb der verschiedenen FEQ Bereichen, für die XS-reichen Versuchsgruppe, dargestellt. Bei 41 Versuchstieren lag der FEQ unter 1,1 und wiesen einen Pansen-pH-Wert von 6,2 auf. Innerhalb des FEQ Bereichs zwischen 1,1 und 1,5 lag der Pansen-pH-Wert bei 6,3. Drei Milchkühe lagen bei einem FEQ über 1,5 und hatten einen pH-Wert im Pansen von 6,57. Es traten keine Signifikanzen auf.

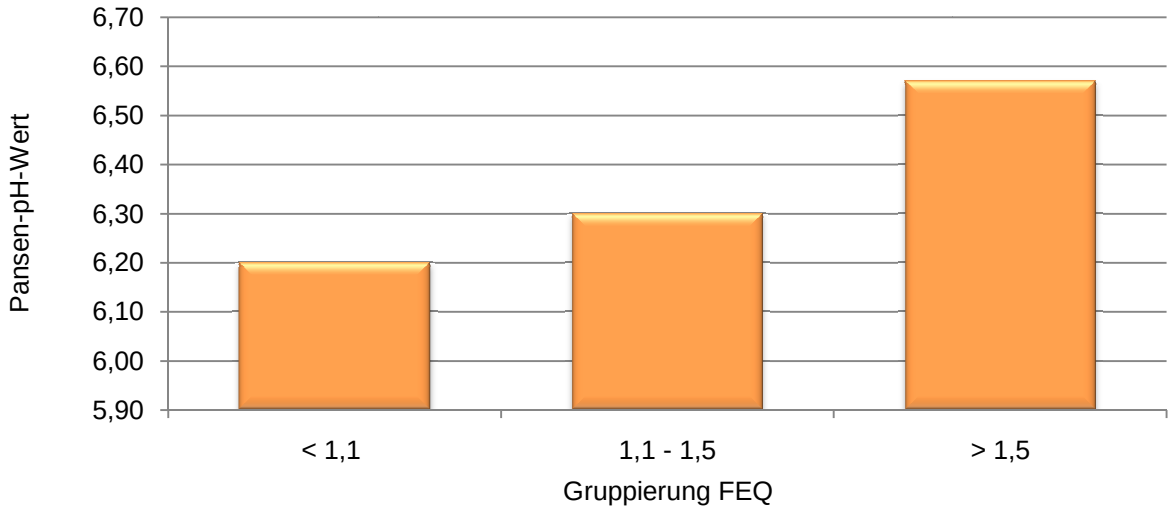

Abbildung 68: Zusammenhang zwischen FEQ und Pansen-pH-Wert innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe (n 81)

Gesamtbetrachtung über beide Versuchsgruppen

In der Abbildung 69 wird ersichtlich, dass beim FEQ von < 1,1 und zwischen 1,1 - 1,5 mit zunehmenden Verlauf der Laktationswochen, der Pansen-pH-Wert der Milchkühe absinkt. Bei einem FEQ zwischen 1,1 - 1,5 sank der pH-Wert im Pansen zum Messtag der 2. Laktationswoche von 6,44 auf 6,12 in der 9. Laktationswoche ab. Zwischen den Laktationswochen und dem Pansen-pH-Wert konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden ($p \leq 0{,}001$). Wechselwirkungen traten keine auf.

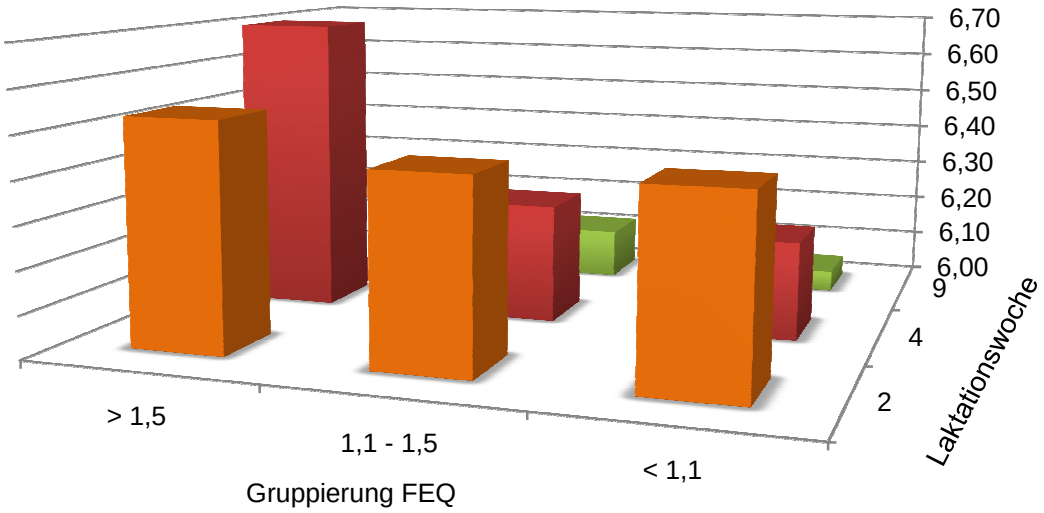

Abbildung 69: Zusammenhang zwischen FEQ und Pansen-pH-Wert der Milchkühe in den einzelnen Wochen der Laktation (n 138)

NDF-reiche Versuchsgruppe innerhalb der Laktationswochen

Die Abbildung 70 veranschaulicht die prozentuale Verteilung des FEQ zwischen den einzelnen Versuchswochen für die NDF-reiche Fütterungsration. Es zeigt sich, dass am Messtag zur 9. Laktationswoche 53 % der Milchkühe einen FEQ unter 1,1 aufwiesen und 47 % lagen zwischen 1,1 -1,5.

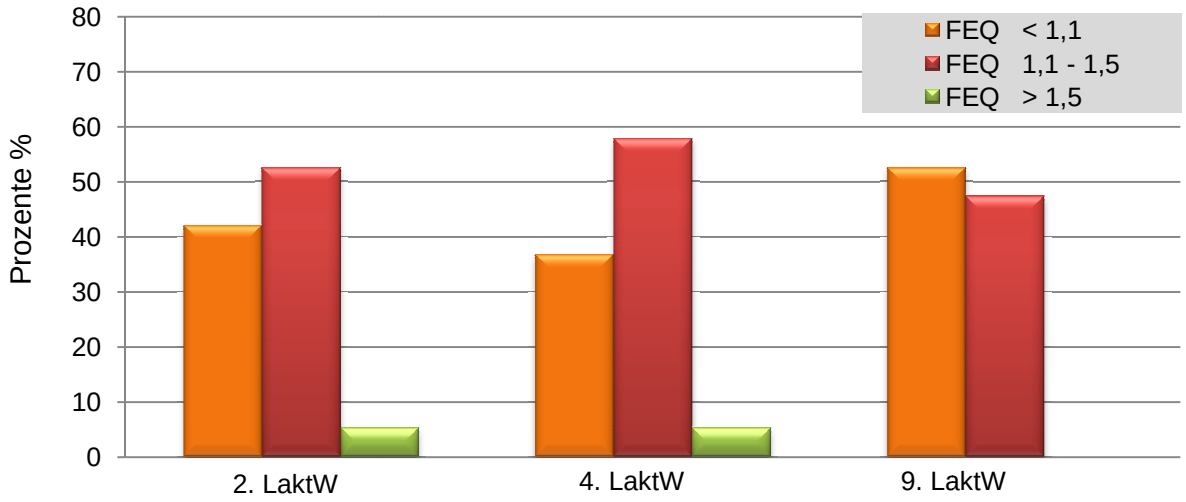

Abbildung 70: Prozentuale Verteilung des FEQ innerhalb der Versuchswochen in Abhängigkeit der NDF-reiche Futterration (n 57)

XS-reiche Versuchsgruppe innerhalb der Laktationswochen

Bei dieser Abbildung 71 wird die prozentuale Verteilung des FEQ zwischen den einzelnen Versuchswochen der Laktation dargestellt. Es zeigt sich, dass der Anteil an Kühen mit einem FEQ unter 1,1 mit zunehmender Laktation stieg. In der 2. Laktation befanden sich 30 % der Milchkühe in diesem Bereich, zum Messtag in der 9. Woche stieg der Anteil auf 74 % der Tiere an.

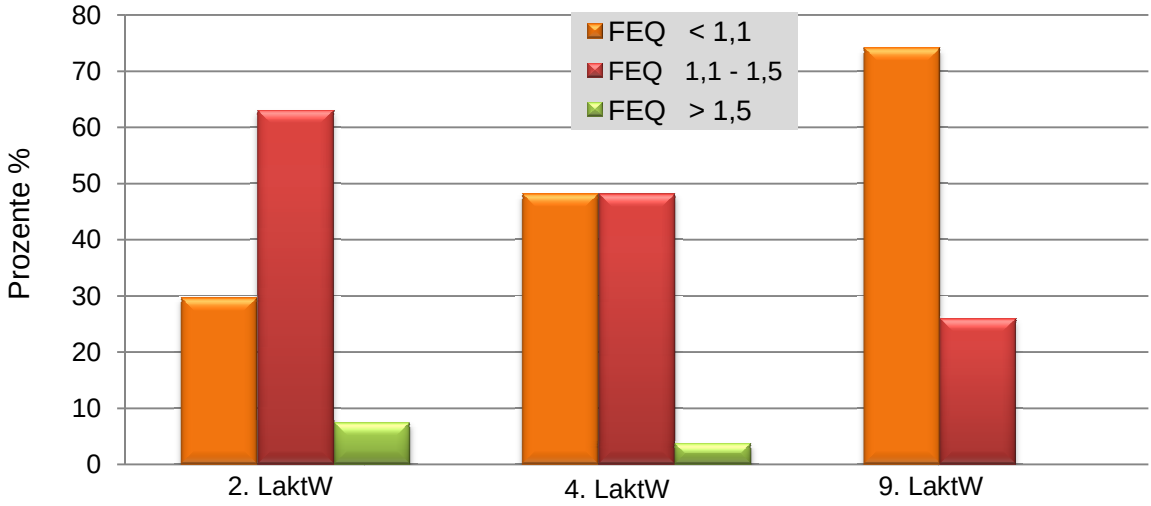

Abbildung 71: Prozentuale Verteilung des FEQ innerhalb der Versuchswochen in Abhängigkeit der XS-reichen Futterration (n 81)

5.5.3 Auswirkungen eines FEQ < 1,1 auf den Pansen-pH-Wert

Die Ausprägungen des gruppierten prozentual verteilten Pansen-pH-Werts, innerhalb der untersuchten Laktationswochen, bei einem FEQ < 1,1, werden in den folgenden Abbildungen dargestellt. Der FEQ Bereich < 1,1 stellt eine azidotische Belastung in der Milchkühe dar (TRAULSEN, 2016).

Gesamtbetrachtung

Die Abbildung 72 zeigt, über alle Versuchsrationen hinweg, die prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts unter der Berücksichtig das ein FEQ von < 1,1 vorhanden ist. Insgesamt wiesen 66 Milchkühe innerhalb des Versuchszeitraums einen FEQ < 1,1 auf. Man erkennt, dass mit Verlauf der Laktation der prozentuelle Großteil der Versuchstiere sich in einem pH-Wert Bereich von 5,6 - 6,2 befindet. In der 9. Laktationswoche wiesen 35 % der Milchkühe diesen Bereich des Pansen-pH-Werts, zwischen 5,6 - 6,2, auf. Signifikate Unterschiede konnten nicht ermittelt werden.

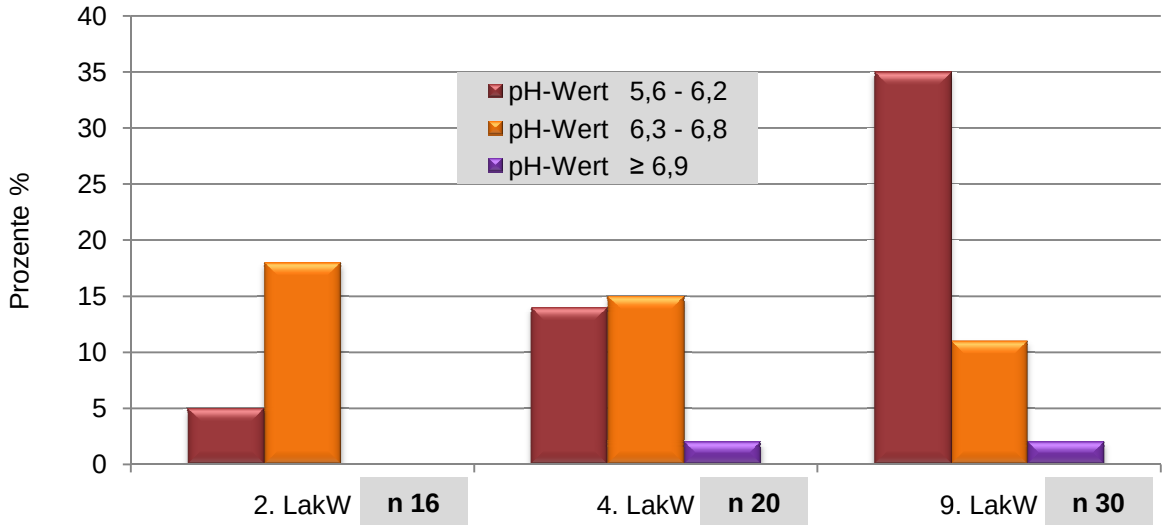

Abbildung 72: Prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts unter Berücksichtigung eines FEQ < 1,1 (n 66)

NDF-reiche Futterration

Die Betrachtung des FEQ < 1,1 im Zusammenhang mit dem Pansen-pH-Wert für die NDF-reiche Versuchsration wird in Abbildung 73 dargestellt. Insgesamt wiesen 25 Tiere über alle Laktationswochen hinweg einen FEQ < 1,1 auf. Es zeigt allgemein betrachtet, dass mit Verlauf der Laktation der Bereich des Pansen-pH-Werts zwischen 6,3 - 6,8 abfällt und der

Bereich des pH-Werts von 5,6 - 6,2 anteilig zunimmt. In der 9. Laktationswoche wiesen 28 % der Versuchstiere einen Pansen-pH-Wert zwischen 5,6 - 6,2 bei einem FEQ < 1,1 aus.

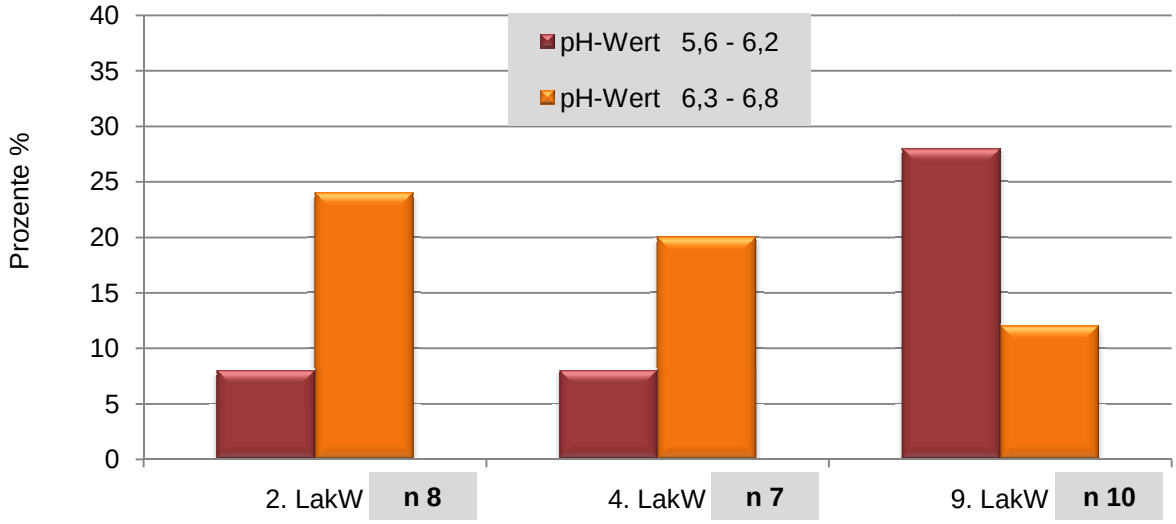

Abbildung 73: Prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts unter Berücksichtigung eines FEQ < 1,1 innerhalb der NDF-reichen Futterration (n 25)

XS-reiche Futterration

Das Verhältnis des FEQ < 1,1 auf den Pansen-pH-Wert für die stärkereiche Futterration wird in Abbildung 74 dargestellt. Insgesamt wiesen 41 Milchkühe über die einzelnen Versuchswochen hinweg einen FEQ < 1,1 auf. In der 9. Laktationswoche lagen 39 % der Tiere bei einem Pansen-pH-Wert zwischen 5,6 und 6,2.

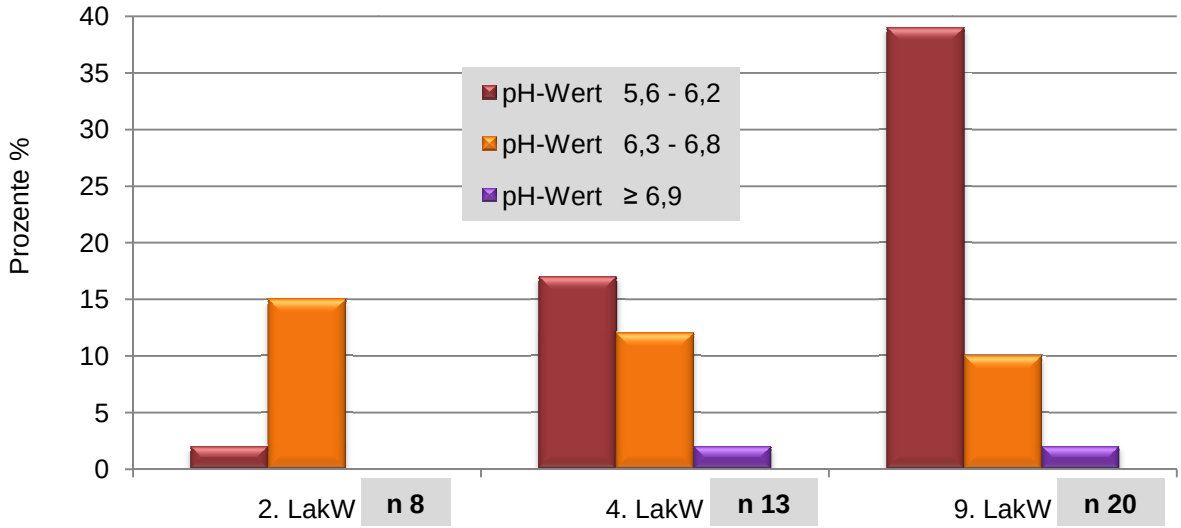

Abbildung 74: Prozentuale Verteilung des Pansen-pH-Werts unter Berücksichtigung eines FEQ < 1,1 innerhalb der XS-reichen Futterration (n 41)

5.6 Einflüsse der Laktationsnummer auf unterschiedliche Kennzahlen

Im weiteren Verlauf dieses Kapitels veranschaulichen die folgenden Tabellen, inwieweit die Laktationsnummer der Milchkühe einen Einfluss auf die ausgewählte Kennzahlen haben. Die Rubrik Jungkühe stellen die erstlaktierenden Milchkühe dar. Die Kühe in der zweiten Laktation werden als Zweitkalbskühe bezeichnet. Alle Kühe einschließlich der dritten Laktation und aufwärts werden bezeichnet als Altkühe. Die Auswertungen erfolgen als erstes in der Gesamtbetrachtung, d.h. über beide Versuchsrationen hinweg und im Anschluss in den jeweiligen Fütterungsrationen separat.

5.6.1 Gesamtbetrachtung

Die Tabelle 56 veranschaulicht, über alle Gruppen hinweg, die Einflüsse der Laktationsnummer der Kühe im gesamten Bewertungszeitraum. Allgemein wird ersichtlich, dass die Jungkühe natürliche Unterschiede zu den Altkühen aufweisen. Die Jungkühe nehmen, gegenüber den Zweitkalbskühen und Altkühen, eine niedrigere Trockenmasseaufnahme (TM kg/d) auf, was natürlicherweise eine geringere Aufnahme an strukturwirksame Rohfaser (sXF) und auch Stärke (XS) bedeutet.

Tabelle 56: Einfluss Laktationsnummer auf ausgewählte Kennzahlen in der Gesamtbetrachtung (n 138)

Kennzahl	Jungkühe		Zweitkalbskühe		Altkühe		Signifikanz
	n	MW ± s	n	MW ± s	n	MW ± s	p-Wert
Lebendmasse (kg)	39	582 ± 27	36	637 ± 39	63	695 ± 62	≤ 0,001
TM (kg/d)	39	17,7 ± 3,1	36	20,8 ± 4,0	63	22,3 ± 3,9	≤ 0,001
sXF (g/d)	39	2251 ± 364	36	2629 ± 402	63	2886 ± 531	≤ 0,001
sXF (g/100kg LM)	39	387 ± 62	36	413 ± 60	63	418 ± 83	≤ 0,096
XS (g/d)	39	4052 ± 803	36	4600 ± 695	63	4933 ± 820	≤ 0,001
rel. XS (g/kg TM)	39	231 ± 33	36	227 ± 42	63	227 ± 40	≤ 0,001
pH-Wert PS	39	6,2 ± 0,4	36	6,2 ± 0,4	63	6,3 ± 0,4	≤ 0,168
NSBA (mmol/l)	39	84,8 ± 59,9	36	86,4 ± 58,5	63	85,4 ± 61,9	≤ 0,993
ECM (kg/d)	39	33,2 ± 4,6	36	39,1 ± 8,2	63	44,1 ± 6,0	≤ 0,001
FEQ	39	1,0 ± 0,2	36	1,1 ± 0,2	63	1,1 ± 0,2	≤ 0,018

Jungkühe

Bei der Betrachtung der Messtage in den einzelnen Wochen der Laktation wird ersichtlich, dass mit zunehmendem Verlauf die Trockenmasseaufnahme (TM kg/d) bei den frischmelkenden Jungkühen steigt. Jedoch sinkt der Pansen-pH-Wert von 6,5 in der 2. Laktationswoche auf 5,8 in der 9. Laktationswoche ab (Tabelle 57).

Tabelle 57: Einfluss Laktationsnummer - Jungkühe auf ausgewählte Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation

Kennzahl		2. LakW	4. LakW	9. LakW
	n	MW ± s	MW ± s	MW ± s
Lebendmasse (kg)	13	580 ± 31	574 ± 21	591 ± 28
TM (kg/d)	13	15,1 ± 2,5	17,8 ± 2,4	20,1 ± 2,3
sXF (g/d)	13	1839 ± 158	2329 ± 159	2584 ± 239
sXF (g/100kg LM)	13	318 ± 38	406 ± 28	437 ± 42
XS (g/d)	13	3393 ± 540	4199 ± 650	4565 ± 738
rel. XS (g/kg TM)	13	230 ± 33	232 ± 33	233 ± 33
pH-Wert PS	13	6,5 ± 0,3	6,4 ± 0,3	5,8 ± 0,3
NSBA (mmol/l)	13	93,5 ± 56,0	91,4 ± 63,7	69,5 ± 61,8
ECM (kg/d)	13	31,0 ± 3,6	34,4 ± 5,4	34,3 ± 4,3
FEQ	13	1,0 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,0 ± 0,2

Zweitkalbskühe

Bei der Betrachtung der Zweitkalbskühe zu den jeweiligen Messpunkten der Laktation wird ersichtlich, dass ein Rückgang beim Pansen-pH-Wert als auch beim FEQ zu beobachten ist. In der 2. Laktationswoche konnte ein FEQ von 1,2 ermittelt werden, welcher in der 9. Laktationswoche auf 1,0 absank (Tabelle 58).

Tabelle 58: Einfluss Laktationsnummer - Zweitkalbskühe auf ausgewählte Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation

Kennzahl		2. LakW	4. LakW	9. LakW
	n	MW ± s	MW ± s	MW ± s
Lebendmasse (kg)	12	646 ± 34	633 ± 39	632 ± 46
TM (kg/d)	12	18,1 ± 3,5	21,5 ± 3,9	22,7 ± 3,3
sXF (g/d)	12	2283 ± 364	2773 ± 324	2832 ± 280
sXF (g/100kg LM)	12	354 ± 57	438 ± 36	448 ± 33
XS (g/d)	12	4108 ± 606	4909 ± 669	4783 ± 563
rel. XS (g/kg TM)	12	228 ± 42	225 ± 41	222 ± 38
pH-Wert PS	12	6,3 ± 0,4	6,1 ± 0,4	6,1 ± 0,2
NSBA (mmol/l)	12	94,3 ± 70,6	60,3 ± 52,5	104,8 ± 44,5
ECM (kg/d)	12	40,8 ± 7,6	38,4 ± 11,8	38,4 ± 3,4
FEQ	12	1,2 ± 0,2	1,1 ± 0,2	1,0 ± 0,2

Altkühe

Die Tabelle 59 veranschaulicht den Verlauf der ersten 60 Laktationstage bei den Altkühen. Es ist ersichtlich, dass ebenso wie bei den Zweitkalbkühen der Pansen-pH-Wert und der FEQ mit voranschreitender Laktation absinken. Bei der näheren Betrachtung der NSBA zu den Messpunkten wird deutlich, dass diese im Verlauf steigt. In der 9. Laktationswoche konnten 93,9 mmol/l NSBA gemessen werden.

Tabelle 59: Einfluss Laktationsnummer - Altkühe auf ausgewählte Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation

Kennzahl		2. LakW	4. LakW	9. LakW
	n	MW ± s	MW ± s	MW ± s
Lebendmasse (kg)	21	714 ± 69	688 ± 59	682 ± 55
TM (kg/d)	21	20,0 ± 3,3	22,4 ± 4,2	24,6 ± 2,9
sXF (g/d)	21	2588 ± 671	2919 ± 420	3151 ± 281
sXF (g/100kg LM)	21	366 ± 100	426 ± 63	464 ± 46
XS (g/d)	21	4480 ± 807	4958 ± 565	5361 ± 840
rel. XS (g/kg TM)	21	227 ± 41	227 ± 41	227 ± 41
pH-Wert PS	21	6,5 ± 0,4	6,3 ± 0,4	6,2 ± 0,4
NSBA (mmol/l)	21	76,6 ± 67,1	85,8 ± 62,1	93,9 ± 57,9
ECM (kg/d)	21	43,8 ± 7,0	45,3 ± 5,5	43,3 ± 5,3
FEQ	21	1,2 ± 0,2	1,1 ± 0,2	1,0 ± 0,2

5.6.2 Auswirkungen innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe

In den folgenden Tabellen sind die Ausprägungen der Kennzahlen, in Abhängigkeit der Laktationsnummer und innerhalb der NDF-reichen Futterration, dargestellt. Die Betrachtung erfolgt in den einzelnen Versuchswochen.

Jungkühe

Die Einflüsse der NDF-reichen Fütterung auf die untersuchten Kennzahlen des Versuches werden für die Jungkühe in Tabelle 60 dargestellt. Es zeigt sich, dass mit Verlauf der Laktation der Pansen-pH-Wert absinkt. In der 2. Laktationswoche betrug der pH-Wert des Pansens 6,6 und sank zur Messung in der 9. Laktationswoche auf 6,0 ab. Auch die Werte der NSBA sanken mit fortlaufender Laktation.

Tabelle 60: Einfluss Versuchsgruppe NDF auf Laktationsnummer Jungkühe - Betrachtung ausgewählter Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation (n 15)

Kennzahl		2. LakW	4. LakW	9. LakW
	n	MW ± s	MW ± s	MW ± s
Lebendmasse (kg)	5	575 ± 37	568 ± 26	577 ± 32
TM (kg/d)	5	14,0 ± 2,8	17,1 ± 2,2	18,5 ± 2,3
sXF (g/d)	5	1800 ± 199	2341 ± 109	2594 ± 338
sXF (g/100kg LM)	5	314 ± 42	412 ± 20	449 ± 47
XS (g/d)	5	2807 ± 339	3504 ± 146	3757 ± 391
rel. XS (g/kg TM)	5	227 ± 30	227 ± 30	227 ± 30
pH-Wert PS	5	6,6 ± 0,2	6,4 ± 0,4	6,0 ± 0,4
NSBA (mmol/l)	5	104,2 ± 56,2	81,8 ± 51,6	58,4 ± 78,0
ECM (kg/d)	5	29,7 ± 1,3	33,3 ± 2,9	33,2 ± 3,6
FEQ	5	1,0 ± 0,3	1,2 ± 0,8	1,1 ± 0,8

Zweitkalbskühe

Die Tabelle 61 zeigt die Auswirkung der NDF-reichen Fütterung für die Zweitkalbskühe. Die Werte der NSBA stiegen von 49,4 mmol/l in der 2. Laktationswoche auf 116,6 mmol/l in der 9. Laktationswoche an. Es zeigt sich ein relativ konstanter Pansen-pH-Wert zu den Messungen in den jeweiligen Laktationswochen.

Tabelle 61: Einfluss Versuchsgruppe NDF auf Laktationsnummer Zweitkalbskühe - Betrachtung ausgewählter Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation (n 15)

Kennzahl		2. LakW	4. LakW	9. LakW
	n	MW ± s	MW ± s	MW ± s
Lebendmasse (kg)	5	648 ± 32	639 ± 17	646 ± 9
TM (kg/d)	5	18,8 ± 2,3	22,1 ± 3,2	22,4 ± 2,9
sXF (g/d)	5	2504 ± 350	3004 ± 258	3001 ± 229
sXF (g/100kg LM)	5	386 ± 51	470 ± 30	464 ± 35
XS (g/d)	5	3689 ± 474	4328 ± 265	4420 ± 434
rel. XS (g/kg TM)	5	217 ± 38	216 ± 38	216 ± 38
pH-Wert PS	5	6,1 ± 0,3	6,1 ± 0,4	6,0 ± 0,3
NSBA (mmol/l)	5	49,4 ± 35,4	77,2 ± 44,1	116,6 ± 43,9
ECM (kg/d)	5	37,6 ± 6,1	40,9 ± 5,9	37,4 ± 2,4
FEQ	5	1,1 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,2

Altkühe

Bei den Altkühen der NDF-reichen Fütterungsgruppe zeigt sich ein leichter Abfall des Pansen-pH-Werts in der 9. Laktationswoche von 6,5 auf 6,2 (Tabelle 62). Ein leichter Rückgang der Lebendmasse ist auch erkennbar.

Tabelle 62: Einfluss Versuchsgruppe NDF auf Laktationsnummer Altkühe - Betrachtung ausgewählter Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation (n 27)

Kennzahl		2. LakW	4. LakW	9. LakW
	n	MW ± s	MW ± s	MW ± s
Lebendmasse (kg)	9	714 ± 77	700 ± 65	694 ± 60
TM (kg/d)	9	19,3 ± 3,0	22,6 ± 1,4	23,5 ± 2,6
sXF (g/d)	9	2514 ± 359	3272 ± 328	3203 ± 334
sXF (g/100kg LM)	9	357 ± 70	470 ± 58	464 ± 54
XS (g/d)	9	3776 ± 522	4589 ± 446	4631 ± 568
rel. XS (g/kg TM)	9	224 ± 37	224 ± 36	224 ± 36
pH-Wert PS	9	6,5 ± 0,4	6,4 ± 0,3	6,2 ± 0,5
NSBA (mmol/l)	9	85,7 ± 87,2	77,1 ± 73,0	90,6 ± 47,4
ECM (kg/d)	9	41,3 ± 5,1	45,9 ± 4,2	41,5 ± 5,8
FEQ	9	1,2 ± 0,2	1,2 ± 0,2	1,1 ± 0,1

5.6.3 Auswirkungen innerhalb der XS-reiche Versuchsgruppe

In den folgenden Tabellen sind die Ausprägungen der Kennzahlen, in Abhängigkeit der Laktationsnummer und innerhalb der XS-reichen Futterration, dargestellt. Die Betrachtung erfolgt in den einzelnen Versuchswochen.

