

FORSCHUNGSBERICHT AGRARTECHNIK

des Fachausschusses Forschung und Lehre der
Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG)

550

Anne Grothmann

Einfluss von automatischen Fütterungsverfahren in der Milchviehhaltung auf das Tierverhalten und die Futterqualität

Aus dem Institut für Agrartechnik

Universität Hohenheim

Fachgebiet: Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme

Prof. Dr. Matthias Schick

und

der Forschungsanstalt Agroscope Tänikon

Forschungsgruppe: Arbeit, Bau und Systembewertung

Einfluss von automatischen Fütterungsverfahren in der Milchviehhaltung auf das Tierverhalten und die Futterqualität

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors

der Agrarwissenschaften

vorgelegt

der Fakultät Agrarwissenschaften

von

Anne Grothmann

aus Stade

2015

Die vorliegende Arbeit wurde am 18.06.2015 von der Fakultät Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim als "Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften" angenommen.

Dekan: Prof. Dr. R. T. Vögele

Berichterstatter: Prof. Dr. M. Schick

Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. Schenkel

Mündliche Prüfung: Prof. Dr. M. Schick

Prof. Dr. H. Schenkel

Prof. Dr. E. Hartung

Leitung des Kolloquium: Prof. Dr. M. Rodehutschord

Tag der mündlichen Prüfung: 21. September 2015

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des Autors urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2015

Im Selbstverlag: Anne Grothmann

Bezugsquelle: Universität Hohenheim
Institut für Agrartechnik -440-
Garbenstr. 9
D-70599 Stuttgart

Mein Dank gilt....

- ... Herrn Prof. Dr. Matthias Schick für die Überlassung des Themas, das entgegengebrachte Vertrauen und die Möglichkeit, diese Arbeit unter seiner Betreuung an der Forschungsanstalt Agroscope in Tänikon und der Universität Hohenheim durchführen zu können.
- ... Herrn Prof. Dr. Hans Schenkel und Herrn Prof. Dr. Eberhard Hartung für die Übernahme des Mitberichtes und die Mitprüfertätigkeit.
- ... Herrn Franz Nydegger für die Möglichkeit, diese Arbeit durchführen zu dürfen, seine hervorragende wissenschaftliche, fachliche, menschliche und moralische Unterstützung in allen Phasen der Arbeit und das in mich gesetzte Vertrauen.
- ... Herrn Markus Keller für die tatkräftige und engagierte Unterstützung und die hervorragend Zusammenarbeit während des Projektes.
- ... der Firma Pellon Group Oy, insbesondere den Herren Arto Pohto, Jan Kohrs, Magnus Rex und Timo Hanhimäki für die finanzielle, tatkräftige und engagierte Unterstützung des Projektes, den vielen fachlichen Diskussionen und dem technischen Support.
- ... den Herren Christoph Herzog und Hans Lüthi sowie den Kollegen vom Versuchsbetrieb, besonders den Herren Christoph Bühler, Stefan Mathis, Fabian Salzgeber, Andreas Hagenbüchle und Christian Schenk für die tatkräftige Unterstützung während der Versuche und den fachlichen Austausch.
- ... den Herren Hubert Bollhalder und Beat Kürsteiner aus der Messtechnik, Hans-Rudolf Ott und Thomas Hämmerli vom Technischen Dienst für die Hilfe bei den Versuchseinrichtungen, die fachliche Unterstützung und die hervorragende Arbeitsatmosphäre.
- ... den Herren Robert Maier und Roger Weilenmann für die IT-Unterstützung, Herrn Daniel Herzog für das Anfertigen der Zeichnungen und Alma Modes für die Hilfe bei der Beschaffung der Literatur.
- ... Herrn Dr. Lorenz Gygax für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung.
- ... den Kollegen der Forschungsgruppe Arbeit, Bau und Systembewertung und meinen MitdoktorandInnen für die Unterstützung und die arbeitsfördernde Atmosphäre.
- ... Herrn Ueli Wyss, der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux und der Landesanstalt für landwirtschaftliche Chemie für den fachlichen Austausch und die Durchführung der diversen Futteranalysen.
- ... den sechs Praxisbetrieben für die kooperative Zusammenarbeit.
- ... Frau Dr. Tanja Kutzer und Herrn Dr. Roy Latsch für die fachlichen Gespräche und Anregungen, die Durchsicht dieser Arbeit und die große tatkräftige, moralische und freundschaftliche Unterstützung.
- ... meiner Familie, ohne deren Rückhalt, Zuspruch und Ermutigungen diese Arbeit nicht hätte verwirklicht werden können.
- ... allen Nichtgenannten, durch die mir die Zeit in Tänikon in positiver Erinnerung bleibt und die in irgendeiner Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Meiner Familie

I. Inhaltsverzeichnis

I. Inhaltsverzeichnis	1
II. Abbildungsverzeichnis	4
III. Tabellenverzeichnis	11
IV. Abkürzungsverzeichnis	19
1. Einleitung	25
1.1 Problemstellung	25
1.2 Zielsetzung.....	28
2. Kenntnisstand	30
2.1 Stand der Technik.....	30
2.1.1 Aktueller Stand der Verfahrenstechnik bei automatischen Fütterungsverfahren	30
2.2 Grundsätze der Milchviehfütterung	33
2.3 Physiologie von Wiederkäuern.....	34
2.3.1 Futteraufnahme und Verdauung.....	34
2.3.2 Einflüsse der Fütterung und deren Folgen	36
2.4 Ethologie.....	37
2.4.1 Sozialverhalten von Rindern.....	37
2.4.2 Fress- und Wiederkauverhalten.....	38
2.4.3 Ruheverhalten	43
2.5 Einfluss der Futtervorlagehäufigkeit.....	46
2.5.1 Futteraufnahme- und Ruheverhalten.....	46
2.5.2 Mikrobielle Verdauung im Pansen	51
2.6 Silagequalität und -hygiene.....	54
2.6.1 Definition Futterqualität und -hygiene.....	54
2.6.2 Gärungsbiologische Grundlagen	57
2.6.3 Silierverluste	59
2.6.4 Einfluss auf die Tiergesundheit und Futteraufnahme	69
3. Material und Methoden	73
3.1 Projektteil 1a: Bewertung zum Einfluss verschiedener Techniken zur Futtervorlage: Vergleich von automatischen Fütterungsverfahren und Futtermischwagen.....	73
3.1.1 Tiere, Haltung und Management	73
3.1.2 Automatisches Fütterungsverfahren.....	74
3.1.3 Fütterung	76
3.1.4 Futteraufnahme	78

3.1.5	Fressverhalten und Wiederkauaktivität.....	78
3.1.6	Milchleistung und Milchinhaltsstoffe	80
3.1.7	Datenaufbereitung und -auswertung	80
3.2	Projektteil 1b: Bewertung verschiedener Vorlagehäufigkeiten mit automatischen Fütterungsverfahren.....	83
3.2.1	Haltung und Management	83
3.2.2	Versuch 1: Futtevorlage zwei-, sechs- und achtmal täglich.....	83
3.2.3	Versuch 2: Futtevorlage ein-, zehn- und zwölfmal täglich	89
3.2.4	Datenaufbereitung und -auswertung	94
3.3	Projektteil 2: Bewertung zum Einsatz von automatischen Fütterungsverfahren auf Praxisbetrieben	96
3.3.1	Auswahlkriterien der Betriebe.....	96
3.3.2	Charakterisierung der Praxisbetriebe	97
3.3.3	Erhobene Parameter	104
3.3.4	Milchleistung und Besuche am automatischen Melkverfahren	106
3.3.5	Tieraktivität und Ethogramme	108
3.3.6	Datenaufbereitung und -auswertung	108
3.4	Projektteil 3: Futterqualität und -hygiene von Maissilage in Vorratsbehältern von automatischen Fütterungsverfahren.....	110
3.4.1	Versuchsgruppen, Haltung und Management	110
3.4.2	Befüllung der Vorratsbehälter	114
3.4.3	Generelles Vorgehen bei der Futterprobenahme	116
3.4.4	Lagerungs- und Schüttgutdichte.....	116
3.4.5	Temperatur	117
3.4.6	Futterqualität, pH-Wert und Gärsäuren	117
3.4.7	Aerobe Stabilität (ASTA)	118
3.4.8	Mikrobiologie	118
3.4.9	Futteraufnahme	119
3.4.10	Milchleistung und Milchinhaltsstoffe	119
3.4.11	Datenaufbereitung und -auswertung	120
4.	Ergebnisse	123
4.1	Projektteil 1a: Bewertung zum Einfluss verschiedener Techniken zur Futtevorlage: Vergleich von automatischen Fütterungsverfahren und Futtermischwagen.....	123
4.1.1	Futteraufnahme	123
4.1.2	Fressverhalten und Wiederkauaktivität.....	123
4.1.3	Milchleistung und Milchinhaltsstoffe	126
4.2	Projektteil 1b: Bewertung verschiedener Futtevorlagehäufigkeiten mit automatischen Fütterungsverfahren.....	128
4.2.1	Futteraufnahme	128

4.2.2	Fressverhalten und Wiederkauaktivität.....	128
4.2.3	Liegeverhalten.....	130
4.2.4	Milchleistung und Milchinhaltsstoffe	133
4.2.5	Tieraktivität	141
4.2.6	Ethogramme	147
4.3	Projektteil 2: Bewertung zum Einsatz von automatischen Fütterungsverfahren auf Praxisbetrieben in Bezug auf das Fress- und Liegeverhalten	169
4.3.1	Fress- und Wiederkauverhalten.....	169
4.3.2	Liegeverhalten.....	173
4.3.3	Tieraktivität	175
4.3.4	Ethogramme	178
4.3.5	Milchleistung und Besuche am automatischen Melkverfahren	185
4.4	Projektteil 3: Futterqualität und -hygiene von Maissilage in Vorratsbehältern von automatischen Fütterungsverfahren.....	187
4.4.1	Temperatur und Verdichtung.....	187
4.4.2	Futteranalysen, pH-Wert und Gärsäuren.....	189
4.4.3	Aerobe Stabilität (ASTA)	191
4.4.4	Mikrobiologie	192
4.4.5	Futteraufnahme	193
4.4.6	Milchleistung und Milchinhaltsstoffe	194
5.	Diskussion und Schlussfolgerung.....	206
5.1	PT 1 und PT 2: Bewertung zum Einfluss verschiedener Futtevorlage- techniken und Futtevorlagehäufigkeiten mit automatischer Fütterung	206
5.2	Projektteil 3: Futterqualität und -hygiene von Maissilage in Vorratsbehältern von automatischen Fütterungsverfahren.....	214
6.	Zusammenfassung.....	220
7.	Summary.....	223
8.	Literatur.....	226
9.	Anhang.....	246

II. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Auf dem Markt verfügbare automatische Fütterungsverfahren (Stand: Januar 2015).....	31
Abb. 2: Abmessungen bei schienengeführten Fütterungsverfahren (links) und stationären Bandverfahren (rechts).....	31
Abb. 3: Schematische Darstellung möglicher Anlagenkomponenten eines schienengeführten automatischen Fütterungsverfahrens: (a) Vorratsbehälter, (b) Kraftfutterbehälter, (c) schienengeführter Futtermischwagen, (d) Tragschiene, (e) Leiterschiene.....	33
Abb. 4: Definition der Futterqualität und -hygiene (verändert nach WIEDNER 2008).....	56
Abb. 5: Schematische Darstellung des Temperaturverlaufes unter Luftsauerstoffeinfluss im HONIG-Test (BANEMANN 2010)	66
Abb. 6: Schematische Darstellung des schienengeführten Fütterungsverfahrens der Firma Pellon, Ylihärmä, Finnland (a) Vorratsbehälter, (b) Kraftfuttersilos, (c) schienengeführter TMR Futterwagen, (d) Bedienelement (Pellon Graphics), (e) W-Lan Modul, (f) Futteraustrag, (g) Tragschiene und Aufhängung inkl. Wiegeeinheit, (h) Leiterschiene mit Schleppkontakten.....	75
Abb. 7: Druckkurve ART-MSR Nasenbandsensor Beispiel "Fressen"	79
Abb. 8: Druckkurve ART-MSR Nasenbandsensor Beispiel "Wiederkauen"	80
Abb. 9: Beispiel von Messdaten des MSR-Lagesensors: Werte > 4.9: Stehen; Werte < 4.9: Liegen; 4.9: Entscheidungswert (rote Linie).....	87
Abb. 10: Schematische Zeichnung zum Ablauf und der Befüllreihenfolge der verschiedenen Maissilagen (oben: Hochsilosilage, mitte: Quaderballensilage, unten: Folienschlauchsilage) in die Pellon Compact Vorratsbehälter.....	115

Abb. 11: Befüllung der Quaderballensilage mit der Ballengabel in den Pellon Compact-Vorratsbehälter mit veränderter Befüllklappe	115
Abb. 12: Anzahl Kauschläge "andere Aktivitäten" bei Tieren unter und über dem 150. Laktationstag bei den verschiedenen Fütterungsvarianten als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)...	125
Abb. 13: Interaktion zwischen der Futtevorlagehäufigkeit und dem Laktationstag bei der durchschnittlichen Liegedauer pro Tag als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)	131
Abb. 14: Abhängigkeit der durchschnittlichen Liegedauer pro Liegeperiode vom Laktationstag und Laktationsnummer der Tiere als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)	133
Abb. 15: Interaktion bei der Milchleistung [kg] zwischen Laktationstag und Laktationsnummer der Versuchstiere dargestellt als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)	135
Abb. 16: Interaktion bei der energiekorrigierten Milchleistung [kg] zwischen Laktationstag und Laktationsnummer der Versuchstiere (Boxplot: Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum).....	136
Abb. 17: Interaktion zwischen Futtevorlagehäufigkeit, Laktationstag und Laktationsnummer beim somatischen Zellzahlgehalt als Boxplot (ohne Ausreißer)	138
Abb. 18: Abhängigkeit des Fettgehaltes von der Futtevorlagehäufigkeit und dem Laktationstag.....	139
Abb. 19: Abhängigkeit des Eiweißgehaltes von der Futtevorlagehäufigkeit und dem Laktationstag.....	140
Abb. 20: Interaktion zwischen Futtevorlagehäufigkeit, Laktationstag und Laktationsnummer für die Tieraktivität „Stehen/Fressen“ als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum).....	144