Jungkühe

Der Einfluss der XS-reichen Fütterung bei den Jungkühen wird in der Tabelle 63 dargestellt. Es zeigt sich hier ein starker Abfall des Pansen-pH-Werts von der 4. zur 9. Laktationswoche. Der Wert von 6,4 in der 4. Laktationswoche sank zur Messung in der 9. Laktationswoche auf 5,8 ab.

Tabelle 63: Einfluss Versuchsgruppe Stärke auf Laktationsnummer Jungkühe - Betrachtung ausgewählter Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation (n 24)

Kennzahl		2. LakW	4. LakW	9. LakW
	n	MW ± s	MW ± s	MW ± s
Lebendmasse (kg)	8	583 ± 28	577 ± 17	599 ± 24
TM (kg/d)	8	15,8 ± 2,2	18,3 ± 2,6	21,1 ± 1,7
sXF (g/d)	8	1863 ± 135	2323 ± 191	2578 ± 181
sXF (g/100kg LM)	8	321 ± 37	402 ± 32	431 ± 40
XS (g/d)	8	3759 ± 190	4633 ± 390	5072 ± 295
rel. XS (g/kg TM)	8	234 ± 31	235 ± 32	233 ± 30
pH-Wert PS	8	6,4 ± 0,4	6,4 ± 0,3	5,8 ± 0,2
NSBA (mmol/l)	8	86,9 ± 58,6	97,4 ± 73,0	76,4 ± 54,1
ECM (kg/d)	8	31,8 ± 4,4	35,2 ± 6,5	35,0 ± 4,7
FEQ	8	1,1 ± 0,7	1,0 ± 0,1	0,9 ± 0,2

Zweitkalbskühe

Bei den Zweitkalbskühen der XS-reichen Ration zeigt sich im Bereich des Pansen-pH-Werts ein ähnliches Verhalten wie bei den Jungkühen (Tabelle 64). Der pH-Wert sank von 6,5 in der 2. Laktationswoche auf 6,1 zur 9. Laktationswoche ab. Ebenso fiel der FEQ im Verlauf der Laktationswochen von 1,2 auf 0,9.

Tabelle 64: Einfluss Versuchsgruppe Stärke auf Laktationsnummer Zweitkalbskühe - Betrachtung ausgewählter Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation (n 21)

Kennzahl		2. LakW	4. LakW	9. LakW
	n	MW ± s	MW ± s	MW ± s
Lebendmasse (kg)	7	644 ± 37	628 ± 50	622 ± 59
TM (kg/d)	7	17,6 ± 4,2	21,0 ± 4,6	22,9 ± 3,9
sXF (g/d)	7	2125 ± 302	2607 ± 266	2712 ± 261
sXF (g/100kg LM)	7	331 ± 52	415 ± 19	437 ± 28
XS (g/d)	7	4408 ± 521	5324 ± 541	5043 ± 517
rel. XS (g/kg TM)	7	237 ± 43	236 ± 42	233 ± 39
pH-Wert PS	7	6,5 ± 0,4	6,2 ± 0,5	6,1 ± 0,2
NSBA (mmol/l)	7	126,4 ± 73,6	48,1 ± 57,8	96,3 ± 46,3
ECM (kg/d)	7	43,0 ± 8,2	36,6 ± 14,9	39,1 ± 3,9
FEQ	7	1,2 ± 0,2	1,0 ± 0,2	0,9 ± 0,2

Altkühe

Die Altkühe der XS-reichen Fütterung wiesen einen Rückgang des FEQ auf (Tabelle 65). Dieser sank von 1,3 in der 2. Laktationswoche auf 1,0 zur Messung in der 9. Laktationswoche ab.

Tabelle 65: Einfluss Versuchsgruppe Stärke auf Laktationsnummer Altkühe - Betrachtung ausgewählter Kennzahlen in den einzelnen Wochen der Laktation (n 36)

Kennzahl		2. LakW	4. LakW	9. LakW
	n	MW ± s	MW ± s	MW ± s
Lebendmasse (kg)	12	714 ± 65	679 ± 54	672 ± 50
TM (kg/d)	12	20,5 ± 3,5	22,2 ± 5,6	25,4 ± 3,0
sXF (g/d)	12	2644 ± 847	2654 ± 253	3112 ± 242
sXF (g/100kg LM)	12	373 ± 120	393 ± 44	464 ± 42
XS (g/d)	12	5009 ± 523	5235 ± 490	5910 ± 532
rel. XS (g/kg TM)	12	227 ± 41	227 ± 41	227 ± 41
pH-Wert PS	12	6,5 ± 0,4	6,2 ± 0,5	6,2 ± 0,3
NSBA (mmol/l)	12	69,8 ± 50,6	92,3 ± 55,2	96,3 ± 66,7
ECM (kg/d)	12	45,7 ± 7,8	44,8 ± 6,5	44,6 ± 4,8
FEQ	12	1,3 ± 0,2	1,2 ± 0,2	1,0 ± 0,3

6 Diskussion

Ziel dieser Untersuchung war es, die Analyse zweier Futterrationen mit differenzierten Gehalten an Struktur und Stärke und deren Wirkungen auf den Stoffwechsel zu überprüfen. Speziell wurden die Auswirkungen auf den Pansen-pH-Wert, der Netto-Säure-Basen-Ausscheidung und auf die Milchleistungsparameter innerhalb der ersten 60 Laktationstage bei Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein bewertet. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden die dazu entstandenen Zielstellungen beantwortet und diskutiert.

6.1 Veränderungen in der Trockenmasseaufnahme, der Aufnahme an Stärke und strukturwirksamer Rohfaser sowie dem peNDF-Gehalt

Unter diesem Kapitel 6.1 werden die Veränderungen in der Trockenmasseaufnahme, der Aufnahme an Stärke sowie strukturwirksamer Rohfaser und der Gehalt an peNDF in den Futterrationen diskutiert. Die Betrachtung erfolgt zuerst separat in den jeweiligen Versuchsrationen und innerhalb der ersten 60 Laktationstage. Im Anschluss werden die Versuchsrationen untereinander verglichen.

Trockenmasseaufnahme

Die Trockenmasseaufnahme der *NDF-reichen Versuchsgruppe* befand sich im Mittel über alle Versuchswochen hinweg bei 20,2 ± 3,7 kg/d. Bei der separaten Betrachtung innerhalb der Laktationswochen stieg die Aufnahme der Trockenmasse wie zu erwarten an. Zum Laktationsbeginn nahmen die Milchkühe zur Messung in der 2. Laktationswoche durchschnittlich 17,8 ± 3,5 kgTM/d zu sich. In der 9. Laktationswoche lag die mittlere Trockenmasseaufnahme der Tiere bei 21,9 ± 3,3 kgTM/d. GRUBER et al. (2019) empfiehlt in der Anfütterungsphase, dies entspricht ca. den ersten 40 Tage der Laktation, eine Futteraufnahme zwischen 13,0 - 22,0 kgTM/d. Im weiteren Laktationsverlauf sollte die Futteraufnahme der Kuh entsprechend ihrer Milchleistung angepasst werden, um das Leistungspotenzial und die Gesundheit abzusichern. Eine Trockenmasseaufnahme zwischen 20 bis 25 kgTM/d sollte somit im weiteren Laktationsverlauf, bei optimaler Futterqualität und durch das ab-libitum-Angebot der TMR erzielt werden (KTBL, 2009). Die Aufnahmen der Trockenmasse in der 2. und 4. Laktationswoche liegen somit im empfohlenen Referenzbereich. Aber auch die Trockenmasseaufnahme in der 9. Laktationswoche von 21,9

± 3,3 kgTM/d entsprechen den KTBL (2009) Empfehlungswerten zwischen 20 bis 25 kgTM/d.

Bei der Trockenmasseaufnahme in der *XS-reichen Versuchsgruppe* lag die durchschnittliche Aufnahme, über alle Versuchswochen hinweg, bei 20,9 ± 4,5 kgTM/d. Innerhalb der einzelnen Wochen lag die Trockenmasseaufnahme deutlich höher als in der NDF-reichen Versuchsgruppe. Es herrschten jedoch keine signifikanten Unterschiede. Die Kühe nahmen in der 2. Laktationswoche durchschnittlich 18,4 ± 3,9 kgTM/d zu sich. Die Aufnahme in der 4. Laktationswoche betrug 20,7 ± 4,8 kgTM/d und stieg zur 9. Laktationswoche auf 23,5 ± 3,4 kgTM/d an. Alle erfassten Aufnahmen befanden sich in den vorgeschriebenen Referenzbereichen von GRUBER et al. (2019) und KTBL (2009).

Gründe für eine geringere Trockenmasseaufnahme in der NDF-reichen gegenüber der XS-reichen Versuchsgruppe, können durch eine verminderte Abbaugeschwindigkeit des Futters in den Vormägen begründet werden (SPIEKERS et al., 2004). Die Abbaugeschwindigkeit (Passagerate) von rohfaserreicheren Rationen bzw. Komponenten ist im Gegensatz zu leicht löslichen Kohlenhydraten etwas geringer. Durch mehr strukturwirksame Futterkomponenten in der Ration steigt die Wiederkauaktivität der Kühe, vermindert jedoch in diesem Zusammenhang auch die Futter-/Trockenmasseaufnahme (STEINGASS, ZEBELI 2008 u. 2015). Gerade im ersten Laktationsdrittel ist es entscheidend, die negative Energiebilanz mit einhergehender physiologisch verminderter Futteraufnahme, durch eine ausgewogene und wiederkäuergerechten Fütterung bestmöglich entgegenzuwirken. Ebenso kann eine verminderte Futteraufnahme durch das Wirken der benannten Störgrößen unter Kapitel 4.2 verursacht worden sein. Nacherwärmung der verfütterten Grassilage und vermehrter Hitzestress bei den Tieren begünstigen ebenfalls eine nicht ausreichende Futteraufnahme.

Stärkeaufnahme (absolut und realtiv)

Die *NDF-reiche Versuchsgruppe* nahm durchschnittlich, über den gesamten Versuchszeitraum, 4026 ± 695 g/d an Stärke auf. Bei der Auswertung in den jeweiligen Versuchswochen zeigte sich, dass die XS-Aufnahme, natürlicherweise mit voranschreiten des Laktationsverlaufes und mit steigender Futteraufnahme, anstieg. In der 2. Laktationswoche nahmen die Kühe 3497 ± 614 g XS/d zu sich und stieg auf durchschnittlich 4235 ± 567 g XS/d in der 4. Laktationswoche an. Zur 9. Laktationswoche nahmen die Versuchskühe im Mittel 4345 ± 598 g XS/d auf. Werden die XS-Gehalte den Trockenmasseaufnahmen gegenüber gestellt, dann ergibt sich die relative XS-Aufnahme je kg TM. Die relative XS-Aufnahme lag bei der NDF-reichen Versuchsgruppe, über alle

Laktationswochen hinweg, bei 201 ± 21 g/kg TM. Innerhalb der untersuchten Laktationswoche befand sich die relative XS-Aufnahme auch hier im Mittel durchgängig bei 200 g/kg TM. Nach Angaben von STAUFENBIEL (2007; 2016) sollten die XS-Aufnahmen bei mindestens 180 g/kg TM bis maximal 230 g/kg TM liegen. Demnach befanden sich alle ermittelten relativen XS-Aufnahmen, innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe, im Empfehlungsbereich.

In der *XS-reichen Versuchsgruppe* liegen die XS-Gehalt, versuchsbedingt, deutlich höher. Durchschnittlich nahmen die Versuchskühe dieser Gruppe eine absolute XS-Aufnahme von 4999 ± 732 g /d auf. Bei den Messungen in der 2. Laktationswoche betrug die absolute XS-Aufnahme im Mittel 4483 ± 691 g/d, stieg zur 4. Laktationswoche auf 5079 ± 546 g/d an und lag bei der Messung zur 9. Laktationswoche bei 5436 ± 625 g XS/d. Die relativen XS-Aufnahmen lagen gesamtdurchschnittlich bei 246 ± 40 g/kg TM. Innerhalb der Laktation betrugen die relativen XS-Aufnahmen in der 2. Laktationswoche durchschnittlich 248 ± 32 g/kg TM, stiegen auf 255 ± 55 g/kg TM zur 4. Laktationswoche an und fielen leicht bei den Messungen zur 9. Laktationswoche auf 234 ± 27 g/kg TM ab. STAUFENBIEL (2007; 2016) gibt einen Referenzbereich zwischen 180 - 230 g XS/kg TM vor. Die Kühe der XS-reiche Gruppe wiesen durchschnittlich höhere Aufnahmen an XS auf als vorgeschrieben. Grund ist die versuchsbedingte Ausrichtung durch einen erhöhten Anteil an leicht verdaulichen Kohlenhydraten. Es traten bei der statistischen Auswertung zwischen den Versuchsgruppe, sowohl in der Gesamtbetrachtung als auch zwischen den Laktationswochen, signifikante Unterschiede von $p \leq 0{,}001$ auf.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass in beiden Versuchsgruppen die XS-Aufnahmen den angegebenen Empfehlungen entsprechen. Versuchsbedingt befand sich die Orientierung der XS-Gehalte in der NDF-reiche Versuchsgruppe am unteren Bereich der Empfehlungen und bei der XS-reiche Versuchsgruppe am oberen Bereich bzw. leicht über dem Empfehlungsbereich. Es gilt jedoch zu beachten, dass eine zu hohe Aufnahme an XS die Gefahr einer Pansenübersäuerung (Azidose) in der Kuh fördert. Dies hat zur Folge, dass der Pansen-pH-Wert abfällt und der Milchfettgehalt sinkt (SPIEKERS et al., 2004).

Strukturwirksame Rohfaser (absolut und relativ)

Bei der sXF-Aufnahme in der *NDF-reichen Versuchsration* zeigte sich, dass die Kühe in der Gesamtbetrachtung im Mittel 2756 ± 528 g sXF/d zu sich nahmen. Durchschnittlich waren dies an relativer sXF-Aufnahme je 100 kg LM 422 ± 71 g. In den einzelnen Wochen der Laktation stieg die sXF-Aufnahme in dieser Versuchsgruppe stark an. Innerhalb der 2.

Laktationswoche nahmen die Kühe im Mittel 2323 ± 443 g sXF/d zu sich. Die Aufnahme stieg zur 4. Laktationswoche auf durchschnittlich 2956 ± 470 g sXF/d an und bewegte sich in der 9. Laktationswoche bei 2989 ± 391 g sXF/d. Die relative sXF-Aufnahme je 100 kg LM betrug in der 2. Laktationswoche im Mittel 353 ± 62 g, stieg zur 4. Laktationswoche auf 454 ± 49 g an und lag zur Messung in der 9. Laktationswoche bei durchschnittlich 460 ± 46 g/100kg LM. Um die sXF-Aufnahmen bewerten zu können, muss die Lebendmasse (LM) der Kühe betrachtet werden. Die durchschnittlichen Lebendmassen der Kühe in der NDF-reichen Versuchsgruppe lagen bei 653 ± 73 kg. Nach STEINGASS und ZEBELI (2008) befindet sich die optimale Strukturversorgung der Kühe bei einer sXF-Aufnahme von 400 g/100kg LM. HOFFMANN (2013) gibt Empfehlungen einer optimaler sXF-Versorgung zwischen 350 - 450 g/100kg LM heraus. Bei dem Vergleich der sXF-Aufnahmen gegenüber den Empfehlungen zeigt sich, dass nach HOFFMANN (2013) alle Kühe eine optimale Strukturversorgung aufwiesen. Im Zusammenhang zur Lebendmasse sollten die Tiere laut Literaturempfehlung nach HOFFMANN (2013) demzufolge durchschnittlich 2,6 kg sXF/d zu sich nehmen. In der 2. Laktationswoche nahmen sie gegenüber den Empfehlungen eine etwas zu geringe sXF-Aufnahme zu sich. In der 4. und 9. Laktationswoche lag die Aufnahme an sXF pro Tag in Bezug zur Lebendmasse jedoch sehr hoch.

In der *XS-reichen Versuchsgruppe* nahmen die Versuchskühe im Durchschnitt, über alle untersuchten Laktationswochen hinweg, 2557 ± 511 g sXF/d auf. Im Mittel betrug hier die relative sXF-Aufnahme 398 ± 71 g/100kg LM. Bei den allgemeinen Betrachtungen der sXF-Aufnahmen in den Versuchswochen zeigten sich gegenüber der NDF-reichen Futterration, geringerer Aufnahmen. In der 2. Laktationswoche betrugen die sXF-Aufnahmen im Mittel 2278 ± 671 g/d und stiegen zur 9. Laktationswoche auf 2850 ± 329 g/d an. Bei den relativen sXF-Aufnahmen nahmen die Kühe in der 2. Laktationswoche durchschnittlich 346 ± 87 g/100kg LM auf. In der 9. Laktationswoche betrug die Aufnahme 447 ± 40 g/100kg LM. Die durchschnittliche Lebendmasse der Kühe betrug in dieser Futterration 643 ± 64 kg. Vergleicht man die relative sXF-Aufnahme gegenüber den Empfehlungen von HOFFMANN (2013) zeigt sich, dass alle Aufnahmen positiv zu bewerten sind. Im Zusammenhang zur Lebendmasse zeigt sich, dass die Kühe auch in dieser Gruppe im Mittel eine sXF-Aufnahme von 2,6 kg/d aufwiesen (HOFFMANN, 2013). In der 2. Laktationswoche lag die sXF-Aufnahme unter der anzustrebenden Aufnahme pro Tag und in der 9. Laktationswoche etwas drüber. Bei den statistischen Auswertungen konnten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen in der absoluten sXF-Aufnahme in der 4. Laktationswoche ($p \leq 0{,}001$) ermittelt werden. Bei der relativen sXF-Aufnahme wurden ebenfalls Signifikanzen von $p \leq 0{,}028$ zwischen den beiden Versuchsgruppen erfasst.

Ein Grund für die differenzierten Werte besteht zu einem darin, dass die NDF-reiche Gruppe versuchsbedingt mehr Strukturwirksamkeit aufwies als die XS-reiche Versuchsgruppe. Es wird ersichtlich, dass obwohl die Kühe in beiden Versuchsgruppen im Durchschnitt eine optimale sXF-Aufnahme je 100kg LM aufwiesen, in den absoluten Aufnahmen sich stärker differenzieren. Die geringeren sXF-Aufnahmen (absolut) in der 2. Laktationswoche können bedingt durch eine physiologisch geringere Futteraufnahme zum Laktationsbeginn begründet werden. Jedoch birgt eine geringere sXF-Aufnahme Risiken. Dies führt meist zum Absinken des Pansen-pH-Werts, was die Entstehung einer Pansenazidose fördert (ZEBELI, 2008). Aber auch Überschreitungen des Bedarfes an sXF fördern gesundheitliche Probleme. Zum einen führt eine zu hohe sXF-Aufnahme zu einer Verminderung der Trockenmasseaufnahme, welches auch in der NDF-reichen Ration schon festgestellt wurde. Zum anderen sind gerade in den ersten 60 Tagen der Laktation, wo die Kuh sich bereits in einer negativen Energiebilanz befindet, die hohen Aufnahmen nicht positiv zu werten. Durch eine höhere Strukturaufnahme und somit einhergehend geringere Aufnahmen an leicht löslichen Kohlenhydraten führt dies oft zur Stoffwechselstörung Ketose (LIKRA - Fachinformation Milchviehfütterung, 2013). Ebenso steigt der Milchfettgehalt vermehrt an, aber Rückgänge bei der Milchleistung und deren Milcheiweißgehalten sind vermehrt zu beobachten (LIKRA - Fachinformation Milchviehfütterung, 2013).

Physikalisch effektive Neutrale-Detergenz-Faser (peNDF)

Die *NDF-reiche Versuchsgruppe* wies in der Gesamtbetrachtung einen durchschnittlichen peNDF-Gehalt in der Ration von 21,3 ± 1,3 % auf. Bei der Betrachtung innerhalb der Laktationswochen zeigt sich, dass der peNDF-Gehalt von 20,6 ± 0,9 % in der 2. Laktationswoche zur 4. Laktationswoche auf 20,9 ± 1,2 % leicht anstieg. In der 9. Laktationswoche befand sich der durchschnittliche peNDF-Gehalt in der Ration bei 22,3 ± 1,1 %. Um diese peNDF-Gehalte bewerten zu können, müssen die Gehalte an aNDFom, die Trockenmasseaufnahme und der Stärkegehalt in der Ration berücksichtigt werden. In der NDF-reichen Versuchsgruppe betrug der durchschnittliche aNDFom-Gehalt 349 ± 13 g/kg TM. Nach STAUFENBIEL (2007, 2016) sollten mindestens 300 g/kg TM aNDFom in der Ration enthalten sein. Die DLG (2012) gibt für frischmelkende Kühe, wonach diese Versuchsgruppe sich orientiert, eine Empfehlung von ≥ 300 g/kg TM aNDFom vor. Somit befindet sich der durchschnittlichen aNDFom-Gehalt der Ration in den vorgeschriebenen Empfehlungsbereichen. Nachdem der anzustrebende aNDFom Gehalt in der Ration passt, gilt es den XS-Gehalt und die Trockenmasseaufnahme zu betrachten. Denn die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2014) schreibt vor, dass mit steigendem Anteil an Stärke in der Ration und zunehmender Trockenmasseaufnahme auch der Anteil an

peNDF in der Futterration zunehmen sollte (siehe Kapitel 2.1.4.2). Die Versuchskühe der NDF-reichen Ration, wie schon vorher in diesem Kapitel der Arbeit beschrieben, nahmen gesamtdurchschnittlich 20,2 ± 3,7 kg TM auf mit rund 21 % XS. Dies macht nach den Vorgaben der GfE (2014) ein Bedarf von ca. 17 % peNDF in der Futterration. Demzufolge lag der Gehalt an peNDF, innerhalb der Gesamtbetrachtung, mit 21,3 ± 1,3 % deutlich über den Angaben der GfE (2014). STEINGASS und ZEBELI (2011) geben jedoch, orientiert an 4,0 % Milchfettgehalt, Empfehlungswerte von 20 - 22 % peNDF in der Ration an. Danach passen die ermittelten Gehalte an peNDF in der Futterration.

In der *XS-reichen Versuchsgruppe* besaßen die Versuchskühe gesamtdurchschnittlich 19,4 ± 1,3 % peNDF in ihrer Futterration. Innerhalb der untersuchten Laktationswochen lag der peNDF Gehalt, gegenüber der NDF-reichen Versuchsgruppe, deutlich niedriger. Es konnten zwischen den Gruppen signifikante Unterschiede erfasst werden ($p \leq 0{,}001$). Die Schwankungen der Gehalte an peNDF innerhalb der einzelnen Laktationswochen waren sehr gering. In der 2. Laktationswoche lagen 19,2 ± 0,9 % peNDF in der Futterration vor und stiegen minimal auf 19,8 ± 1,3 % zur 9. Laktationswoche an. Der Gehalt an aNDFom in der XS-reichen Rationsgruppe lag bei 327 ± 13 g/kg TM. Dies passt zu den Empfehlungen von STAUFENBIEL (2007, 2013). Die DLG (2012) gibt für die Hochleistungsration, nach der diese Versuchsgruppe angepasst wurde, einen Wert von ≥ 280 g/kg TM der aNDFom vor. Auch diese Empfehlungen passen zu den analysierten Gehalten. Gilt die Betrachtung der peNDF nach Anforderungen der GfE (2014) durchzuführen, müssen XS und Trockenmasseaufnahme der Gruppe wieder berücksichtigt werden. Die Versuchskühe der XS-reichen Ration, wie schon vorher in diesem Kapitel der Arbeit beschrieben, nahmen gesamtdurchschnittlich 20,9 ± 3,4 kg TM und rund 26 % XS auf. Dementsprechend sollten zwischen 20 - 22 % peNDF in der Ration enthalten sein. Danach passen die erfassten Gehalte der peNDF, außer in der 9. Laktationswoche, nicht zu dem Empfehlungswerten der GfE (2014). Nach STEINGASS und ZEBELI (2011), welche Empfehlungen zwischen 20 - 22 %, orientiert an 4 % Milchfett, vorgeben, befanden sich die Gehalte nur sehr knapp im unteren Orientierungsbereich. Nach MERTENS (1997) sollten mindestens 20 % peNDF in der Ration enthalten sein, jedoch orientiert sich der Wert an einem Milchfettgehalt von 3,4 %, der für deutsche Standards als zu niedrig eingestuft wird.

Grund für die stark differenzierten Gehalte ist die versuchsbedingte Ausrichtung der Futterration. Die NDF-reiche Gruppe war demzufolge so ausgerichtet, dass sie mehr Strukturwirksamkeit und somit auch mehr peNDF in der Ration aufweist. Jedoch gilt, wie bei der strukturwirksamen Rohfaser, dass eine zu hohe als auch zu niedrige Strukturwirksamkeit in der Ration Risiken für gesundheitliche Schäden fördert. Ist eine zu hohe

Strukturwirksamkeit in der Ration enthalten, sinkt die Trockenmasseaufnahme, Energiedefizite werden gefördert, Milchfettgehalt steigt an und Milchmenge sowie Milcheiweißgehalt sinken ab. Der Ausbruch der Stoffwechselstörung Ketose ist stark erhöht. Eine zu geringe Strukturwirksamkeit in der Futterration bewirkt, dass der Pansen-pH-Wert sinkt und die Gefahr einer Azidose steigt.

6.2 Veränderungen des Pansen-pH-Werts - Allgemein und zwischen den Laktationswochen

Gesamtdurchschnittlich befand sich der Pansen-pH-Wert, innerhalb *der NDF-reichen Versuchsgruppe*, bei 6,3 ± 0,4. Zwischen den Laktationswochen ist der Pansen-pH-Wert mit dem Voranschreiten der Laktation gesunken. In der 2. Laktationswoche befand sich der durchschnittliche Pansen-pH-Wert bei 6,4 ± 0,4 und sank bei der Messung in der 9. Laktationswoche auf 6,1 ± 0,4 ab. Der Optimalbereich des Pansen-pH-Werts nach WEST (2017) befindet sich zwischen 6,3 und 6,8. Ein Pansen-pH-Wert zwischen 5,8 und 6,2 wird nach WEST (2017) als Normalbereich eingestuft. Alle pH-Wert-Messungen in der NDF-reichen Versuchsgruppe befanden sich somit in den vorgesehen Referenzbereichen nach WEST (2017).

In der *XS-reichen Versuchsgruppe* lag der gesamtdurchschnittliche Pansen-pH-Wert ebenfalls bei 6,3 ± 0,4. In den einzelnen Laktationswochen sank der durchschnittliche pH-Wert im Pansen von 6,5 ± 0,4 in der 2. Laktationswoche, auf 6,0 ± 0,6 zur 9. Laktationswoche ab. Es konnten zwischen den Versuchsgruppen keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. Nach Angaben von WEST (2017) befanden sich alle ermittelten Pansen-pH-Wert innerhalb der gewünschten Empfehlungsbereiche (Optimal- und Normalbereich).

Beide Versuchsgruppen befanden sich im untersuchten Zeitraum innerhalb der Empfehlungsbereiche. Jedoch ist auffällig, dass mit zunehmendem Verlauf der Laktation der Pansen-pH-Wert absinkt. In der XS-reichen Versuchsgruppe zeigte sich diese Tendenz stärker als in der NDF-reichen Versuchsgruppe. Gründe dafür sind, ein geringerer Anteil an Struktur und der erhöhte Anteil an leicht verdaulichen Kohlenhydraten in der XS-reichen Ration. Dies führt dazu, dass mehr Propionsäure gebildet wird und das Essig-Propionsäure-Verhältnis sich verschiebt. Der Pansen-pH-Wert sank demzufolge in der XS-reichen Versuchsgruppe stärker ab.

Es ist jedoch nochmals zu erwähnen, dass die Messung des Pansen-pH-Werts, bzw. die eigentliche Entnahme des Pansensafts, stark von der Tageszeit abhängig ist. Nach FÜRLL findet die intensivste Fermentation 2 - 3 Stunden nach der Fütterung statt, woraufhin die Probenentnahme nicht anzuraten ist. Daraufhin gaben GASTEINER und KOCH (2009) die Empfehlung heraus, die Probenentnahme ab 3 - 5 Stunden nach der letzten Fütterung durchzuführen. Dies ist jedoch unter heutigen Fütterungsbedingungen (ad libitum Fütterung, Mischrationen usw.) schwer abzuschätzen und die gewonnen Ergebnisse sind, unabhängig

von der Probenentnahme, entsprechend schwieriger zu beurteilen. Letztendlich bleibt die Gewinnung, Untersuchung und Beurteilung des Pansensafts eine Momentaufnahme.

6.2.1 Einflüsse der Trockenmasseaufnahme, der Aufnahme an Stärke und strukturwirksamer Rohfaser sowie der peNDF auf den Pansen-pH-Wert

Unter dem Kapitel 6.2.1 werden die Einflüsse der Trockenmasseaufnahme, der Aufnahme an Stärke sowie strukturwirksamer Rohfaser und der peNDF auf den Pansen-pH-Wert diskutiert. Die Betrachtungen erfolgen über beide Versuchsgruppen und innerhalb der ersten 60 Laktationstage hinweg. Zum Schluss erfolgt eine Zusammenfassung, wo die Möglichkeiten und Gründe der Einflüsse auf den Pansen-pH-Wert beschrieben und diskutiert werden.

Trockenmasseaufnahme

Beim Zusammenspiel zwischen der Trockenmasseaufnahme bei den Milchkühe und ihrem Pansen-pH-Wert ergaben sich leicht differenzierte Werte. Bei einer Trockenmasseaufnahme von ≤ 18,50 kg/d wiesen die Kühe im Mittel einen Pansen-pH-Wert von 6,36 auf. Der durchschnittlich niedrigste Pansen-pH-Wert mit 6,21 lag bei einer TM-Aufnahme der Kühe zwischen 18,50 und 22,70 kg/d. Bei der höchsten Aufnahme an TM von ≥ 22,70 kg/d liegt der ermittelte Pansen-pH-Wert im Mittel bei 6,25. Es wird ersichtlich, dass durch die unterschiedlichen Trockenmasseaufnahmen kleinere Schwankungen innerhalb des Pansen-pH-Werts erkennbar sind. Jedoch lagen alle durchschnittlich erfassten pH-Werte im Pansen der Milchkühe nach WEST (2017) innerhalb der Empfehlungen. Bei den niedrigsten Futteraufnahmen lag der Pansen-pH-Wert nach WEST (2017) im Optimalbereich zwischen 6,3 uns 6,8. Innerhalb der restlichen Trockenmassegruppierungen wies der pH-Wert nach WEST (2017) einen Normalbereich zwischen 5,8 bis 6,2 auf.