-
- Abb. 21: Übersicht der verschiedenen Tieraktivitäten der Kategorien
 "Liegen/Andere Aktivitäten", Liegen/Wiederkauen“, „Stehen/Andere
 Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/ Wiederkauen“ je Tier und
 Tag [%] bei zwei-, sechs- und achtmaliger Futtevorlage pro Tag 145
- Abb. 22: Übersicht der verschiedenen Tieraktivitäten der Kategorien
 "Liegen/Andere Aktivitäten", Liegen/Wiederkauen“, „Stehen/Andere
 Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“ je Tier und
 Tag [%] bei ein-, zehn- und zwölfmaliger Futtevorlage pro Tag 146
- Abb. 23: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Liegen/Andere
 Aktivitäten" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010) 148
- Abb. 24: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise
 "Liegen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010) 149
- Abb. 25: Relativer Anteil der Fokustiere in der Verhaltenskategorie
 "Stehen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010) 150
- Abb. 26: Relativer Anteil der Fokustiere in der Verhaltenskategorie
 "Stehen/Andere Aktivitäten" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010) .. 151
- Abb. 27: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise
 "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010) 152
- Abb. 28: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise
 "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010) getrennt
 nach Laktationen bei zweimal täglicher Futtevorlage (FF2) 153
- Abb. 29: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise
 "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010) getrennt
 nach Laktationen bei sechsmal täglicher Futtevorlage (FF6) 155
- Abb. 30: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise
 "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010) getrennt
 nach Laktationen bei achtmal täglicher Futtevorlage (FF8) 156

Abb. 31: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Liegen/Andere Aktivitäten" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011)	158
Abb. 32: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Liegen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011).....	159
Abb. 33: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011)	160
Abb. 34: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Andere Aktivitäten" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011)	161
Abb. 35: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011)	163
Abb. 36: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011) getrennt nach Laktationen bei einmal täglicher Futtevorlage (FF1)	165
Abb. 37: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011) getrennt nach Laktationen bei zehnmal täglicher Futtevorlage (FF10)	166
Abb. 38: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011) getrennt nach Laktationen bei zwölfmal täglicher Futtevorlage (FF12)	168
Abb. 39: Tägliche Fressdauer der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum).....	170
Abb. 40: Tägliche Wiederkaudauer der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum).....	171
Abb. 41: Tägliche Dauer der anderen Aktivitäten der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)	172

Abb. 42: Durchschnittliche Anzahl an Liegeperioden pro Tag der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)	174
Abb. 43: Durchschnittliche Dauer der Liegeperioden der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)	175
Abb. 44: Übersicht der verschiedenen Tieraktivitäten der Kategorien "Liegen/Andere Aktivitäten", Liegen/Wiederkauen“, „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“ je Tier und Tag [%]	177
Abb. 45: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf der Betriebe 1, 2 und 3.....	178
Abb. 46: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf der Betriebe 4, 5 und 6.....	179
Abb. 47: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Liegen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf der Betriebe 1, 2 und 3	180
Abb. 48: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Liegen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf der Betriebe 4, 5 und 6	181
Abb. 49: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf der Betriebe 1, 2 und 3.....	182
Abb. 50: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf der Betriebe 4, 5 und 6.....	183
Abb. 51: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Andere Aktivitäten" über den Tagesverlauf der Betriebe 1, 2 und 3.....	184
Abb. 52: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Andere Aktivitäten" über den Tagesverlauf der Betriebe 4, 5 und 6.....	185

Abb. 53: Durchschnittliche Milchmenge je Tier und Tag der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)	186
Abb. 54: Durchschnittlicher Verlauf der Außentemperatur und der Temperaturverlauf im Futter bei den drei Konservierungsverfahren der Maissilage im Winterversuch.....	187
Abb. 55: Durchschnittlicher Verlauf der Außentemperatur und der Temperaturverlauf im Futter bei den drei Konservierungsverfahren der Maissilage im Sommersversuch	188
Abb. 56 Interaktion der Milchleistung [kg] zwischen Konservierungsverfahren (HS: Hochsilo, QB: Quaderballen, FSS: Folienschlauchsilage), Jahreszeit, Laktationsnummer und Laktationstag (Boxplot: Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)	196
Abb. 57: Interaktion der energiekorrigierten Milchleistung (ECM) [kg/Tag] zwischen Konservierungsverfahren (HS: Hochsilo, QB: Quaderballen, FSS: Folienschlauchsilage), Jahreszeit, Laktationsnummer und Laktationstag (Boxplot: Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)	198
Abb. 58: Dreifachinteraktion beim Fettgehalt der Milch [%] zwischen der Jahreszeit, der Laktationsnummer und dem Laktationstag der Versuchstiere als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)	201
Abb. 59: Dreifachinteraktion beim Eiweißgehalt [%] zwischen dem Konservierungsverfahren, der Jahreszeit und der Laktationsnummer der Versuchstiere als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)	202
Abb. 60: Interaktion beim Laktosegehalt der Milch [%] zwischen dem Laktationstag und der Laktationsnummer der Versuchstiere als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum).....	203

Abb. 61: Interaktion der Harnstoffgehalte in der Milch [mg/dl] zwischen Konservierungsverfahren (HS: Hochsilo, QB: Quaderballen, FSS: Folienschlauchsilage), Jahreszeit, Laktationsnummer und Laktationstag als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)	205
Abb. 62: Stallgrundriss Versuchsstall der Forschungsanstalt Tänikon, Schweiz (KF: Krafffutter, ZRS: Zuckerrübenschnitzel)	246
Abb. 63: Übersicht Stallgebäude und automatisches Fütterungsverfahren Betrieb 1 (SM: stationärer Mischer)	250
Abb. 64: Stallgrundriss Betrieb 1	251
Abb. 65: Stallgrundriss Betrieb 2 (SM: stationärer Mischer)	252
Abb. 66: Stallgrundriss Betrieb 3 (TMR: stationärer Mischer, hier: Pellon TMR Roboter)	253
Abb. 67: Stallgrundriss Betrieb 4 (ZRS: Zuckerrübenschnitzel, siliert, KF: Krafffutter)	254
Abb. 68: Stallgrundriss Betrieb 5 (KF: Krafffutter)	255
Abb. 69: Stallgrundriss Betrieb 6 (KF: Krafffutter, ZRS: Zuckerrübenschnitzel, siliert)	256

III. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Durchschnittlicher täglicher Zeitanteil der Aktivitäten „Fressen“, „Wiederkauen“, „Liegen“, „Stehen“ und „andere Aktivitäten“ mit Minimal- und Maximalwerten (verändert nach FAUCET et al. 2013)	48
Tab. 2: Indikatorkeime in Futtermitteln und ihre qualitätsbeeinflussende Eingruppierung (MÜLLER & SCHLENKER 2007)	55
Tab. 3: Ansprüche und Stoffwechselaktivität der wichtigsten Mikroorganismen für die Silierung (verändert nach JEROCH et al. 1999)	57
Tab. 4: Verluste an Nettoenergie bei der Silierung (ZIMMER 1969).....	60
Tab. 5: Maximal auftretende Trockenmasseverluste bei Gras- und Maissilage während des aeroben Verderbs (nach HONIG & WOOLFORD 1980).....	61
Tab. 6: Erhöhung der Umgebungstemperaturen und Verluste von aerob instabilen Silagen mit unterschiedlichen Trockenmassegehalten (HONIG 1974).....	66
Tab. 7: Übersicht der Leistungsdaten der Versuchstiere (Stand: 03.07.2011)	73
Tab. 8: Rationszusammensetzung der aufgewerteten Mischration je Tier und Tag	77
Tab. 9: Futtevorlage- und Futternachschubzeiten (Startzeit)	77
Tab. 10: Zusammensetzung der aufgewerteten Mischration je Tier und Tag	84
Tab. 11: Futtevorlage- und Futternachschubzeiten (Startzeit) je Häufigkeit der Futtevorlage pro Tag	85
Tab. 12: Schematische Darstellung des Versuchsdesigns mit Anzahl der Futtevorlagehäufigkeiten.....	86
Tab. 13: Zusammensetzung der aufgewerteten Mischration je Tier und Tag	90

Tab. 14: Futtevorlage- und Futternachschubzeiten (Startzeit) nach der Häufigkeit der Futtevorlage pro Tag	91
Tab. 15: Schematische Darstellung des Versuchsdesigns mit den entsprechenden Futtevorlagehäufigkeiten	92
Tab. 16: Tägliche Futtevorlagezeiten der automatischen Fütterung (Startzeiten) der Versuchsgruppe auf dem Betrieb 1	98
Tab. 17: Rationszusammensetzung der Versuchsgruppe von Betrieb 1	98
Tab. 18: Tägliche Futtevorlagezeiten des automatischen Fütterungsverfahrens (Startzeiten) der Versuchsgruppe auf dem Betrieb 2	99
Tab. 19: Rationszusammensetzung der Versuchsgruppe von Betrieb 2	99
Tab. 20: Tägliche Futtevorlagezeiten der automatischen Fütterung (Startzeiten) der Versuchsgruppe auf dem Betrieb 3	100
Tab. 21: Rationszusammensetzung der Versuchsgruppe von Betrieb 3	101
Tab. 22: Tägliche Futtevorlagezeiten der automatischen Fütterung (Startzeiten) der Versuchsgruppe auf dem Betrieb 4	101
Tab. 23: Rationszusammensetzung der Versuchsgruppe von Betrieb 4	102
Tab. 24: Tägliche Futtevorlagezeiten der automatischen Fütterung (Startzeiten) der Versuchsgruppe auf dem Betrieb 5	102
Tab. 25: Rationszusammensetzung der Versuchsgruppe von Betrieb 5	103
Tab. 26: Tägliche Futtevorlagezeiten der automatischen Fütterung (Startzeiten) der Versuchsgruppe auf dem Betrieb 6	103
Tab. 27: Rationszusammensetzung der hochleistenden (links) und niederleistenden Versuchsgruppe (rechts) von Betrieb 6	104
Tab. 28: Methodenübersicht der Datenaufnahme von Fress- und Liegeverhalten auf Praxisbetrieben	105

Tab. 29: Übersicht der Betriebseigenschaften und Eigenschaften der automatischen Fütterungsverfahren (AFV)	107
Tab. 30: Übersicht über die Leistungsdaten der Versuchstiere Winter 2012 (Stand: 20.02.2012)	111
Tab. 31: Übersicht über die Leistungsdaten der Versuchstiere Sommer 2012 ohne Rinder (Stand: 17.06.2012).....	111
Tab. 32: Rationszusammensetzung der aufgewerteten Mischration Winter 2012 je Tier und Tag (Stand: 20.02.2012).....	112
Tab. 33: Rationszusammensetzung der aufgewerteten Mischration Sommer 2012 je Tier und Tag (Stand: 11.06.2012)	112
Tab. 34: Futtevorlage- und Futternachschubzeiten (Startzeit) der Futtevorlage pro Tag	113
Tab. 35: Schematische Darstellung des Versuchsdesigns im Versuch zur Futterqualität und hygiene: verwendete Konservierungsverfahren in der gruppenspezifischen Ration je Versuchsblock	114
Tab. 36: Mittelwerte und Standardabweichungen ($\bar{x} \pm SD$) der täglichen Futteraufnahme je Tiergruppe und Tier [kg TS].....	123
Tab. 37: Mittelwerte für die Fress- und Wiederkaudauer und „andere Aktivitäten“ [min/Tag].....	124
Tab. 38: Medianwerte der Anzahl Kauschläge pro Tag für die Aktivitäten "Wiederkauen", "Fressen" und "andere Aktivitäten"	124
Tab. 39: Medianwerte für Anzahl Boli pro Tag und Anzahl Kauschläge pro Boli.....	125
Tab. 40: Mittelwerte für die Milchleistung und die energiekorrigierte Milch (ECM) je Tier und Tag.....	126
Tab. 41: Mittelwerte für die Milchinhaltsstoffe bei Fütterung mit Futtermischwagen und automatischer Fütterung	126

Tab. 42: Mittelwerte für die Milchinhaltsstoffe nach Laktationstag und Laktationsnummer.....	127
Tab. 43: Futterraufnahme pro Gruppe und Tier bei verschiedenen Futtevorlagehäufigkeiten der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011) [kg TS/Tag]	128
Tab. 44: Ergebnisse der durchschnittlichen Dauer von „Fressen“, „Wiederkauen“ und „anderen Aktivitäten“ je Tier und Tag der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT1b Versuch 2 (2011)	129
Tab. 45: Ergebnisse der durchschnittlichen täglichen Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen und Fressen, Anzahl Boli und Kauschläge pro Bolus der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011).....	130
Tab. 46: Ergebnisse der durchschnittlichen täglichen Liegedauer, Anzahl Liegeperioden und Liegezeiten pro Liegeperioden der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011).....	130
Tab. 47: Liegezeiten pro Tag bei Tieren unter und über dem 150. Laktationstag in Bezug auf die Futtevorlagehäufigkeiten der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011)	132
Tab. 48: Durchschnittliche Liegezeit pro Liegeperiode in Abhängigkeit vom Laktationstag und der Laktationsnummer	132
Tab. 49: Durchschnittliche tägliche Milchleistung und energiekorrigierte Milchleistung (ECM) der verschiedenen Futtevorlagehäufigkeiten der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011).....	134
Tab. 50: Ergebnisse der Milchinhaltsstoffanalyse zu den Versuchen zur Futtevorlagehäufigkeit der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011).....	136
Tab. 51: Ergebnisse der Milchinhaltsstoffanalyse für die verschiedenen Laktationstage und Laktationsnummern.....	141