Stärkeaufnahme

Die Einflüsse der Stärkeaufnahme auf den Pansen-pH-Wert der Versuchskühe sind allgemein sehr gering. Es zeigten sich bei der Auswertung nur minimale Differenzen. Bei einer XS-Aufnahme von ≤ 4167 g/d lag der durchschnittliche Pansen-pH-Wert bei 6,28. Innerhalb der XS-Aufnahmen zwischen 4167 - 5029 g/d befand sich der pH-Wert im Mittel bei 6,24 und lag bei einer Aufnahme von ≥ 5029 g XS/d bei 6,25. Nach WEST (2017)

befanden sich alle durchschnittlichen Messungen des Pansen-pH-Werts im vorgeschriebenen Normalbreich (5,8 - 6,2).

Strukturwirksame Rohfaser (absolut)

Bei der Betrachtung der absoluten sXF-Aufnahmen im Zusammenhang zum Pansen-pH-Wert zeigten sich einige Differenzen. Über beide Versuchsgruppen hinweg betrugen die Lebendmassen der Milchkühe im Durchschnitt rund 650 kg. Demzufolge sollte die anzustrebende absolute sXF-Aufnahme am Tag um die 2,6 kg liegen (Berechnung - Optimum 400g/100kg LM). In der Auswertung zeigte sich, dass die Tiere innerhalb des Gruppierungsbereichs der sXF-Aufnahme zwischen 2377 - 2903 g/d, den durchschnittlich niedrigsten Pansen-pH-Wert mit 6,16 aufwiesen. Bei einer Aufnahme von ≤ 2377 g sXF/d lag der pH-Wert im Mittel bei 6,43. Innerhalb der höchsten gruppierten sXF-Aufnahme von ≥ 2903 g/d wiesen die Kühe einen durchschnittlichen Pansen-pH-Wert von 6,24 auf. Demzufolge ergibt sich, dass im anzustrebenden Gruppierungsbereich (2377 - 2903 g/d) der absoluten sXF-Aufnahme die Kühe zwar den niedrigsten Pansen-pH-Wert aufwiesen aber dieser trotzdem im Normalbereich zwischen 5,8 und 6,2 nach WEST (2017) einzustufen ist. Es konnte bei der statistischen Auswertung zwischen den sXF-Gruppierungen und dem Pansen-pH-Wert signifikante Unterschiede von $p \leq 0{,}003$ analysiert werden.

Strukturwirksamen Rohfaser (relativ)

Ein ähnliches Bild zeigte sich bei der Gesamtauswertung der relativen sXF-Aufnahme im Zusammenhang zum Pansen-pH-Wert. Bei der allgemeinen Betrachtung wird deutlich sichtbar, dass mit steigender sXF-Aufnahme der Pansen-pH-Wert sank. Der höchste Pansen-pH-Wert mit 6,38 lag bei einer relativen sXF-Aufnahme ≤ 300 g/100kg LM. Bei der anzustrebenden relativen sXF-Aufnahme zwischen 300 - 500 g/100kg LM (Optimum 400 g/100kg LM - STEINGASS, ZEBELI; 2008) befand sich der durchschnittliche Pansen-pH-Wert bei 6,26 und sank leicht bei einer Aufnahme ≥ 500 g sXF/100kg LM auf 6,19 ab. Betrachtet man die Ergebnisse innerhalb der untersuchten Laktationswochen zeigt sich, dass mit zunehmendem Laktationsverlauf der Pansen-pH-Wert bei anzustrebender relativer sXF-Aufnahme sank. Bei einer empfohlenen sXF-Aufnahme der Milchkühe zwischen 300 - 500 g/100kg LM, fiel der Pansen-pH-Wert von der 2. Laktationswoche von 6,47 auf 6,27 zur 4. Laktationswoche ab. In der 9. Laktationswoche lag der durchschnittliche pH-Wert im Pansen bei 6,06. Dies bedeutet, dass obwohl die Milchkühe ausreichend strukturwirksame Rohfaser je 100 kg LM zu sich nahmen, der Pansen-pH-Wert auch innerhalb der betrachteten Versuchswochen abfiel. Die Pansen-pH-Werte befinden sich nach WEST

(2017) zwar innerhalb der Empfehlungen aber trotzdem ist das Absinken des pH-Werts skeptisch zu betrachten. Es konnte bei der statistischen Auswertung zwischen den Laktationswochen und dem Pansen-pH-Wert signifikante Unterschiede von $p \leq 0{,}046$ analysiert werden.

Physikalisch effektive Neutrale-Detergenz-Faser (peNDF)

Bei der Auswertung über den Einfluss der peNDF auf den Pansen-pH-Wert zeigte sich ebenfalls ein ähnliches Verhalten wie im Zusammenhang mit der sXF-Aufnahme. Mit steigendem peNDF-Gehalt der Ration, sinkt der Pansen-pH-Wert. Bei einem anzustrebenden peNDF-Gehalt nach STEINGASS und PRIESMANN (2010) zwischen 20 - 22 %, lag der durchschnittlich erfasste Pansen-pH-Wert bei 6,27 und sank relativ stark bei einem peNDF-Gehalt von > 22 % auf 6,06 ab. Nach WEST (2017) befinden sich die erfassten Pansen-pH-Werte im anzustrebenden Normalbereich. Signifikanzen von $p \leq 0{,}032$ konnte zwischen den peNDF-Gruppierungen und dem Pansen-pH-Wert festgestellt werden.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Versuchskühe innerhalb der gruppierten Trockenmasseaufnahmen einen stabilen Pansen-pH-Wert aufwiesen und die Schwankungen in den unterschiedlichen Aufnahmen sehr gering waren. Ebenso zeigte sich dies bei den XS-Aufnahmen. Es konnten bei allen unterschiedlich gruppierten XS-Aufnahmen keine bzw. nur sehr geringe Auswirkungen auf den Pansen-pH-Wert ermittelt werden. Einen stärken Einfluss auf die Veränderung der Pansen-pH-Werts hat auch die sXF-Aufnahme. Hier zeigten die Auswertungen deutlich, dass bei den unterschiedlichen sXF-Aufnahmen, vor allem bei den anzustrebenden und erhöhten Aufnahmen an sXF, der Pansen-pH-Wert abfiel. Laut STEINGASS; ZEBELI (2008) und auch HOFFMANN (ab 1990) stellt eine optimale Strukturversorgung den Grundstein für eine physiologisch wiederkäuergerechte Milchviehfütterung mit einer einhergehender Pansengesundheit dar. Jedoch zeigten die Auswertungen Tendenzen in die entgegengesetzte Richtung auf. Statt das sich der Pansen-pH-Wert durch mehr Aufnahme an sXF erhöht, fiel er ab. Zwar befanden sich alle Werte in den Empfehlungsbereichen nach WEST (2017), doch sind die Ausprägungen des abfallenden Pansen-pH-Werts deutlich erkennbar. Tendenziell ist der Ausbruch einer gesundheitlichen Pansenfunktionsstörung, in Form von subakuter Azidose, in diesem Zusammenhang möglich (TRAULSEN, 2016). Genauere Aussagen kann der Fett-Eiweiß-Quotient liefen. Dieser wird im weiteren Verlauf der Arbeit ab dem Kapitel 6.5 nochmal näher betrachtet und diskutiert. Wie intensiv die Einflüsse von XS- und sXF-Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert innerhalb der Laktationswochen sind und welche Aussagen diese

Auswertungen liefern können, wird im nächsten Kapitel 6.2.2 explizit betrachtet und ausgewertet.

6.2.2 Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahme auf den Pansen-pH-Wert - Allgemein und innerhalb der ersten 60 Laktationstage

In den folgenden Auswertungen werden die Einflüsse und deren Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahmen auf den Pansen-pH-Wert diskutiert. Als erstes erfolgt die Auswertung der Gesamtbetrachtung, d.h. über alle Versuchsgruppen und Laktationswochen hinweg. Im Anschluss werden die einzelnen Laktationswochen betrachtet. Die Betrachtungen der Auswertungen zwischen den Laktationswochen erfolgen über beide Versuchsgruppen hinweg.

Gesamtbetrachtung

Bei der Auswertung zeigten sich einige Veränderungen innerhalb der unterschiedlichen Aufnahmen an XS und sXF. Bei der allgemeinen Betrachtung wurde ersichtlich, dass aus der Sicht der gruppierten XS-Aufnahmen mit zunehmender Aufnahme an sXF, der Pansen-pH-Wert tendenziell sank. Innerhalb der gruppierten XS-Aufnahme zwischen 4167 - 5029 g/d sank der Pansen-pH-Wert von 6,4 auf 6,13 mit steigender Aufnahme an sXF. Es zeigte sich aber auch, dass bei der gruppierten sXF-Aufnahme von ≥ 2903 g/d und sukzessiv steigender Aufnahme an XS der Pansen-pH-Wert sich erhöht. In diesem Gruppierungsbereich der sXF-Aufnahme wiesen die Versuchskühe bei einer XS-Aufnahme von ≤ 4167 g/d einen durchschnittlichen pH-Wert von 6,00 auf. Dieser stieg bei gleicher sXF-Aufnahme und einer Aufnahme an XS zwischen 4167 - 5029 g/d im Mittel auf 6,13 an und wies bei den höchsten XS-Aufnahmen von ≥ 5029 g/d einen Pansen-pH-Wert von 6,34 auf. Zusammenfassend ist zu sagen, dass die unterschiedlichen Aufnahmen an XS und sXF auf den Pansen-pH-Wert definitiv einen Einfluss besaßen. Jedoch befanden sich alle durchschnittlich ermittelten pH-Werte im Pansen bei dieser Auswertung in den Empfehlungsbereichen nach WEST (2017). Bei den statistischen Auswertungen konnten zwischen den sXF-Gruppen und dem Pansen-pH-Wert signifikante Unterschiede ($p \leq 0{,}012$) ermittelt werden.

2. Laktationswoche

Die Auswertung der Einflüsse auf den Pansen-pH-Wert innerhalb der 2. Laktationswoche zeigte, dass die Versuchskühe auch bei unterschiedlichen Aufnahmen an XS und sXF einen

stabilen pH-Wert aufwiesen. Alle ausgewerteten Messungen befanden sich nach WEST (2017) im Optimalbereich (6,3 - 6,8) bzw. im Normalbereich (5,8 - 6,2). Es wiesen keine Kühe bei einer geringen sXF-Aufnahme (≤ 2005 g/d) eine hohe XS-Aufnahme auf (≥ 4485 g/d) und umgekehrt. Grund dafür ist, dass das Pansenvolumen der Milchkühe nach der Kalbung noch verkleinert ist und dies dementsprechend die Futteraufnahme reduziert (SPIEKERS et al., 2004). Insgesamt wiesen 13 Versuchstiere bei einer geringen Aufnahme an sXF (≤ 2005 g/d) als auch an XS (≤ 3667 g/d) einen Pansen-pH-Wert von 6,55 auf.

4. Laktationswoche

Bei der Auswertung der Einflüsse von sXF und XS in der 4. Laktationswoche auf den Pansen-pH-Wert der Milchkühe konnten einige Schwankungen erfasst werden. Aber auch hier befanden sich alle durchschnittlich ermittelten pH-Werte innerhalb der Empfehlungsbereiche nach WEST (2017). Gut erkennbar war, dass bei einer hohen sXF-Aufnahme von ≥ 2923 g/d, mit zunehmender XS-Aufnahme, der Pansen-pH-Wert anstieg. Dementsprechend stieg der pH-Wert im Pansen mit zunehmender XS-Aufnahme von 6,10 auf 6,70 an. Bei einer gleichbleibenden XS-Aufnahme von ≤ 4384 g/d und sukzessiv ansteigender sXF-Aufnahmen sank der pH-Wert im Pansen der Milchkühe von 6,41 auf 6,10 ab.

9. Laktationswoche

Innerhalb der 9. Laktationswoche wiesen die Kühe, gegenüber den anderen Laktationswochen, den durchschnittlich geringsten Pansen-pH-Wert um die 6,00 auf. Dementsprechend sind die Schwankungen des pH-Werts, trotz der unterschiedlichen Aufnahmen an XS und sXF sehr gering. Gut erkennbar ist jedoch, dass von allen unterschiedlich gruppierten XS-Aufnahmen ausgehend, mit steigender sXF-Aufnahme, sich auch der Pansen-pH-Wert leicht erhöhte. Am deutlichsten war dies bei einer durchschnittlichen XS-Aufnahme zwischen 4578 - 5392 g/d erkennbar. Hier erhöhte sich der pH-Wert im Pansen von 5,84 auf 6,1 bei sukzessiv steigender Aufnahme an sXF. Bei einer hohen Aufnahme an XS (≥ 5392 g/d) und einer hohen Aufnahme an sXF (≥ 3087 g/d) wies eine Versuchskuh einen pH-Wert von 6,34 auf. Nach WEST (2017) befanden sich alle durchschnittlich erfassten Pansen-pH-Wert Messungen im anzustrebenden Normalbereich zwischen 5,8 und 6,2.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die unterschiedlichen Aufnahmen an XS und sXF einen Einfluss auf den Pansen-pH-Wert ausübten, jedoch konnten keine genauen

Tendenzen, Aussagen oder Empfehlungen abgeleitet werden. Ergänzend ist nochmal zu erwähnen, dass sich alle Pansen-pH-Werte innerhalb der anzustrebenden Empfehlungswerte nach WEST (2017) befanden. Es ist zu empfehlen weitere Untersuchungen in diesem Bereich durchzuführen.

6.2.3 Auswirkungen von XS- Aufnahme und peNDF - Gehalt der Ration auf den Pansen-pH-Wert - Allgemein und innerhalb der ersten 60 Laktationstage

In den folgenden Auswertungen werden die Einflüsse und deren Auswirkungen von Aufnahme an XS und dem Gehalt an peNDF in der Ration auf den Pansen-pH-Wert diskutiert. Als erstes erfolgt die Auswertung der Gesamtbetrachtung, d.h. über alle Versuchsgruppen und Laktationswochen hinweg. Im Anschluss werden die einzelnen Laktationswochen betrachtet. Die Betrachtungen der Auswertungen zwischen den Laktationswochen erfolgen ebenfalls über beide Versuchsgruppen hinweg. Die XS-Aufnahmen orientiert sich an die Gruppierungen in Abhängigkeit der Laktationswochen.

Gesamtbetrachtung

Innerhalb der Gesamtbetrachtung wurde allgemein ersichtlich, dass meist durch Zunahmen an peNDF in der Ration der Pansen-pH-Wert leicht absank. Bei den gleichbleibenden XS-Aufnahmen ≤ 4167 g/d und zwischen 4167 - 5029 g/d zeigte sich mit steigernden peNDF-Gehalt in der Ration, dass der Pansen-pH-Wert sank. Im Bereich der XS-Aufnahme zwischen 4167 - 5029 g/d betrug der Pansen-pH-Wert 6,41 bei einem peNDF-Gehalt von < 20 %, sank dann bei einer peNDF zwischen 20 - 22 % auf 6,21 ab und lag bei einem peNDF-Gehalt von > 22 % bei nur noch durchschnittlich 5,99. Die insgesamt niedrigsten Pansen-pH-Werte konnten bei einem peNDF-Gehalt von > 20 %, unabhängig der XS-Aufnahme, ermittelt werden. Der zweithöchste Pansen-pH-Wert mit 6,34 konnte bei einer XS-Aufnahme von ≥ 5029 g/d und einem peNDF-Gehalt zwischen 20 - 22% erfasst werden. Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass der Großteil des Einflusses auf den Pansen-pH-Wert von der peNDF in der Ration ausging. Jedoch befanden sich alle ermittelten pH-Werte im Pansen innerhalb der vorgeschriebenen Empfehlungsbereichen (Optimal- und Normalbereich) nach WEST (2017).

2. Laktationswoche

Bei den Auswertungen in der 2. Laktationswoche wurde ersichtlich, dass mit steigender peNDF, unabhängig der XS-Aufnahme, der Pansen-pH-Wert anstieg. Dieser Effekt zeigte sich auch andersrum. Dies bedeutet, bei steigender XS-Aufnahme, unabhängig des peNDF Gehalts, der Pansen-pH-Wert ebenfalls anstieg. Im Bereich der XS-Aufnahme von ≤ 3667 g/d, stieg der Pansen-pH-Wert von 6,27 bei einer peNDF < 20 %, auf 6,49 bei einer peNDF zwischen 20 - 22 % an. Innerhalb einer XS-Aufnahme zwischen 3667 - 4485 g/d stieg der Pansen-pH-Wert von 6,39 auf 6,46 an. Bei einer XS-Aufnahme von ≥ 4485 g/d lag der Pansen-pH-Wert bei einem peNDF Gehalt von < 20 % bei 6,49 und stieg auf 6,9 bei einem peNDF Gehalt zwischen 20 - 22 % an. Es ergab die Auswertung das eine Kuh innerhalb des Gruppierungsbereiches von > 22% peNDF und innerhalb des Bereiches zwischen 3667 - 4485 g XS/d war. Hier befand sich der Pansen-pH-Wert bei 6,0. Zusammenfassend ist zu sagen, dass fast alle Pansen-pH-Werte nach WEST (2017) innerhalb des Normalbereiches zwischen 5,6 - 6,2 bzw. im Optimalbereich zwischen 6,3 - 6,8 lagen. Im Bereich einer hohen XS-Aufnahme (≥ 4485 g/d) und einem peNDF Gehalt zwischen 20 - 22 % befand sich der Pansen-pH-Wert, wie bereits erwähnte, bei 6,9. Dieser Wert zeigt eine Tendenz nach WEST (2017) in das alkalische Milieu.

4. Laktationswoche

Bei den Auswertungen innerhalb der 4. Laktationswoche wurde ersichtlich, dass mit steigender XS-Aufnahme und auch peNDF Gehalten, der pH-Wert im Pansen leicht absank. Im Bereich der peNDF- Gehalte zwischen 20 - 22 % wurden Schwankungen in Zusammenhang der sukzessiv steigenden XS-Aufnahme vermehrt deutlich. Der Pansen-pH-Wert schwankte in diesem Bereich von 6,12, bei einer XS-Aufnahme von ≤ 4384 g/d, auf 6,21 innerhalb der XS-Aufnahme zwischen 4384 - 5076 g/d und sank dann bei den hohen Aufnahmen an XS von ≥ 5076 g/d auf 5,9 ab. In all den anderen Bereichen waren die Veränderungen geringer. Es ist zusammenfassend zu sagen, dass alle ermittelten Pansen-pH-Werte laut WEST (2017) innerhalb der Empfehlungsbereiche von Optimal- bis hin zum Normalbereich sich befanden.

9. Laktationswoche

In der 9. Laktationswoche war der Pansen-pH-Wert, gegenüber den anderen untersuchten Laktationswochen, allgemein niedriger. Am stabilsten befand sich der pH-Wert im Pansen der Milchkühe im XS Gruppierungsbereich zwischen 4578 - 5392 g/d, unabhängig des

peNDF Gehalts. Der Pansen-pH-Wert lag im Mittel bei 6,0. Bei der Betrachtung der anderen Bereiche wurde deutlich, dass keine Kuh eine niedrige XS-Aufnahme aufwies und im niedrigsten peNDF Gehalt lag. Eine Versuchskuh nahm eine XS-Aufnahme von ≥ 5392 g/d zu sich und lag innerhalb des peNDF Bereiches von > 22 %. Hier lag der ermittelte Pansen-pH-Wert bei 6,9. Laut WEST (2017) lagen die ermittelten Pansen-pH-Werte innerhalb des empfohlenen Normalbereichs zwischen 5,6 - 6,2. Außer der einen Versuchskuh dessen pH-Wert bei 6,9 lag und die Tendenz somit auf eine alkalische Belastung hindeutete.
Zusammenfassend ist zu sagen, dass die unterschiedlichen XS-Aufnahmen und die peNDF Gehalt einen Einfluss auf den Pansen-pH-Wert in den einzelnen untersuchten Laktationswochen ausübten. Da jedoch die Einflüsse gering waren und alle Werte, unabhängig der unterschiedlichen Aufnahmen, nach Angaben von WEST (2017) innerhalb der Empfehlungswerte sich befanden, sind Aussagen oder Tendenzen nur bedingt zu erfassen. Demnach sind weitere Untersuchungen empfehlenswert.

6.2.4 Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahmen auf den Pansen-pH-Wert innerhalb der Versuchsgruppe

Unter diesem Kapitel 6.2.4 werden die Auswirkungen und Einflüsse der XS- und sXF-Aufnahmen auf den Pansen-pH-Wert ausgewertet und diskutiert. Die Betrachtung erfolgt separat in den jeweiligen Versuchsgruppen. Als erstes erfolgt jeweils die Gesamtbetrachtung, über alle untersuchten Laktationswochen hinweg. Im Anschluss erfolgt dann die Betrachtung zwischen den untersuchten Laktationswochen. Ziel ist es den möglichen Effekt von mehr Struktur bzw. Stärke, durch die separate Auswertung innerhalb der Versuchsgruppen, auf den Pansen-pH-Wert zu erkennen.

6.2.4.1 NDF-reiche Versuchsgruppe

Gesamtbetrachtung

Bei dieser Auswertung wurde die Einflüsse von XS- und sXF-Aufnahme, unabhängig der Laktationswochen, auf den Pansen-pH-Wert dargestellt. Es wurde ersichtlich, dass im Bereich der geringen und mittleren XS-Aufnahme, der Pansen-pH-Wert mit steigender sXF-Aufnahme leicht abfällt. Innerhalb der hohen XS-Aufnahme (≥ 5029 g/d) stieg jedoch der Pansen-pH-Wert mit zunehmender sXF-Aufnahme an. Im Bereich der mittleren XS-Aufnahme, zwischen 4167 - 5029 g/d, sank der Pansen-pH-Wert von 6,24, bei einer sXF-

Aufnahme von ≤ 2377 g/d, auf 6,09, bei einer hohen sXF-Aufnahme von ≥ 2903 g/d, ab. Bei der hohen XS-Aufnahme stieg der Pansen-pH-Wert von 6,3 (≤ 2377 g sXF/d) auf 6,44 (≥ 2903 g sXF/d) an. Nach WEST (2017) befindet sich der Optimalbereich des Pansen-pH-Werts zwischen 6,3 - 6,8 und ein anzustrebender Normalbereich bei 5,6 bis 6,2. Alle ermittelten Messerwerte des pH-Werts im Pansen befanden sich innerhalb dieser Empfehlungsbereiche nach WEST (2017).

2. Laktationswoche

In der 2. Laktationswoche wiesen die Pansen-pH-Werte sichtbare Unterschiede bei den diversen Aufnahmen von XS und sXF auf. Der Großteil der Kühe nahmen geringe XS- und sXF-Aufnahmen zu sich. Bei einer geringen XS-Aufnahme von ≤ 3667 g/d und einer niedrigen sXF-Aufnahme (≤ 2005 g/d) befand sich der Pansen-pH-Wert bei 6,57. Im gleichen XS-Aufnahmebereich und bei einer sXF-Aufnahme zwischen 2005 - 2587 g/d, lag der pH-Wert im Pansen der Milchkühe bei 6,23. Insgesamt nahmen acht Versuchstiere eine mittlere XS-Aufnahme zwischen 3667 - 4485 g/d und eine hohe sXF-Aufnahme von ≥ 2587 g/d zu sich. Hier befand sich der durchschnittlich erfasste Pansen-pH-Wert bei 6,28. Eine Kuh wies einen pH-Wert von 7,4 auf bei mittleren Aufnahmen an XS und sXF. Demnach befanden sich alle Pansen-pH-Werte, außer der bei 7,4, nach WEST (2017) innerhalb der anzustrebenden Empfehlungsbereichen (Optimal- und Normalbereich). Der Pansen-pH-Wert von 7,4 weist auf eine alkalische Belastung hin (WEST, 2017).

4. Laktationswoche

Bei der Auswertung von der 4. Laktationswoche, nahmen die Versuchstiere hauptsächlich nur eine geringe XS-Aufnahme zu sich. Dafür waren alle Aufnahmen von der sXF vertreten. Innerhalb des geringen XS-Aufnahmebereichs von ≤ 4384 g/d, lag der Pansen-pH-Wert, bei einer geringen sXF-Aufnahme von ≤ 2505 g/d, im Mittel bei 6,35. Dieser blieb weitestgehend konstant bei 6,38 innerhalb einer sXF-Aufnahme zwischen 2505 - 2923 g/d. Bei einer hohen Aufnahme an sXF von ≥ 2923 g/d lag der Pansen-pH-Wert, gegenüber den anderen Werten bei nur noch 6,1. Insgesamt wiesen sieben Versuchstiere auch eine mittlere Aufnahme an XS zwischen 4384 - 5076 g/d, kombiniert mit einer hohen sXF-Aufnahme (≥ 2923 g/d), auf. Hier befand sich der Pansen-pH-Wert bei 6,31. Nach WEST (2017) befanden sich alle Messwerte innerhalb der Empfehlungsbereiche. Hauptsächlich im Optimalbereich zwischen 6,3 und 6,8 (WEST, 2017).

9. Laktationswoche

In der 9. Laktationswoche zeigte sich bei der Auswertung ein ähnliches Bild wie zur 4. Laktationswoche. Die Versuchstiere nahmen geringe XS-Aufnahmen zu sich, dafür aber unterschiedlich sXF auf. Im Gruppierbereich der geringen XS-Aufnahme (≤ 4578 g/d) befand sich der Pansen-pH-Wert bei einer geringen sXF-Aufnahme (≤ 2727 g/d) bei 6,02. Zwischen 2727 - 3087 g sXF/d blieb der Pansen-pH-Wert fast gleichbleibend bei 6,05 und stieg bei einer hohen sXF-Aufnahme (≥ 3087 g/d) auf 6,23 an. Insgesamt nahmen fünf Versuchstiere eine mittlere XS-Aufnahme zu sich. Hier betrug der Pansen-pH-Wert, per Kombination hoher sXF-Aufnahmen (≥ 3087 g/d), durchschnittlich 6,02. Eine Milchkuh wies einen Pansen-pH-Wert von 6,9 auf und nahm sowohl bei XS als auch bei sXF hohe Aufnahmen zu sich. Nach WEST (2017) befanden sich alle pH-Messwerte, außer die 6,9, innerhalb des anzustrebenden Normalbereich 5,6 - 6,2. Der Pansen-pH-Wert von 6,9 weist auf eine alkalische Belastung hin (WEST, 2017).

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass der Pansen-pH-Wert durch unterschiedliche Aufnahmen an XS und sXF beeinflusst wurde bzw. Veränderungen ersichtlich waren. Versuchsbedingt lag der Fokus dieser Gruppe auf einen höheren Strukturanteil. Demzufolge nahmen die Versuchskühe mehr sXF auf als XS. Es wurde jedoch bei den Auswertungen ersichtlich, dass trotz unterschiedlicher Aufnahmen an sXF und auch XS, der Pansen-pH-Wert der Kühe immer im Normal- bzw. Optimalbereich nach WEST (2017) sich befand. Insgesamt wiesen nur zwei Kühe einen Pansen-pH-Wert auf, der tendenziell auf eine Alkalose hindeutete. Betrachtet man die Auswertungen überspitzt, wurde leicht erkennbar, dass durch eine steigenden sXF-Aufnahme und mit dem Voranschreiten der Laktation, der Pansen-pH-Wert tendenziell leicht abfiel. Gut ersichtlich war ebenfalls, dass die XS-Aufnahmen hauptsächlich im geringen XS-Gruppierungsbereich sich befanden, unabhängig der Laktationswochen.

6.2.4.2 XS-reiche Versuchsgruppe

Gesamtbetrachtung

In dieser Auswertung wurden die Einflüsse der unterschiedlichen XS- und sXF-Aufnahmen auf den Pansen-pH-Wert der Versuchstiere in der XS-reichen Versuchsgruppe, über den gesamten Untersuchungszeitraum, dargestellt. Es zeigte sich, dass von den XS-Gruppierungsbereichen ausgehend und mit zunehmender sXF-Aufnahme der Pansen-pH-

Wert unterschiedlich stark abfiel. Bei einer geringen XS-Aufnahmen von ≤ 4167 g/d und einer geringen sXF-Aufnahme von ≤ 2377 g/d befand sich der ermittelte Pansen-pH-Wert bei 6,46. Dieser fiel im gleichen XS-Bereich, aber innerhalb einer sXF-Aufnahme zwischen 2377 - 2903 g/d, auf 5,98 ab und pendelte sich bei durchschnittlich 5,9 bei einer hohen sXF-Aufnahme (≥ 2903 g/d) ein. Die durchschnittlich niedrigsten Pansen-pH-Werte befanden sich im sXF-Bereich zwischen 2377 - 2903 g/d und steigenden XS-Aufnahmen. Es kam jedoch bei der Auswertung heraus, dass egal in welchen Zusammenhang die unterschiedlichen Aufnahmen sich gegenüberstehen, die ermittelten Pansen-pH-Werte nach WEST (2017) innerhalb des Normal- (5,6 - 6,2) bzw. Optimalbereiches (6,3 - 6,8) sich befanden. Bei der statistischen Auswertung wurden signifikante Unterschiede zwischen den sXF-Gruppen von $p \leq 0{,}004$ erfasst.

2. Laktationswoche

In der 2. Laktationswoche konnte ein gleichbleibender Pansen-pH-Wert von 6,45 bei parallel ansteigender sXF- und XS-Aufnahmen festgestellt werden. Daneben befand sich bei einer XS-Aufnahme zwischen 3667 - 4485 g/d und einer geringen sXF-Aufnahme (≤ 2005 g/d) ein ermittelter Pansen-pH-Wert bei 6,37. Im Bereich einer hohen XS-Aufnahme von ≥ 4485 g/d und einer mittleren sXF-Aufnahme zwischen 2005 - 2587 g/d lag der Pansen-pH-Wert bei 6,59. Alle ermittelten Pansen-pH-Werte der Versuchstiere befanden sich in dieser Laktationswoche nach WEST (2017) innerhalb des optimalen Empfehlungsbereiches zwischen 6,3 - 6,8.

4. Laktationswoche

Bei der Auswertung zur 4. Laktationswoche zeigten sich von den sXF-Gruppierungsbereichen ausgehend relativ konstante Pansen-pH-Werte. Innerhalb der niedrigen sXF-Aufnahme von ≤ 2505 g/d blieb der ermittelte Pansen-pH-Wert konstant bei 6,25 bestehen, unabhängig der niedrigen und mittleren XS-Aufnahmen. Eine Kuh wies innerhalb dieses sXF Bereiches und einer hohen XS-Aufnahme von ≥ 5076 g/d einen Pansen-pH-Wert von 6,5 auf. Im Bereich einer mittleren sXF-Aufnahme zwischen 2505 - 2923 g/d blieb der Pansen-pH-Wert der Versuchstiere konstant bei 6,18, unabhängig der XS-Aufnahmen. Bei einer hohen XS- und sXF-Aufnahme lag der Pansen-pH-Wert bei 6,5. Nach WEST (2017) befanden sich alle ermittelten Pansen-pH-Werte innerhalb der anzustrebenden Empfehlungsbereichen.

9. Laktationswoche

In der 9. Laktationswoche konnte ermittelte werden, dass mit steigender XS- als auch sXF-Aufnahme der Pansen-pH-Wert leicht anstieg. Innerhalb der mittleren XS-Aufnahme zwischen 4578 -5392 g/d lag der Pansen-pH-Wert, bei einer geringen sXF-Aufnahme von ≤ 2727 g/d, bei 5,96 und stieg minimal auf 5,98 bei einer mittleren sXF-Aufnahme (2727-3087 g/d) an. Im hohen XS-Gruppierungsbereich (≥ 5392 g/d) stieg der Pansen-pH-Wert, mit steigenden sXF-Aufnahmen, von 5,9 auf 6,25 an. Jedoch wies nur eine Kuh diesen pH-Werts im Pansen von 5,9 auf. Es befanden sich nach WEST (2017) alle ermittelten Pansen-pH-Werte der Versuchskühe innerhalb des empfohlenen Normalbereich zwischen 5,6 und 6,2.

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass der Pansen-pH-Wert innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe relativ ausgeglichen war. Dies bedeutet, dass zwischen den Laktationswochen die Schwankungen bzw. Veränderungen des Pansen-pH-Werts durch die unterschiedlichen Aufnahmen an sXF und XS sehr gering ausfielen. Es ließ sich jedoch ermitteln, dass mit Voranschreiten der Laktation die erfassten pH-Werte im Pansen tendenziell absanken. Grund können die versuchsbedingt ansteigenden XS-Aufnahmen der Milchkühe, in dieser Versuchsgruppe, sein. Laut SPIEKERS et al. (2004) fördert eine erhöhte Aufnahme an XS den Rückgang des Pansen-pH-Werts.

6.2.5 Veränderung des Pansen-pH-Werts innerhalb der zwei Versuchsgruppen

Unter diesem Kapitel werden die prozentualen Veränderungen des Pansen-pH-Wert sowohl in der NDF-reichen Versuchsgruppe als auch in der XS-reichen Versuchsgruppe, zwischen den untersuchten Laktationswochen, ausgewertet und diskutiert. Die Skalierung und Ausrichtung des Pansen-pH-Werts orientiert sich an Referenzwerten nach WEST (2017).

NDF-reiche Versuchsgruppe

Es wurde in der bisherigen Auswertung ersichtlich, dass sich der pH-Wert im Pansen mit zunehmender Laktation verschiebt. Der Optimalbereich des Pansen-pH-Werts nach WEST (2017) zwischen 6,3 und 6,8 wiesen in der 2. Laktationswoche 69 % der Versuchstiere in dieser Gruppe auf. In der 4. Laktationswoche konnten noch 58 % der Kühe diesen Bereich des Pansen-pH-Werts aufweisen und in der 9. Laktationswoche befand sich der prozentuale

Anteil bei nur noch bei 26 %. Im Gegenzug nahm der Anteil der Kühe, die einen Pansen-pH-Wert zwischen 5,6 und 6,2 aufwiesen zu. Dieser Referenzbereich ist nach dem an WEST (2017) empfohlenen Normalbereich (5,8 - 6,2) orientiert. Es wiesen 26 % der Versuchstiere in der 2. Laktationswoche, 37 % in der 4. Laktationswoche und 58 % in der 9. Laktationswoche diesen Bereich des Pansen-pH-Werts auf. Bei intensiverer Betrachtung der 9. Laktationswoche zeigte sich die Tendenz zu einem azidotischem Belastungszustandes deutlich. Der Anteil des Pansen-pH-Werts zwischen 5,6 und 6,2 nahm vermehrt zu. Ebenso wies eine Kuh einen pH-Wert von ≤ 5,5 auf, was auf eine subakute Pansenazidose hindeutet (WEST, 2017). Jedoch wiesen auch 11 % der Versuchstiere einen Pansen-pH-Wert von ≥ 6,9 % auf. Diese Ausrichtung weist auf eine alkalische Belastung hin (STAUFENBIEL, 2009). Eine alkalische Belastung bzw. eine Pansenalkalose (Ketose) kann durch einen geringen Verzehr an leicht verdaulichen Kohlenhydraten, einhergehend mit einer verminderten Säurebildung im Pansen, hervorgerufen werden. Ebenso besitzt aber auch der Anteil an basische Futtermittel, im Zusammenhang mit der Proteinqualität, einen entscheidenden Einfluss (STAUFENBIEL, 2004). Die Ausrichtung der Futterration dieser Versuchsgruppe lag bei einem erhöhten Anteil an Struktur und einem geringeren Anteil an leicht löslichen Kohlenhydraten. Dementsprechend passen diese Ansätze der Auswertung zu den Tendenzen in Richtung einer alkalischen Belastung.

XS-reiche Versuchsgruppe

Die Auswertungen in der XS-reichen Versuchsgruppe zeigten deutliche Veränderungen des Pansen-pH-Werts, innerhalb der untersuchten Laktationswochen, auf. Ebenso wie bei der NDF-reichen Versuchsgruppe nahm der Anteil des Optimalbereich zwischen 6,3 und 6,8 des Pansen-pH-Werts (WEST, 2017) mit zunehmendem Verlauf der Laktation ab. Im Gegenzug stieg der Anteil des Referenzbereiches zwischen 5,6 und 6,2 an. In der 2. Laktationswoche wiesen 26 % der Versuchskühe diesen Bereich des Pansen-pH-Werts auf, welcher zu 4. Laktationswoche auf 44 % anstieg. Bei der Messung innerhalb der 9. Laktationswoche wiesen insgesamt 70 % der Tiere diesen Pansen-pH-Wert auf. Bei einer kraftfutterreicheren Ration ist die Tendenz eines eher niedrigen Pansen-pH-Werts aus physiologischer Sicht normal. Durch einen geringeren Anteil an Struktur in der Ration und den erhöhten Gehalten an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten verschiebt sich das Verhältnis zwischen Essigsäure und Propionsäure. Dies wirkt sich dementsprechend auf den Pansen-pH-Wert aus (ZEBELI et al., 2008). In der 4. und 9. Laktationswochen wiesen 4 % der Milchkühe eine Pansen-pH-Wert von ≤ 5,5 auf, was auf Anzeichen für eine azidotische Belastung bzw. auf eine subakuten Pansenazidose hindeutet (WEST, 2017). Jedoch ist zu erwähnen, dass in der 2. Laktationswoche 20 % und in der 9. Laktationswoche 7 % der Versuchskühe einen

Pansen-pH-Wert von ≥ 6,9 aufwiesen. Erhöhte Pansen-pH-Werte deuten auf eine alkalische Belastung hin (WEST, 2017). Jedoch kann, durch Auftreten des unumgänglichen Energiedefizits in dieser Phase der Laktation, das Auftreten einer Ketose möglich sein. Hervorgerufen wird diese Pansenfunktionsstörung meist durch eine strukturreiche und kraftfutterarme Ration. Dies führt meist zu einer verminderten Futteraufnahme woraufhin der Energiedefizit nicht ausgeglichen werden kann und Pansenfunktionsstörungen hervorgerufen werden (ZEBELI et al., 2015). Eigentlich dürften diese Effekte und Veränderungen des Pansen-pH-Werts anhand der stärkereicheren Rationszusammenstellung in dieser Versuchsgruppe in den ersten Wochen (2. und 4. LakW) nicht auftreten. Die Ausrichtung in der 9. Laktationswoche spiegelt die Rationszusammenstellung gut wieder. Es ist zu erwähnen, dass die Messungen des Pansensafts zur Bestimmung des Pansen-pH-Werts immer eine Momentaufnahme ist. Einflüsse der Futteraufnahme und in diesem Zusammenhang auftretende Schwankungen im Tagesverlauf, die die Auswertung beeinflussen können, sind normal (STEINGASS; ZEBELI, 2008). Zusammenfassung ist jedoch die Tendenz zu erkennen, dass im Laufe der Laktation, eine erhöhte Erkrankungsrate der Milchkühe an subakute Pansenazidose möglich ist.

6.3 Veränderungen der Netto-Säure-Basen-Ausscheidung (NSBA) - Allgemein und zwischen den Laktationswochen

Gesamtdurchschnittlich lag die Netto-Säure-Basen-Ausscheidung in der *NDF-reichen Versuchsgruppe* bei 82,8 mmol/l. Zwischen den untersuchten Laktationswochen befanden sich die durchschnittlichen Ausscheidungen in der 2. Laktationswoche bei 81,0 ± 69,2 mmol/l, in der 4. Laktationswoche bei 78,4 ± 58,3 mmol/l und stiegen leicht auf 88,9 ± 57,1 mmol/l zur Messung in der 9. Laktationswoche an. Laut ROSSOW (2003) liegt der physiologische Wert der NSBA im Harn zwischen 100 - 200 mmol/l. Ausscheidungen unter 100 mmol/l weisen nach ROSSOW (2003) auf unterschiedlich starke azidotische Belastungszustände hin. Alle ermittelten NSBA-Werte fallen in diesen Referenzbereich. Obwohl aus der Literatur hervorgeht, dass statistische Untersuchungen bewiesen haben, dass erhöhte Rohfaseraufnahmen bei Milchkühen einen positiv signifikanten Einfluss auf die NSBA ausüben (SCHOLZ; ENGELHARD, 2012), konnte es in dieser Arbeit nicht belegt werden. Dies lag jedoch auch daran, dass der DCAB-Gehalt in dieser NDF-reichen Versuchsgruppe von vornherein nicht den Empfehlungen entsprach. Im Mittel fand sich die kalkulierte DCAB in der Futterration bei 154 meq/kg TM. STAUFENBIEL (2007) gibt einen DCAB-Referenzwert in der Ration von laktierenden Kühen zwischen +200 bis +350 meq/kg TM vor. Nach APPER-BOSSARD et al. (2006) liegt der Empfehlungsbereich der DCAB in der Futterration zwischen +150 und +300 meq/kg TM. Somit ist zusammenfassend zu sagen, dass der Hauptgrund der geringen NSBA im Harn zum Großteil von den zu geringen DCAB-Gehalten in der Futterration beeinflusst wurde. Die Ausrichtung der DCAB in einem niedrigen Bereich (Überschuss Anionen) führen zu azidotischen Belastungen im Tier, was demzufolge die niedrige NSBA unter 100 mmol/l (= azidotische Belastung - ROSSOW, 2003) im Harn der Tiere erklärt.

In der Gesamtbetrachtung der *XS-reichen Versuchsgruppe* lag der durchschnittlich NSBA-Gehalt im Harn bei 87,4 ± 59,8 mmol/l. Bei den Auswertungen der NSBA-Messungen zwischen den Laktationswochen, ergaben sich ähnliche Werte wie bei der NDF-reichen Versuchsgruppe. In der 2. Laktationswoche betrug die NSBA im Mittel 89,6 ± 61,7 mmol/l, fiel leicht auf 82,3 ± 62,6 mmol/l in der 4. Laktationswoche ab und stieg dann wieder auf durchschnittlich 90,4 ± 57,0 mmol/l zur Messung in der 9. Laktationswoche an. Auch hier befanden sich alle NSBA-Werte nach ROSSOW (2203) im Bereich einer geringgradig azidotischen Belastung. FÜRLL (2004) gibt einen Referenzbereich für die NSBA im Harn zwischen 83 - 215 mmol/l vor. Ebenso gibt FÜRLL (2004) für kraftfutterreiche Rationen einen Toleranzbereich zwischen 0 - 60 mmol/l an. Nach FÜRLL (2004) befanden sich die durchschnittlich erfassten NSBA-Werte knapp in den Empfehlungsbereichen. Es ist aber

auch hier zu erwähnen, dass der kalkulierte DCAB-Gehalt mit 135 meq/kg TM in der Ration nicht zu den empfohlenen Referenzwerten passte. Wie schon erwähnt, gibt STAUFENBIEL (2007) einen DCAB-Referenzwert in der Ration von laktierenden Kühen zwischen +200 bis +350 meq/kg TM vor. NACH APPER-BOSSARD et al. (2006) liegt der Empfehlungsbereich der DCAB in der Futterration zwischen +150 und +300 meq/kg TM. Die Auslenkung der DCAB in einem niedrigen Bereich (Überschuss Anionen) führen zu azidotischen Belastungen im Tier, was demzufolge die niedrigen Werte der NSBA unter 100 mmol/l (= azidotische Belasung - ROSSOW, 2003) im Harn der Tiere erklärt.

6.3.1 Einflüsse der Trockenmasseaufnahme, der Aufnahme an Stärke und strukturwirksamer Rohfaser sowie der peNDF auf die NSBA

Unter dem Anschnitt 6.3.1 werden die Einflüsse der Trockenmasseaufnahme, der Aufnahme an Stärke sowie strukturwirksamer Rohfaser und der peNDF auf die NSBA im Harn diskutiert. Die Betrachtungen erfolgen über beide Versuchsgruppen und innerhalb der ersten 60 Laktationstage hinweg. Zum Schluss erfolgt eine Zusammenfassung, wo die Möglichkeiten und Gründe der Einflüsse auf den NSBA beschrieben und diskutiert werden.

Trockenmasseaufnahme

Bei den Auswertungen inwieweit die Trockenmasseaufnahme einen Einfluss auf die NSBA im Harn der Kühe ausübte, konnten die nachfolgenden Feststellungen ermittelt werden. Die Kühe die eine NSBA im physiologischen Bereich nach ROSSOW (2003) zwischen 100 - 200 mmol/l aufwiesen, nahmen durchschnittlich eine Trockenmasseaufnahme von 20,51 kg/d zu sich. Bei Ausscheidungen der NSBA unter 100 mmol/l, was nach ROSSOW (2003) azidotische Belastungen ausdrückt, befand sich die durchschnittliche Trockenmasseaufnahme bei 20,73 kg/d. Dies wiesen 83 Milchkühe über beide Versuchsgruppen hinweg auf. Bei alkalisch belasteten NSBA-Werten über 200 mmol/l (ROSSOW, 2003) nahmen die Tiere im Mittel nur 19,1 kg TM/d zu sich. Jedoch wiesen über die Versuchsdauer nur 5 Milchkühe diesen NSBA-Gehalt im Harn auf. GRUBER et al. (2019) empfiehlt in der Anfütterungsphase, dies entspricht ca. den ersten 40 Tage der Laktation, eine Futteraufnahme zwischen 13,0 - 22,0 kgTM/d. Im weiteren Laktationsverlauf sollte die Futteraufnahme der Kuh entsprechend ihrer Milchleistung angepasst werden, um das Leistungspotenzial und die Gesundheit abzusichern. KTBL (2009) empfiehlt hier eine Trockenmasseaufnahmen zwischen 20 bis 25 kgTM/d, die bei optimaler Futterqualität und

durch das ab-libitum-Angebot einer TMR-Fütterung erzielt werden können. Dementsprechend befanden sich alle durchschnittlich erfassten Trockenmasseaufnahmen, egal welche NSBA-Werte vorherrschten, in den vorgeschrieben Empfehlungsbereichen.

Stärkeaufnahme

Bei der Auswertung inwieweit die Stärkeaufnahme einen Einfluss auf die NSBA-Gehalte im Harn der Kühe ausübt, war es von vornherein erkennbar, dass egal wie viel XS eine Kuh aufnahm alle NSBA-Werte unter 100 mmol/l (azidotische Belastung - ROSSOW, 2003) lagen. Innerhalb der gruppierten XS-Aufnahme ≤ 4167 g/d befand sich die durchschnittliche NSBA im Harn bei 75 mmol/l. Bei einer XS-Aufnahme zwischen 4167 - 5029 g/d lag die NSBA im Mittel bei 87 mmol/l und stieg auch nur leicht auf 92 mmol/l bei einer XS-Aufnahme von ≥ 5029 g/d an. Aber wie bereits erwähnt, befanden sich keine NSBA-Werte im vorgeschriebenen Empfehlungsbereich nach ROSSWO (2003). Nach FÜRLL (2004) befanden sich, außer die Werte der geringen XS-Aufnahmen von ≤ 4167 g/d, alle im vorgeschrieben Toleranzbereich zwischen 83 - 215 mmol/l.

Strukturwirksame Rohfaser (absolut)

Bei der Auswertung zeigte sich, dass die gruppierte sXF-Aufnahme mit ≥ 2903 g/d den höchsten Einfluss auf die NSBA ausübte und auch hier die durchschnittlich höchsten Messungen der NSBA bei 91,45 mmol/l sich befand. In diesem Zusammenhang passen wissenschaftliche Untersuchungen von SCHOLZ und ENGELHARD (2012) mit den Ergebnissen der Auswertungen überein, dass die Erhöhung der Rohfaseraufnahme einen positiv signifikanten Einfluss auf die Erhöhung der NSBA ausübt. Jedoch passt die Ausscheidung mit 91,45 mmol/l nicht in den Empfehlungsbereich von ROSSOW (2003). Laut ROSSOW deuten NSBA-Werte < 100 mmol/l auf eine azidotischen Belastung im Tier hin. Dies konnte auch bei den anderen sXF-Aufnahmen festgestellt werden. So betrug die durchschnittlich erfasste NSBA 82,06 mmol/l, bei einer sXF-Aufnahme zwischen 2377 und 2903 mmol/l und befand sich bei einer sXF-Aufnahme ≤ 2377g/d im Mittel bei 84,39 mmol/l. Unter dem Kapitel 6.1 - Strukturwirksame Rohfaser - wurde ermittelt, dass die durchschnittlich angestrebte sXF-Aufnahme pro Tag bei 2600 g (2,6 kg) für die Versuchstiere betragen sollte. Betrachtet man die Auswertung dann wird ersichtlich, dass die Gehalte an NSBA in diesem anzustrebenden sXF Bereich am geringsten war. Nach FÜRLL (2004) befindet sich dieser NSBA-Gehalt knapp unter dem Toleranzbereich zwischen 83 - 215 mmol/l.

Strukturwirksame Rohfaseraufnahme (relativ)

Bei der relativen sXF-Aufnahme im Zusammenhang zur NSBA zeigte sich, dass bei einer durchschnittlichen anzustrebenden sXF-Aufnahme zwischen 300 und 500 g/100kg LM im Mittel die NSBA mit 87,89 mmol/l am höchsten lag. Nach STEINGASS und ZEBELI (2008) befindet sich die optimale Strukturversorgung der Kühe bei einer sXF-Aufnahme von 400 g/100kg LM. HOFFMANN (2013) gibt Empfehlungen einer optimaler sXF-Versorgung zwischen 350 - 450 g/100kg LM heraus. Bei sXF-Aufnahmen ≤ 300 g/100kg LM betrug der durchschnittliche NSBA-Gehalt 68,47 mmol/l und lag bei einer Aufnahme ≥ 500 g/100kg LM bei 82,00 mmol/l. Demzufolge ist zusammenfassend zu sagen, dass die NSBA-Werte bei einer bedarfsgerechten Strukturversorgung (300 - 500 g/100kg LM) am höchsten waren, jedoch sich nicht im Empfehlungsbereich zwischen 100 - 200 mmol/l nach ROSSOW (2003) sich befanden. Nach FÜRLL (2003) befanden sich alle Werte der NSBA im Harn im empfohlenen Toleranzbereich (83 - 215 mmol/l), außer bei der sXF-Aufnahme ≤ 300 g/100kg LM. Bei der Betrachtung innerhalb der Laktationswochen wird auch deutlich, dass die Versuchskühe, obwohl sie eine optimale Strukturversorgung je 100kg LM aufwiesen, ihre NSBA-Gehalte im Harn nicht optimal waren. Die Werte schwankten von der 2. Laktationswoche von 93,22 mmol/l auf 83,21 mmol/l in der 4. Laktationswoche und betrugen durchschnittlich zur 9. Laktationswoche 88,58 mmol/l. Nach FÜRLL (2004) befand sich die NSBA innerhalb der Laktation im empfohlenen Toleranzbereich. Laut ROSSOW (2003) herrscht auch hier wieder eine azidotische Belastung.

Physikalisch effektive Neutrale-Detergenz-Faser (peNDF)

Bei der Auswertung der peNDF im Zusammenhang zur NSBA ergab sich ein ähnliches Bild wie bei der Auswertung der absoluten sXF-Aufnahme. Bei einem peNDF-Gehalt von unter 20 % in der Futterration lag die NSBA im Mittel bei 86,74 mmol/l, zwischen 20 - 22 % betrug die Ausscheidung 81,11 mmol/l und stieg auf 94 mmol/l bei einem peNDF-Gehalt von > 22 % in der Ration an. Nach STEINGASS und PRIESMANN (2010) sollten, orientiert an 4,0 % Milchfettgehalt, Empfehlungswerte von 20 - 22 % peNDF in der Ration enthalten sein. Jedoch weisen gerade diese Empfehlungswerte der peNDF den niedrigsten NSBA-Gehalt auf. Je mehr Strukturwirksamkeit enthalten ist, peNDF > 22 %, desto besser wurden die NSBA im Harn. Dies passt mit den wissenschaftlichen Untersuchungen von SCHOLZ und ENGELHARD (2012) überein. Hier wurde bewiesen, dass eine steigende Aufnahme an Rohfaser/Struktur signifikant die Steigerung der NSBA beeinflusst. Es befanden sich nach ROSSOW (2003) alle ermittelten NSBA-Gehalte im Harn im Bereich einer azidotischen

Belastung. Nach der Empfehlung von FÜRLL (2004) lagen die Ausscheidungen unter 20 % und über 22 % peNDF innerhalb der Toleranzgrenze zwischen 83 - 215 mmol/l.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass alle Werte der NSBA unter 100 mmol/l lagen, egal wie die Aufnahmen an Trockenmasse, Stärke oder Struktur ausgeprägt waren. Als Hauptgrund kann hier gesehen werden, dass der DCAB-Gehalt in den jeweilige Rationen nicht den Empfehlungswerten entsprachen.

6.3.2 Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahme auf die NSBA - Allgemein und innerhalb der ersten 60 Laktationstage

In den folgenden Auswertungen werden die Einflüsse und deren Auswirkungen von XS- und sXF-Aufnahmen auf die NSBA im Harn diskutiert. Als erstes erfolgt die Auswertung der Gesamtbetrachtung, d.h. über alle Versuchsgruppen und Laktationswochen hinweg. Im Anschluss werden die einzelnen Laktationswochen betrachtet. Die Betrachtungen der Auswertungen zwischen den Laktationswochen erfolgen ebenfalls über beide Versuchsgruppen hinweg.

Gesamtbetrachtung

Bei der Auswertung der Gesamtbetrachtung wurden einige Veränderungen innerhalb der unterschiedlichen Aufnahmen an XS und sXF deutlich. Der physiologisch günstigste NSBA-Gehalt, nach ROSSOW (2003) zwischen 100 - 200 mmol/l, lag durchschnittlich bei 116,67 mmol/l. Diese Ausscheidung konnte bei den gruppierten Aufnahmen an XS von ≥ 5029 g/d und bei sXF von ≤ 4167 g/d ermittelt werden. Ebenfalls knapp an den physiologischen Empfehlungswerten von ROSSOW (2003) befand sich die durchschnittliche NSBA von 100,75 mmol/l, bei einer geringen XS-Aufnahme von ≤ 4167 g/d und einer sXF-Aufnahme von ≥ 2903 g/d. Bei allen anderen NSBA Messungen, in Zusammenhang der unterschiedlichen Aufnahmen an XS und sXF, lagen die Ausscheidungen unter 100 mmol/l was auf eine azidotische Belastung hindeutete (ROSSOW, 2003). Beurteilt man die NSBA nach den Referenzbereichen von FÜRLL (2004), Empfehlungsbereich zwischen 83 - 215 mmol/l, dann befanden sich fast alle erfassten NSBA-Werte, außer drei Ausnahmen, im Normalbereich. Die niedrigste Messung lag bei 59,06 mmol/l. Hier nahm die Kühe durchschnittlich ≤ 4167 g XS/d und sXF zwischen 2377 - 2903 g/d zu sich. Aus literarischen Quellen geht hervor, dass eine höhere Aufnahme an Rohfaser die NSBA signifikant positiv beeinflusst (SCHOLZ, ENGELHARD; 2012). Dies konnte jedoch bei dieser Auswertung nicht

bestätigt werden. Grund ist hier wieder anzunehmen, dass die in der Ration zu niedrige DCAB die Tendenz der NSBA in Richtung azidotische Belastung beeinflusste. Es traten bei der statistischen Auswertung keine Signifikanzen auf.

2. Laktationswoche

Bei den Auswertungen zur 2. Laktationswoche konnte kein eindeutiger Verlauf oder Zusammenhang ersichtlich werden. Es nahmen keine Kühe bei einer geringen sXF-Aufnahme (≤ 2005 g/d) eine hohe XS-Aufnahme (≥ 4458 g/d) zu sich. Ebenso auch umgekehrt, keine Kuh nahm bei einer geringen XS-Aufnahme von ≤ 3667 g/d eine hohe sXF-Aufnahme von ≥ 2587 g/d auf. Bei den anderen Möglichkeiten der Aufnahme lässt sich ebenfalls keine Tendenz erkennen. Die höchste NSBA befand sich bei 109,33 mmol/, im Bereich einer XS-Aufnahme von ≥ 4485 g/d und zwischen 2005 - 2587 g sXF/d. Die ermittelten NSBA Werte lagen im Durchschnitt unter 88 mmol/l. Demnach weisen nach ROSSOW (2003) alle NSBA Werte unter 100 mmol/l auf einen azidotischen Belastungszustand hin. Nach FÜRLL (2004) befanden sich zwei ermittelte NSBA Werte nicht im anzustrebenden Toleranzbereich zwischen 83 - 215 mmol/l.

4. Laktationswoche

In der 4. Laktationswoche wurden ebenfalls Unregelmäßigkeiten sichtbar. Es zeigte sich, dass im Bereich der geringen XS-Aufnahme von ≤ 4384 g/d und einer stetig steigender sXF-Aufnahme die NSBA anstieg. Die NSBA stieg von 75,88 mmol/l, bei einer sXF-Aufnahme von ≤ 2505 g/d, auf 119,00 mmol/l (≥ 2923 g sXF/d) an. Umgekehrter Verlauf im Bereich der XS-Aufnahme zwischen 4384 - 5076 g/d. Hier fiel die NSBA, mit sukzessiv steigender sXF-Aufnahme, ab. Bei einer geringen sXF-Aufnahme von ≤ 2505 g/d betrug die NSBA, in diesem XS Bereich, 115,00 mmo/l und sank auf 28,17 mmol/l, bei einer sXF-Aufnahme von ≥ 2923 g/d, runter. Es nahm keine Versuchskuh bei einer hohe XS-Aufnahme (≥ 5076 g/d) eine geringe sXF-Aufnahme zu sich. Die NSBA, innerhalb dieses XS Bereiches, lag bei einer sXF-Aufnahme zwischen 2505 - 2923 g/d, bei 81,20 mmol/l und sank auf 55,00 mmol/l (≥ 2923 g sXF/d) ab. Nach ROSSOW (2003) befanden sich, außer der drei ermittelten NSBA Werte über 100 mmol/l, die restlichen im Bereich einer azidotischen Belastung. Ebenso waren nach FÜRLL (2004) auch nur drei ermittelten NSBA Werte im anzustrebenden Toleranzbereich.

9. Laktationswoche

Bei den Auswertungen in der 9. Laktationswoche wurde deutlich, das gegenüber den anderen untersuchten Laktationswoche, hier die geringste Schwankungen erfassbar waren. Der deutlichste Rückgang konnte nur bei der geringen sXF-Aufnahme von ≤ 2727 g/d und der steigenden XS-Aufnahmen erfasst werden. Hier fiel die NSBA von 98,67 mmol/l (≤ 4578 g XS/d) auf 54,80 mmol/l (≥ 3087 g/d) ab. Ansonsten zeigten sich, ausgehend von den sXF-Aufnahmen, bei sukzessiv steigenden XS-Aufnahmen, nur leichte Rückgänge in der NSBA. Die höchste NSBA lag bei 104,14 mmol/l im sXF Bereich zwischen 2727 - 3087 g/d und einer XS-Aufnahme von ≤ 4578 g/d. Die restlichen ermittelten NSBA Werte befanden sich im Durchschnitt unter 100 mmol/l. Nach ROSSOW (2003) befanden sich, somit außer einem erfassten Wert, alle anderen NSBA Werte im Bereich einer azidotischen Belastung. Nach FÜRLL (2004) lagen fast alle ermittelten NSBA Werte innerhalb seines anzustrebenden Toleranzbereichs zwischen 83 - 215 mmol/l.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass unabhängig der XS- oder sXF-Aufnahmen der Großteil der erfassten NSBA Werte auf einen azidotischen Belastungszustand bei den Versuchskühen hindeutete. Speziell orientiert sich diese Aussage nach ROSSOW (2003), dessen Grenzbereiche dies wiederspiegeln. Mit zunehmendem Laktationsverlauf stabilisierten sich die Kühe und die stärkeren Schwankungen blieben aus. Jedoch waren die Werte trotzdem nicht optimal. Grund dafür ist die in den Rationen verfütterte DCAB. Diese lagen von Anfang an unterhalb der Empfehlungen von STAUFENBIEL (2007) und APPER-BOSSARD et al. (2006). Laut STAUFENBIEL sollte bei laktierenden Kühen der DCAB Wert zwischen +200 bis +350 meq/kg TM liegen und APPER-BOSSARD et al. gibt einen Referenzbereich zwischen +150 bis +300 meq/kg TM vor.

6.3.3 Auswirkungen von XS- Aufnahme und peNDF - Gehalt der Ration auf die NSBA - Allgemein und innerhalb der ersten 60 Laktationstage

In den folgenden Auswertungen werden die Einflüsse und deren Auswirkungen von Aufnahme an XS und dem Gehalt an peNDF in der Ration auf die NSBA im Harn diskutiert. Als erstes erfolgt die Auswertung der Gesamtbetrachtung, d.h. über alle Versuchsgruppen und Laktationswochen hinweg. Im Anschluss werden die einzelnen Laktationswochen betrachtet. Die Betrachtungen der Auswertungen zwischen den Laktationswochen erfolgen

ebenfalls über beide Versuchsgruppen hinweg. Die XS-Aufnahme orientiert sich an die Gruppierungen in Abhängigkeit der Laktationswochen.

Gesamtbetrachtung

Bei der Auswertung der Gesamtbetrachtung wurden deutliche unregelmäßige Schwankungen der NSBA ersichtlich. Am stabilsten bewegten sich die NSBA-Werte bei einem peNDF-Gehalt > 22 %. Die NSBA lag hier bei einer XS-Aufnahme von ≤ 4167 g/d bei 97,2 mmol/l, sank dann leicht auf 88,5 mmol/l bei einer XS-Aufnahme zwischen 4167 - 5029 g/d ab und stieg dann wieder auf 101,8 mmol/l bei einer durchschnittlichen XS-Aufnahme von ≥ 5029 g/d an. Die höchste NSBA mit 116,38 mmol/l befand sich bei einer XS-Aufnahme zwischen 4167 - 5029 g/d und einem peNDF-Gehalt zwischen 20 - 22 %. Tendenzen in welchem Ausmaß die XS-Aufnahme oder der peNDF-Gehalt in der Ration Einfluss auf die NSBA ausübten, sind in diesem Zusammenhang nicht ersichtlich. Nach ROSSOW (2003) befanden sich drei ermittelte NSBA-Gehalte in dem physiologischen Bereich zwischen 100 - 200 mmol/l. Zwei dieser NSBA-Gehalte befanden sich im Bereich der XS-Aufnahme von ≥ 5029 g/d. Alle anderen Werte lagen vermehrt unter 100 mmol/l, was auf einen azidotischen Belastungszustand in der Kuh hindeutete (ROSSOW, 2003). Innerhalb der statistischen Berechnungen wurden signifikante Wechselwirkungen zwischen dem peNDF-Gehalt und der XS-Aufnahmen von p ≤ 0,038, erfasst.