Tab. 52: Übersicht der unterschiedlichen Tieraktivitäten je Tier und Tag [min] "Liegen/Andere Aktivitäten", Liegen/Wiederkauen“, „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“ bei verschiedenen Futtevorlagehäufigkeiten der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011)	142
Tab. 53: Mittelwerte der Tieraktivitäten je Tier und Tag [min] "Liegen/Andere Aktivitäten", Liegen/Wiederkauen“, „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“ nach Laktationstag und Laktationsnummer.....	143
Tab. 54: Ergebnisse durchschnittliche tägliche Fress- und Wiederkaudauer, Dauer der anderen Aktivitäten, Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen und Fressen, Anzahl Boli und Kauschläge pro Bolus der Fokustiere auf den Praxisbetrieben	169
Tab. 55: Tägliche durchschnittliche Liegedauer, Anzahl Liegeperioden und durchschnittliche Liegedauer pro Liegeperiode auf den Praxisbetrieben ...	173
Tab. 56: Übersicht der unterschiedlichen Tieraktivitäten je Tier und Tag [min] "Liegen/Andere Aktivitäten", Liegen/Wiederkauen“, „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“ auf den einzelnen Praxisbetrieben	176
Tab. 57: Ergebnisse der Daten des automatischen Melkverfahrens: Milchmenge, Anzahl erfolgreicher Melkbesuche und durchschnittliche Milchmenge pro Melkvorgang der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben	186
Tab. 58: Durchschnittliche Verdichtung der Maissilage innerhalb der verschiedenen Konservierungsverfahren in Kilogramm Trockensubstanz pro Kubikmeter [kg TS/m ³]	189
Tab. 59: Durchschnittliche pH-Werte aufgegliedert nach Konservierungsverfahren und Winter- / Sommersversuch.....	189

Tab. 60: Mittelwerte der Ergebnisse zur Gärsäureanalyse in Prozent in der Trockensubstanz aufgegliedert nach Konservierungsverfahren und Winter-/Sommerversuch.....	191
Tab. 61: Durchschnittliche aerobe Stabilität in Stunden nach Konservierungsverfahren und Winter-/Sommerversuch.....	192
Tab. 62: Durchschnittliche Anzahl koloniebildender Einheiten pro Gramm aerober Fremdkeime, Hefen und Schimmelpilze bei der ersten und zweiten Beprobung und die Differenz unterteilt nach Konservierungsverfahren im Winterversuch	192
Tab. 63: Durchschnittliche Anzahl koloniebildender Einheiten pro Gramm aerober Fremdkeime, Hefen und Schimmelpilze bei der ersten und zweiten Beprobung und die Differenz bei unterteilt nach Konservierungsverfahren im Sommerversuch	193
Tab. 64 Ergebnisse zur Futteraufnahme pro Gruppe und je Tier bei zweitägiger Befüllung der Vorratsbehälter und verschiedenen Konservierungsverfahren [kg TS/Tag]	194
Tab. 65: Durchschnittliche tägliche Milchleistung und energiekorrigierte Milchleistung (ECM) in den Versuchen zur Futterqualität und -hygiene	194
Tab. 66: Durchschnittliche tägliche Milchleistung und energiekorrigierte Milchleistung (ECM) aufgegliedert nach Laktationstagen und Laktationsnummer.....	197
Tab. 67: Ergebnisse der Milchinhaltsstoffanalyse für die Versuche zur Futterqualität und Futterhygiene (Mittelwerte der wöchentlichen Messung)	199
Tab. 68: Ergebnisse der Milchinhaltsstoffanalyse aufgegliedert nach Konservierungsverfahren und Nummer der Laktation für die Versuche zur Futterqualität und -hygiene.....	200

Tab. 69: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP, Posieux, Schweiz) der im Versuche PT1a "Vergleich Futtermischwagen/automatische Fütterung" verwendeten Grundfutterkomponenten.....	247
Tab. 70: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP, Posieux, Schweiz)) der in den Versuchen PT 1b "Futternvorlagehäufigkeiten" verwendeten Grundfutterkomponenten;	248
Tab. 71: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie (LA Chemie, Hohenheim, Deutschland) der in den Versuchen PT 2 "Praxisbetriebe" verwendeten Grundfutterkomponenten	249
Tab. 72: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP, Posieux, Schweiz) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Winter" verwendeten Grundfutterkomponenten	257
Tab. 73: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP, Posieux, Schweiz) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Sommer" verwendeten Grundfutterkomponenten	258
Tab. 74: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Chemie (Stuttgart, Deutschland) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Winter" verwendete Maissilage aus dem Hochsilo für die einzelnen Messdurchgänge und Probenahmen bei der Befüllung (1) und nach 2 Tagen (2)	259
Tab. 75: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Chemie (Stuttgart, Deutschland) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Winter" verwendete Quaderballenmaissilage für die einzelnen Messdurchgänge und Probenahmen bei der Befüllung (1) und nach 2 Tagen (2).....	260

Tab. 76: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Chemie (Stuttgart, Deutschland) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Winter“ verwendete Folienschlauchsilage für die einzelnen Messdurchgänge und Probenahmen bei der Befüllung (1) und nach 2 Tagen (2).....	261
Tab. 77: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Chemie (Stuttgart, Deutschland) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Sommer“ verwendete Maissilage aus dem Hochsilo für die einzelnen Messdurchgänge und Probenahmen bei der Befüllung (1) und nach 2 Tagen (2)	262
Tab. 78: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Chemie (Stuttgart, Deutschland) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Sommer“ verwendete Quaderballenmaissilage für die einzelnen Messdurchgänge und Probenahmen bei der Befüllung (1) und nach 2 Tagen (2)	263
Tab. 79: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Chemie (Stuttgart, Deutschland) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Sommer“ verwendete Folienschlauchmaissilage für die einzelnen Messdurchgänge und Probenahmen bei der Befüllung (1) und nach 2 Tagen (2)	264

IV. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
AFV	automatisches Fütterungsverfahren
ALP	Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux, Schweiz
AMV	automatisches Melkverfahren
ASTA	aerobe Stabilität
ART	Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Schweiz
Art.	Artikel
Art. 35 TSchV	Tierschutzverordnung vom 23. April 2008 (TSchV) der Schweizer Eidgenossenschaft: Steuervorrichtungen in Ställen
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
d	Tag(e)
dl	Deziliter
DAkKS	Deutsche Akkreditierungsstelle
DIN EN ISO/IEC 17025	Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien vom Mai 2005
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.

ECM	energiekorrigierte Milchleistung (4 % Fett, 3,4 % Eiweiß)
EG	Europäische Gemeinschaft
(EG) Nr. 183/2005	Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene
(EG) Nr. 152/2009	Verordnung der Kommission der Europäischen Gemeinschaft vom 27.02.2009 zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Untersuchung von Futtermitteln
ELOS	enzymlösbare organische Masse
EN	Europäische Normen
et al.	und andere (et alii)
Fa.	Firma
FF	Futternormhäufigkeit (feeding frequency)
FKZ	aerobe mesophile Fremdkeime
FMG	Futtermittelgesetz
FMW	Futtermischwagen
FS	Frischsubstanz
FSS	Folienschlauchsilage
g	Gramm
GH	Wachstumshormon (growth hormone)
gls	Methode der kleinsten Quadrate (generalised least squares)

h	Stunde
HL	hochleistend
HS	Hochsilo
Hz	Hertz
ICAR	International Committee for Animal Recording
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Committee for Standardization
ISO/IEC 17025:	Anforderungen für Prüflabors (Requirements for Testing Laboratories)
JZ	Jahreszeit
K	Kelvin
KBE	koloniebildenden Einheiten
KF	Kraffutter
kg	Kilogramm
KV	Konservierungsverfahren
LA Chemie	Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie, Universität Hohenheim, Stuttgart
LDA	linksseitige Labmagenverlagerung (left displaced abomasum)
LF	Leistungsfutter
m ³	Kubikmeter
max.	maximal

MB	Methodenbuch
mg	Milligramm
min	Minuten
MJ	Megajoule
MLF	Milchleistungsfutter
MSB	Milchsäurebakterien
NBS	Nasenbandsensor
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
NEL	Netto-Energie-Laktation
NEV	Nettoenergie Wachstum
NfE	stickstofffreie Extraktstoffe
NL	niederleistend
nXP	nutzbares Rohprotein am Darm
O ₂	Sauerstoff
p-Wert	statistischer Wert
PAF	Proteinausgleichsfutter
pH	pondus hydrogenium (negativer dekadischer Logarithmus der H ⁺ -Aktivität)
PMR	partielle Mischration
PT	Projektteil
QB	Quaderballen

resp.	respektive
SARA	subakute Pansenacidose (subacute ruminal acidosis)
SAS	Schweizerische Akkreditierungsstelle
SCC	somatischer Zellzahlgehalt (somatic cell count)
SD	Standardabweichung
SLMB	Schweizer Lebensmittelbuch
SM	stationärer Mischer
t	Tonnen
Tab.	Tabelle
TM	Trockenmasse
TMR	Totalmischration
TS	Trockensubstanzgehalt
TSchV	Schweizer Tierschutzverordnung
u.a.	unter anderem
UFA	Union des Fédérations Agricoles, Schweiz
VB	Vorratsbehälter
VBA	Visual Basic für Applikationen, Programmiersprache
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V.
VFA	flüchtige Fettsäuren (volatile fatty acids)
VHyPrP	Verordnung über die Hygiene bei der Primärproduktion

VO	Verordnung
WSC	wasserlösliche Kohlenhydrate
\bar{x}	arithmetischer Mittelwert
z.B.	zum Beispiel
ZRS	Zuckerrübennassschnitzel, siliert
z.T.	zum Teil
%	Prozent
°C	Grad Celsius
§	Paragraph

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

In der Milchviehhaltung entfällt ein Großteil der Kosten auf die Fütterung, welche zwischen 40 % und 50 % der Vollkosten der Milchproduktion ausmacht. Die Grobfutterkosten belaufen sich in der Milcherzeugung auf ca. ein Drittel der Gesamtkosten. Neben dem Melken ist die Fütterung darüber hinaus der zeitintensivste Arbeitsvorgang in der Milchviehhaltung. Pro Kuh und Jahr werden ca. 15 t Gesamtfutter bewegt. Die Fütterung beansprucht damit ca. 15-20 % des gesamten Arbeitszeitbedarfes (OVER et al. 2011; SCHICK 2006).

Eine bessere Ausnutzung des Leistungspotenzials der Tiere und eine höhere Arbeitseffizienz können wesentlich zur Produktivität des Betriebes beitragen. Mit steigender Leistung der Tiere ist eine immer exakter dem Bedarf angepasste Fütterung zu gewährleisten. Die Fütterung von Totalmischrationen (TMR) wird in westlichen Ländern immer beliebter, da sie im Vergleich zu anderen Fütterungstechniken die physiologischen Ansprüche der Kühe erfüllt. Durch die Fütterung einer TMR oder aufgewerteten Mischration können zusätzlich wirtschaftseigene Futtermittel besser in die Ration integriert werden (DROCHNER 2004; OVER et al. 2011; SPIEKERS 2011b; WEIßBACH 2000).

Ziel einer häufigeren Futtervorlage durch z.B. automatische Fütterungsverfahren ist es, den physiologischen Ansprüchen der Tiere durch eine häufigere Futtervorlage noch näher zu kommen und gleichzeitig die Futterverluste zu reduzieren. Durch Bildung von verschiedenen Leistungsgruppen in der Herde besteht die Möglichkeit, die einzelnen Gruppen mit leistungs- und wiederkäuergerechten Rationen zu versorgen. Das Leistungspotenzial der Tiere könnte u.a. durch eine erhöhte Grundfutteraufnahme besser ausgenutzt werden. Darüber hinaus ermöglicht die automatische Fütterung eine genauere und konstante Rationszusammensetzung und, wenn nötig, eine gleitende Futterumstellung.

Neben der Art und Häufigkeit der Futtervorlage ist auch eine hohe Silagequalität für die Aufrechterhaltung der Tiergesundheit und einer wirtschaftlichen Produktion entscheidend. Die steigende Nutzung von Silage für die Fütterung wird begleitet

durch ein stetiges Bemühen, die Qualitätsverluste zu minimieren. Silierverluste sind die zentralen Parameter, die eine rentable Silageproduktion und die Ernährung und hygienischen Bedingungen der gefütterten Tieren beeinflussen (MUCK 1988). Ein aerober Verderb der Silage durch Eindringen von Luft in das Futterlager, zu geringe Entnahmefrequenz oder zu lange Zwischenlagerzeiten haben hohe Verluste an Trockenmasse zur Folge. Die entstehende Nacherwärmung wird begünstigt durch hohe Keimzahlen an Hefen, Schimmelpilzen und Essigsäurebakterien (HONIG 1987a; LINDGREN 1986; WEIßBACH 2000). Zahlreiche Keime können hinsichtlich der Gesunderhaltung für das Tier problematisch sein. Insbesondere Schimmelpilze und verderbfördernde und krankmachende Bakterien sind unerwünscht. Dabei wird eine gewisse Belastung mit Keimen von den Tieren toleriert. Steigt die Belastung jedoch über einen kritischen Wert hinaus, führt dies zu Fressunlust, schlechter Futtermittelverwertung, Krankheiten bis hin zu Todesfällen (ADLER 2002b; DROCHNER 2004; GEDEK 1973). Eine verringerte Akzeptanz von verdorbenem Futter durch die Tiere kann zu einer verringerten Futteraufnahme, Leistungseinbußen und im schlimmsten Fall zu Störungen in der Herdengesundheit führen. Durch Schimmel und Nacherwärmung verliert das Futter ebenfalls an wertvollen Inhaltsstoffen (vornehmlich Zucker) und somit an Wert für die Fütterung. So hat das Tier nicht nur ein Nährstoffdefizit in Kauf zu nehmen, sondern gleichzeitig auch mikrobielle Stoffwechselprodukte zu entgiften. Besonders mit Mykotoxinen belastetes Futter (z.B. Silage und Heu) führt bei unsachgemäßer Konservierung und Lagerung zu Fruchtbarkeitsstörungen und Leistungsminderungen (AUERBACH 1996).