2. Laktationswoche

Bei der Auswertung in der 2. Laktationswoche wurden Schwankungen in der NSBA deutlich erkennbar. Im Bereich einer XS-Aufnahme von ≤ 3667 g/d und einem peNDF Gehalt unter 20 % schieden die Kühe im Mittel 107,67 mmol/l NSBA aus. Im gleichen XS Gruppierungsbereich, bei einem peNDF Gehalt zwischen 20 - 22 %, sank die NSBA auf durchschnittlich 87,09 mmol/l. Innerhalb der XS-Aufnahmen zwischen 3667 - 4485 g/d befand sich die NSBA, im peNDF Bereich < 20 %, bei 75,10 mmol/l. Zwischen 20 - 22 % peNDF sank die NSBA auf durchschnittlich 70,43 mmol/l, bei gleichbleibender XS-Aufnahmen, ab. Eine Versuchskuh nahm in diesem XS Bereich einen hohen peNDF Gehalt über 22 % zu sich. Hier befand sich die NSBA bei 89 mmol/l. Im hohen XS Gruppierungsbereich von ≥ 4485 g/d lag die NSBA, bei einem peNDF Gehalt < 20 %, im Mittel bei 103,25 mmol/l. Ein Versuchstier nahm innerhalb diese XS Bereichs einen peNDF Gehalt zwischen 20 - 22 % zu sich. Die ermittelte NSBA befand sich hier bei 17 mmol/l. Außer die zwei ermittelten NSBA Werte über 100 mmol/l befanden sich nach ROSSOW (2003) alle anderen Ausscheidungswerte innerhalb des azidotischen Belastungsbereichs.

Kalkuliert man die NSBA nach den Referenzbereichen von FÜRLL (2004), Empfehlungsbereich zwischen 83 - 215 mmol/l, dann befanden sich fast alle Werte im XS Bereich zwischen 3667 - 4485 g/d nicht innerhalb dieser Empfehlungen.

4. Laktationswoche

In der 4. Laktationswoche zeigte sich ein noch weit differenzierteres Bild als ein der 2. Laktationswoche. Innerhalb der XS Gruppierungsbereiche von ≤ 4384 g/d und zwischen 4384 - 5076 g/d wird ersichtlich, dass mit erhöhter peNDF die NSBA sank. Im Bereich einer XS-Aufnahme ≥ 5076 g/d stieg die NSBA mit zunehmender peNDF an. Hier stieg die NSBA von durchschnittlich 82,36 mmol/l, bei einer peNDF unter 20 %, auf 110,5 mmol/l, bei einer peNDF von ≥ 5076 g/d, an. Laut ROSSOW (2003) befanden sich alle NSBA Werte unter 100 mmol/l im azidotischen Belastungszustand. Ebenso befanden sich nach FÜRLL (2004) nicht alle Werte innerhalb des anzustrebenden Toleranzbereiches zwischen 83 - 215 mmol/.

9. Laktationswoche

Bei den Auswertungen innerhalb der 9. Laktationswoche waren ebenfalls Schwankungen zwischen den unterschiedlichen Aufnahmen deutlich erkennbar. Es zeigte sich im Bereich eines peNDF Gehalts zwischen 20 - 22 %, dass mit zunehmender Aufnahme an XS, die NSBA stieg. Hier stieg die NSBA von 61,83 mmol/l (≤ 4578 g XS/d) auf 120,83 mmol/l bei einer XS-Aufnahme von ≥ 5392 g/d an. Im hohen peNDF Gruppierungsbereich von > 22 % fiel die NSBA mit zunehmender XS-Aufnahme ab. Die NSBA sank von 124,44 mmo/l (≤ 4578 g XS/d) auf 51 mmol/l (≥ 5392 g XS/d) ab. Alle NSBA Werte unter 100 mmol/l weisen nach ROSSOW (2003) auf einen azidotischen Belastungszustand in der Kuh hin. Nach FÜRLL (2004) befanden sich zwei ermittelte NSBA Werte nicht innerhalb seines Toleranzbereiches.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass unabhängig der XS-Aufnahmen oder des peNDF Gehalts in der Ration, der Großteil der erfassten NSBA Werte auf einen azidotischen Belastungszustand bei den Versuchskühen hindeutete. Speziell orientiert sich diese Aussage nach ROSSOW (2003), dessen Grenzbereiche dieses ausdrücken. Jedoch ist zu erwähnen, dass die in den Rationen verfütterte DCAB unterhalb der Empfehlungen lagen, wie unter Kapitel 4.2 dieser Arbeit beschrieben wurde. Demzufolge stellt dies den Hauptgrund der geringen NSBA Werte dar. Trotzdem sind weitere Untersuchungen in diesem Bereich empfehlenswert.

6.3.4 Zusammenhang zwischen der NSBA und dem Pansen-pH-Wert

Bei der Auswertung des Zusammenhangs zwischen der NSBA und dem Pansen-pH-Wert ergab sich, dass über die Hälfte der Versuchskühe, insgesamt 83 Tiere, eine NSBA unter 100 mmol/l aufwiesen. Dies deutet auf eine azidotische Belastung hin (ROSSOW, 2003). Insgesamt 50 Versuchskühe, über beide Rationsgruppen hinweg betrachtet, wiesen eine NSBA im physiologischen Normalbereich zwischen 100 - 200 mmol/l auf (ROSSOW, 2003). Eine alkalotische Belastung (> 200 mmol/l - ROSSOW, 2003) konnten lediglich nur bei 5 Milchkühen erfasst werden. Bei der Betrachtung, ob anhand der NSBA-Werte Rückschlüsse auf den Pansen-pH-Wert getroffen werden können und umgekehrt, konnte aus der Auswertung nicht hervorgehen. Alle Kühe wiesen, egal welcher Referenzbereich der NSBA im Harn auftrat, einen anzustrebenden Pansen-pH-Wert auf. Nach WEST (2017) liegt der Optimalbereich des Pansen-pH-Werts zwischen 6,3 und 6,8. Bei einem normalen Pansen-pH-Wert befindet sich der Bereich zwischen 5,8 und 6,2. Alle ermittelten pH-Werte im Pansen wiesen diese Bereiche noch WEST (2017) auf. Jedoch lässt sich eine leichte Tendenz zur azidotischer Belastung zwischen der NSBA im Harn und dem Pansen-pH-Wert erkennen.

6.4 Veränderungen der Milchparameter - Allgemein und zwischen den Laktationswochen

Unter Kapitel 6.4 werden die Veränderungen der Milchparameter: Milchmenge, Milchfettgehalt, Milcheiweißgehalt und Energiekorrigierte Milchmenge, jeweils zuerst gesamtdurchschnittlich und dann separat für die einzelnen Laktationswochen sowie innerhalb der unterschiedlichen Versuchsgruppen betrachtet und diskutiert.

Milchmenge

Die gesamtdurchschnittliche Milchmenge in der *NDF-reichen Versuchsgruppe* lag bei 40,9 ± 7,0 kg/d. Innerhalb der einzelnen Laktationswochen zeigten sich Schwankungen. Zum Laktationsbeginn in der 2. Woche lag die durchschnittliche Milchmenge bei 37,5 ± 6,1 kg/d, stieg dann zur Messung in der 4. Laktationswoche auf 43,7 ± 7,2 kg/d an. In der 9. Laktationswoche lag die Erfassung der mittleren Milchmenge bei 41,6 ± 6,4 kg/d. Zur Bewertung der Milchleistung ist zu sagen, dass mehrere Faktoren die Milchmenge einer Kuh beeinflussen. Neben dem genetischen Potenzial spielt die Futteraufnahme und Nährstoffversorgung sowie die Laktationsnummer als auch das Trächtigkeitsstadium eine entscheidende Rolle (BRADE et al., 2016). Für die Bewertung der Auswertung ist in diesem Fall, unter anderem die Futteraufnahme bedeutend. Im ersten Laktationsdrittel ist das Futteraufnahmevermögen, im Vergleich zu späteren Laktationsabschnitten, niedriger. Jedoch ist gerade in dieser Laktationsphase, wo auch dieser Versuch durchgeführt wurde, der Bedarf an Energie und Nährstoffen für die Erhaltung und die Milchproduktion am höchsten. Demzufolge fallen die Tiere in eine negative Energiebilanz. Nach KTBL (2009) sollte die Trockenmasseaufnahme bei einer durchschnittlichen Milchmenge von 41 kg/d um die 23 - 24 kgTM/d liegen. Die TM-Aufnahme lag bei der NDF-reichen Futterration im Versuch bei durchschnittlich 20,2 ± 3,7 kgTM/d. Demzufolge lag die Grundvoraussetzung des Ausgleichs darin, eine qualitativ optimale und wiederkäuergerechte Versorgung an Energie und Nährstoffen durch die Fütterung zu gewährleisten (KRÄMER, 1984; SIEBERT und PALLAUF, 2010).

Bei der *XS-reichen Versuchsgruppe* lag die gesamtdurchschnittliche Milchmenge bei 43,3 ± 9,0 kg/d. Bei der Auswertung wird deutlich sichtbar, dass mit dem Voranschreiten der Laktation die durchschnittliche Milchmenge sukzessiv anstieg. In der 2. Laktationswoche lag die Milchleistung durchschnittlich bei 40,6 ± 8,5 kg/d und stieg dann zur 4. Laktationswoche auf 43,0 ± 10,6 kg/d an. Bei der Messung in der 9. Laktationswoche ergab sich im Mittel eine Milchmenge von 46,3 ± 6,8 kg/d. Die Höhe der Milchleistung wird von mehreren Faktoren

beeinflusst, unter anderem durch die Trockenmasseaufnahme. In diesem Zusammenhang ergab sich, dass die TM-Aufnahme nach KTBL (2009) für die gesamtdurchschnittliche Milchmenge von rund 43 kg/d zwischen 23 - 25 kgTM/d betragen sollte. Die durchschnittlich erfasste Trockenmasseaufnahme in der XS-reichen Versuchsgruppe lag jedoch nur bei 20,9 ± 4,5 kgTM/d. Damit zeigt sich das Potenzial eines Energiedefizit in diesem Leistungsstadium deutlich. Zwischen den Fütterungsgruppen konnten signifikante Unterschiede in der 9. Laktationswoche analysiert werden ($p \leq 0{,}023$).

Zusammenfassend ist erkennbar, dass die XS-reiche Versuchsgruppe über die gesamte Versuchsdauer im Durchschnitt eindeutig höher Milchmengen erzielte. Ebenso waren keine Schwankungen, sondern ein sukzessiver Anstieg der Milchleistung ersichtlich. Dem gegenüber wies die NDF-reichen Versuchsgruppe einige Schwankungen auf. Allgemein lag die Höhe der Milchleistung in der NDF-reichen Versuchsgruppe unter dem Niveau der XS-reichen Versuchsgruppe.

Milchfettgehalt

Der gesamtdurchschnittliche Milchfettgehalt in der *NDF-reichen Versuchsgruppe* lag bei 3,7 %. Bei den Auswertungen innerhalb der Versuchswochen sank der Milchfettgehalt mit voranschreiten der Laktation leicht ab. In der 2. Laktationswoche lag der durchschnittliche Fettgehalt in der Milch bei 3,9 ± 0,8 %, sank zur 4. Laktationswoche auf einen Fettgehalt von 3,7 ± 0,6 % ab und lag bei der Erfassung in der 9. Laktationswoche bei durchschnittlich 3,4 ± 0,5 % Milchfett. SPIEKERS et al. (2004) empfiehlt einen anzustrebenden Fettgehalt in der Kuhmilch zwischen 3,5 - 4,5 %. Bei den Qualitätsanforderungen der deutschen Molkereien, für die Berechnung des Grundpreises, wird ein Fettgehalt von 4,0 % in der Milch angenommen. Nach SPIEKERS et al. (2004) befanden sich die durchschnittlich erfassten Milchfettgehalte, außer in der 9. Laktationswoche, im vorgeschrieben Empfehlungsbereich. Nach den Qualitätsanforderungen der deutschen Molkereien lag der durchschnittlich ermittelte Fettgehalt in der Milch unter den vorgeschriebenen Erwartungen.

In der *XS-reichen Versuchsgruppe* lag der gesamtdurchschnittliche Milchfettgehalt bei 3,5 ± 0,8 %. Innerhalb der Versuchswochen sank der Milchfettgehalt stark ab. In der 2. Laktationswoche lag der durchschnittliche Milchfettgehalt bei 4,0 ± 0,5 % und sank in der 4. Laktationswoche auf 3,5 ± 0,6 % ab. Bei den Erfassungen in der 9. Laktationswoche lag der ermittelte Fettgehalt in der Milch bei nur noch 3,0 ± 0,8 %. Nach SPIEKERS et al. (2004) befanden sich die Fettgehalte in der 2. und 4. Laktationswoche im Empfehlungsbereich zwischen 3,5 und 4,5 % Milchfett. Der erfasste Durchschnittsgehalt in der 9.

Laktationswoche lag mit 3,0 % Milchfett stark unter den Empfehlungen. Auch die Anforderungen der deutschen Molkerreinen konnten nicht erfüllt werden. Hier befanden sich alle Auswertung des Milchfettsgehalts unter den Qualitätsanforderungen von 4,0 % Milchfett.

Gründe für die Veränderungen des Milchfettgehalts liegen zum Großteil innerhalb der unterschiedlich ausgerichteten Rationszusammenstellung, denn es wird der Milchfettgehalt, neben dem genetischen Potenzials, am stärksten von der Fütterung beeinflusst. Die im Pansen gebildeten flüchtigen Fettsäuren (Essig- und Buttersäure), die vor allem aus rohfaser- und strukturreichem Futter entstehen, sind hauptsächlich für die Bildung des Milchfettes verantwortlich (WURM, 2010). Dies zeigten auch die Gehalte des Milchfettes innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe gegenüber der XS-reichen Versuchsgruppe. Im Durchschnitt lagen die höheren Milchfettgehalte bei der strukturorientierten Futterration. Bei der stärkereicheren Futterration wird vermehrt die flüchtige Fettsäure Propionsäure gebildet. Dies bedeutet, dass das Verhältnis zwischen Essig- und Propionsäure sich verschiebt und der Milchfettgehalt in diesem Zusammenhang sinkt (WURM, 2010). Weitere Einflüsse auf die Ausprägung des Milchfettgehalts haben Temperatur und Luftführung im Stall. Hitze und eine mangende Luftbewegung führen allgemein zu geringeren Milchinhaltsstoffen, speziell aber zu niedrigeren Milchfettgehalten (SPIEKERS et al., 2004). Unter Kapitel 4.2 dieser Arbeit wurden die Störfaktoren innerhalb des Versuches erwähnt, unter anderem auch, das die Versuchskühe Tageshöchsttemperaturen von über 30 °C ausgesetzt waren. Demzufolge kann sich dieser Faktor auf beide Versuchsgruppen negativ auf die Bildung des Fettgehaltes in der Milch ausgewirkt haben. Signifikante Unterschiede konnten zwischen den Fütterungsgruppen in der 9. Laktationswoche bei der statistischen Auswertung erfasst werden ($p \leq 0{,}042$).

Milcheiweißgehalt

Bei der *NDF-reichen Versuchsgruppe* lag der gesamtdurchschnittliche Milcheiweißgehalt bei 3,3 ± 0,3 %. Innerhalb der untersuchten Laktationswochen zeigten sich bei der Auswertung doch einige Schwankungen. In der 2. Laktationswoche lag der Eiweißgehalt in der Milch bei durchschnittlich 3,6 ± 0,4 %. Zur 4. Laktationswoche sank der Wert auf 3,1 ± 0,2 % Milcheiweiß ab und lag in der 9. Laktationswoche bei durchschnittlich 3,2 ± 0,2 %. Nach SPIEKERS et al. (2004) liegt der anzustrebende Empfehlungsbereich des Milcheiweißes zwischen 3,0 und 3,5 %. Die Qualitätsanforderungen der deutschen Molkereien, für die Kalkulierung des Milchgrundpreises, schreiben einen Eiweißgehalt von 3,4 % in der Kuhmilch vor. Nach dem Empfehlungsbereich von SPIEKER et al. (2004) lagen die erfassten Durchschnittswerte des Milcheiweißgehaltes soweit alle im vorgeschriebenen Bereich. Bei

den Messungen zur 2. Laktationswoche lag der Eiweißgehalt sogar leicht über den Empfehlungen.

Der gesamtdurchschnittliche Eiweißgehalt lag in der *XS-reichen Versuchsgruppe* bei 3,3 ± 0,3 %, ebenso wie bei der NDF-reichen Versuchsgruppe. Innerhalb der Laktationswochen waren die Schwankungen gering. Zu Laktationsbeginn in der 2. Woche lag der Milcheiweißgehalt bei durchschnittlich 3,4 ± 0,3 %. In der 4. Laktationswoche befand sich der Milcheiweißgehalt im Mittel bei 3,2 ± 0,4 % und lag ebenfalls in der 9. Laktationswoche bei durchschnittlich 3,2 ± 0,2 %. Alle erfassten Milcheiweißergebnisse befanden sich innerhalb des Versuchszeitraums im vorgeschriebenen Empfehlungsbereich nach SPIEKERS et al. (2004).

Gründe für die Schwankungen zwischen den Laktationswochen wurden zum Großteil von den unterschiedlichen ausgerichteten Futterrationen beeinflusst. Es wurde bei der Auswertung deutlich erkennbar, dass die XS-reiche Versuchsgruppe, innerhalb des Versuchszeitraums, deutlich stabiler gegenüber den Milcheiweißgehalten in der NDF-reichen Versuchsgruppe war. Dies liegt vor allem daran, dass der Milcheiweißgehalt vermehrt von der Stärke sowie Stärkebeständigkeit und von der Proteinversorgung im Futter beeinflusst wird (SPIEKERS et al., 2004). In beiden Versuchsgruppen lag das Rohprotein (XP) im vorgeschriebenen Empfehlungsbereich. Beim nutzbaren Rohprotein (nXP) lag die Kalkulation mit 161 g/kg TM in der XS-reichen Versuchsgruppe etwas über den Empfehlungen der DLG (2012) von nur 150 g/kg TM. Dieser Zusammenhang und die Ausrichtung der XS-betonten Futterration begünstigen den Milcheiweißgehalt und ergaben demzufolge die relativ stabilen Eiweißgehalte in dieser Versuchsgruppe. Es traten bei der statistischen Auswertung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf.

Energiekorrigierte Milchmenge

Innerhalb der *NDF-reichen Versuchsgruppe* lag die gesamtdurchschnittlich erfasste Energiekorrigierte Milchmenge (ECM) bei 38,9 ± 6,5 kg/d. Bei den Auswertungen innerhalb der Laktationswochen wurden Schwankungen deutlich erkennbar. Zum Laktationsbeginn in der 2. Woche lag die ECM im Mittel bei 37,2 ± 6,7 kg/d, stieg dann in der 4. Laktationswoche auf 41,3 ± 6,8 kg/d an und sank zur 9. Laktationswoche auf durchschnittlich 38,3 ± 5,6 kg/d ECM wieder ab.
Bei der *XS-reichen Versuchsgruppe* lag die gesamtdurchschnittliche ECM mit 40,3 ± 8,5 kg/d. Insgesamt sind dies durchschnittlich 1,4 kg/d ECM höher als in der NDF-reichen Versuchsgruppe. Bei den Auswertungen innerhalb der Laktationswochen wies die ECM

kaum Schwankungen auf. In der 2. Laktationswoche befand sich die ECM im Mittel bei 40,9 ± 8,3 kg/d, sank dann ganz leicht zur 4. Laktationswoche auf durchschnittliche 39,8 ± 8,8 kg/d ab und stieg in der 9. Laktationswoche wieder leicht auf 40,3 ± 6,1 kg/d an.

Die Auswertung der berechneten ECM dient als Kontrollinstrument (SPIEKERS et al., 2004 - siehe Kapitel 2.3.4). Denn es spielt neben der absoluten Tagesmilchenge, vor allem die energierelevanten Milchparameter Fett und Eiweiß eine entscheidende Rolle. Die XS-reiche Versuchsgruppe besitzt, bedingt durch den höheren Anteil an Kraftfutter bzw. leicht verdaulichen Kohlenhydrate, mehr Energie im Futter. Dies spiegelte sich auch bei den Milchinhaltsstoffen wieder. Beim Vergleich der beiden Versuchsgruppen wurde ersichtlich, dass zwar beide Gruppen fütterungsbedingt Schwankungen in den Milchinhaltsstoffen aufzeigten, jedoch wies die XS-reiche Versuchsgruppe zusammenfassend eine bessere durchschnittliche Energiekorrigierte Milchmenge auf. Es konnten keine signifikanten Unterschiede bei der statistischen Auswertung zwischen den Gruppen ermittelt werden.

6.4.1 Zusammenhänge zwischen ECM und Trockenmasseaufnahme sowie Pansen-pH-Wert innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe

Die folgenden Auswertungen unter diesem Kapitel beziehen sich auf die Betrachtung innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe. Für die bessere Darstellung und Auswertung wurde die gruppierte ECM der Versuchsgruppen verwendet. Der Zusammenhang zwischen ECM und der Trockenmasseaufnahme wird über alle Versuchswochen hinweg ausgewertete und diskutiert. Bei der Auswertung des Pansen-pH-Werts im Zusammenhang zur ECM erfolgt als erstes die Betrachtung über alle Laktationswochen hinweg und im Anschluss zwischen den Laktationswochen.

Trockenmasseaufnahme

Bei der Auswertung, inwieweit die Trockenmasseaufnahme einen Einfluss auf die ECM ausübte und umgekehrt, konnte festgestellt werden, dass mit zunehmender ECM-Leistung ebenfalls die Trockenmasseaufnahme anstieg. Bei einer ECM von < 34,99 kg/d nahmen die Versuchskühe durchschnittlich 16,67 kgTM/d auf. Zwischen 34,99 - 41,97 kg ECM/d lag die Aufnahme an Trockenmasse bei 20,89 kg/d und stieg bei einer ECM-Leistung von > 41,97 kg/d auf 22,61 kgTM/d an. GRUBER et al. (2019) empfiehlt in der Anfütterungsphase, dies entspricht ca. den ersten 40 Tage der Laktation, eine Futteraufnahme zwischen 13,0 - 22,0 kgTM/d. Im weiteren Laktationsverlauf sollte die

Futteraufnahme der Kuh entsprechend ihrer Milchleistung angepasst werden um das Leistungspotenzial und die Gesundheit abzusichern. Eine Trockenmasseaufnahme zwischen 20 bis 25 kgTM/d sollte, somit im weiteren Laktationsverlauf, bei optimaler Futterqualität und durch das ab-libitum-Angebot der TMR erzielt werden (KTBL, 2009). Demnach passen die erfassten Trockenmasseaufnahmen in die erwähnten Empfehlungsbereiche. Ebenso zeigte die Auswertung, dass je besser die Trockenmasseaufnahmen der Kühe sind, umso höher steigt die durchschnittliche ECM-Leistung. Es konnten bei der statistischen Auswertung zwischen den ECM-Gruppierungen signifikante Unterschiede von $p \leq 0{,}001$ ermittelt werden.

Pansen-pH-Wert

Bei der Auswertung der Gesamtübersicht zwischen Pansen-pH-Wert und der ECM wurden Schwankungen deutlich erkennbar. Der Pansen-pH-Wert betrug 6,31 bei den Versuchstieren, die eine durchschnittliche ECM-Leistung von < 34,99 kg/d aufwiesen und fiel bei einer ECM-Leistung zwischen 34,99 bis 41,97 kg/d auf 6,12. Bei > 41,97 kg ECM/d lag der gemessene Pansen-pH-Wert bei 6,41. Nach WEST (2017) befanden sich alle Pansen-pH-Werte im vorgeschriebenen Optimalbereich (6,3 - 6,8) bzw. im Normalbereich (5,8 - 6,2). Es ist zusammenfassend deutlich erkennbar, dass die Milchkühe die eine sehr hohe sowie geringe Energiekorrigierte Milchleistung (ECM) besaßen, die höchsten Pansen-pH-Werte erzielten.

Bei den Auswertungen zwischen den untersuchten Laktationswochen zeigten sich sowohl bei den geringen ECM-Leistungen < 34,99 kg/d als auch bei den hohen Leistungen von > 41,97 kg/d, dass mit voranschreiten der Laktation der Pansen-pH-Wert sank. Im ECM Bereich < 34,99 kg/d befand sich der Pansen-pH-Wert in der 2. Laktationswoche bei 6,51 und fiel zur 4. Laktationswoche auf 6,32 ab. Bei den Messungen zur 9. Laktationswoche befand sich der ermittelte Pansen-pH-Wert bei nur noch 6,02. Innerhalb des hohen ECM Bereichs von > 41,97 kg/d lag der Pansen-pH-Wert bei 6,62 in der 2. Laktationswoche, fiel auf 6,32 zur Messung in der 4. Laktationswoche ab und betrug in der 9. Laktationswoche durchschnittlich 6,30. Bei den Leistungen zwischen 34,99 - 41,97 kg/d ECM wurden Schwankungen deutlich ermittelt. Allgemein war der Pansen-pH-Wert in diesem Bereich, gegenüber den anderen ECM - Leistungsbereichen, deutlich niedriger. In der 2. Laktationswoche befand sich der ermittelte Pansen-pH-Wert bei durchschnittlich 6,10, stieg dann leicht zur Messung in der 4. Laktationswoche auf 6,26 an und sank zur 9. Laktationswoche auf 6,04 ab. Nach WEST (2017) befanden sich die ermittelten Pansen-pH-Werte, im hohen ECM Bereich von > 41,97 kg/d, im empfohlenen Optimalbereich zwischen 6,3 und 6,8. Innerhalb des geringen ECM Gruppierungsbereiches von < 34,99 kg/d,

befanden sich ebenfalls fast alle Pansen-pH-Werte innerhalb dieses Empfehlungsbereiches. Die restlichen ermittelten Pansen-pH-Werte, vor allem im Bereich zwischen 34,99 - 41,97 kg/d ECM, wiesen nach WEST (2017) einen Normalbereich zwischen 5,6 - 6,2, auf.

6.4.2 Zusammenhänge zwischen ECM und Trockenmasseaufnahme sowie Pansen-pH-Wert innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe

Die folgenden Auswertungen unter diesem Kapitel beziehen sich auf die Betrachtung innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe. Für die bessere Darstellung und Auswertung wurde die gruppierte ECM der Versuchsgruppen verwendet. Der Zusammenhang zwischen ECM und der Trockenmasseaufnahme wird über alle Versuchswochen hinweg ausgewertete und diskutiert. Bei der Auswertung des Pansen-pH-Werts im Zusammenhang zur ECM erfolgt als erstes die Betrachtung über alle Laktationswochen hinweg und im Anschluss zwischen den Laktationswochen.

Trockenmasseaufnahme

Bei der Auswertung der ECM im Zusammenhang zur Trockenmasseaufnahme wurde ersichtlich, dass auch hier mit steigender Milchleistung die Aufnahme an Trockenmasse zunimmt. Allgemein ist zu sagen, dass die XS-reichere Ration eine bessere Milchleistung besaß, demzufolge sind die Gruppierungen der ECM-Leistungen im Gegensatz zu der NDF-reichen Ration höher. Bei einer ECM von < 35,87 kg/d nahmen die Kühe durchschnittlich 19,12 kg/d zu sich. Die Aufnahme stieg bei einer ECM zwischen 35,87 - 43,69 kg/d auf 20,73 kgTM/d an und lag bei einer Milchleistung von > 43,69 kg ECM/d bei durchschnittlich 22,48 kgTM/d. Die Versuchskühe der XS-reiche Ration wiesen, gegenüber der NDF-reichen Versuchsgruppe, innerhalb des niedrigsten ECM-Bereiches, eine Leistungsdifferenz von 0,88 kg auf und konnten ebenfalls in diesem Bereich eine höhere Trockenmasseaufnahme von 2,45 kg/d erzielen. Die restlichen Trockenmasseaufnahmen waren im Mittel annähernd gleich wie bei der NDF-reichen Versuchsgruppe. Nach GRUBER et al. (2019) sollte während der Anfütterungsphase, dies entspricht ca. den ersten 40 Tage der Laktation, eine Futteraufnahme zwischen 13,0 - 22,0 kgTM/d aufgenommen werden. Im weiteren Laktationsverlauf sollte die Futteraufnahme der Kuh entsprechend ihrer Milchleistung angepasst werden um das Leistungspotenzial und die Gesundheit abzusichern. Eine Trockenmasseaufnahme zwischen 20 bis 25 kgTM/d sollte im weiteren Laktationsverlauf, bei optimaler Futterqualität und durch das ab-libitum-Angebot der TMR erzielt werden (KTBL, 2009). Die erfassten TM-Aufnahmen, innerhalb der unterschiedlichen Milchleistungen,

passen zu den genannten Empfehlungswerten. Außerdem konnte bei der statistischen Auswertung signifikante Unterschiede zwischen den ECM-Gruppierungen von $p \leq 0{,}022$ ermittelt werden.

Pansen-pH-Wert

Bei den Auswertungen der Gesamtbetrachtung zwischen ECM und Pansen-pH-Wert, innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe, zeigten sich zwischen den unterschiedlichen ECM Gruppierungsbereichen Schwankungen. Im Leistungsbereich von < 35,87 kg/d ECM wiesen die Versuchskühe eine durchschnittlichen Pansen-pH-Wert von 6,20 auf. Der pH-Wert im Pansen erhöhte sich auf 6,31 bei einer ECM-Leistung zwischen 35,87 - 43,69 kg/d. Im ECM Bereich > 43,96 kg/d lag der ermittelte Pansen-pH-Wert bei 6,25. Alle ermittelten Pansen-pH-Werte befanden sich nach WEST (2017) innerhalb des Empfehlungsbereichs. Es konnten bei der statistischen Auswertung keine signifikanten Unterschiede erfasste werden.

Die Auswertungen innerhalb der Laktationswochen zeigten deutliche Schwankungen. Innerhalb des niedrigen ECM Bereiches < 35,87 kg/d konnte ein sukzessiver Rückgang des Pansen-pH-Werts mit voranschreiten der Laktation erfasst werden. Der Pansen-pH-Wert befand sich in der 2. Laktationswoche bei 6,41, sank zur 4. Laktationswoche auf 6,29 ab und lag zur Messung in der 9. Laktationswoche bei noch 5,89. Bei den Auswertungen innerhalb der anderen Gruppierungsbereiche war keine Tendenz erkennbar. Im ECM Bereich zwischen 35,87 - 43,69 kg/d befand sich der Pansen-pH-Wert bei 6,39 in der 2. Laktationswoche, stieg auf durchschnittlich 6,48 zur 4. Laktationswoche an und sank dann auf 6,10 zur Messung in der 9. Laktationswoche ab. Ein ähnliches Bild wies der hohe ECM Gruppierungsbereich (> 43,96 kg/d) auf. Hier lag der erfasste Pansen-pH-Wert zur 2. Laktationswoche bei 6,59, sank auf 6,02 zur Messung in der 4. Laktationswoche ab und stieg dann wieder zur 9. Laktationswoche auf 6,11 an. Nach WEST (2017) befanden sich alle ermittelten Pansen-pH-Wert innerhalb der wünschenswerten Empfehlungsbereichen. Jedoch ist der Grund der Schwankungen innerhalb der unterschiedlichen ECM Leistungen und Laktationswochen nicht klar erkennbar. Zu einem werden jedoch die Störfaktoren, welche unter Kapitel 4.2 aufgelistet sind eine Rolle spielen. Denn Hitzestress sowie auch Nacherwärmung der Grassilage beeinflussen die Milchleistung und deren Inhaltsstoffe und können somit Einfluss auf die ECM als auch auf den Pansen-pH-Wert ausüben. Es traten zwischen den Wochen, bei der statistischen Auswertung, signifikante Unterschiede von $p \leq 0{,}001$ sowie Wechselwirkungen ($p \leq 0{,}056$) auf.

6.4.3 Vergleich beider Versuchsgruppen zwischen den Zusammenhängen von ECM und Trockenmasseaufnahme sowie Pansen-pH-Wert

Beim Vergleich beider Versuchsgruppe zeigte sich zum einem deutlich, dass im Durchschnitt die ECM-Leistungen der XS-reichen Gruppe am stärksten waren. Bei dem Gruppierungsbereich der höchsten Leistungen innerhalb der Versuchsgruppen betrug die Differenz durchschnittlich 1,72 kg/d. Jedoch waren die Trockenmasseaufnahmen beider Versuchsgruppen innerhalb des hohen ECM-Gruppierungsbereichs fast identisch. Hier nahm die NDF-reiche Versuchsgruppe im Mittel 22,61 kg TM/d zu sich und die XS-reiche Versuchsgruppe 22,48 kg TM/d auf. Beim Pansen-pH-Wert zeigten beide Gruppen unterschiedliche Ergebnisse. In der NDF-reichen Versuchsgruppe lag der höchste Pansen-pH-Wert, innerhalb der Gesamtbetrachtung, bei 6,41 im Bereich der höchsten ECM-Leistung (> 41,97 kg/d). Bei den Auswertungen innerhalb der untersuchten Laktationswochen konnte jedoch ermittelt werden, dass sowohl bei den hohen als auch niedrigsten ECM-Leistungen der pH-Wert im Pansen mit voranschreitender Laktation leicht sank. Es befanden sich jedoch alle pH-Wert Messungen innerhalb der Empfehlungsbereiche von WEST (2017). Innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe konnte der durchschnittlich höchste Pansen-pH-Wert mit 6,31 erfasst werden, bei der Gesamtbetrachtung im ECM-Bereich zwischen 35,87 - 43,69 kg/d. Bei den Auswertungen innerhalb der Laktationswochen wies lediglich der ECM-Bereich < 35,87 kg/d eine eindeutig absinkende Tendenz auf. Alle anderen Gruppierungsbereiche zeigten mit voranschreitender Laktation unterschiedliche Schwankungen im Pansen-pH-Wert auf. Mögliche Ursachen könnte die stärke Anfälligkeit der Versuchskühe auf die aufgetretenen Störfaktoren sein. Jedoch befanden sich alle ermittelten pH-Werte des Pansens, in der XS-reichen Versuchsgruppe, innerhalb der anzustrebenden Empfehlungsbereiche welche WEST (2017) vorgibt. Zusammenfassend ist jedoch zu sagen, dass die Kühe der XS-reichen Versuchsgruppe allgemein geringe Pansen-pH-Werte aufwiesen als die Tiere der NDF-reichen Versuchsgruppe. Vor diesem Hintergrund sollten die aktuellen Empfehlungen zur Versorgung hochleistender Milchkühe in Bezug auf Struktur- und leicht lösliche Kohlenhydrate überprüft werden.

6.5 Veränderungen des Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ) - Allgemein und zwischen den Laktationswochen

In der *NDF-reichen Versuchsgruppe* befand sich der FEQ durchschnittlich über den gesamten Versuchszeitraum hinweg bei 1,1 ± 0,2. Zwischen den untersuchten Laktationswochen waren kaum Schwankungen erfassbar. In der 2. Laktationswoche betrug der ermittelte FEQ 1,1 ± 0,2, stieg ganz leicht in der 4. Laktationswoche auf durchschnittlich 1,2 ± 0,1 an und sank zur 9. Laktationswoche wieder auf 1,1 ± 0,1 ab. Nach Angaben u.a. des LKV (2012) befindet sich der Optimalbereich des FEQ zwischen 1,1 - 1,5. Vergleicht man die erfassten FEQ Werte innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe mit den Literaturempfehlungen lässt sich demnach feststellen, dass die ermittelten Werte innerhalb des Empfehlungsbereiches lagen. Es ist jedoch auffällig, dass in einer strukturreichen Futterration der erfasste FEQ am unteren Optimalbereich sich befand, da nach WURM (2010) rohfaserreiche Futterration den FEQ begünstigen.

Bei der Auswertung der *XS-reichen Versuchsgruppe* lag der gesamtdurchschnittliche FEQ, ebenfalls wie in der NDF-reichen Versuchsgruppe, bei 1,1 ± 0,2. Es zeigte sich doch mit voranschreiten der Laktation ein Rückgang des FEQ. Der FEQ befand sich in der 2. Laktationswoche bei 1,2 ± 0,2 und sank leicht zur 4. Laktationswoche auf 1,1 ± 0,2 ab. In der 9. Laktationswoche lag der durchschnittliche FEQ Wert bei nur nach 0,9 ± 0,2. Es konnte bei der statistischen Auswertung in der 9. Laktationswoche zwischen den Versuchsgruppen ein signifikanter Unterschied von $p \leq 0{,}013$ erfasst werden. Nach Angaben des LKV (2012) befanden sich die ermittelten FEQ Messungen in der 2. und 4. Laktationswoche innerhalb des empfohlenen Optimalbereiches zwischen 1,1 und 1,5. In der 9. Laktationswoche befand sich der FEQ Wert innerhalb des azidotischen Belastungsbereiches. Der Grund des ersichtlichen Rückganges des FEQ, ist der versuchsbedingten Rationsgestaltung geschuldet. Eine kaftfutterreiche Ration fördert die Verschiebung des Fett - Eiweiß - Verhältnisses. Es kommt durch die daraufhin ausgerichtete Rationsgestaltung zu einer vermehrten Bildung von Propionsäure (erhöhte Milcheiweißbildung), welche wiederum die Pufferkapazität des Pansens negativ beeinflusst. Der FEQ der Milchkühe sink ab (WURM; 2010).

6.5.1 Einflüsse der Trockenmasseaufnahme, der Aufnahme an Stärke und strukturwirkamer Rohfaser, peNDF sowie Pansen-pH-Wert auf den FEQ der Milchkühe

Unter diesem Kapitel 6.5.1 werden die unterschiedlichen Einflüsse von Trockenmasseaufnahme, der Aufnahme von Stärke und strukturwirksamer Rohfaser, des peNDF Gehalts sowie des Pansen-pH-Werts auf den FEQ ausgewertet und diskutiert. Es erfolgt bei den jeweiligen Kennzahlen zuerst die Auswertung für jede Versuchsgruppe separat. Im Anschluss wird dann die Auswertung zwischen den Laktationswochen diskutiert, jedoch erfolgt diese Auswertung über beide Versuchsgruppen hinweg.

6.5.1.1 Trockenmasseaufnahme

NDF-reiche Versuchsgruppe

Bei den Auswertungen wurde ersichtlich, dass die TM-Aufnahmen unabhängig welchen FEQ die Milchkühe aufwiesen, sehr ähnlich waren. Bei einem FEQ < 1,1 nahmen die Kühe eine TM-Aufnahme von 20,57 kg/d zu sich. Der Großteil der Versuchstiere (n 30) befand sich innerhalb des anzustrebenden FEQ zwischen 1,1 - 1,5. Hier lag die TM-Aufnahme bei 19,89 kg/d. Bei einem FEQ > 1,5 befand sich die TM-Aufnahme bei 21,2 kg/d. Diese TM-Aufnahmen und einen FEQ von > 1,5 wiesen jedoch nur zwei Milchkühe auf. Bei der statistischen Auswertung konnten keine signifikanten Zusammenhänge erfasst werden. Nach GRUBER et al. (2019) sollten die Milchkühe in der Anfütterungsphase (entspricht ca. die ersten 40 Tage der Laktation) zwischen 13,0 - 22,0 kg TM/d zu sich nehmen. KTBL (2009) gibt eine TM-Aufnahme von 20 bis 25 kg/d für den weiteren Laktationsverlauf, bei optimaler Futterqualität und ab-libitum-Angebot, vor. Die ermittelten Trockenmasseaufnahmen dieser Versuchsgruppe passen nach GRUBER et al. (2019) und KTBL (2009) zu den angegeben Empfehlungen. Wie schon erwähnt befand sich der Großteil der Versuchskühe (n 30) im optimale FEQ Bereich zwischen 1,1 und 1,5 (LKV; 2012). Es wiesen jedoch insgesamt 25 Versuchskühe einen FEQ > 1,1 auf, was laut LKV (2012) auf eine azidotische Belastung hindeutet. Zusammengefasst kann jedoch die Aussage getroffen werden, dass man nicht anhand der TM-Aufnahme Rückschlüsse auf FEQ ziehen konnte.

XS-reiche Versuchsgruppe

Bei der Auswertung des Zusammenhanges zwischen Trockenmasseaufnahme und FEQ in der XS-reichen Versuchsgruppe zeigten sich bei Auswertung ein paar Unterscheide. Im FEQ Bereich < 1,1 nahmen die Versuchstiere 21,7 kg TM/d zu sich. Beim Optimalbereich des FEQ zwischen 1,1 und 1,5 lag die TM-Aufnahme bei durchschnittlich 19,59 kg/d. Insgesamt wiesen drei Versuchstiere einen FEQ > 1,5 auf. Hier befand sich die TM-Aufnahme mit Mittel bei 25,07 kg/d. Es konnte bei der Auswertung festgestellt werden, dass mit 41 Versuchstieren der Großteil innerhalb des FEQ Bereichs unter 1,1 lagen. Laut dem LKV (2012) deutet dies auf eine azidotische Belastung im Tier hin. Grund dafür ist hauptsächlich die versuchsbedingte Rationsgestaltung. Die Tiere nahmen durch ihre Rationszusammenstellung mehr XS (Kraftfutter) auf. Dies förderte die Verschiebung des Fett - Eiweiß - Verhältnisses. Es kommt zu einer vermehrten Bildung von Propionsäure (erhöhte Milcheiweißbildung), welche wiederum die Pufferkapazität des Pansens negativ beeinflusst. Dies führt dazu, dass der FEQ der Milchkühe absinkt (WURM; 2010). Insgesamt wiesen 37 Versuchstiere einen optimalen FEQ zwischen 1,1 und 1,5 auf. Beurteilt man die Trockenmasseaufnahme, dann befanden sich alle ermittelten Aufnahmen laut GRUBER et al. (2019) und KTBL (2009) innerhalb der Empfehlungsbereiche. Es lässt sich jedoch auch hier zusammenfassend erwähnen, dass anhand der TM-Aufnahmen keine Rückschlüsse auf den FEQ zu erfassen sind. Bei der statistischen Auswertung konnten signifikante Unterschiede zwischen den FEQ-Gruppierungen von $p \leq 0{,}028$ ermittelt werden.

Gesamtbetrachtung über beide Versuchsgruppen

Die Auswertung innerhalb der Laktationswochen zeigte, dass natürlicher Weise mit voranschreiten der Laktation auch die Trockenmasseaufnahme anstieg. Vorab ist zu erwähnen, dass innerhalb des FEQ Gruppierungsbereich > 1,5 insgesamt nur fünf Versuchstiere diesen Wert aufwiesen. In diesem Bereich nahmen die Kühe in der 2. Laktationswoche (n 3) im Durchschnitt 20,47 kg TM/d zu sich und in der 4. Laktationswoche (n 2) 28,44 kg TM/d. Im anzustrebenden Optimalbereich des FEQ zwischen 1,1 und 1,5 stieg die TM-Aufnahme von durchschnittlich 18,55 kg/d in der 2. Laktationswoche auf 21,74 kg/d zur 9. Laktationswoche an. Im FEQ Gruppierungsbereich < 1,1 nahmen die TM-Aufnahmen von durchschnittlich 17,02 kg/d in der 2. Laktationswoche auf 23,37 kg/d zur 9. Laktationswoche zu. Zusammenfassend ist zu sagen, dass alle ermittelten TM-Aufnahmen innerhalb der Empfehlungswerte nach GRUBER et al. (2019) als auch nach KTBL (2009) sich befanden. Bei der Ermittlung der Anzahl der Tiere ergab sich, dass 66 Versuchskühe einen FEQ < 1,1 aufwiesen und 67 Versuchskühe im optimalen FEQ

Bereich lagen. Die Kühe die einen FEQ < 1,1 aufwiesen befanden sich nach LKV (2012) im azidotischen Belastungsbereich. Grund kann hier der Einfluss der XS-reichen Versuchsgruppe sein. Wie oben schon erwähnt, begünstigt eine erhöhte Aufnahme an XS bzw. Kraftfutter den Rückgang des FEQ (WURM; 2010). Signifikante Unterschiede traten bei den statistischen Auswertungen sowohl zwischen den Laktationswochen ($p \leq 0{,}001$) als auch bei den FEQ-Gruppieren ($p \leq 0{,}006$) auf. Es konnten Wechselwirkungen von $p \leq 0{,}04$ ermittelt werden.

6.5.1.2 Stärkeaufnahme

NDF-reiche Versuchsgruppe

Bei der Auswertung ließ sich sofort erkennen, dass im FEQ Bereich < 1,1 die höchste XS-Aufnahme von durchschnittlich 4048 g/d erzielt wurde. Insgesamt wiesen 25 Versuchstiere diesen Gruppierungsbereich auf. Beim Optimalbereich des FEQ zwischen 1,1 und 1,5 lag die durchschnittliche XS-Aufnahme bei 3980 g/d. Diesen Bereich wiesen 20 Versuchstiere dieser Gruppe auf. Einen FEQ Wert > 1,5 konnte bei insgesamt zwei Kühen ermittelt werden. Die XS-Aufnahme betrug 3988 g/d. Zusammenfassend wurde ersichtlich, dass natürlicherweise bei einem FEQ Wert < 1,1 die höchsten XS-Aufnahmen zu verzeichnen waren, da eine hohe XS-Aufnahme (hohe Kraftfutteraufnahme) einen negativen FEQ fördert (WURM; 2010). Ebenso kann dies mit der leicht erhöhten Trockenmasseaufnahme einhergehen, denn dadurch nahmen die Kühe dementsprechend auch mehr XS zu sich, woraufhin dieser Bereich, trotz der NDF-reichen Rationsausrichtung, sich stärker ausprägte. Es ist jedoch fraglich warum der Großteil der Versuchstiere diesen FEQ Wert < 1,1 aufwiesen, weil die XS-Ausrichtung am untersten Rand des Empfehlungsbereiches sich befand, wie unter Kapitel 6.1 - Stärkeaufnahme - dieser Arbeit schon beschrieben wurde. Es traten keine Signifikanzen auf.

XS-reiche Versuchsgruppe

Bei der XS-reichen Versuchsgruppe ergab die Auswertung, dass der Großteil der Versuchskühe (n 41) innerhalb des FEQ Gruppierungsbereiches < 1,1 waren und eine XS-Aufnahme von durchschnittlich 5130 g/d aufwiesen. Im anzustrebenden Optimalbereich des FEQ zwischen 1,1 und 1,5 (LKV; 2012) befanden sich 37 Versuchskühe. Hier betrug die durchschnittliche XS-Aufnahme 4834g/d. Lediglich drei Kühe wiesen einen FEQ > 1,5 auf. Jedoch erzielten diese Kühe im Mittel die höchsten XS-Aufnahmen von 5260 g/d.

Versuchsbedingt weist diese Gruppe einen höheren XS-Anteil in der Ration auf, was sich an den XS-Aufnahmen auch widerspiegelt und unter Kapitel 6.1 - Stärkeaufnahme - schon beschrieben wurde. Demzufolge ist die stärkere Ausprägung des FEQ unter 1,1 dem zurückzuführen. Denn wie WURM (2010) damals erwähnte, begünstigt eine XS-reiche Ration (kraftfutterreiche Ration) die Ausrichtung des negativen FEQ. Es konnten bei der statistischen Auswertung keine Signifikanzen ermittelt werden.

Gesamtbetrachtung über beide Versuchsgruppen

Bei der Auswertung innerhalb der Laktationswochen, jedoch über beide Versuchsgruppen hinweg, wurde allgemein ersichtlich, dass mit voraschreiten der Laktation auch die XS-Aufnahme anstieg. Dies liegt natürlicherweise daran, dass die Futteraufnahme der Kühe mit zunehmender Laktation ansteigt und somit auch die XS-Aufnahme. Der stärkste Anstieg an XS-Aufnahme wurde innerhalb des FEQ Bereichs < 1,1 erfasst. Hier stieg die XS-Aufnahme von 3844 g/d in der 2. Laktationswoche auf 5115 g/d zur 9. Laktationswoche an. Im FEQ Bereich zwischen 1,1 und 1,5 stieg die XS-Aufnahme von 4182 g/d (2. LakW) auf 4743 g/d (9. LakW) an. Ein FEQ > 1,5 trat bei keinen Kühen in der 2. Laktationswoche auf. Zur 4. Laktationswoche lag die XS-Aufnahme bei durchschnittlich 4357 g/d und stieg auf 5342 g/d zur 9. Laktationswoche an. Bei der Ermittlung der Anzahl der Tiere ergab sich, dass gleiche Verhältnis wie bei der Gesamtauswertung im Bereich der Trockenmasseaufnahme unter dem vorherigen Kapitel 6.5.1.1. Insgesamt wiesen 66 Versuchskühe einen FEQ < 1,1 auf und 67 Versuchskühe lagen im optimalen FEQ Bereich. Die Kühe die einen FEQ < 1,1 aufwiesen befanden sich nach LKV (2012) im azidotischen Belastungsbereich. Grund kann hier der Einfluss der XS-reichen Versuchsgruppe sein. Wie schon erwähnt, begünstigt eine erhöhte Aufnahme an XS bzw. Kraftfutter den Rückgang des FEQ (WURM; 2010). Der FEQ Gruppierungsbereich von > 1,5 konnte bei nur fünf Versuchskühen ermittelt werden. Es traten zwischen den Laktationswochen und den XS-Aufnahmen signifikante Unterschiede von $p \leq 0{,}001$ auf.

6.5.1.3 Strukturwirksame Rohfaser (absolut)

NDF-reiche Versuchsgruppe

Bei den Auswertungen in der NDF-reichen Versuchsgruppe wurde ersichtlich, dass innerhalb des FEQ Bereichs < 1,1 die absolute sXF-Aufnahme, bei insgesamt 25 Versuchskühen, durchschnittlich bei 2817 g/d lag. Den optimalen Bereich des FEQ zwischen 1,1 und 1,5

wiesen insgesamt 30 Kühe dieser Versuchsgruppe auf. Die absolute sXF-Aufnahme befand sich hier bei 2710 g/d. Zwei Versuchskühe wiesen einen FEQ > 1,5 auf, bei einer absolute sXF-Aufnahme von 2702 g/d. Es konnte der statistischen Auswertung keine signifikanten Effekte erfasst werden. Die sXF-Aufnahmen sind in dieser Versuchsgruppe relativ hoch. Grund dafür ist, dass die Strukturwirksamkeit in dieser Rationsgruppe versuchsbedingt höher angesetzt war und sich bei der Kalkulation der Rohfaseranteil im oberen Grenzbereich befand. Eine strukturreiche Fütterung beeinflusst den Milchfettgehalt der Kühe am stärksten (SPIEKERS et al., 2004). Grund dafür ist, dass die im Pansen gebildeten flüchtigen Fettsäuren (Essig- und Buttersäure), vor allem aus rohfaser- und strukturreichem Futter entstehen und somit hauptsächlich für die Bildung des Milchfetts verantwortlich sind (WURM, 2010). Demnach verschiebt sich, dass Fett-Eiweiß-Verhältnis in der Milch. Es wird vermehrt die Milchfettproduktion gefördert was unter anderem die Begründung für einen FEQ < 1,1 sein kann. Weitere Einflüsse auf die Milchinhaltsstoffe haben Temperatur und Luftführung. Speziell Hitze und mangelnde Luftbewegung führen allgemein zu geringeren Milchinhaltsstoffe (SPIEKERS et al., 2004). Unter Kapitel 4.2 dieser Arbeit wurden die Störfaktoren innerhalb des Versuches erwähnt, unter anderem auch, dass die Versuchskühe Tageshöchsttemperaturen von über 30 °C ausgesetzt waren. Demnach kann auch dies den FEQ der Versuchstiere negativ beeinflusst haben. Bei der statistischen Auswertung traten keine Signifikanzen auf.

XS-reiche Versuchsgruppe

Bei der XS-reichen Versuchsgruppe ergab die Auswertung, dass 41 Versuchskühe einen FEQ < 1,1 aufwiesen, bei einer absoluten sXF-Aufnahme von 2627 g/d. Innerhalb des FEQ Bereichs zwischen 1,1 und 1,5 lag die sXF-Aufnahme bei 2475 g/d. Diesen optimalen FEQ-Bereich, laut des LKV (2012), konnte bei insgesamt 37 Milchkühen nachgewiesen werden. Drei Versuchstiere lagen im FEQ Bereich > 1,5 und nahmen durchschnittlich 2620 g/d auf. Bei der statistischen Auswertung konnten keine Signifikanzen ermittelt werden. Die sXF-Aufnahmen in der XS-reichen Versuchsgruppe waren gegenüber der Aufnahmen in der NDF-reichen Versuchsgruppe niedriger. Durch die versuchsbedingte Ausrichtung befanden sich in der XS-reichen Versuchsgruppe der kalkulierten Rohfaseranteil im unteren empfohlenen Grenzbereich. Unter dem Kapitel 6.1 - Strukturwirksame Rohfaser (absolut und relativ) - wurde die sXF-Aufnahme in der XS-reichen Versuchsgruppe bereits ausgewertet und diskutiert. Durch den geringeren Anteil an Rohfaser und erhöhten Stärkeanteil wird durch diese Fütterung vermehrt die Bildung von Propionsäure und somit die Milcheiweißbildung gefördert (WURM, 2010). Ebenso ist anzumerken, dass diese Versuchsgruppe im Durchschnitt höhere Trockenmasseaufnahmen erzielte. Höhere

Futteraufnahmen bedeuten höhere XS-Aufnahmen, was wiederum die vermehrte Milcheiweißproduktion begünstigt. Demnach verschieb sich in auch hier das Fett-Eiweiß-Verhältnis in der Milch. Dies kann die Begründung des stark auftretenden negativen FEQ (< 1,1) sein. Es konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Gesamtbetrachtung über beide Versuchsgruppen

Bei der Auswertung zwischen den Laktationswochen zeigte sich, dass in den jeweiligen Gruppierungsbereichen des FEQ die absolute sXF-Aufnahme mit voranschreiten der Laktation sukzessiv anstieg. Die stärkste Ausprägung der absoulten sXF-Aufnahme befand sich innerhalb des FEQ Bereichs < 1,1. Insgesamt wiesen 66 Versuchstiere diesen FEQ auf. Innerhalb dieses Bereiches betrug die durchschnittliche absolute sXF-Aufnahme, in der 2. Laktationswoche, 2197 g/d. Die Aufnahme stieg zur 4. Laktationswoche auf 2752 g/d an und lag in der 9. Laktationswoche bei 2931 g/d. Innerhalb des LKV (2012) empfohlenen FEQ Optimalbereich zwischen 1,1 und 1,5 befanden sich insgesamt 67 Versuchstiere. Hier stieg die abolute sXF-Aufnahme von 2357 g/d in der 2. Laktationswoche, auf 2864 g/d zur 9. Laktationswoche an. Insgesamt fünf Versuchskühe wiesen einen FEQ > 1,5 auf, jedoch nur in der 2. und 4. Laktationswoche. In der 2. Laktationswoche befanden sich alle absoluten sXF-Aufnahmen, unabhängig des FEQ Bereichs, nicht innerhalb der empfohlenen sXF-Aufnahmen nach HOFFMANN (2013) um die 2,6 kg/d. In den weiteren untersuchten Laktationswochen befanden sich alle absoluten sXF-Aufnahmen über den Empfehlungswert. Die hohen Aufnahmen an absoluten sXF fördert die Essigsäurebildung und begünstigen demnach die erhöhte Bildung des Milchfetts. Somit kommt es zu Verschiebungen innerhalb des Fett-Eiweiß-Verhältnisses. Dies kann unter anderem den negative FEQ von < 1,1 bei 66 Versuchstieren erklären. Aber auch auftretende Störfaktoren im Versuchszeitraum, durch Hitzestress und mangelnde Luftbewegung, wie unter dem Kapitel 4.2 dieser Arbeit erwähnt, können ebenfalls eine negative Ausrichtung des FEQ begünstigen.

6.5.1.4 Strukturwirksame Rohfaser (relativ)

NDF-reiche Versuchsgruppe

Bei der Auswertung der relativen sXF-Aufnahme im Zusammenhang zum FEQ der Milchkühe, innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe, wurden relativ hohe Aufnahmen ermittelt. Bei einem FEQ < 1,1 betrug die relative sXF-Aufnahme 423 g/100kg LM (n 25). Innerhalb des optimalen FEQ Bereichs zwischen 1,1 und 1,5 (LKV, 2012) lag die relative

sXF-Aufnahme bei 427 g/100kg LM. Diesen Bereich wiesen 30 Versuchskühe auf. Bei zwei Kühen lag der FEQ > 1,5. Die relative sXF-Aufnahme befand sich hier bei durchschnittlich 352 g/100kg LM. Nach STEINGASS und ZEBELI (2008) befindet sich die optimale Strukturversorgung der Kühe bei einer sXF-Aufnahme von 400 g/100kg LM. HOFFMANN (2013) gibt Empfehlungen einer optimaler sXF-Versorgung zwischen 350 - 450 g/100kg LM heraus. Demnach bewegten sich alle erfassten Werte innerhalb der Empfehlungsbereiche. Wie bereits erwähnt, begünstigt eine hohe Strukturaufnahme die Essigsäurebildung und somit die vermehrte Bildung des Milchfett. Demzufolge kommt es zur Verschiebung des Fett-Eiweiß-Verhältnisses und kann somit die negative Ausrichtung des FEQ < 1,1 begünstigen. Bei der statistischen Auswertung konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

XS-reiche Versuchsgruppe

Bei der Auswertung des Zusammenhangs zwischen relativen sXF-Aufnahme zum FEQ wurde ersichtlich, dass die relativen sXF-Aufnahmen verhältnismäßig niedrig waren. Dies liegt hauptsächlich daran, dass diese Gruppe versuchsbedingt auf mehr XS ausgerichtet wurde. Innerhalb des FEQ < 1,1 befand sich die relative sXF-Aufnahme bei durchschnittlich 416 g/100kg LM. Insgesamt wiesen 41 Versuchskühe diesen FEQ Bereich auf. Bei 37 Kühen befand sich der FEQ zwischen 1,1 und 1,5 (Optimalbereich nach LKV, 2012). Die relative sXF-Aufnahme lag hier bei 381 g/100kg LM. Bei drei Versuchstieren konnte ein FEQ von > 1,5 ermittelte werden. Hier betrug die relative sXF-Aufnahme durchschnittlich 375 g/100kg LM. Nach STEINGASS und ZEBELI (2008) befindet sich die optimale relative Strukturversorgung der Kühe bei einer sXF-Aufnahme von 400 g/100kg LM. HOFFMANN (2013) gibt Empfehlungen einer optimaler relativen sXF-Versorgung zwischen 350 - 450 g/100kg LM heraus. Demnach bewegten sich zwar alle ermittelten Werte innerhalb der Empfehlungen, jedoch lagen die Aufnahmen deutlich unter denen in der NDF-reichen Versuchsgruppe. Hier wurde durch geringere sXF-Aufnahmen, aber durch die erhöhte XS-Aufnahmen die Propionsäurebildung gefördert, was wiederum die Milcheiweißbildung begünstigt. Somit verschiebt sich das Verhältnis in der Milch zwischen Fett und Eiweiß. Dies kann demnach die stärkere Ausrichtung des negativen FEQ < 1,1 erklären. Signifikante Unterschiede konnten bei der statistischen Auswertung nicht ermittelt werden.

Gesamtbetrachtung über beide Versuchsgruppen

Bei den Auswertungen zeigte sich deutlich, dass trotz einer optimalen Strukturversorgung, zwischen 300 - 500 g/100 kg LM nach HOFFMANN (2013), der FEQ zu Beginn der Laktation bei nur 1,16 lag und im weiteren Verlauf sukzessiv sank. In der 9. Laktationswoche befand

sich der FEQ, in diesem Bereich, bei 1,0. Bei einer sehr hohen relativen sXF-Aufnahme von ≥ 500 g/100kg LM blieb der FEQ in der 2. und 4. Laktationswoche relativ stabil bei 1,17 und 1,16, fiel jedoch zur 9. Laktationswoche auf einen FEQ von 0,99 ab. Somit wird deutlich, dass eine optimale relative sXF-Aufnahme keine Gewährleistung ist um einen idealen FEQ in der Milch zu erzielen. Denn wie bereits schon erwähnt wirken sich Umweltfaktoren wie hohe Temperaturen und eine unzureichende Luftbewegung negativ auf die Milchinhaltsstoffe aus, was wiederum somit den FEQ beeinflusst (siehe Störfaktoren, Kapitel 4.2).

6.5.1.5 Physikalisch effektive Neutrale-Detergenzien-Faser

NDF-reiche Versuchsgruppe

Bei den Auswertungen in der NDF-reichen Versuchsgruppe zeigte sich, dass bei einem FEQ unter 1,1 der ermittelte peNDF-Gehalt mit 21,7 % am höchsten war. Diesen FEQ Bereich wiesen auch wieder 25 Versuchstiere dieser Rationsgruppe auf. Innerhalb des FEQ Bereichs zwischen 1,1 und 1,5 betrug der peNDF-Gehalt der Ration 20,9 % (n 30). Lediglich wiesen wieder zwei Versuchstiere einen FEQ über 1,5 auf. Allgemein geben STEINGASS und ZEBELI (2011), orientiert an 4,0 % Milchfettgehalt, Empfehlungswerte von 20 - 22 % peNDF in der Ration an. Danach passen die ermittelten Gehalte an peNDF zu den Empfehlungswerten, unabhängig des FEQ Bereichs. Es zeigte sich jedoch, dass der peNDF-Gehalt im anzustrebenden FEQ Normalbereich zwischen 1,1 und 1,5 (LKV, 2012) leicht niedriger waren. Signifikate Unterschiede konnten bei der statistischen Auswertung nicht ermittelt werden. Es ist nochmals zu erwähnen, dass die Ausrichtung dieser Versuchsgruppe auch auf mehr NDF-Gehalte ausgerichtet war und demzufolge sich die ermittelten peNDF-Gehalte durchschnittlich im obersten Empfehlungsbereich befanden.

XS-reiche Versuchsgruppe

In der XS-reichen Versuchsgruppe war die Ausprägung der ermittelten peNDF-Gehalte, unabhängig des FEQ Bereichs, recht niedrig. Grund ist hierfür die versuchsbedingte Ausrichtung. Die kalkulierten NDF-Gehalte befanden sich im unteren Bereich der Empfehlungen, siehe Kapitel 6.1 (Physikalisch effektive Neutrale-Detergenzien-Faser). Insgesamt wiesen 41 Versuchskühe einen FEQ unter 1,1 auf. Es befand sich der ermittelte peNDF-Gehalt hier bei 19,4 %. Ebenfalls konnte der gleiche peNDF-Gehalt innerhalb des FEQ zwischen 1,1 und 1,5 erfasst werde. Hier befanden sich 37 Milchkühe in diesem Bereich. Lediglich drei Kühe wiesen einen FEQ über 1,5 auf bei einem peNDF-Gehalt von

18,3. Nach STEINGASS und ZEBELI (2011), welche Empfehlungen zwischen 20 - 22 %, orientiert an 4 % Milchfett, vorgeben, befanden sich die Gehalte bei überspitzter Betrachtung nur sehr knapp im unteren Orientierungsbereich. Nach MERTENS (1997) sollten mindestens 20 % peNDF in der Ration enthalten sein, jedoch orientiert sich dieser Wert an einem Milchfettgehalt von 3,4 %, der für deutsche Standards als zu niedrig eingestuft wird. Zusammenfassend lässt sich hier keinen Einfluss oder Zusammenhang zwischen peNDF und dem FEQ erkennen. Es traten keine Signifikanzen auf.