Zusätzlich verursacht verdorbenes Futter zwar Produktions-, Lagerungs- und Entsorgungskosten, es kann aber nicht nutzbar in die Produktionskette eingebracht werden.

Mängel in der Fütterung und der Futterlagerung führen zu einer schlechteren Produktivität der Betriebe. Durch den stetigen ökonomischen Druck auf die Landwirte stellt die einzelbetriebliche Wirtschaftlichkeit aber einen wesentlichen Punkt in der Milchproduktion dar. Deshalb ist es wichtig, dass die Fütterung der Tiere immer exakter dem Bedarf angepasst wird. Dabei bleibt für eine optimale Versorgung der Tiere oft wenig Spielraum. Nur mit bestmöglicher Futterqualität sind hohe Leistungen und eine gute Tiergesundheit zu erreichen. Aber nicht nur Futterbergung und Lagerung sind wichtige Einflussgrößen, auch die Futterentnahme und die

Futternvorlage können die Futterqualität erheblich beeinflussen (DOLUSCHITZ 2003; FINK-GREMMELS 2008; NOUT et al. 1993; OVER et al. 2011; WEIßBACH 2000; WILKINSON 1999).

Energiereiche und gut vergorene Maissilagen sind von Nacherwärmung besonders betroffen, da sie über hohe Nährstoffmengen verfügen, welche einen günstigen Nährboden für ihre Umsetzungen unter Sauerstoffzufuhr darstellen (ELFERINK et al. 2000; HONIG 1987a; WEIßBACH 2000; WOOLFORD et al. 1978; WOOLFORD & WILKIE 1984; WOOLFORD 1984). Darüber hinaus können sich Hefen und Schimmelpilze z.T. schon früh im Silierprozess entwickeln. Das Wachstum der Gärschädlinge wie Hefepilze, Essigsäurebildner (Enterobakterien), Fäulnisbakterien und Schimmelpilze sind der Hauptgrund für die auftretenden mikrobiellen Veränderungen während des aeroben Verderbs (NOUT et al. 1993; WILKINSON 1999).

Bei der Nutzung von automatischen Fütterungsverfahren ist eine hohe Gärqualität sehr wichtig. Laut Herstellerangaben sollen automatische Fütterungsverfahren eine deutliche Arbeitsentlastung, eine bessere Futterhygiene sowie weniger Futtermittelverluste ermöglichen (GROTHMANN et al. 2011). Bei automatischer Fütterung werden die Futterkomponenten für mindestens 24 Stunden in verschiedenen Vorratsbehältern gelagert. Insbesondere im Sommer kann der Kontakt mit Luft während des Transports vom Futterlager zum Vorratsbehälter sowie während langer Lagerungsdauer in Vorratsbehältern, vor allem bei Maissilage, eine deutliche Reduktion der Futterqualität verursachen (GROTHMANN et al. 2012b).

Die Abruffütterung für Kraftfutter ist inzwischen Standardausrüstung in Milchviehlaufställen. Die automatische Vorlage von Grundfutter ist ein weiterer Schritt in der Automatisierung der Milchviehhaltung. Eine internationale Erhebung an der Forschungsanstalt Agroscope in Tänikon (Schweiz) zur automatischen Fütterung von Rindvieh auf landwirtschaftlichen Betrieben zeigte, dass nur sehr wenige Informationen über die Auswirkungen der Fütterungsverfahren auf die Tiere vorhanden sind (GROTHMANN 2009).

Ein Grund besteht darin, dass die automatischen Fütterungsverfahren noch relativ neu auf dem Markt sind und somit keine Langzeitinformationen vorliegen. Die Entwicklung der automatischen Verfahren zur Grundfutternvorlage schreitet derweilen immer weiter voran. Es werden nicht nur stationäre, sondern auch immer mehr

mobile Systeme auf den Markt angeboten (BISAGLIA et al. 2008; BISAGLIA et al. 2010; GJØDESEN 2007; GROTHMANN & NYDEGGER 2009).

Für eine vollständige Einschätzung der Auswirkung der häufigeren Futtervorlage mittels automatischer Fütterung auf Milchleistung, Futteraufnahme und Tierverhalten liegen noch keine umfassenden Erkenntnisse vor. In Bezug auf Tiergesundheit und Arbeitersparnis ist es ebenfalls wichtig, Informationen über die maximale Lagerzeit der verschiedenen Futterkomponenten in den Vorratsbehältern zu erhalten. Der Einfluss der hohen Umgebungstemperaturen im Sommer, vor allem auf die Qualität der Maissilage, ist zu klären (GROTHMANN et al. 2012b).

1.2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Dissertation ist es, grundlegende, wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse zum Betrieb von automatischen Fütterungsverfahren zu gewinnen und Auswirkungen auf das Tier und die Futterqualität genauer darzustellen. Auf Grundlage der im Projekt gewonnenen Daten können Verfahren mit einem höheren Automatisierungsgrad entwickelt werden. Diese ermöglichen es, die Versorgung der Tiere und die Arbeitsbelastung des Landwirtes weiter zu optimieren.

Folgende Einflüsse sollen in der Untersuchung quantifiziert werden:

- *Projektteil 1 (PT 1):*
 - Einfluss der automatischen Fütterungsverfahren auf die Milchleistung, die Milchhaltsstoffe und die Zusammensetzung der Milch.
 - Einfluss der automatischen Fütterungsverfahren auf die Futteraufnahme und das Futteraufnahmeverhalten.
 - Einfluss auf die Fress- und Wiederkauaktivitäten und Ruhephasen der Tiere.
- *Projektteil 2 (PT 2):*
 - Einfluss auf die Fress- und Wiederkauaktivitäten und Ruhephasen der Tiere auf Praxisbetrieben.

- *Projektteil 3 (PT 3):*
 - Einfluss der Lagerung von Maissilage in den Vorratsbehältern automatischer Fütterungsverfahren auf die Futterhygiene.
 - Einfluss hoher Temperaturen im Sommer und niedriger Temperaturen im Winter auf die Futterqualität und -hygiene.
 - Mögliche Lagerdauer von Maissilage im Vorratsbehälter.

2. Kenntnisstand

2.1 Stand der Technik

Eine effektive Organisation am Futtertisch ist der Schlüssel zu einer erfolgreichen Rinderfütterung (SHAYER 2002). Es gibt verschiedene Möglichkeiten, den Tieren das Futter vorzulegen. Die Futterkomponenten können entweder einzeln oder als Mischration gefüttert werden. Bei diesen wird unterschieden zwischen Totalmischration (TMR) oder partieller Mischration (PMR). Bei der PMR werden, im Gegensatz zur TMR, den Tieren leistungsabhängig gewisse Mengen an Kraft- und Mineralfutter separat vorgelegt. TMR und PMR sind die am meisten genutzten Methoden der Futtervorlage auf Milchviehbetrieben für Rinder aller Altersklassen über sechs Monaten (DEVRIES 2010).

2.1.1 Aktueller Stand der Verfahrenstechnik bei automatischen Fütterungsverfahren

Bei der automatischen Fütterung ist das lückenlose Zusammenspiel einzelner Elemente vom Futterlager bis zum Futtertisch wichtig. Aus diesem Grund gibt es bei der automatischen Fütterung verschiedene verfahrenstechnische Ansätze. In Abb. 1 sind die zurzeit auf dem Markt verfügbaren automatischen Fütterungsverfahren aufgelistet. Dabei wird zwischen stationären Verfahren wie dem Futterband und mobilen Verfahren wie den schienengeführten oder selbstfahrenden Futterwagen unterschieden. Bisher ist es nur möglich, gruppenweise zu füttern. Die individuelle Vorlage, wie sie bei Krafffutterautomaten praktiziert wird, ist bei Mischrationen technisch noch nicht umgesetzt. Selbstfahrende Futterwagen wie von Cormall oder Lely werden schon auf Betrieben in der Praxis genutzt, während der Innovado von Schuitemaker sich noch in der Entwicklungsphase befindet.

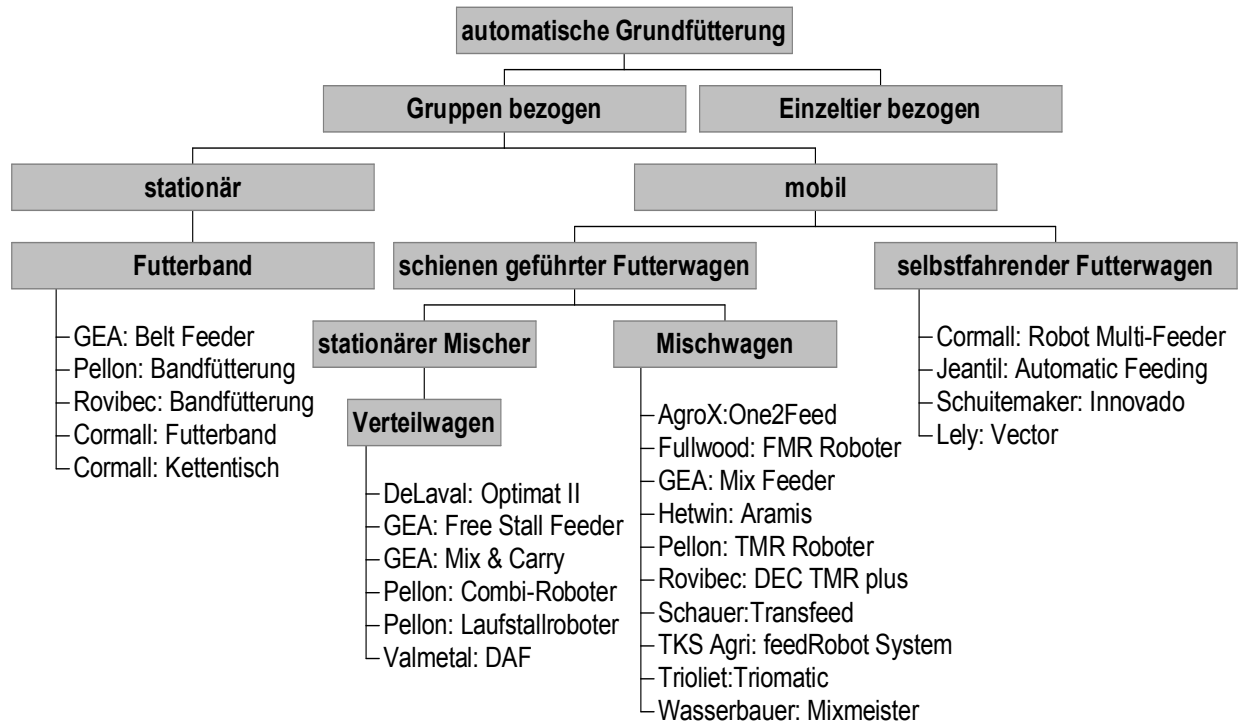


Abb. 1: Auf dem Markt verfügbare automatische Fütterungsverfahren (Stand: Januar 2015)

Stationäre Bandfütterungsverfahren sind insbesondere bei engen Platzverhältnissen aufgrund ihrer kompakten Abmessungen oder bei weiten innerbetrieblichen Transportdistanzen von Vorteil (Abb. 2). Die Futtertischbreite bei mobilen Verfahren liegt zwischen 2.50 m und 3.00 m, während bei stationären Verfahren Futtertischbreiten von 1.8 m ausreichen. Neben den größeren Abmessungen bei mobilen Verfahren müssen bei diesen auch noch Sicherheitsabstände zu fest eingebauten Stalleinrichtungen von mindestens 50 cm eingerechnet werden (SOZIALVERSICHERUNG FÜR LANDWIRTSCHAFT FORSTEN UND GARTENBAU 2008).

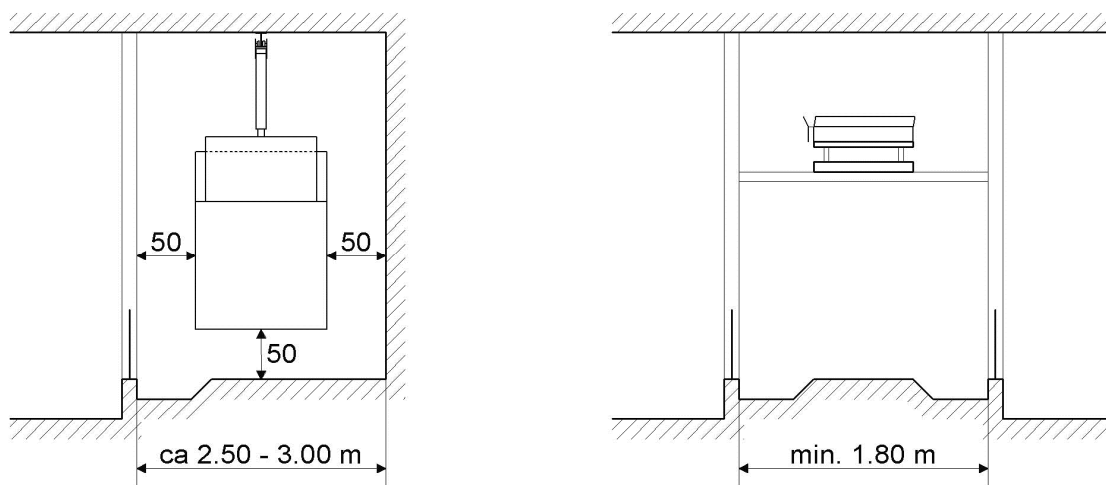


Abb. 2: Abmessungen bei schienengeführten Fütterungsverfahren (links) und stationären Bandverfahren (rechts)

Baubedingte Varianten schienengeführte Fütterungstechnik unterscheiden sich im Wesentlichen darin, ob die Futtermischung direkt im Futterwagen erstellt wird oder ob ein stationärer Mischer dies übernimmt. Die meisten Firmen, die automatischer Fütterungstechnik vertreiben, bieten die Variante des schienengeführten Futtermischwagens an (Abb. 3). Dies hat den Vorteil, dass kein zusätzlicher Platz für einen stationären Mischer nötig ist. Es ist jedoch nicht möglich, während des Futteraustrags bereits eine neue Futtermischung zu erstellen.