Gesamtbetrachtung über beide Versuchsgruppen

Bei der Auswertung der Gesamtbetrachtung zeigte sich deutlich, dass innerhalb des anzustrebenden Optimalbereiches des FEQ zwischen 1,1 und 1,5 (LKV, 2012), die ermittelten peNDF-Gehalte mit zunehmender Laktation anstiegen. In der 2. Laktationswoche betrug der peNDF-Gehalt 19,6 %, stieg zur 4. Laktationswoche auf 20 % an und betrug in der 9. Laktationswoche 21,1 %. Im FEQ Bereich unter 1,1 traten Schwankungen auf. Es befand sich der peNDF-Gehalt in der 2. Laktationswoche bei 20,2 %, fiel dann auf 19,7 % zur 4. Laktationswoche ab und stieg in der 9. Laktationswoche auf 20,7 % wieder an. Zusammenfassend befanden sich alle ermittelten peNDF-Gehalte innerhalb der Empfehlungen, wenn auch teilweise nur knapp. Es lassen sich jedoch aus den Auswertungen keine konkreten Einflüsse oder Zusammenhänge zum FEQ erklären. Bei der statistischen Auswertung traten signifikante Unterschiede zwischen den Laktationswochen von $p \leq 0{,}003$ auf.

6.5.1.6 Pansen-pH-Wert

NDF-reiche Versuchsgruppe

Bei den Auswertungen, inwieweit die Ausprägung der Pansen-pH-Werte innerhalb der FEQ Bereiche sind, zeigte sich deutlich, dass die niedrigsten Pansen-pH-Werte im FEQ Bereich unter 1,1 lagen. Hier befand sich der ermittelte Pansen-pH-Wert bei 6,2. Insgesamt wiesen 25 Versuchskühe diesen Bereich auf. Innerhalb des FEQ Bereichs zwischen 1,1 und 1,5 betrug der durchschnittliche Pansen-pH-Wert 6,31 (n 30). Bei zwei Versuchskühen befand sich der FEQ > 1,5 und der Pansen-pH-Wert betrug durchschnittlich 6,65. Nach WEST (2017) befindet sich der Optimalbereich des Pansen-pH-Werts zwischen 6,3 und 6,8. Ein Pansen-pH-Wert zwischen 5,8 und 6,2 wird nach WEST (2017) als Normalbereich eingestuft. Demnach befanden sich alle ermittelten Pansen-pH-Werte innerhalb der

Empfehlungen. Überspitzt betrachtet passen die jeweiligen Pansen-pH-Werte zu den FEQ Werten und deuten auf den jeweiligen Zustand tendenziell hin. Damit ist gemeint, FEQ unter 1,1 weist auf einen azidotische Belastung hin und dementsprechend ist der Pansen-pH-Wert hier auch am niedrigsten. Bei einem FEQ über 1,5 was im Tier einen alkalischen Belastungszustand darstellt, wiesen die dementsprechend höchsten Pansen-pH-Werte auf. Bei der statistischen Auswertung konnten keine Signifikanzen ermittelt werden.

XS-reiche Versuchsgruppe

Die Auswertungen in der XS-reichen Versuchsgruppe, ähnelten sich denen in der NDF-reichen Versuchsgruppe. Auch hier bewegte sich der niedrigste Pansen-pH-Wert von 6,2 im FEQ Bereich unter 1,1 (n 41). Im FEQ Bereich zwischen 1,1 und 1,5 befand sich der Pansen-pH-Wert durchschnittlich bei 6,3 (n 37). Lediglich drei Versuchskühe wiesen einen FEQ über 1,5 auf, bei denen ein Pansen-pH-Wert von 6,57 vorlag. Wie auch in der NDF-reichen Versuchsgruppe befanden sich alle ermittelten Pansen-pH-Werte innerhalb der anzustrebenden Empfehlungsbereiche nach WEST (2017). Aber auch hier könnte man gegebenenfalls die tendenzielle Krankheitsausrichtung, entsprechend der Pansen-pH-Werte, mit den dazugehörigen FEQ Werten ableiten. Es traten bei der statistischen Auswertung keine Signifikanzen auf.

Gesamtbetrachtung über beide Versuchsgruppen

Bei den Auswertungen der Gesamtbetrachtung, zwischen den Laktationswochen, zeigte sich, dass mit voranschreiten der Laktation der Pansen-pH-Wert abfällt. Ausnahme stellt der FEQ > 1,5 dar. Hier steigt der Pansen-pH-Wert an. Diesen Bereich wiesen aber nur insgesamt fünf Versuchskühe auf. Innerhalb des FEQ Bereichs unter 1,1 fiel der Pansen-pH-Wert mit zunehmender Laktation am stärksten ab. In der 2. Laktationswoche betrug der Pansen-pH-Wert durchschnittlich 6,44, fiel zur 4. Laktationswoche auf 6,23 ab und befand sich zur 9. Laktationswoche durchschnittlich bei 6,05. Diesen Bereich wiesen 66 Versuchskühe auf. Den laut LKV (2012) optimalen FEQ Bereich zwischen 1,1 und 1,5 konnte bei insgesamt 67 Versuchskühen nachgewiesen werden. Hier betrug der Pansen-pH-Wert in der 2. Laktationswoche 6,44, fiel auf 6,28 zur 4. Laktationswoche ab und befand sich zur 9. Laktationswoche bei 6,12. Nach WEST (2017) befanden sich die ermittelten Pansen-pH-Werte innerhalb des Normal- (5,8 - 6,2) bzw. Optimalbereichs (6,3 - 6,8). Bei den statistischen Auswertungen konnten signifikante Unterschiede ($p \leq 0,001$) zwischen den Laktationswochen und dem Pansen-pH-Wert festgestellt werden. Zusammengefasst wurde sichtbar, dass innerhalb des FEQ Bereichs unter 1,1 und zwischen 1,1 und 1,5 der Pansen-

pH-Wert unterschiedlich stark abfiel. Gründe dafür können sein, dass die Kühe mit zunehmender Laktation mehr fressen, demzufolge unter anderem auch mehr XS zu sich nehmen was wiederum das Fett-Eiweiß-Verhältnis verschiebt. Zum anderen stellen die Umweltfaktoren, in diesem Fall auftretende Störfaktoren, die unter Kapitel 4.2 aufgelistet sind, auch eine mögliche Beeinflussung dar.

NDF-reiche Versuchsgruppe innerhalb der Laktationswochen

Die prozentuale Verteilung des FEQ zwischen den jeweiligen Laktationswochen zeigte in der NDF-reichen Versuchsgruppe kleinere Schwankungen auf. In der 2. Laktationswoche wiesen 42 % der Kühe einen FEQ < 1,1 auf. Insgesamt 53 % befanden sich im FEQ Bereich zwischen 1,1 und 1,5 und ledig 5 % wiesen einen FEQ > 1,5 auf. Bei den Auswertungen in der 4. Laktationswoche lagen 37 % der Kühe im FEQ Bereich unter 1,1 und 58 % innerhalb des FEQ Bereichs zwischen 1,1 und 1,5. Auch in dieser Laktationswoche wiesen nur 5 % einen FEQ > 1,5 auf. In der 9. Laktationswoche viel das Verhältnis so aus, dass 53 % der Milchkühe einen FEQ unter 1,1 aufwiesen und 48 % im optimalen FEQ Bereich zwischen 1,1 und 1,5 lagen. Zusammengefasst wurde sichtbar, dass die prozentuale Ausprägung des FEQ < 1,1 mit zunehmender Laktation tendenziell anstieg und der, nach dem LKV (2012) optimale FEQ Bereich, zwischen 1,1 und 1,5, abfiel. Der Grund dafür könnte zum einen die erhöhte Futteraufnahme sein, die mit dem voranschreiten der Laktation einhergeht. Demzufolge erhöht sich die Aufnahme an Struktur, was die vermehrte Bildung von Essigsäure begünstigt und demnach die Verschiebung des Fett-Eiweiß-Verhältnisses zu Gunsten des Fettgehalts fördert. Dies kann die Ausprägung des FEQ < 1,1 begünstigen.

XS-reiche Versuchsgruppe innerhalb der Laktationswochen

Bei der Auswertung in der XS-reichen Versuchsgruppe zeigten sich deutliche Zu- und Rückgänge bei der prozentualen Verteilung zwischen den FEQ Bereichen. Den optimalen FEQ Bereich zwischen 1,1 und 1,5 (LKV, 2012) wiesen in der 2.Laktationswoche 63 % der Versuchskühe auf, in der 4. Laktationswoche waren es noch 48 % an und in der 9. Laktationswoche sank die prozentuale Ausprägung auf 26 % herunter. Im Gegenzug stieg das prozentuale Verhältnis im FEQ Bereich unter 1,1 an. Demnach wiesen 30 % der Versuchstiere in der 2. Laktationswoche diesen FEQ Bereich auf und stiegen auf 48 % zu 4. Laktationswoche an. In der 9. Laktationswochen wiesen ganze 74 % der Versuchskühe einen FEQ < 1,1 auf. Grund dafür kann hier ebenfalls die steigende Aufnahme an Trockenmasse sein. Denn in diesem Zusammenhang steigt die XS-Aufnahme an, was

wiederum die Propionsäurebildung fördert und das Fett-Eiweiß-Verhältnis zu Gunsten des Eiweißgehalts verschiebt. Dies begünstigt die Ausprägung des FEQ unter 1,1.

6.5.2 Auswirkung eines FEQ < 1,1 auf den Pansen-pH-Wert

Die nachfolgenden Auswertungen unter diesen Kapitel beschreiben wie sich bei einem azidotisch ausgerichteten FEQ < 1,1 der Pansen-pH-Wert, zwischen den untersuchten Laktationswochen, verändert. Es zeigt die prozentuale Verteilung der Versuchstiere innerhalb der jeweiligen Bereiche. Die Auswertung erfolgt zu erst über beide Versuchsgruppen hinweg und in den jeweiligen Laktationswochen separat. Im Anschluss wird die Auswertung separat innerhalb der jeweiligen Versuchsgruppen diskutiert.

Gesamtbetrachtung

Bei den Auswertungen der Gesamtbetrachtung wurde festgestellt, dass insgesamt 66 Versuchskühe über beide Versuchsrationen hinweg, einen FEQ < 1,1 aufwiesen. Allgemein ist erkennbar, dass der anzustrebende Optimalbereich des Pansen-pH-Werts nach WEST (2017) zwischen 6,3 und 6,8 mit voranschreitender Laktation tendenziell sank und der Pansen-pH-Wert Bereich zwischen 5,6 und 6,2 sich prozentual erhöhte (Normalbereich nach WEST, 2017). In der 2. Laktationswochen wiesen insgesamt 16 Versuchskühe einen FEQ < 1,1 auf. Davon hatten 5 % einen nach WEST (2017) anzustrebenden Normalbereich beim Pansen-pH-Wert zwischen 5,6 und 6,2 und 18 % einen Optimalbereich des Pansen-pH-Werts zwischen 6,3 und 6,8 (WEST, 2017). In der 9. Laktationswochen wiesen insgesamt 30 Versuchskühe einen FEQ < 1,1 auf. Insgesamt wiesen davon 35 % der Versuchskühe einen pH-Wert im Pansen zwischen 5,6 und 6,2 auf. Lediglich 11 % wiesen einen optimalen Pansen-pH-Wert zwischen 6,3 und 6,8 auf. Demnach lässt sich zusammengefasst sagen, dass zum einen die Anzahl der Versuchskühe die einen FEQ < 1,1 aufwiesen anstieg, zum anderen trat vermehrt ein Pansen-pH-Wert zwischen 5,6 und 6,2 auf. Bei einer überspitzen Betrachtungsweise liegt die Tendenz nah, dass auch der Pansen-pH-Wert mit voranschreitender Laktation weiter in den azidotischen Belastungszustand absinken könnte. Um dies entsprechend belegen zu können sind weitere Untersuchungen in diesem Zusammenhang empfehlenswert. Signifikanzen konnten keine bei der statistischen Auswertung ermittelt werden.

NDF-reiche Versuchsgruppe

In der NDF-reichen Versuchsgruppe zeigten die Auswertungen, dass auch hier der Pansen-pH-Wert mit zunehmendem Laktationsverlauf sich zum niedrigeren Bereich verschiebt. Insgesamt wiesen 22 Versuchskühe dieser Rationsgruppe einen FEQ < 1,1 auf. In der 2. Laktationswoche wiesen 8 Versuchstiere einen FEQ < 1,1 auf. Hier lagen 8 % der Versuchstiere innerhalb des pH-Wert Bereiches zwischen 5,6 und 6,2 und 24 % der Kühe zwischen 6,3 und 6,8. Bei den Messungen in der 9. Laktationswoche war das Verhältnis andersrum. Insgesamt wiesen 10 Kühe in der 9. Laktationswoche einen FEQ < 1,1 auf. Davon hatten 28 % der Versuchskühe einen Pansen-pH-Wert zwischen 5,6 und 6,2 und lediglich 12 % einen optimalen Pansen-pH-Wert zwischen 6,3 und 6,8 (nach WEST, 2017). Allgemein befanden sich alle ermittelten Werte, trotz einen azidotisch ausgerichteten FEQ Wert < 1,1, innerhalb der Empfehlungsbereiche. Aber auch hier kann bei einer überspitzen Betrachtung die Tendenz sichtbar werden, dass der Pansen-pH-Wert mit voranschreitender Laktation ebenfalls in einen azidotischen Belastungszustand rücken kann. Demnach sind weitere Untersuchungen in diesem Bereich empfehlenswert.

XS-reiche Versuchsgruppe

In der XS-reichen Versuchsgruppe ergaben die Auswertungen, dass insgesamt 41 Versuchstiere einen FEQ < 1,1 aufwiesen. In dieser Versuchsgruppe war die Ausprägung eines FEQ unter 1,1 am stärksten ausgeprägt. Betrachtet man die Verteilung des Auftretens deutlich, so zeigte sich, dass lediglich 8 Versuchskühe in der 2. Laktationswochen einen FEQ < 1,1 aufwiesen, aber zur 9. Laktationswoche waren es insgesamt 20 Versuchskühe. In der 9. Laktationswoche wiesen insgesamt 39 % dieser Kühe einen Pansen-pH-Wert zwischen 5,6 und 6,2 auf. Nach WEST (2017) ist dies als Normalbereich einzustufen. Es erreichten lediglich 10 % der Versuchskühe einen Optimalbereich des Pansen-pH-Werts zwischen 6,3 und 6,8 (WEST, 2017). Grund des am stärksten auftretenden FEQ Bereiches < 1,1 ist, die versuchsbedingte Rationsgestaltung. Der erhöhten Anteil an XS begünstigt eine vermehrte Bildung von Propionsäure, was wiederum das Fett-Eiweiß-Verhältnis verschiebt und auch das Absinken des Pansen-pH-Werts fördert. Es befinden sich zwar alle ermittelten Pansen-pH-Werte innerhalb der Empfehlungsbereiche, jedoch könnte man überspitzt betrachtet eine Tendenz zum azidotischen Belastungszustand auch im Pansen-pH-Wert erkennen. Es empfiehlt sich auch hier weitere Untersuchungen durchzuführen.

6.6 Einflüsse der Laktationsnummer auf unterschiedliche Kennzahlen

In diesem Kapitel 6.6 werden die Einflüsse und Auswirkungen der unterschiedlichen Laktationsnummern der Milchkühe auf ausgewählte Kennzahlen diskutiert. Im folgenden Kapitel 6.6.1 wird zuerst die Gesamtbetrachtung zwischen den einzelnen Laktationsnummern ausgewertet und diskutiert und im Anschluss jeweils zwischen den Laktationswochen. In den darauffolgenden Kapiteln erfolgt die Auswertung und Diskussion dann jeweils zwischen den Versuchsgruppen und Laktationswochen separat.

6.6.1 Auswertung der Gesamtbetrachtung in den Laktationsnummern

Die Jungkühe, auch Erstkalbinnen genannt, nahmen natürlich im Vergleich zu den Zweitkalbskühen und Altkühen deutlich weniger Trockenmasse auf. Die Aufnahmekapazität der Trockenmasse beträgt nur 80 % gegenüber Altkühen (GRUBER et al., 2006) Dies liegt naturgemäß daran, dass bei Jungkühen das Pansenvolumen noch nicht vollständig ausgebildet ist und auch innerhalb der ersten 6 Laktationswochen das allgemeine Futteraufnahmevermögen noch nicht vollkommen ausgeschöpft ist (SPIEKERS und POTTHAST, 2004). Demzufolge waren die sXF- und XS-Aufnahme relativ gering. Der durchschnittliche Pansen-pH-Wert befand sich jedoch mit 6,2 ± 0,4 im anzustrebenden Normalbereich nach WEST (2017). Die NSBA betrug durchschnittlich 84,8 ± 59,9 mmol/l. Nach ROSSOW (2003) befindet sich der physiologische Normalbereich zwischen 100 - 200 mmol/l, alle Werte unter 100 mmol/l weisen auf einen azidotischen Belastungszustand hin. Grund für die niedrigen NSBA Werte ist die DCAB in den jeweiligen Rationen, welche nur knapp bzw. unterhalb des Empfehlungsbereiches von APPER-BOSSARD et al. (2006) lag. Ebenfalls wies der FEQ mit 1,0 ± 0,2 einen azidotischen Belastungszustand auf. Laut dem LKV (2012) weisen FEQ Werte unter 1,1 auf einen azidotischen Belastungszustand in der Kuh hin. Bei den Zweitkalbs- als auch Altkühen zeigte sich deutlich, dass trotz unterschiedlichen TM-Aufnahmen die relative sXF-Aufnahme fast gleich war. Im Bereich es Pansen-pH-Werts befanden sich die Altkühe mit 6,3 ± 0,4 nach WEST (2017) im Optimalbereich. Die durchschnittlichen NSBA Werte waren sowohl bei den Zweitkalbskühen als auch bei den Altkühen nicht im anzustrebenden Normalbereich zwischen 100 - 200 mmol/l (ROSSOW, 2003). Auch hier wiesen die NSBA Werte auf einen azidotischen Belastungszustand im Tier hin. Die FEQ Werte mit durchschnittlich 1,1 ± 0,2 waren bei beiden Laktationsgruppen im optimalen Empfehlungsbereich (LKV, 2012). Zusammenfassend wurden bei den Auswertungen keine gravierenden Unterschiede

sichtbar. Demnach können keine Aussagen getroffen, ob die Laktationsnummer der Milchkühe einen Einfluss auf die verschieden Kennzahlen ausübt.

Gesamtbetrachtung Jungkühe

Die Auswertungen bei den Jungkühen, innerhalb der jeweiligen Laktationswochen, zeigten deutlich, dass die TM-Aufnahmen mit voranschreitender Laktation anstiegen. In der 2. Laktationswoche betrug die TM-Aufnahme durchschnittlich 15,1 ± 2,5 kg/d und stieg auf 20,1 ± 2,3 kg/d zur 9. Laktationswoche an. Demzufolge nahmen die Jungkühe mit im zunehmenden Laktationsverlauf mehr sXF und XS auf. Die relative sXF-Aufnahme befand sich ab der 4. Laktationswoche mit 406 ± 28 g/100kg LM im Empfehlungswert nach HOFFMANN (2013). Laut HOFFMANN (2013) sollte die relative sXF-Aufnahme bei 400 g/100kg LM sich befinden. Deutliche Veränderungen konnten bei den Auswertungen des Pansen-pH-Werts beobachtet werden. Der Pansen-pH-Wert fiel leicht von 6,5 ± 0,3 in der 2. Laktationswoche auf 6,4 ± 0,3 zur 4. Laktationswoche ab. Bei den Messungen in der 9. Laktationswoche betrug der durchschnittliche Pansen-pH-Wert nur noch 5,8 ± 0,3. Zwar befanden sich die ermittelten Werte noch innerhalb der Empfehlungsbereiche von WEST (2017), jedoch wies diese abfallende Tendenz auf einen azidotischen Belastungszustand der Versuchskühe hin. Die NSBA Werte, welche schon nicht den Empfehlungen entsprachen, fielen mit voranschreitender Laktation ab. Speziell in der 9. Laktationswoche waren die Messungen der NSBA stark abgefallen. Diese Messwerte wiesen ebenfalls auf einen azidotischen Zustand hin (ROSSOW, 2003). Auch bei der Ermittlung des FEQ konnte in der 2. und 9. Laktationswoche die Tendenz zu einem azidotischen Belastungszustand festgestellt werden. Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Jungkühe, unter diesen Fütterungsbedingungen, zu einem azidotischen Zustand tendieren. Ein möglicher Grund könnte sein, dass durch die geringe Futteraufnahme gegenüber den Altkühen die erforderliche Rohfasermenge oder Menge an Strukturkohlenhydraten nicht ausreichend waren. Um konkretere Aussagen treffen zu können, müssen die Jungkühe in den beiden Rationsgruppen detaillierter analysiert werden. Daher sind weitere Untersuchungen oder vertiefende Analysen empfehlenswert.

Gesamtbetrachtung Zweitkalbskühe

Die Zweitkalbskühe wiesen bei den Auswertungen einen leichten Rückgang in der Lebendmasse auf. Die TM-Aufnahme stieg jedoch entsprechend mit zunehmendem Laktationsverlauf an, woraufhin ebenfalls die Aufnahmen an sXF und XS anstiegen. In der 9. Laktationswoche war die relative sXF-Aufnahme mit durchschnittlich 448 ± 33 g/100kg LM

deutlich über den Empfehlungswert von 400 g/100kg LM laut HOFFMANN (2013). Daraufhin war die absolute sXF-Aufnahme pro Tag ziemlich hoch und lag, kalkuliert an der durchschnittlichen Lebendmasse, deutlich über den Empfehlungen, welche HOFFMANN (2013) herausgab. Der ermittelte Pansen-pH-Wert befand sich bei den Zweitkalbskühen, in allen untersuchten Laktationswoche, innerhalb der Empfehlungsbereiche nach WEST (2017). Die NSBA befand sich zu der Messung in der 9. Laktationswoche im optimalen physiologischen Bereich zwischen 100 - 200 mmol/l (ROSSOW, 2003). Anzumerken ist, dass die ECM-Leistung beim Laktationsstart in der 2. Woche von 40,8 ± 7,6 kg/d auf durchschnittlich 38,4 kg/d, gleichbleibend in der 4. und 9. Laktationswoche, abfiel. Die ermittelten FEQ Werte sanken mit voranschreitenden Laktationsverlauf von 1,2 ± 0,2 in der 2. Laktationswoche auf 1,0 ± 0,2 zur 9. Laktationswoche ab. Laut dem LKV (2012) weisen FEQ Werte < 1,1 auf einen azidotischen Belastungszustand hin. Zusammengefasst ließen sich keinen gravierenden Einflüsse oder Tendenzen auf verschiedene Krankheitsbilder erkennen. Es befanden sich fast alle Werte über den betrachten Versuchszeitraum innerhalb der anzustrebenden Empfehlungen.

Gesamtbetrachtung Altkühe

Die Auswertungen der Kennzahlen bei den Altkühen zeigten, dass die durchschnittlichen Lebendmassen bei den Versuchskühen mit voranschreitendem Laktationsverlauf im Mittel um 32 kg sank. Die absoluten als auch relativen sXF-Aufnahmen lagen ab der 4. Laktationswochen über den Empfehlungswerten von HOFFMANN (2013). Der Pansen-pH-Wert bei den Altkühen sank von 6,5 ± 0,4 auf 6,2 ± 0,4 zur 9. Laktationswoche ab. Jedoch befanden sich alle ermittelten Werte nach WEST (2017) im Optimalen- bzw. Normalbereich. Die NSBA stieg bei den Altkühen im Laktationsverlauf von 76,6 ± 67, mmol/l auf 93,9 ± 57,9 mmol/l an. Trotzdem befand sich die NSBA nicht im anzustrebenden physiologischen Normalbereich von ROSSOW (2003) zwischen 100 und 200 mmol/l. NSBA-Gehalte unter 100 mmol/l weisen auf einen azidotische Belastung hin (ROSSOW, 2003). Diese ermittelten NSBA Werte sind jedoch der nicht ausreichenden DCAB in der Ration zu verschulden (siehe Kapitel 4.2). Bei den Ermittlungen des FEQ zeigte sich, dass dieser im untersuchten Laktationsverlauf sank. In der 2. Laktationswoche betrug der FEQ Wert 1,2 ± 0,2 und sank auf 1,0 ± 0,2 zur 9. Laktationswoche ab. Laut dem LKV (2012) deutet ein FEQ < 1,1 auf einen azidotischen Belastungszustand im Tier hin. Zusammengefasst konnten keine negativen Zusammenhänge oder gravierende Einflüsse festgestellt werden.

6.6.2 Auswirkungen innerhalb der NDF-reichen Versuchsgruppe

Unter diesem Kapitel werden die Ausprägungen der Kennzahlen, abhängig der Laktationsnummern, in der NDF-reichen Versuchsgruppe ausgewertet und diskutiert. Die Auswertungen erfolgen jeweils zwischen den untersuchten Laktationswochen.

Jungkühe

Die Jungkühe in der NDF-reichen Versuchsgruppe zeigten versuchsbedingt eine relativ hohe sXF-Aufnahme auf. Ab der 4. Laktationswoche lagen die relative sXF-Aufnahmen über 400 g/100kg LM, welches laut HOFFMANN (2013) als Optimum gilt. Die XS-Aufnahmen waren in Bezug zur TM-Aufnahme relativ niedrig, was aber versuchsbedingt so ausgerichtet wurde. Anzumerken ist, dass die TM-Aufnahmen relativ gering waren. Dies liegt jedoch daran, dass speziell Erstkalbinnen (Jungkühe) weniger Trockenmasse aufnehmen als ältere Kühe (GRUBER et al., 2006). Die Aufnahmekapazität der Jungkühe beträgt nur 80 % im Vergleich zu den Altkühen (GRUBER et al., 2006). Der Pansen-pH-Wert der Jungkühe fiel im Untersuchungszeitrum relativ stark ab. In der 2. Laktationswoche betrug der Pansen-pH-Wert 6,6 ± 0,2, sank dann zur 4. Laktationswoche auf 6,4 ± 0,4 ab und befand sich bei den Messungen in der 9. Laktationswoche bei durchschnittlich nur noch 6,0 ± 0,4. Zwar wiesen die ermittelten Werte nach WEST (2017) den Optimal- bzw. Normalbereich auf, jedoch ist das relativ starke Absinken nicht positiv zu werten. Ebenfalls sank die NSBA von optimalen 104,2 ± 56,2 mmol/l in der 2. Laktationswoche auf nur noch 58,4 ± 78,0 mmol/l zur 9. Laktationswoche ab. Dieser stark abfallende Wert unter 100 mmol/l deutet nach ROSSOW (2003) auf einen azidotischen Zustand in der Kuh hin. Der FEQ war in der 2. und 9. Laktationswoche zwar durchschnittlich im Empfehlungsbereich von 1,1 und 1,5 (LKV, 2012), jedoch waren die Standabweichungen mit ± 0,8 relativ hoch. Es konnte außer bei den NSBA-Gehalten keine eindeutigen Ausrichtungen sichtbar werden. Bei einer überspitzten Betrachtung könnte eine mögliche azidotischen Tendenz erkennbar werden. Daraufhin sind weiter Untersuchungen empfehlenswert um genauere Aussagen treffen zu können.

Zweitkalbskühe

Bei den Auswertungen wiesen die Zweitkalbskühe, in der NDF-reichen Versuchsgruppe, kaum negativ auftretende Kennzahlen auf. Die TM-Aufnahmen entsprachen den Empfehlungswerten von KTBL (2009). Die absolute als auch relative sXF-Aufnahme war durch die versuchsbedingte Ausrichtung dieser Gruppe recht hoch und lagen demnach meist über den Empfehlungswerten von HOFFMANN (2013). Die Pansen-pH-Werte befanden sich

in allen untersuchten Laktationswochen innerhalb des Normalbereichs (5,6 - 6,2) von WEST (2017). Die NSBA stieg im Laktationsverlauf an. In der 9. Laktationswoche betrug die durchschnittliche NSBA 116,6 ± 43,9 mmol/l und befand sich demnach im optimalen physiologischen Bereich, welcher laut ROSSOW (2003) zwischen und 100 und 200 mmol/l, liegt. Leichte Schwankungen waren in der ECM-Leistung erkennbar. Der FEQ befand sich konstant, in allen untersuchten Laktationswochen, bei durchschnittlich 1,1 und lag demnach vom LKV (2012) im Normalbereich. Es konnte zusammenfassend keine Auswirkungen oder Einflüsse erkennbar werden, inwieweit die Laktationsnummer einen Einfluss ausübt.

Altkühe

Die Altkühe in der NDF-reichen Versuchsgruppe wiesen keine gravierenden Unregelmäßigkeiten bei den ermittelten Kennzahlen auf. Es konnte ein leichte Abfall der Lebendmasse von durchschnittlich 20 kg ermittelt werden. Die TM-Aufnahme befand sich innerhalb der Empfehlungsbereiche nach KTBL (2009). Die absoluten als auch relativen sXF-Aufnahmen befanden sich versuchsbedingt meist über den Empfehlungswerten von HOFFMANN (2013). Die XS-Aufnahmen befanden sich demnach eher im unterem Bereich. Der Pansen-pH-Wert sank im Laktationsverlauf von 6,5 ± 0,4 in der 2. Laktationswoche auf 6,2 ± 0,5 zur 9. Laktationswoche ab. Trotzdem lagen die Messungen innerhalb der Empfehlungsbereiche von WEST (2017). Bei den ECM-Leistungen konnten kleinere Schwankungen ermittelte werden, jedoch bleib der FEQ im Normalbereich zwischen 1,1 und 1,5 (LKV, 2012). Zusammengefasst konnten keine Auswirkungen anhand des Laktationsstandes der Kuh in Bezug auf die Kennzahlen ermittelt werden.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass in der NDF-reichen Versuchsgruppe, keine explizierten Zusammenhänge zwischen den Laktationsnummern der Versuchskühe und den untersuchten Kennzahlen erkennbar wurde. Die Jungkühe wiesen zwar überspitzt betrachtet tendenziell eine Richtung in den azidotischen Bereich auf, was aber zum Großteil der noch zu geringe Futteraufnahme zu verschulden ist. Gerade im ersten Laktationsdrittel ist die „Ausfütterung“ der Milchkühe die durch eine begrenzte Futteraufnahmekapazität eingeschränkt. Speziell Erstkalbinnen (Jungkühe) nehmen prinzipiell weniger Trockenmasse auf als ältere Kühe (GRUBER et al., 2006). Trotzdem ist nochmals zu erwähnen, dass sich fast alle Werte innerhalb der Empfehlungsbereiche befanden.

6.6.3 Auswirkungen innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe

Die folgenden Auswertungen unter diesem Kapitel beziehen sich auf die Betrachtung innerhalb der XS-reichen Versuchsgruppe. Es werden die Ausprägungen der verschiedenen Kennzahlen, abhängig der Laktationsnummern ausgewertet und diskutiert. Die Auswertungen erfolgen jeweils zwischen den untersuchten Laktationswochen.

Jungkühe

Die Jungkühe in der XS-reichen Versuchsgruppe zeigten eine hohe Zunahme in der TM-Aufnahme. Von der 2. Laktationswoche bis hin zur 9. Laktationswoche stieg die TM-Aufnahme der Jungkühe um durchschnittlich 5,3 kg an. Die Ausrichtung dieser Versuchsgruppe lag in dem erhöhten XS-Anteil in der Ration, demnach lagen die sXF-Aufnahmen im unteren Empfehlungsbereich. Ab der 4. Laktationswoche erreichten die Jungkühe die von HOFFMANN (2012) empfohlenen relativen sXF-Aufnahmen von 400 g/100kg LM. Laut STAUFENBIEL (2007, 2016) sollten die relativen XS-Aufnahmen Werte zwischen 180 - 230 g/kg TM maximal erreichen. Die relativen gesamtdurchschnittlichen XS-Aufnahmen der Jungkühe entsprachen 235 g/kg TM. Demnach befanden sich die XS-Aufnahmen leicht über den angegebenen Referenzwerten von STAUFENBIEL (2007, 2016). In der 9. Laktationswoche sank der Pansen-pH-Wert auf 5,8 ab, von durchschnittlich 6,4 in den vorherigen Laktationswochen. Nach den Angaben von WEST (2017) befanden sich die Pansen-pH-Werte noch innerhalb der Empfehlungen, jedoch ist der Abfall des Pansen-pH-Werts recht stark. Ebenfalls sank auch der FEQ zur 9. Laktationswoche verstärkt ab. In der 2. Laktationswoche lag der FEQ bei 1,1 ± 0,7, sank zur 4. Laktationswoche auf 1,0 ± 0,1 runter und befand sich bei den Messungen zur 9. Laktationswoche bei nur noch 0,9 ± 0,2. Laut dem LKV (2012) deuten FEQ Werte < 1,1 auf einen azidotischen Belastungszustand hin. Zusammengefasst lässt sich dieser stärkere Abfall des Pansen-pH-Werts als auch des FEQ zurückführen auf eine hohe XS-Aufnahme. Kraftfutterreiche Rationen bzw. höhere XS-Aufnahmen können zu einer Pansenübersäuerung führen, was einen Abfall des Pansen-pH-Werts zur Folge hat. Übersäuerungen im Pansen bewirken ebenfalls einen Rückgang des Milchfettgehalts, da nicht ausreichend Essigsäure gebildet wird (SPIEKERS et al., 2004).

Zweitkalbskühe

Die Zweitkalbskühe zeigten in manchen Bereichen der Auswertung ein ähnliches Bild wie die Jungkühen. Es konnte ermittelt werden, dass die Kühe im Laktationsverlauf durchschnittlich

22 kg bis zur 9. Laktationswoche an Lebendmasse verloren. Die relativen als auch absoluten sXF-Aufnahmen befanden sich aber ab der 4. Laktationswoche innerhalb der jeweiligen Empfehlungsbereiche von HOFFMANN (2013). Die relativen gesamtdurchschnittlichen XS-Aufnahmen entsprachen 238 g/kg TM und sind demnach positiv zu werten. Sie befanden sich leicht über den Empfehlungsbereichen von STAUFENBIEL (2007; 2016) von 180 - 230 g/kg TM. Beim Pansen-pH-Wert konnte man zu den jeweiligen Messungen einen leichten Rückgang mit zunehmendem Laktationsverlauf ermitteln. Der Pansen-pH-Wert sank von 6,5 ± 0,4 in der 2. Laktationswoche, auf 6,1 ± 0,2 zur 9. Laktationswoche ab. Bei der NSBA konnte ein starker Einbruch in der 4. Laktationswoche erfasst werden. Hier sank die NSBA auf 48,1 ± 57,8 mmol/l herunter. Nach ROSSOW (2003) deutet dies auf eine mittelgradige azidotische Belastung im Tier hin. Der NSBA-Wert stabilisierte ich jedoch zu den Messungen in der 9. Laktationswoche und lagen fast im physiologischen Normalbereich von ROSSOW (2003). Auch bei der ECM lag der geringste Messwert in der 4. Laktationswoche. Der FEQ betrug in der 2. Laktationswoche 1,2 ± 0,2, sank leicht auf 1,0 ± 0,2 in der 4. Laktationswoche ab und lag zur 9. Laktationswoche bei 0,9 ± 0,2. FEQ Werte < 1,1 weisen laut des LKV (2012) auf einen azidotischen Zustand hin. Demnach lässt sich zusammenfassend feststellen, dass zwar teilweise die NSBA und der FEQ azidotische Tendenzen aufwiesen, jedoch alle anderen Werte keine Auffälligkeiten zeigten.

Altkühe

Die Altkühe in der XS-reichen Versuchsgruppe wiesen keine gravierenden Unregelmäßigkeiten bei den ermittelten Kennzahlen auf. Die Lebendmasse der Kühe fielen zwar von durchschnittlich 714 kg auf 672 kg ab, was eine Differenz von 42 kg ausmachte. Jedoch lagen die Aufnahmen an sXF und XS durchschnittlich innerhalb der Empfehlungen. Bei den sXF-Aufnahmen befanden sich im Durchschnitt alle Angaben innerhalb der Empfehlungsbereiche von HOFFMANN (2013). Die ermittelten relativen XS-Aufnahmen lagen im Durchschnitt bei 227 g/kg TM. Laut STAUFENBIEL (2007, 2016) sollten zwischen 180 - 230 g/kg TM an XS enthalten sein. Demnach erfüllten die ermittelten Angaben der XS-Aufnahme die Anforderungen. Der Pansen-pH-Wert befand sich zu der jeweiligen Messung in der Laktation, innerhalb der Empfehlungsbereich von WEST (2017). Die NSBA stieg im Laktationsverlauf an und erreichte in der 9. Laktationswoche fast den anzustrebenden physiologischen Bereich zwischen 100 - 200 mmol/l. Der FEQ fiel von 1,3 ± 0,2 in der 2. Laktationswoche auf 1,0 ± 0,3 zur 9.Laktationswoche ab. Ein FEQ Wert unter 1,1 weist auf eine azidotische Belastung in der Kuh hin. Zusammenfassend kann aber gesagt werden, dass die Altkühe in der XS-reichen Versuchsgruppe, außer kleineren Abweichungen, keine Auffälligkeiten bei den weiteren Auswertungen zeigten. Demnach konnten keine

aussagekräftigen Auswirkungen anhand des Laktationsstandes der Kuh in Bezug auf die Kenzahlen ermittelt werden.

6.6.4 Vergleich beider Versuchsgruppen - Einfluss Laktationsnummer

Vergleicht man die unterschiedlichen Laktationsnummern der Kühe in Bezug auf die Kennzahlen, zeigten vermehrt die Jungkühe vereinzelte Schwankungen und Abweichungen, in beiden Versuchsgruppen, auf. Am stärksten waren jedoch diese Abweichungen in der XS-reichen Versuchsgruppe. Der deutliche Abfall des Pansen-pH-Werts sowie des FEQ zeigten die Tendenz zu einem azidotischen Belastungszustand. Grund kann in dieser Versuchsgruppe die versuchsbedingte Ausrichtung der Ration mit vermehrtem Anteil an XS (leicht verdaulichen Kohlenhydrate) sein. Kraftfutterreiche Rationen führen meist zu einer Pansenübersäuerung. Dies hat zur Folge, dass der Pansen-pH-Wert sinkt. Ebenso wird durch die kraftfutterreiche Ration vermehrt Propionsäure als Essigsäure gebildet und der Milchfettgehalt sinkt (SPIEKERS et al., 2004). Somit kommt es zur Verschiebung des Fett-Eiweiß-Verhältnis in der Milch und der FEQ Wert verschiebt sich in den Bereich unter < 1,1 (LKV, 2012 - azidotischer Belastungszustand). Bei den Zweitkalbskühen zeigten die Versuchskühe in der NDF-reichen Versuchsgruppe keine Unregelmäßigkeiten auf. In der XS-reichen Versuchsgruppe wich am stärksten der FEQ ab. Grund kann hier aber wieder die versuchsbedingt höhere XS-Aufnahme sein. Ansonsten konnten bei den Zweitkalbskühen keine größeren Veränderungen festgestellt werden. Die Altkühe wiesen in beiden Versuchsgruppen einen größeren Rückgang bei den Lebendmassen auf. In der NDF-reichen Versuchsgruppe einen Rückgang von 20 kg und in der XS-reichen Versuchsgruppe von 42 kg. Ansonsten befanden sich alle Werte in der NDF-reichen Versuchsgruppe innerhalb der jeweiligen Empfehlungsbereiche. Die Altkühe in der XS-reichen Versuchsgruppe wiesen lediglich beim FEQ in der 9. Laktationswoche vom Normalbereich ab. Zusammengefasst kann gesagt werden, dass die Zweitkalbkühe und Altkühe, egal bei welcher Ausrichtung, am besten mit den Rationen zurechtgekommen sind. Bei den Jungkühen zeigten sich vor allem in der XS-reichen Versuchsgruppe Ausprägungen zum azidotischen Belastungszustand auf. Demnach beeinflusste die Rationsgestaltung am stärksten die Jungkühe/Erstkalbinnen.

7 Schlussfolgerungen

Aus der Analyse zweier Futterrationen für Milchkühe in den ersten 60 Tagen der Laktation mit differenzierten Gehalten an Struktur-Kohlenhydraten und Stärke können folgende Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

1. Neben der höheren TM-Aufnahme von im Durchschnitt 0,7 kg/d wiesen die Kühe der XS-reichen Ration im analysierten Zeitraum eine um 973 g/d höhere Aufnahme an Stärke auf. Dagegen nahmen die Kühe der NDF-reichen Gruppe im Mittel eine um 199 g/d höhere Menge an strukturwirksamer Rohfaser auf. Insgesamt bewegten sich die Aufnahmen bei den Kühen innerhalb der Referenzwerte und können damit als physiologisch eingeordnet werden.
2. Mit zunehmender Anzahl an Laktationstagen konnte bei den Kühen eine Verminderung des Pansen-pH-Wertes von 6,4 auf 6,1 beobachtet werden, wobei ein etwas stärkerer Abfall in der XS-reichen Ration auf 6,0 beobachtet werden konnte. Aus diesen Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass zwischen den Kühen beider Gruppen kein signifikanter Unterschied auftrat und daher bei XS-reicheren Rationen die Gefahr einer Pansenfermentationsstörung nicht erhöht scheint.
3. Eine ausreichende Menge an strukturwirksamer Rohfaser wurde im Mittel ab der 4. Woche der Laktation aufgenommen und wies in der 9. Woche den höchsten Wert auf. Trotz der steigenden sXF-Aufnahme konnte eine deutliche Verminderung der Pansen-pH-Werte dokumentiert werden. Vor diesem Hintergrund sind die Referenzwerte für eine ausreichende sXF-Aufnahme zur Vermeidung von Pansenazidosen zu überprüfen.
4. Bei einem mittleren Gehalt an peNDF von 20 % in beiden Rationen konnte in der 9. Woche der Laktation mit im Durchschnitt 21 % der höchste Gehalt an peNDF nachgewiesen werden. Trotz dieses leichten Anstieges an peNDF konnte eine zunehmende Verminderung des Pansen-pH-Wertes bei den Kühen beobachtet werden. Vor diesem Hintergrund muss auch der Gehalt an peNDF als Kennzahl der Rationskontrolle in Bezug auf die Pansenfermentation hinterfragt werden.
5. Die NSBA im Harn der Kühe beider Gruppen zeigte keine wesentlichen Reaktionen auf die Aufnahmen an TM, XS oder sXF, da die DCAB der Rationen diese kompensatorische Regulation zu unterbinden scheint. Hier sind also weiterführende Untersuchungen anzuraten.
6. Veränderungen im Pansen-pH-Wert der Kühe konnten in den vorliegenden Analysen nicht über die Variationen der NSBA im Harn dargestellt werden.
7. Die Kühe der NDF-reichen Ration wiesen im Mittel eine um 1,4 kg/d geringere ECM-Menge gegenüber den Kühen der XS-reichen Ration auf. Im Verlauf der Laktationswochen wiesen die Tiere beider Rationen einen gleichgerichteten Abfall der

Milchinhaltsstoffe auf. Vor diesem Hintergrund scheint die XS-reiche Ration innerhalb der ersten 60 Laktationstage für eine leistungsorientierte Milchproduktion besser geeignet zu sein.

8. Eine hohe ECM-Leistung der Kühe ging in beiden Rationsgruppen mit einer hohen TM-Aufnahme einher, wobei die Kühe der XS-reichen Ration im Mittel höhere TM-Aufnahmen aufwiesen, als die Kühe der NDF-reichen Ration. Innerhalb der Laktationswochen konnte jedoch für alle ECM-Gruppen eine deutliche Verminderung der Pansen-pH-Werte nachgewiesen werden, was in der Kontrolle der Fütterung und der Kontrolle der Milchleistung beachtet werden sollte.
9. Der mittlere FEQ aller Kühe wies einen Wert von 1,1 auf, der über die Wochen der Laktation in der XS-reichen Versuchsgruppe stärker abfiel und in der 9. Woche einen Wert von 0,9 verzeichnete. Damit kann zwischen dem FEQ und dem Pansen-pH-Wert ein gleichgerichteter Verlauf beschrieben werden.
10. Der über die Laktationswochen abnehmende FEQ konnte innerhalb der beiden Rationsgruppen nicht signifikant durch die TM- oder XS-Aufnahme, als auch den Gehalt an peNDF sowie sXF erklärt werden. Hier sind weiterführende Untersuchungen an einem größeren Datenmaterial zu empfehlen.
11. Bei den Jungkühen beider Rationen konnte in der 9. Woche der Laktation mit einem Pansen-pH-Wert von 5,8 der geringste Wert, gegenüber den älteren Tieren, ermittelt werden. Dieser Abfall konnte bei den Jungkühen der XS-reichen Ration stärker beobachtet werden gegenüber den Kühen der ersten Laktation in der NDF-reichen Gruppe. Vor diesem Hintergrund erscheint die Einrichtung einer Jungkuhgruppe in den ersten 60 Tagen der Laktation mit einem höheren Gehalt an Struktur-Kohlenhydraten und angepassten Stärkegehalten sinnvoll zu sein.

Insgesamt kann abgeleitet werden, dass beide geprüften Rationen für die Kühe in den ersten 60 Tagen der Laktation geeignet erscheinen, wobei das Fütterungscontrolling bei einer Ration mit etwas mehr Stärke und vor allem bei den Jungkühen intensiviert werden sollte. Zur Sicherung einer hohen Milchleistung bei einer angepassten Energie- und Nährstoffversorgung scheint dagegen die XS-reiche Ration besser geeignet zu sein, wenn die Tiergesundheit nicht nachteilig beeinflusst wird.

8 Zusammenfassung

Das Datenmaterial der vorliegenden Arbeit wurde im Rahmen eines Projektes, aus dem Jahr 2016, in der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG) in Iden erhoben. Es galt die Auswirkung verschiedenen Fütterungskonzepte mit unterschiedlichen Gehalten an Struktur- und leicht verdaulichen Kohlenhydraten, bei Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein, zu untersuchen. Der betrachtete Untersuchungszeitraum dieser Arbeit erstreckte sich über die ersten 60 Tage der Laktation. Grundlagen der Untersuchungen bildeten Probenentnahmen des Pansensaftes zur Bestimmung des pH-Werts, Harnanalysen sowie die Auswertung der Milchleistung und deren Inhaltsstoffen. Ebenfalls wurde der Fett-Eiweiß-Quotient zur Bewertung herangezogen. Es galt neben der TMR-Analyse die Bestimmung der Trockenmasseaufnahme und ebenso die Aufnahmen an sXF sowie XS und den Gehalt an peNDF zu bestimmen und auszuwerten. Insgesamt konnten 46 Milchkühe in die Analysen einbezogen werden. Die Verteilung der Tieranzahl betrug in der NDF-reichen Versuchsgruppe 19 Milchkühe und 27 Tiere in der XS-reichen Versuchsgruppe. Es konnte festgestellt werden, dass die Aufnahmen an TM, sXF sowie XS zwischen den Versuchsgruppen partiell signifikante Unterschiede aufwiesen, jedoch allgemein physiologisch einzuordnen sind. Trotz der empfohlenen Aufnahmen konnte mit zunehmender Anzahl an Laktationstagen bei den Kühen eine Verminderung des Pansen-pH-Wertes von 6,4 auf 6,1 beobachtet werden, wobei ein etwas stärkerer Abfall in der XS-reichen Ration auf 6,0 beobachtet werden konnte. Ebenfalls wies der ermittelte FEQ eine gleichgerichtete Ausprägung wie der Pansen-pH-Wert auf. Beim Leistungspotenzial wiesen die Milchkühe der XS-reichen Gruppe eine um 1,4 kg/d höhere ECM-Menge auf, als die Kühe der NDF-reichen Ration. Es konnte jedoch im Verlauf der Laktation, innerhalb beider Gruppen, ein gleichgerichteter Abfall der Milchinhaltsstoffe ermittelt werden. Vor diesem Hintergrund scheint die XS-reiche Ration, innerhalb der ersten 60 Laktationstage, für eine leistungsorientierte Milchproduktion besser geeignet zu sein. Neben den Untersuchungen des Fütterungskonzeptes galt es in dieser Arbeit ebenfalls zu überprüfen, inwieweit die Laktationsnummern der Kühe auf diese unterschiedlichen Ausprägungen reagierten. Es konnte festgestellt werden, dass die Jungkühe beider Versuchsgruppen stärkere Schwankungen aufwiesen als die Mehrkalbskühe. Speziell in der XS-reichen Versuchsgruppe wiesen die Jungkühe beim Pansen-pH-Wert sowie FEQ einen stärkeren Abfall gegenüber der NDF-reichen Ration auf. Insgesamt kann abgeleitet werden, dass beide geprüften Rationen für die Kühe in den ersten 60 Tagen der Laktation geeignet erscheinen. Es kristallisierte sich heraus, dass zur Sicherung einer hohen Milchleistung bei einer angepassten Energie- und Nährstoffversorgung, die XS-reiche Ration besser geeignet zu sein scheint, zumal die Tiergesundheit nicht nachteilig beeinflusst wurde.

9 Literaturverzeichnis

ADAMS, U. (2008): Mit Körnermais Rinderfütterung aufwerten, Landwirtschaftskammer NRW- Beratungsregion Rheinland-Nord, Wesel; Innovation 4/2008, PDF

BENNINGHOFF, STEINGASS et al. (2009): Pansenbeständige Stärke aus behandelten Weizen zur Leistungssicherung, Versuchsprojekt - Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung Hofgut Neumühle, PDF, 2009

BERKEMEIER (2017): Hohe DCAB in der Ration für laktierende Kühe (STAUFENBIEL, TÖSCHKE); Elite - Magazin für Milchviehalter, 2017
https://www.elite-magazin.de/news/nachrichten/dcab-im-grundfutter-untersuchen-lassen-9281415.html

BRADE, W.; BRADE, E. et al. (2014): Negative Energiebilanz - der Risikofaktor im ersten Laktationsdrittel, Elite Magazin für Milchviehhalter 2014

BRADE, W.; BRADE, E. et al. (2015): Die Futteraufnahme von hochleistenden Milchkühen im ersten Laktationsdrittel; REKASAN Journal - 22. Jahrgang - Heft 43/44

BUSCH, W., METHLING, W. et al. (2004): Tiergesundheits- und Tierkrankheitslehre, Parey Verlag - Stuttgart, 2004

DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung (2006): Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh, DLG Verlag, PDF, 2006

DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung (2008): Stärkebeständigkeit für silierte Maisprodukte, DLG Verlag, PDF, 2008

ENGELHARD,T. (2007): Milchinhaltsstoffe durch Fütterung beeinflussen - Möglichkeiten, Nutzen und Risiken, Landesanstalt für Landwirtschaft, Forst und Gartenbau - Zentrum Tierhaltung und Technik Iden, Vortragspräsentation, PDF, 04. Oktober 2007

ENGELHARD, T. (2014): Untersuchung zur Futteraufnahme von Kühen in der Trockenstehphase - Zusammenhänge zwischen Futteraufnahme vor der Kalbung und Leistung sowie Stoffwechselparameter, 13. Dummerstorfer Seminar - Futter und Fütterung, Dezember 2014

ENGELHARD, T. (2016): Effiziente Proteinversorgung von Milchkühen - Versuchsergebnisse und praktische Erfahrungen aus dem ZTT Iden; 17. Dummerstorfer Seminar Futter und Fütterung am 30.11.2016 in Karow, PDF, 2016

ENGELHARD, T (2018): Auswirkung der Fütterung mit unterschiedlichen Gehalten an Struktur- und leicht verdaulichen Kohlenhydraten; 18. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda 10. und 11. April 2018, PDF

ENGELHARD, T. (2019): „Eiweißfuttermittel richtig einsetzten - Aktuelle Hinweise zur Ration und zum Controlling“; 47. Tag des Milchviehhalters in Sachsen-Anhalt (16./17.04.2019, Iden/Bernburg), PDF, 2019

GASTEINER, J. (2000): Ketose, die bedeutendste Stoffwechselerkrankung der Milchkuh, 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, PDF, 2000

GASTEINER, J.; KOCH, C. (2009): Möglichkeiten zur Messung des pH-Werts im Pansen; Lehr- u. Versuchsanstalt für Viehhaltung Hofgut Neumühle, PDF, 2009

GRUBER (2015): Gruber Tabellen zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe und Ziegen, LfL Bayrische - Information, 39. Auflage, 2015

GRUBER (2019): Gruber Tabellen zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe und Ziegen, LfL Bayrische - Information, 44. Auflage, 2019

HÄUSLER, J. (2007): “Die entscheidenden 100 Tage“ - Die Fütterung der Milchkuh rund um die Geburt, Alternative Rinderhaltung und Herdenmanagement / Raumberg-Gumpenstein, PDF, 2007

HEESE, A. (2016): Analyse ausgewählter Indikatoren der Tiergerecht und Tiergesundheit bei Milchkühen bei einer terminlich differenzierten Erfassung, Bachelorarbeit, 2016

HOFFMANN, M. (2012): Die praktische Anwendung der Proteinbewertung für Wiederkäuer in der Rationsgestaltung für Milchrinder, Sächsischer Landeskontrollverband e.V., Sächsischer Futtertag - Groitzsch, 21. März 2012

HOFFMANN, M. (2013): Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung der Strukturwirksamkeit von Rationen für Milchkühe, Sächsischer Landeskontrollverband e.V., Lichtenwalde, 2013

HOFFMANN, M. (2014): Viel Milch aus dem Futter; DLZ primus Rind - Mai 2014, PDF

HOFFMANN, M. (2014): Korn zu Milch; DLZ primus Rind - August 2014, PDF

HULSEN, J.; AERDEN, D. (2014): Fütterungssignale - Praxisleitfaden zur gesunden Fütterung von Milchkühen, vet-consult, 2014

JILG, T. (2013): Verdauuungsphysiologie des Wiederkäuers II - Futterstruktur / Bedeutung und Bewertung, Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung (LAZBW) Baden-Württemberg, PDF-Präsentation, 04.10.2013

JOSERA (2016): Wie beeinflusst die Fütterung die Milchinhaltsstoffe?; Ratgeber - Ernährung, https://www.josera-rind.de/ratgeber/ernaehrung/wie-beeinflusst-die-fuetterung-die-milchinhaltsstoffe/, 2016

KIRCHGESSNER, M. (2011): Tierernährung - 13. neu überarbeitet Auflage, DLG Verlag, 2011

KOCH C., PRIES, M. (2009): Wie viel Stärke braucht die Kuh? ; Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung Hofgut Neumühle, PDF, 2009

KTBL (2009): Faustzahlen für die Landwirtschaft, YARA - 14. Auflage, 2009

LfL Bayern Tierernährung (2017): Körnermais oder Weizen - Eine Frage der Kohlenhydratversorgung, Bayrisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forst - LfL Institut in Grub, https://www.lfl.bayern.de/ite/rind/086219/index.php, 2017

LIKRA (2013): LIKRA Tierernährung - erfolgreich füttern, PDF, 2013

LKV - Landeskontrollverband Rheinland-Pfalz e.V. (2012): Wichtige Bergriffe der Milchleistungsprüfung und Tierzucht, PDF, 2012

LKV - Niederösterreich (2017): LKV Kennzahl September: Was ist energiekorrigierte Milch?, LKV Niederösterreich - Leistungsprüfung und Qualitätssicherung bei Zucht und Nutztieren, PDF, 2017

MAHLKOW-NERGE, K.; ENGELHARD, T. et al. (2017): Teil 1 - Große Schwankungen bei der DCAB in Silagen; Proteinmarkt - Fachartikel; PDF, Mai 2017

MAHLKOW-NERGE, K.; ENGELHARD, T. et al. (2017): Teil 2 - DCAB beeinflusst NSBA; Proteinmarkt - Fachartikel; PDF, Mai 2017

MERTENS, R. (2013): Einfluss der Laktationszahl auf Laktationskurve- und Lebendmasse von Kühen unterschiedlicher genetischer Herkunft bei Low-Input Vollweidehaltung im Berggebiet; Masterarbeit Studienrichtung Nutztierwissenschaften LfZ Raumberg-Gumpenstein, PDF 2013

MEYER, U. (2005): Fütterung der Milchkühe, veröffentlich in: Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 289, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft - Institut für Tierernährung, PDF, 2005

MORITZ, A. (2014): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin, 7. Auflage, Kapitel 37 - Spezielle Untersuchungen beim Wiederkäuer von M. FÜRLL (2014)

OERLEMANS, K. (2013): Beständige Stärke im Mais: eine wertvolle Energiequelle!, Analytiklabor BLGG AgroXpertus - Wageningen, https://www.milch-index.de/mais/qualitaet-mais/staerke/staerke-artikel.html, Innovation 4/2013

REHBOCK, F.; KLUG, F.; FREYER, G. (2010): Gesundheit der Milchkuh - Betrachtungen ausgewählter Erkrankungen unter züchtungsbiologischen züchtungsbiologischen Aspekten anhand der neuen Literatur, 1. Auflage - Nutztierpraxis Rind, PDF 2010

SCHOLZ, H. (2012): Skript Tierernährung - Besonderheiten der Wiederkäuer; Hochschule Anhalt, 2012

SCHOLZ, H., ENGELHARD, T. (2012): Eine Fütterungskontrolle mittels NSBA im Harn kann nur unter Beachtung der Zusammensetzung der Futterration erfolgen, Fachartikel - Proteinmarkt, März 2012

SCHOLZ, H.; FISCHER, T.; DÖHLER, T. et al. (2010): Harnwerte zur Beurteilung der Stoffwechselsituationen von Milchkühen; PDF-Präsentation, 2010

SCHOLZ, H.; KÜHNE, P.; ENGELHARD, T. (2018): Zusammenhänge rohfaserreiche Ration bei Mutterkühen und deren Auswirkungen auf die Pansenfermentation; Hochschule Anhalt / Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau, Bericht Oktober 2018

SEEWALDR, P. (2012): Futterbedarf, LKV - MLP Beratungsstelle NAGOLD-HOCHDORF, http://www.zwseewaldt.net/Seiten/futterbedarf.html; 2014

SPIEKERS, H.; POTTHAST, V. (2004): Erfolgreiche Milchviehfütterung - 4. neu überarbeitet Auflage, DLG Verlag, 2004

SPIEKERS, H. (2007): Fütterung der Milchkühe zur Optimierung des Laktationsstarts, 34. Viehwirtschaftliche Fachtagung / Raumberg-Gumpenstein, PDF, 2007

STAUFENBIEL, R. (2007): Pansenfermentationsstörung und Pansenazidose - zwei grundlegende fütterungsbedingte Tiergesundheitsstörungen in der Milchkuhhaltung, Klinik für Klauentiere der Freien Universität Berlin, PDF, 2007

STAUFENBIEL, R. (2011): Pansenalkalose, Pansenazidose, Pansenfermentationsstörungen - grundlegende Tiergesundheitsprobleme in der Milchviehfütterung, Klinik für Klauentiere der Freien Universität Berlin, Tagungsbericht - PDF, 2011

STEINGASS, H.; ZEBELI, Q. (2008): Strukturbewertung von Rationen für Milchkühe - 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung 9.-10. April 2008 (Seite 19-25), Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein; PDF, 2008

TRAULSEN, K. (2016): Pansenazidose - Wenn sauer nicht mehr lustig macht, bauernblatt online, 12.02.2016
https://www.bauernblattsh.de/nachrichten/betriebsfuehrung/details/news/pansenazidose-wenn-sauer-nicht-mehr-lustig-macht.html

ULBRICH, M.; HOFFMANN, M.; DROCHNER, W. (2004): Fütterung und Tiergesundheit, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 2004

WEST, A.; ENGELHARD, T. et al. (2017): Pansen-pH-Wert bei Milchkühen und Zusammenhänge zu Kennzahlen des Säure-Basen-Haushalt; Klinik für Klauentiere der FU Berlin und LLG Sachsen-Anhalt, 2017

WURM, K. (2010): Fütterungsfehler und ihre Interpretation durch die Milchinhaltsstoffe, Lehr und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Raumburg-Gumpenstein; Tierärztetagung, PDF, 2010

ZEBELI, Q.; HUMER, E. (2016): Ausreichend Struktur in der Milchviehration? Von der Bewertung zu adäquaten Versorgung, 43. Viehwirtschaftlichen Fachtagung 2016 (Seite 21-27), Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein; PDF, 2016

10 Anhang

Selbständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt und keine anderen als die genannten Hilfsmittel und Quellen (einschließlich der angegebenen oder beschriebenen Software) benutzt habe.

Bernburg, den 30.01.2020

_____

Annett Heese

Danksagung

Mein erster Dank gebührt Herrn Prof. Dr. Heiko Scholz, der als Erstgutachter und Mentor meine Masterarbeit betreut und begutachtet hat. Für die hilfreichen Anregungen und konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit sowie für sein stets offenes Ohr bei Problemen und Fragen, möchte ich mich recht herzlich bei Ihm bedanken. Solch eine Betreuung ist keine Selbstverständlichkeit. Vielen lieben Dank dafür.

Zudem möchte ich mich bei meinen Zweitgutachter Herrn Thomas Engelhard, von der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau aus Iden, recht herzlich bedanken. Der fachliche Austausch und die konstruktiven Anregungen trugen zum Gelingen dieser Arbeit bei.

Ich möchte mich an dieser Stelle bei Allen bedanken, die mich während der Anfertigung meiner Masterarbeit unterstützt und motiviert haben.

Ein großer Dank geht an die liebe Petra, die stets für mich da war und mich in vielen Dingen unterstützte, sowie für Ihr aufmerksames Korrekturlesen der Masterarbeit.

Ebenfalls gebührt ein großes Dankeschön meinen Freunden, die mir während des Studiums mit viel Geduld, Interesse und Hilfsbereitschaft stets zu Seite standen. Ohne Euch wäre manches nicht so leicht zu ertragen gewesen. Danke, dass es euch gibt.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Großeltern und Eltern bedanken. Ihnen gebührt der größte Dank. Ohne ihre Unterstützung stünde ich nicht dort, wo ich jetzt bin. Ich danke Euch für alles. Ihr seid meine Helden. Ich liebe euch!