In Abb. 3 ist ein Beispiel für den Aufbau eines automatischen Fütterungsverfahrens dargestellt. Bei allen möglichen Verfahren besteht die automatische Fütterung aus drei Funktionsbereichen: Lagern, Mischen und Verteilen. Teilweise ist auch der Funktionsbereich „Futter nachschieben“ enthalten.

Im Bereich der Futterlagerung wird jede in der Ration enthaltene Komponente separat in sogenannten Vorratsbehältern gelagert (a). Die Vorratsbehälter befüllen den stationären Mischer oder den schienengeführten oder selbstfahrenden Futterwagen (c) mit den entsprechenden Mengen an Futterkomponenten zum Mischen der Ration. Das Verteilen der Ration an die Tiere erfolgt dann durch verschiedene technische Einrichtungen, wie Futterbänder oder Futterwagen. Beim Futterwagen übernimmt dieser in den meisten Fällen neben dem Verteilen der Ration auch das vorherige Mischen der Futterkomponenten. Der Futterwagen fährt die einzelnen Vorratsbehälter an, wiegt die entsprechende Menge an Futter ab und erstellt so Komponente für Komponente die Ration. Nach dem Mischen legt der Futtermischwagen die fertige Ration der entsprechenden Tiergruppe vor. Bei automatischen Fütterungsverfahren werden verschiedene Mischeinrichtungen eingesetzt. Dazu zählen vorrangig Vertikal- und Freifallmischer. Aber auch Horizontalmischer werden bei einigen Fabrikaten verwendet. Die Stromversorgung der mobilen Futterverteiler- oder Futtermischwagen erfolgt meist über Leiterschienen mit Schleppkontakten (e) oder Akkus.

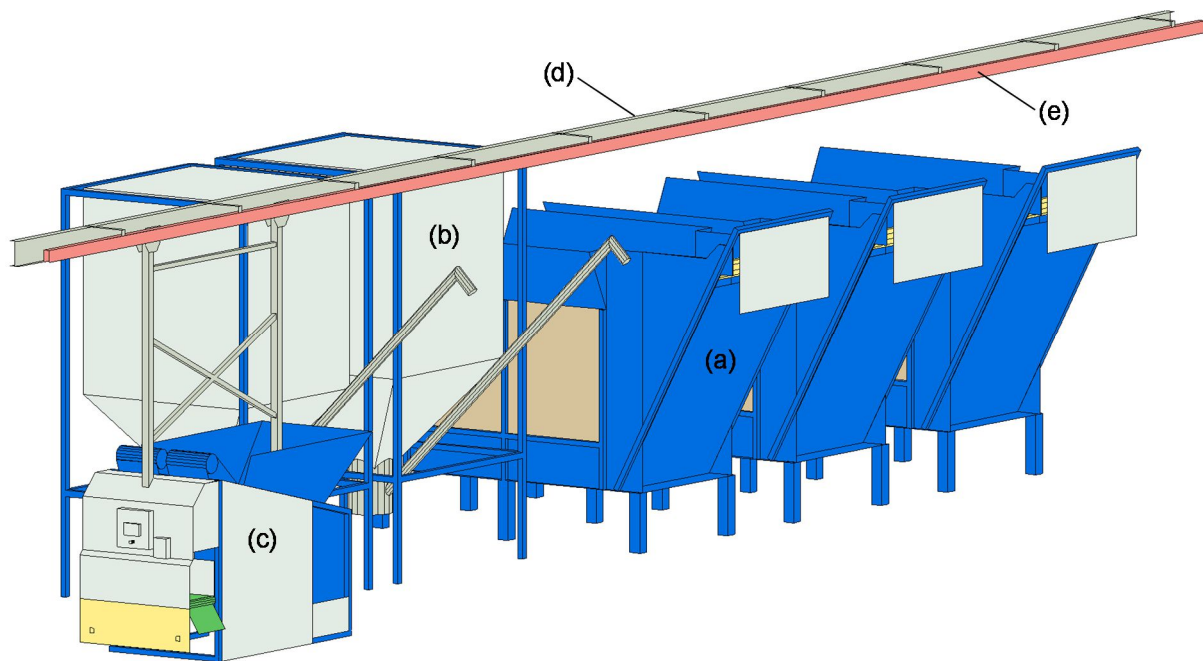


Abb. 3: Schematische Darstellung möglicher Anlagenkomponenten eines schienengeführten automatischen Fütterungsverfahrens: (a) Vorratsbehälter, (b) Kraftfutterbehälter, (c) schienengeführter Futtermischwagen, (d) Tragschiene, (e) Leiterschiene

Bei Bandfütterungsverfahren oder Futterverteilwagen wird die Ration in einem stationären Mischer vorbereitet und mit der entsprechenden Technik verteilt. Der grundsätzliche Aufbau der Funktionsbereiche und die Vorgehensweise bei der Rationserstellung sind bei allen automatischen Fütterungsverfahren (AFV) ähnlich. Bei allen Verfahren sind im Prozessrechner des Fütterungsverfahrens alle nötigen Informationen für die Versorgung der Tiere hinterlegt. Dazu zählen die Anzahl und die Position der Gruppen, die Anzahl der Tiere pro Gruppe, die Fütterungszeiten und die verschiedenen Rationen.

2.2 Grundsätze der Milchviehfütterung

Totalmischrationen sind gekennzeichnet durch eine homogene Mischung der enthaltenen Futterkomponenten. Sie haben das Ziel, die selektive Aufnahme einzelner Futterkomponenten und Inhaltsstoffe zu reduzieren. Somit soll ein stabiler und förderlicher Zustand im Pansen erhalten und eine ausreichende Versorgung mit Struktur gesichert werden (COPPOCK et al. 1981). TMR gelten als optimaler Weg, um das Nährstoffgleichgewicht (einschließlich Protein und strukturelle und nicht-

strukturelle Kohlenhydrate) stabil zu halten und eine effiziente mikrobielle Population zu ermöglichen (NOCEK & BRAUND 1985).

Energie ist, insbesondere bei Weidehaltung, der limitierende Hauptfaktor in der Fütterung von hochleistenden Milchkühen. Durch die Verfütterung von TMR kann die totale Trockenmasseaufnahme und die Milchleistung maximiert werden (BARGO et al. 2002). In den ersten Laktationswochen steigt die Futterraufnahme nicht in gleichem Maß an wie die Milchleistung. Während die höchste Milchleistung in der 4. bis 8. Woche erreicht wird, ist die höchste Futterraufnahme erst in den Wochen 8 bis 12 zu erwarten. Dies führt bei den Tieren zu einer negativen Energiebilanz und stellt insbesondere bei Hochleistungstieren ein Problem dar (BRADE 2002; PORZIG & SAMBRAUS 1991; ZIMMER 1982). Ein Teil des Energiedefizites kann durch den Abbau von Körpersubstanz kompensiert werden. Ein maximaler Verlust von 10 % der Körpermasse in den ersten 80 bis 100 Laktationstagen ist physiologisch für das Tier ohne wesentliche Komplikationen verträglich. Das entspricht einer Menge von ungefähr 5 kg bis 6 kg an Körperfett. Bei Tieren im Hochleistungsbereich mit mehr als 30 kg bis 40 kg Milchleistung je Tier und Tag ist die Zusammensetzung der Futtermischung aber entsprechend anzupassen. Dazu gehört eine Energiedichte der Ration von mehr als 7,0 MJ NEL/kg TS und einer hohen Futterraufnahme von mehr als 22 kg TS je Tier und Tag. Darüber hinaus sollten 170 g an nutzbarem Protein am Darm (nXP) pro kg Trockensubstanz und weniger als 4 % pansenfermentierbares Fett in der Trockensubstanz der Ration enthalten sein. Aus physiologischen Gründen kann die nötige Energie- und Nährstoffdichte nur begrenzt durch Krafftuttereinsatz erreicht werden (BRADE 2002). Hier spielen die physiologischen Besonderheiten von Wiederkäuern eine herausragende Rolle für deren artgerechte Fütterung. Daher wird auf diese Besonderheiten im Folgenden eingegangen.

2.3 Physiologie von Wiederkäuern

2.3.1 Futterraufnahme und Verdauung

Viele Faktoren beeinflussen die Futterraufnahme der Wiederkäuer. Dazu gehören unter anderem physikalische und chemische Eigenschaften des Futters, das Alter, die Größe und das Gewicht der Kuh. Strukturhaltiges und trockenes Futter wird langsamer aufgenommen, als wenig faserreiches und feuchteres Futter. Pelletiertes

Futter wird am schnellsten gefressen (BAILE & DELLA-FERA 1981; BOLSEN & POLLARD 2004; CAMPLING et al. 1961; CAMPLING & MORGAN 1981; JOURNET & REMOND 1976; SUZUKI et al. 1969). Auch tierindividuelle Eigenschaften haben einen Einfluss. So fressen laktierende Kühe nach CAMPLING (1966) schneller als trockenstehende Kühe und ältere, ranghohe Milchkühe fressen schneller als Erstkalbende (KROHN & KONGGAARD 1979).

Die Angaben zu der im Pansen befindlichen Anzahl von Bakterien und Protozoen sind sehr unterschiedlich. Die Angaben bewegen sich zwischen 10^{10} bis 10^{15} Bakterien und 10^6 bis 10^{11} Protozoen pro Milliliter Pansensaft. Die mikrobielle Population im Pansen ist bei richtiger Fütterung der Tiere selbstregulierend. Für ein gesundes mikrobielles Wachstum ist die Menge und Homogenität von Substraten der wichtigste Faktor. Primäre Energielieferanten für Pansenmikroben sind die Kohlenhydrate. Viel weniger Energie wird aus Eiweiß oder Fett gewonnen. Die Effizienz des Wachstums wird meist durch die Menge an mikrobiellem Protein pro Energieeinheit gemessen, welche durch die Fermentation zur Verfügung gestellt wird (FIRKINS 2002; RUSSELL & HESPELL 1981).

Die Wiederkauaktivität ist ein wichtiger Parameter für die Pansengesundheit. Pro Bolus sollten etwa 50-60 Wiederkauschläge erfolgen. Ein Bolus wird in dieser Untersuchung definiert als ein zum Verschlucken bereiteter Bissen Futter. Die Bereitung des Bolus erfolgt im Wiederkauzyklus. Der Zyklus umfasst die Rejektion, das Einspeicheln, das Wiederkauen und das Abschlucken des Bissens. Das Wiederkauen benötigt etwa eine Minute pro Bolus. Zwischen den Boli liegen kurze Pausen von drei bis fünf Sekunden. Durch das Wiederkauen wird die Speichelsekretion angeregt und dabei gelangt das als Puffer wirksame HCO_3^- in den Pansen. Der Pansen pH-Wert variiert mit 0.5 bis 1 pH-Einheiten innerhalb eines Tages erheblich. Die Wiederkäuer besitzen jedoch ein hoch entwickeltes System zur Aufrechterhaltung des Pansen-pHs innerhalb des physiologischen Bereichs. Durch eine verringerte Wiederkauaktivität und damit die verringerte Pufferkapazität im Pansen kann dieses System gestört werden. Es kommt zum Abfall des pH-Wertes (BAILEY & BALCH 1961; BALCH 1958; KRAUSE & OETZEL 2006). In Folge dessen werden die mikrobiellen Fermentationsprozesse gestört und die Energie- und Nährstoffverwertung sinkt (NOCEK 1997; PORZIG & SAMBRAUS 1991; SAMBRAUS 1978).

2.3.2 Einflüsse der Fütterung und deren Folgen

Mangelnder Zugang zum Futter, zu geringe Fressdauer und Futteraufnahmen oder zu hohe Konkurrenz am Futtertisch können die linksseitige Labmagenverlagerung (LDA) fördern. Bei TMR Fütterung kann eine schlechte Mischqualität oder hohes Selektieren durch die Tiere zu einer zu geringen Strukturaufnahme führen und das Auftreten von LDA begünstigen (SHAVER 1997).

Nach MILTON (1998) kann ein Abweichen der Fütterungszeit von nur zwei bis vier Stunden zum normalen Zeitplan das Risiko für Acidose bei Rindern erhöhen. Prinzipiell wird zwischen akuter und subakuter Acidose unterschieden. Die akute Pansenacidose tritt nach der Aufnahme von großen Mengen an schnell fermentierbaren Kohlenhydraten auf. Dabei sind insbesondere Tiere gefährdet, die Rationen mit hohem Krafffutteranteil nicht gewöhnt sind. In Folge der hohen Aufnahme von leicht fermentierbaren Kohlenhydraten fällt der pH-Wert im Pansen und auch im Blut plötzlich und für das Tier nicht kompensierbar unter 5.0 ab. Gleichzeitig steigt die Milchsäurekonzentration im Pansen stark an. Die akute Pansenacidose endet meist tödlich. In jedem Fall ist die Nährstoffadsorption des Tieres nach einer akuten Acidose stark verzögert (COUNOTTE & PRINS 1981; KRAUSE & OETZEL 2006; OWENS et al. 1998).

Subakute Pansenacidose (SARA) ist definiert als Periode, in der der Pansen-pH moderat in den Bereich von 5.5 bis 5.0 abfällt. Hauptgrund für das Auftreten von SARA ist auch hier ein hoher Anteil von Krafffutter und anderen leicht fermentierbaren Kohlenhydraten in der Ration. Bei SARA findet keine Anreicherung von Milchsäure, sondern nur von flüchtigen Fettsäuren (VFA) statt. Als Folge können Lahmheiten und sinkende Tierleistung, wie Milchleistung und tägliche Zunahmen auftreten (KRAUSE & OETZEL 2006; NOCEK 1997; OWENS et al. 1998). Tiere, die durch das Fütterungsregime schon vorher einen tendenziell niedrigen Pansen pH-Wert haben, oder Erstlaktierende besitzen ein erhöhtes Risiko eine SARA zu entwickeln (DOHME et al. 2008).

Ein wiederkäuergerechtes Fütterungsregime reduziert die Gefahr einer Pansenacidose. Dazu gehört die Bereitstellung von ausreichend Struktur im Futter, die Vermeidung von unregelmäßigen Futtervorlagen und der Möglichkeit für die Tiere, das Futter zu selektieren. Die Fütterung einer TMR ist nach Aussage von

KRAUSE & OETZEL (2006) und NOCEK (1997) also grundsätzlich der separaten Vorlage der einzelnen Futterkomponenten vorzuziehen. Darüber hinaus sollten die Tiere die Möglichkeit haben, genügend Zeit mit dem Fressen und Wiederkauen zu verbringen und über den Tag verteilt kleinere Mahlzeiten aufzunehmen. Dies beinhaltet ausreichenden Zugang zum Futter und eine angemessene Anzahl an Fressplätzen (KRAUSE & OETZEL 2006; NOCEK 1997).

2.4 Ethologie

2.4.1 Sozialverhalten von Rindern

Im Alter von sechs bis sieben Monaten beginnt zwischen den einzelnen Tieren die Entstehung einer Hierarchie. Im Alter von neun Monaten werden die Rinder immer wieder in Rivalitätskämpfe verwickelt, was in einer Gruppe aggressionsfördernd wirkt. Die Intensität dieser Kämpfe verringert sich ab einem Alter von 1½ Jahren und lässt ab einem Alter von zwei bis drei Jahren nach. Bei der Neuzusammenstellung von Herden ist in den ersten drei Tagen eine große Unruhe zu erwarten. Eine feste Rangordnung hat sich jedoch erst nach drei Wochen gebildet. Ist in einer Herde die Rangordnung erst einmal festgelegt, finden nur noch sehr selten kämpferische Auseinandersetzungen statt. Tiere die in die Herde zurückkehren oder neu in die Gruppe integriert werden, werden vorwiegend von den rangniederen Tieren in einen Kampf verwickelt. Bei Rangauseinandersetzungen kommt es jedoch erst zum Kampf, wenn die vorrausgehende Drohung nicht respektiert wird. Die Hierarchie in der Herde ist nur bei den ranghohen und rangniederen Tieren linear aufgebaut, so dass bei den mittleren Rangplätzen sogenannte „Mehrecksverhältnisse“ auftreten. Trotzdem ist die Rangfolge zwischen zwei Tieren stets eindeutig, da sich die Tiere mindestens bis zu einer Herdengröße von 70 Tieren individuell erkennen (BØE & FÆREVIK 2003; SAMBRAUS 1978; SCHEIN & FOHRMAN 1955; WIERENGA 1990). Ob die Herdengröße einen Einfluss auf agonistisches Verhalten bei Rindern hat ist unklar. Es gibt in diesem Bereich nicht genügend Ergebnisse von Untersuchungen (BØE & FÆREVIK 2003). KONDO et al. (1989) haben in ihrer Untersuchung keinen Einfluss der Gruppengröße auf das agonistische Verhalten bei etablierten Kälbergruppen ermitteln können. Bei Jungvieh und Kühen konnte bei steigender Gruppengröße jedoch ein Ansteigen von agonistischen Verhaltensweisen beobachtet werden.

Der Rangstatus einer Milchkuh wird entscheidend durch ihr Alter, das Körpergewicht oder die Körpergröße und die Dauer ihrer Herdenzugehörigkeit beeinflusst (FRIEND & POLAN 1974; SCHEIN & FOHRMAN 1955). Bei Überbelegung finden Verdrängungen nicht nur am Futtertisch, sondern auch im Fressbereich statt. Durch die ständige Unterschreitung der Individualdistanzen zwischen den Tieren nimmt die Anzahl agonistischer Auseinandersetzungen zu. Es wird angenommen, dass dies als Folge von Frustrationsreaktionen der Tiere auftritt, die nicht an das Futter herankommen können (BØE & FÆREVIK 2003; KONDO et al. 1989; KROHN & KONGGAARD 1979; METZ 1981). Insbesondere rangniedere Tiere verändern bei zu geringer Platzverfügbarkeit im Fressbereich ihre Fresszeiten, um Auseinandersetzungen mit anderen Tieren zu vermeiden. Dies geschieht vermehrt während der Hauptfresszeiten. Dieser Umstand kann zu einem erhöhtem Risiko für Labmagenverlagerungen und subakuten Pansenacidosen führen (BØE & FÆREVIK 2003; MILLER & WOOD-GUSH 1991; NOCEK 1997; SHAVER 1997, 2002).

2.4.2 Fress- und Wiederkauverhalten

Rinder sind einen Großteil des Tages mit der Futteraufnahme beschäftigt. Bei ganztägiger Weidehaltung variiert die Dauer je nach Weidesystem und Bewuchs zwischen sieben und elf Stunden pro Tag. Je nach Tageslichtlänge zeigen Rinder beim Weiden ein gleichmäßiges Muster. Im Sommer sind vier Weideperioden zu beobachten, wobei die erste und die letzte am längsten sind. Ist die Tageslichtlänge verkürzt, wie z.B. im Herbst und Winter, sind tagsüber nur noch drei Fressperioden zu beobachten. Dafür findet aber nach Mitternacht noch eine weitere Fressperiode statt (BRADE 2002; HONIG 1987b; MAACK 2010; PORZIG & SAMBRAUS 1991). HANCOCK (1954) berichtet von sechs Fressperioden verteilt über den Tag. Dabei finden vier Fressperioden zwischen der Morgen- und Abendmelkung, eine direkt nach der Abendmelkung und ein (manchmal zwei) während der Nacht statt. Etwa ca. 60 % der gesamten Fresszeit verbringen Kühe auf der Weide zwischen 7:00 Uhr und 15:00 Uhr, ca. 40 % zwischen 17:00 Uhr und 04:45 Uhr. Dieses Verhältnis ist sehr konstant und wird auch nicht durch Wetter- und Weidebedingungen beeinflusst (HANCOCK 1954).

Bei der Weidehaltung ist oft ein synchrones Fressen der Tiere zu beobachten. Dabei wird jedoch ein großer Abstand zwischen den Tieren gehalten. Individuelle Einflüsse

wie der Laktations- und Trächtigkeitsstand, Körpermaße und das Alter der Tiere haben einen erheblichen Einfluss auf das Fressverhalten der Tiere (FRIEND et al. 1977; KROHN & KONGGAARD 1979; PORZIG & SAMBRAUS 1991; SAMBRAUS 1978).

Im Vergleich zur Weidehaltung ist die Gesamtfressdauer im Stall, aufgrund besserer Erreichbarkeit und höherer Energiedichte, mit durchschnittlich 5.5 bis sieben Stunden kürzer. Bei einer Fütterung von gehäckselter Silage sinkt die Fressdauer sogar auf vier Stunden (METZ 1975; SAMBRAUS 1978; SÜSS & ANDREAE 1984; WEBB et al. 1963). SHABI et al. (2005) ermitteln in Ihrem Versuch zum Fressverhalten eine Fresszeit von nur 2.8 Stunden (± 27 Minuten/Tag) und 12 Fressperioden pro Tag. Die Anzahl Kauschläge pro Minute variieren bei Heu und Silage zwischen 75 und 90 Kauschläge pro Minute (BALCH 1958; GILL et al. 1966). SCHNEIDER (2002) erfasst in ihren Versuchen 59.1 Kauschläge pro Bissen (40.4-83.3 Kauschläge pro Bissen). Dabei dauert ein Bissen im Durchschnitt 49.9 Sekunden (34.7-63.0 Sekunden). Im Jahr 1985 erfasst BOCKISCH eine Gesamtaufenthaltsdauer im Fressgitter. In dieser Untersuchung halten sich die Tiere im Durchschnitt pro Tag zwischen 275 Minuten und 395 Minuten im Fressgitter auf. Somit ist mit 44 % relative Differenz zwischen den Werten eine große Spannweite vorhanden. Insgesamt schwankt die Aufenthaltsdauer am Fressgitter zwischen 66 Minuten und 549 Minuten je Tier und Tag. Die Anzahl Fressperioden pro Tag belaufen sich pro Kuh auf 35.1 Besuche mit durchschnittlich 10.1 Minuten Aufenthalt. Auch hier schwanken die Werte mit zwei bis 81 Aufenthalte am Fressgitter je Tier und Tag extrem (BOCKISCH 1985). BRAUN et al. (2013) ermitteln in einem Versuch mit zehn Braunviehkühen im Anbindestall insgesamt 16 Fressperioden, die im Mittel 28.3 Minuten dauern. Insgesamt verbringen die Tiere am Tag 445.4 Minuten mit der Futteraufnahme und 388.3 Minuten mit dem Wiederkauen. Durchschnittlich werden 13.3 Wiederkauperioden mit je 30.3 Minuten erfasst. SCHNEIDER (2002) befasst sich mit Milchkühen um eine geeignete Methode zum Vergleich des individuellen Wiederkauverhalten abzuleiten. Dabei liegt die erfasste Wiederkaudauer im Mittel bei 526.2 ± 44.4 Minuten je Tier und Tag. Die tägliche Wiederkaudauer teilt sich in dieser Untersuchung in 13.5 ± 1.8 Wiederkauperioden auf, mit einer durchschnittlichen Dauer von 39.7 ± 7.5 Minuten. Pro Bolus werden im Durchschnitt 59.1 ± 8.5 Kauschläge ausgeführt. Darüber hinaus stellt sie fest, dass sich das Verhalten bezüglich der Kauschläge pro Bolus und die Kaugeschwindigkeit nicht sukzessive mit dem zunehmenden Alter und Körpergewicht der Tiere verändert, sondern sprunghaft nach der ersten Laktation. Ebenfalls ermittelt

sie, dass bis auf die Anzahl Wiederkauperioden pro Tag das Wiederkauverhalten eine intraindividuelle Stabilität aufweist. Die Schwankungen zwischen den einzelnen Tieren sind zum Teil groß. Insgesamt schlussfolgert sie, dass u.a. Wiederkaudauer und Kauschläge gute Parameter sind, um das tierindividuelle Wiederkauverhalten zu bewerten.

In Gruppenhaltung nehmen Kühe mehr Futter auf, als in der Einzelhaltung. Diese Art der Haltung kann zu einer gegenseitigen Stimulierung zur Futteraufnahme führen (CURTIS & HOUPPT 1983; KROHN & KONGGAARD 1979; SCOTT 1962). Bei ad libitum vorgelegtem Futter wurde meist kein herdensynchrones Verhalten beobachtet. Die präferierten Fresszeiten sind, wie bei der Weidehaltung, bei Sonnenauf- und Sonnenuntergang festzustellen (ARNOLD & DUDZINSKI 1978; BOTHERAS 2007; VASILATOS & WANGSNESS 1980). Auch SHABI et al. (2005) ermitteln bei einmaliger Futtervorlage eine hohe Fressaktivität am Morgen um 08:14 Uhr (02:55 Uhr bis 13:17 Uhr) und am Nachmittag um 16:34 Uhr (13:45 Uhr bis 18:28 Uhr). Diese Phasen sind somit drei Stunden nach dem mittleren Sonnenaufgang und zwei Stunden vor dem mittleren Sonnenuntergang. In diesen zwei Hauptfresszeiten finden 61 % der gesamten Fressaktivität am Morgen und 39 % der gesamten Fressaktivität am Nachmittag statt. VASILATOS & WANGSNESS (1980) kommen mit 68 % der gesamten Fressaktivität zwischen 6:00 Uhr und 18:00 Uhr auf ein ähnliches Ergebnis. Allerdings stellt der Tagesablauf bei Stallhaltung z.B. durch das Bereitstellen vom frischem Futter nach dem Melken einen großen Anreiz zur Futteraufnahme dar und kann die Fresszeiten beeinflussen (BOTHERAS 2007; WIERENGA 1990). Die Vorlage von frischem Futter motiviert die Tiere am stärksten zur Futteraufnahme, löst aber auch ein erhöhtes aggressives Verhalten zwischen ihnen aus (DEVRIES et al. 2005; JEZERSKI & PODLUŻNY 1984; NIKKHAH et al. 2008). Das erneute Heranschieben von Futter ist ebenfalls ein Anreiz zur Futteraufnahme. Jedoch ist dieser nicht annähernd so stark, wie das Vorlegen von frischem Futter oder die Rückkehr vom Melken. Die tägliche Fressdauer sinkt bei der Vorlage von frischem Futter nach dem Melken mit 191.9 Minuten um 12.5 % im Vergleich zur Futtervorlage sechs Stunden nach dem Melken mit 215.9 Minuten Fressdauer (DEVRIES et al. 2005). Auch BOCKISCH (1985) ermittelt zwei Hauptfressphasen nach dem morgendlichen und abendlichen Melken. Weitere wichtige Einflussfaktoren auf das Fressverhalten sind neben der Verfügbarkeit des Futters, das Klima, das Alter der Tiere und die Art und Schmackhaftigkeit des Futters (ALBRIGHT 1993; BØE &

FÆREVIK 2003; FORBES 1996; HANCOCK 1954; KROHN & KONGGAARD 1979; PORZIG & SAMBRAUS 1991; RAGSDALE et al. 1950). Aber auch im Stall nutzen die Tiere wie beim Fressen auf der Weide die zweite Nachthälfte selten zur Futteraufnahme, auch wenn sich mehrere Tiere einen Fressplatz teilen müssen (SÜSS & ANDREAE 1984).

Rinder nehmen nach Fütterungsbeginn 20 bis 30 Minuten intensiv Futter auf und verlassen während dieser Zeit ihren Fressplatz nicht. Erst danach beginnen meist ranghohe Kühe, den Platz am Futtertisch zu wechseln und rangniedere Kühe zu vertreiben. Es wird vermutet, dass nicht mangelnde Futtermenge der Grund ist, sondern das Bedürfnis nach selektieren des Futters (PORZIG & SAMBRAUS 1991). Darüber hinaus besteht ein Zusammenhang zwischen dem sozialen Rang der Kuh und der Anzahl Fressperioden pro Tag. So haben rangniedere Tiere kürzere Fressperioden, gehen dafür aber deutlich häufiger zum Futtertisch. Außerdem verändert sich der Rhythmus der Futteraufnahme und des Liegeverhaltens. Der Anteil der Liegezeit steigt während des Tages und die Futteraufnahme verschiebt sich vermehrt auf die Nachtstunden (METZ 1975). Dabei werden die rangniederen Tiere, insbesondere Erstlaktierende, benachteiligt, wenn sie mit älteren Kühen in einer Gruppe gehalten werden oder ein begrenztes Angebot an Fressplätzen herrscht (DEVRIES & VON KEYSERLINGK 2009; ELIZALDE & MAYNE 2009; FRIEND & POLAN 1974; GRANT & ALBRIGHT 2001; KENWRIGHT & FORBES 1993; KROHN & KONGGAARD 1979; METZ 1981; OLOFSSON 2000; PORZIG & SAMBRAUS 1991; WIERENGA & HOPSTER 1991). KENWRIGHT & FORBES (1993) finden heraus, dass ranghohe Erstlaktierende weniger in der Nacht (01:00-6:00 Uhr) fressen als rangniedere Tiere und dass letztere ihren Bedarf der Futteraufnahme nicht befriedigenden können, wenn die Konkurrenz am Futtertisch hoch war. Bei begrenztem Zugang zum Futter stehen die beiden Verhaltensweisen „Fressen“ und „Wiederkauen“ in Konkurrenz. Ist dies der Fall, wird immer das Fressen dem Wiederkauen vorgezogen (METZ 1975). Dies stützt die Aussage von SCHULTZ (1992), dass bei der Fütterung im Stall der freie Zugang zum Futter für die Tiere wichtiger ist, als die tatsächliche Menge der vorgesehenen Nährstoffe. Ein konkurrenzfreier Zugang zu Futter und Wasser gewährleistet eine bestmögliche Futteraufnahme. Auch die Gestaltung des Fressplatzes, wie die Anzahl der Fressplätze, die Fressplatzbreite und die Art der Futtervorlage sind wichtige Einflussfaktoren (ALBRIGHT 1993; FRIEND & POLAN 1974; GRANT & ALBRIGHT 2001; METZ 1981; SCHULTZ 1992). Bei einer Fressplatzbreite von unter 0.2 m je Tier verringern sich

Fresszeit und Futteraufnahme. Bei Fressplatzbreiten von 0.2 m bis 0.51 m tritt eine erhöhte Konkurrenz zwischen den Tieren auf, die verschiedenste Effekte auf die Futteraufnahme hat. Bei mehr als 0.51 m breiten Fressplätzen werden am Futtertisch keine messbaren Effekte auf die Futteraufnahme festgestellt (ALBRIGHT 1993; FRIEND & POLAN 1974; FRIEND et al. 1977; MANSON & APPLEBY 1990). Bei leichter Konkurrenz um das Futter ermitteln die Autoren jedoch eine erhöhte Futteraufnahme von 6.6 % im Vergleich zu einer Fresssituation ohne Konkurrenz (ELIZALDE & MAYNE 2009). Die Futteraufnahme und damit die Milchleistung verbessert sich entscheidend durch eine optimale Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Futter (ALBRIGHT 1993; ELIZALDE & MAYNE 2009; FRIEND & POLAN 1974; GRANT & ALBRIGHT 2001; SCHULTZ 1992). Darüber hinaus beeinflusst erhöhter Stress bei rangniederen Kühe die Fruchtbarkeit, Gesundheit und Ernährung negativ oder es entstehen durch mangelndem Zugang zum Futter Stereotypen (FRIEND & POLAN 1974; KENWRIGHT & FORBES 1993; NOCEK 1997; REDBO et al. 1996). KROHN & KONGGAARD (1979) empfehlen daher, Erstlaktierende von den älteren Tieren zu trennen. Dadurch erreichen sie in ihrem Versuch eine um 10-15 % signifikant längere Fressdauer, eine um 20 % höhere Futteraufnahme und daraus resultierend eine um 5-10 % höhere Milchleistung. Versuche von ØSTERGAARD et al. (2010) ergeben, dass einen Monat lang nach der Abkalbung separat gehaltene erstlaktierende Tiere mehr Milch geben. Die Annahme, dass insgesamt auch weniger Gesundheitsprobleme zu verzeichnen sind, bestätigt sich nur für die Anzahl auftretender Ketosen. Bei pluriparen Kühen tritt dieser Effekt nicht auf.

SAMBRAUS (1978) ermittelt bei ad libitum Fütterung im Stall zehn Fressperioden je Tier und Tag, wobei nach dem Melken die längsten Fressperioden stattfinden. Die Anzahl Mahlzeiten variiert bei METZ (1975) von 5.9 bis 11.4 je Tier und Tag. Während HEDLUND & ROLLS (1977) von durchschnittlich 25.8 Fressperioden berichten. PIRKELMANN (1992) beobachtet bei freiem Futterzugang pro Tag von sieben bis zehn Fressperioden. Untersuchungen von VASILATOS & WANGSNESS (1980) ergeben 12.1 Fressperioden pro Tag mit einer durchschnittlichen Dauer von 20.9 Minuten und einer durchschnittlichen Gesamtfressdauer pro Tag von 253.6 Minuten je Tier.

Wiederkauen stellt einen angeborenen Teil des Nahrungsaufnahmeverhaltens dar und findet zu 80 % im Liegen statt. Dabei liegt das Hauptgewicht auf dem Brustbein, um die Pansenfunktion nicht zu beeinträchtigen. Die Dauer ist tierindividuell und ein

erblich gebundenes Verhalten (HANCOCK 1954; PORZIG & SAMBRAUS 1991; SAMBRAUS 1978; VASILATOS & WANGSNESS 1980). Über den Tag werden bei ad libitum Fütterung zwischen 45'000 und 75'000 Kauschläge ausgeführt. Dabei sind zwei Drittel der Kauschläge dem Wiederkauen zuzuordnen (SAMBRAUS 1978).

Innerhalb eines Tages erfolgen 8 bis 15 Wiederkauperioden von jeweils ungefähr 30 Minuten Dauer. Diese beginnen 30 bis 60 Minuten nach der Futteraufnahme (HEDLUND & ROLLS 1977; METZ 1975; SAMBRAUS 1978). Nach langen Fressperioden auf der Weide kann die Wiederkauperiode auch direkt an die Futteraufnahme anschließen. Der Großteil der Wiederkauzeit fällt in die allgemeinen Ruhezeiten und somit auf die Nacht. Für die Wiederkaudauer existieren sehr unterschiedliche Angaben. Meist wird die Wiederkaudauer mit insgesamt vier bis neun Stunden angegeben (BRADE 2002; METZ 1975; PORZIG & SAMBRAUS 1991). Dabei sollen in den Hauptwiederkauphasen während des Wiederkäuens nicht mehr als 20 % der Tiere stehen. Bei einem erhöhten Anteil kann ein gestörtes Liegeverhalten vorliegen (RICHTER 2006).

DADO & ALLEN (1994) beschreiben, dass ältere und höher leistende Tiere mehr Futter aufnehmen, größere Portionen schneller fressen, länger und effizienter wiederkauen und mehr Wasser aufnehmen, als leistungsschwächere und meist jüngere Kühe.

2.4.3 Ruheverhalten

Die Kuh verbringt bei Stallhaltung mehr als 50 % des gesamten Tages mit Ruhen. Als anzustrebende Werte werden übereinstimmend mindestens 11 Stunden, besser aber mehr als 14 Stunden Gesamtliegedauer innerhalb von 24 Stunden angegeben. Bei Beobachtungen von Rindern auf der Weide zeigt sich ein natürlicher Rhythmus von bis zu 6.5 bis 10 Liegeperioden mit durchschnittlich jeweils 82 Minuten Liegedauer (BRADE 2002; FRIEND & POLAN 1974; FRIEND et al. 1977; METZ 1985; NEUMANN 2006; SAMBRAUS et al. 2002). Eine Erhebung des Liegeverhaltens auf 43 Praxisbetrieben ergibt eine durchschnittliche Liegezeit von insgesamt 11 Stunden verteilt auf neun Liegeperioden. Eine durchschnittliche Liegeperiode dauert dabei 88 Minuten (ITO et al. 2009). Rinder zeigen die höchste Aktivität am Tag zum Sonnenauf- sowie zum Sonnenuntergang. Daraus resultiert auch ihr Muster bei der Beweidung, welches Hauptfressphasen kurz vor Sonnenaufgang und ca. drei bis vier Stunden vor Sonnenuntergang aufweist (ALBRIGHT 1993; PORZIG & SAMBRAUS 1991; SAMBRAUS

1978; SAMBRAUS et al. 2002). Die Hauptruhephasen fallen in die Zeit zwischen 22:00 Uhr und 3:00 Uhr sowie 9:00 Uhr und 13:00 Uhr (REINBRECHT 1969; zitiert nach SAMBRAUS 1978). Auch das Liegeverhalten folgt, wie beim Fressen, einer Herdensynchronität (RAUSSI et al. 2011). RAUSSI et al. (2011) stellen fest, dass bei Nutzung von AMS die Synchronität beim Liegen sogar noch stärker auftritt, als beim Einsatz von konventioneller Melktechnik. Die Anzahl Liegeperioden und die Liegedauer hängen stark vom sozialen Status des einzelnen Tieres ab. Ranghohe Tiere liegen tendenziell länger, während rangniedere Tiere durch Verdrängungen öfter in ihren Ruhephasen gestört werden (FRIEND et al. 1977; GALINDO & BROOM 2000; KROHN & KONGGAARD 1979; PORZIG & SAMBRAUS 1991; SAMBRAUS et al. 2002; WIERENGA 1990; WIERENGA & HOPSTER 1991). Physische Angriffe ranghoher Tiere und das Aufsuchen weniger vorteilhafter Ruheplätze begünstigt auch das Auftreten von Mastitiden und Lahmheiten bei rangniederen Tieren (FRIEND & POLAN 1974; GALINDO & BROOM 2000; GREENOUGH & VERMUNT 1991). Werden erstlaktierende und ältere Tiere jeweils in getrennten Gruppen gehalten, steigt die Ruhezeit pro Tag von 402 Minuten auf 443 Minuten und die Anzahl Liegeperioden von 5.5 auf 7.0 pro Tag (KROHN & KONGGAARD 1979). BOCKISCH (1985) untersucht das Verhalten von Milchkühen im Liegeboxenlaufstall. Dabei liegen die Kühe je Tier und Tag zwischen 546 Minuten und 725 Minuten und die tägliche Gesamtliegezeit schwankt sehr stark zwischen 80 Minuten und 1'108 Minuten je Tier. Im Schnitt liegen die Anzahl Liegeperioden zwischen 7.7 und 9.5 pro Tag. Auch hier treten mit 3 bis 22 Liegeperioden pro Tag starke Unterschiede auf. Je nach Versuchstag sind 20-28 % der Liegeperioden bis zu 30 Minuten lang und 25-32 % zwischen 30 und 60 Minuten 20 % der Liegeperioden weisen eine Länge zwischen 60 und 90 Minuten auf. Eine aktuelle Untersuchung im Boxenlaufstall mit verschiedenen Liegeboxenmaterialien ermittelt Liegezeiten zwischen 584 Minuten und 796 Minuten. Mit 10 und 17 Liegeperioden pro Tag resultiert dies in Liegedauern pro Liegeperioden zwischen 43 Minuten und 73 Minuten (WECHSLER et al. 2000). Eine Erfassung des Liegeverhaltens von 2'033 Kühen auf 43 Praxisbetrieben ergibt eine durchschnittliche Liegedauer von 11.0 ± 2.1 Stunden pro Tag in 9 ± 3 Liegeperioden und 88 ± 30 Minuten pro Liegeperiode. Die Werte variieren im Mittel über alle Betriebe von 9.5 bis 12.9 Stunden Liegedauer pro Tag in 7 bis 10 Liegeperioden mit 65 bis 112 Minuten pro Liegeperiode. Zwischen den Tieren variiert die Liegedauer pro Tag zwischen 4.2 und 19.5 Stunden pro Tag mit einer bis 29 Liegeperioden und

22 bis 342 Minuten pro Liegeperiode. Dies zeigt, dass der Unterschied zwischen den Tieren größer ist, als die Differenz zwischen den Betrieben (ITO et al. 2009).

FRIEND et al. (1977) beobachten, dass eine Änderung des Liegeverhaltens im Laufstall erst eintritt, wenn den Tieren durchschnittlich 0.5 oder weniger Liegeboxen im Stall zur Verfügung stehen. Die durchschnittliche Liegedauer pro Tag sowie die durchschnittliche Liegedauer pro Liegeperiode sind dadurch jedoch nicht negativ beeinflusst. Mit höherer Konkurrenz um die Liegeplätze wird allerdings der Rang des einzelnen Tieres in der Herde immer bedeutsamer (FRIEND et al. 1977; METZ 1985). Bei weniger als 0.5 Liegeplätzen je Tier wird eine höhere Neigung zum Liegen im Laufgang beobachtet. Trotz erhöhter Konkurrenz um die Liegeplätze wird die durchschnittliche Futteraufnahme der Tiergruppe nicht beeinflusst (FRIEND et al. 1977). Ein Versuch von MUNKSGAARD & LØVENDAHL (1993) zeigt, dass Kühe, die daran gehindert werden mehr als 14 Stunden am Tag zu liegen, eine reduzierte Konzentration des Wachstumshormons (GH) aufweisen. HART et al. (1979) bringen dieses Wachstumshormon mit der Höhe der Milchleistung insbesondere in einem frühen Laktationsstadium in Verbindung.

Kühe können durch die Futtervorlage so beeinflusst werden, dass sie sich nicht direkt nach dem Melken hinlegen. Ein direktes Abliegen wird mit der Infektion des Euters mit Umweltkeimen durch den Strichkanal in Verbindung gebracht. Mit dem Zugang zu frischem Futter stehen die Kühe nach dem Melken im Median über 60 Minuten, während die Tiere ohne Zugang zum Futter sich nach nur 11 Minuten hinlegen. Die Autoren dieser Studie erwarten bei Kühen mit einer längeren Standzeit nach dem Melken ein geringeres Auftreten von intramammären Infektionen und eine geringere Kontamination der Zitzenspitze (TYLER et al. 1997). DEVRIES & VON KEYSERLINGK (2005) ermitteln, dass bei einer Futtervorlage deutlich nach dem Melken die Zeit zwischen Rückkehr vom Melken bis zum Hinlegen der Tiere 45.1 Minuten beträgt. Ist direkt nach dem Melken frisches Futter zugänglich, steigt die Wartezeit um etwa 20 Minuten auf 65.7 Minuten. In einer Befragung von Landwirten britischer Milchviehbetriebe fanden PEELER et al. (2000) heraus, dass die Häufigkeit von Mastitiden auf den Betrieben am geringsten ist, die u.a. nach beiden Melkzeiten frisches Futter vorlegen.

2.5 Einfluss der Futtevorlagehäufigkeit

In der Vergangenheit wurden bereits verschiedene Versuche durchgeführt, welche sich mit der Futtevorlagehäufigkeit (FF) bei Wiederkäuern beschäftigen. Nach einem Review von GIBSON (1984) gab es zu dieser Zeit 23 Publikationen, die 35 Versuche beschreiben. In der Mehrheit wurde dabei die Krafftuttevorlage, aber auch die Grundfuttevorlage untersucht. Inzwischen liegen auch Untersuchungen vor, in denen die Futtevorlagehäufigkeit von TMR oder PMR analysiert wurde. Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen zur Futtevorlagehäufigkeit werden im Folgenden vorgestellt.

2.5.1 Futteraufnahme- und Ruheverhalten

Die Futteraufnahme wird nicht nur durch die Rückkehr vom Melken beeinflusst, sondern auch von der Art der Futtevorlage. Dabei stellt die erneute Futtevorlage für die Kühe den größten Reiz zur Futteraufnahme dar (DEVRIES et al. 2003; DEVRIES et al. 2005; TYLER et al. 1997). DEVRIES et al. (2005) stellen fest, dass die Kühe mit höherer Anzahl Futtevorlagen mehr Zeit mit dem Fressen verbringen, ohne dass es ihre Liegedauer beeinflusst. Auch OOSTRA et al. (2005) können zeigen, dass die Fressdauer bei sechsmaliger Futtevorlage im Vergleich zu zweimaliger Vorlage ansteigt. Im Gegensatz dazu verringert sich die Wartezeit im Wartebereich des AMV, ohne jedoch die Anzahl Melkungen zu verändern. BAVA et al. (2012) stellen jedoch keine Veränderungen der Anzahl von Kühen am Futtertisch über den Tagesverlauf fest. Die Autoren vergleichen dabei auf Betrieb A (konventionelle Melktechnik) die zweimalige mit der dreimaligen Futtevorlage und Betrieb B die einmalige mit der zweimaligen Futtevorlage (automatisches Melkverfahren).

POMPE et al. (2007) untersuchen über drei Tage den Einfluss von drei verschiedenen Fütterungsverfahren auf die Aufenthaltsdauer in den Funktionsbereichen. Dabei vergleichen die Autoren zum einen die konventionelle Fütterung mit dem Futtermischwagen, die gruppenbezogene Fütterung mit AFV und die automatische Vorlage von tierindividuellen Rationen. Tiere die automatisch gefüttert werden, verbringen 4 % weniger Zeit im Fressbereich und 5 % mehr in den Liegeboxen. Die tägliche Futteraufnahme ist für alle drei Fütterungsverfahren nahezu identisch.

Auch DAWSON & KOPLAND (1949) beschäftigen sich mit Futtevorlagehäufigkeiten. Sie vergleichen einmalige und zweimalige Futtevorlage in Bezug auf Milchleistung, Futter- und Nährstoffaufnahme. Dabei zeigen sich in allen untersuchten Parametern nur kleine Unterschiede, die sich aber eindeutig zugunsten der zweimaligen Futtevorlage auswirken. Dagegen ergibt im Versuch von WOOLFORD et al. (1986) ein Vergleich von einmaliger und zweimaliger Futtevorlage keine Unterschiede bei der aufgenommenen Futtermenge (kg TS/Tier/Tag) und der Milchleistung.

CAMPBELL & MERILAN (1961) untersuchen den Einfluss von zweimaliger (FF2), viermaliger (FF4) und siebenmaliger (FF7) Futtevorlage bei insgesamt 21 laktierenden Guernsey-Kühen. Dabei steigen die Milchleistung und die energiekorrigierte Milchleistung (ECM) signifikant zwischen zweimaliger und FF4 bzw. FF7. Kein Unterschied in der Milchleistung und der ECM wird zwischen FF4 und FF7 gefunden. Während zwischen FF4 und FF7 nur ein geringer Unterschied auftritt, werden Unterschiede zwischen zweimaliger und viermaliger bzw. siebenmaliger Futtevorlage deutlich. Ein signifikanter Unterschied ist ebenfalls zwischen FF2 und FF4 bzw. FF7 bei der Futteraufnahme erkennbar. Der Unterschied zwischen FF4 und FF7 ist nur gering. Die Effizienz der Milchproduktion und die Verdaulichkeit der Trockenmasse sind bei FF7 am höchsten, gefolgt von FF4 und FF2.

In aktuellen Untersuchungen von FERARD et al. (2003) werden die einmalige (FF1) mit dreimaliger (FF3) und achtmaliger (FF8) Futtevorlage verglichen. Die Vorlage erfolgt mit einem AFV. Die tägliche Futteraufnahme je Tier bei einmaliger und dreimaliger Futtevorlage liegt bei 20.9 kg TS, während bei achtmaliger Futtevorlage die Aufnahme auf 21.7 kg TS steigt. Dieser Effekt ist statistisch nicht signifikant. Trotz der höheren TS-Aufnahme wird weder die Milchleistung, noch der Fett- und Proteingehalt der Milch beeinflusst. Dadurch ist die Effizienz der Milcherzeugung bei FF8 mit 1.14 etwas unter derer mit den geringeren Futtevorlagehäufigkeiten (FF3: 1.18; FF1: 1.22). Gleichzeitig werden in diesem Versuch von FAUCET et al. (2013) Verhaltensbeobachtungen durchgeführt. Die Autoren erfassen zwischen 10:30 Uhr und 16:15 Uhr die Zeit pro Tag, die die Tiere mit Fressen, Wiederkauen, Liegen und anderen Aktivitäten verbringen. Dabei stellen sie fest, dass nach jeder Futtevorlage ein Anstieg der Fressaktivität und eine Verringerung der Wiederkauaktivität zu verzeichnen ist. Dieses Verhalten ist am Nachmittag stärker ausgeprägt als am

Vormittag. Die Gesamtzeit der einzelnen Aktivitäten verändert sich durch die Futtervorlagehäufigkeit nicht (Tab. 1).

Tab. 1: Durchschnittlicher täglicher Zeitanteil der Aktivitäten „Fressen“, „Wiederkauen“, „Liegen“, „Stehen“ und „andere Aktivitäten“ mit Minimal- und Maximalwerten (verändert nach FAUCET et al. 2013)

Aktivität	einmalige Futtervorlage		achtmalige Futtervorlage	
	Anteil Aktivität [%]		Anteil Aktivität [%]	
Fressen	32	(29-34)	30	(25-32)
Wiederkauen	35	(31-40)	33	(30-36)
beim Liegen	25	(19-28)	23	(16-27)
im Fressbereich	2	(0-3)	4	(2-6)
im Stehen	8	(7-9)	6	(4-9)
Liegen	19	(16-24)	26	(24-27)
Stehen	9	(8-11)	6	(2-10)
andere Aktivitäten	5	(2-10)	5	(3-8)

Aufgrund überzähliger Fressplätze werden nur wenige Auseinandersetzungen am Futtertisch registriert. Tendenziell sind bei einmaliger Futtervorlage diese jedoch häufiger, als bei achtmaliger Futtervorlage. Die Autoren kommen zum Schluss, dass eine häufigere Futtervorlage die Tiere dazu motiviert zum Futtertisch zu gehen, ohne die Gesamtfress- und Wiederkauzeit sowie das Liegeverhalten zu beeinflussen (FAUCET et al. 2013). SHAVER (2002) gibt an, dass Futterselektionsprobleme verringert werden, wenn eine häufigere Futtervorlage von kleineren Futtermengen erfolgt.

In Versuchen von KIRCHGESSNER et al. (1980) haben die Autoren neben der Häufigkeit der Futtervorlage von Grundfutter auch den Einfluss einer häufigeren Krafftuttervorlage untersucht. Bei sechsmaliger Vorlage von Grund- und Krafftutter wird mehr Milch produziert als bei einer zweimaligen Fütterung. Auch der mittlere Fettgehalt und die energiekorrigierte Milchmenge liegen über dem Wert bei der zweimaligen Fütterung pro Tag. Lediglich der prozentuale Eiweißgehalt bleibt unverändert. Den Effekt erklären die Autoren mit dem geringen Grundfutteranteil und der Portionierung des Krafftutters. Eine Portionierung des Grundfutters erbringt nach Meinung der Autoren keinen zusätzlichen Vorteil.

PHILLIPS & RIND (2001) analysieren ebenfalls die Effekte von verschiedenen Futtervorlagehäufigkeiten. Milchkühe, die nur einmal am Tag gefüttert werden, weisen eine höhere Milchleistung, aber einen geringeren Milchproteinanteil auf als

Tiere, die viermal am Tag gefüttert werden. Darüber hinaus verbringen erstere mehr Zeit mit der Fellpflege und dem Stehen im Fütterungsbereich, ohne dass sie Fressen oder Wiederkauen.

LE LIBOUX & PEYRAUD (1999) untersuchen die Einflüsse auf die Fress- und Wiederkaudauer bei zweimaliger und sechsmaliger Futtevorlage. Dabei stellen sie fest, dass die Fresszeit nicht von der Futtevorlagehäufigkeit abhängig ist. Das Fressverhalten ändert sich dahingehend, dass die zweimalige Futtevorlage durch zwei Hauptfressphasen mit je 1.5 Stunden Dauer charakterisiert ist. Bei sechsmaliger Futtevorlage sind die sechs Fressphasen gleichmäßiger zwischen 7:15 Uhr und 24:00 Uhr verteilt und weisen jeweils eine Dauer von je 0.5 Stunden auf. Die Wiederkaudauer ist bei sechsmaliger Futtevorlage geringfügig verringert. Die Dauer jeder Wiederkauperiode wird von der Futtevorlagehäufigkeit nicht verändert.

NOCEK & BRAUND (1985) evaluieren die Effekte der Futtevorlagehäufigkeit bei erstlaktierenden Kühen mit ein-, zwei-, vier- und achtmaliger Futtevorlage einer Totalmischration. Dabei achten die Autoren im Besonderen auf den Pansen-pH und die Trockenmasseaufnahme. In der Wochentendenz fällt bei mehrmaliger Fütterung am Tag die Trockenmasseaufnahme niedriger und die Milchleistung höher aus als bei einmaliger Fütterung am Tag. Das führt zu einer besseren Effizienz der Fütterung im Vergleich zu ein- oder zweimaliger Fütterung am Tag.

BAVA et al. (2012) vergleichen auf Betrieben mit konventionellem und automatischem Melkverfahren verschiedene Futtevorlagehäufigkeiten. Dabei wird festgestellt, dass die Anzahl Futtevorlagen bei beiden Melkverfahren keinen signifikanten Einfluss auf die Futteraufnahme hat. Genauso verhält es sich mit der Anzahl Besuche am AMV. Es wird aber ein signifikanter Einfluss auf die Milchleistung bei steigender Futtevorlagehäufigkeit ermittelt. Während der heißen Wetterperiode steigt bei der Erhöhung der Futtevorlagehäufigkeit von ein- auf zweimal täglich die Milchleistung um 2 kg je Tier und Tag.

ROBINSON & MCNIVEN (1994) stellen fest, dass eine häufigere Anzahl Fütterungen von im Pansen schnell verdaulicher Gerste bei alleiniger Fütterung eine Steigerung der Milchleistung und Milchinhaltsstoffe (Protein, Laktose) bewirkt. Dieser Effekt wird aber nicht bei der Fütterung in einer TMR erwartet.

In einem Versuch von RAKES et al. (1957b) ergibt der Vergleich von zweimaliger und zehnmaliger Futtervorlage bei Färsen eine signifikant höhere Gewichtszunahme bei zehnmaliger Futteraufnahme, aber eine signifikant geringere Futterverdaulichkeit. Weder die Wiederkauaktivität noch die Passagerate werden in diesem Fall beeinflusst.

SMITH et al. (1978) finden im Vergleich von ein- zu zweimaliger Futtervorlage am Tag weder Unterschiede in der Milchleistung noch in der Futteraufnahme, Fettgehalte der Milch oder Gewichtszunahme. Ähnliche Ergebnisse ergeben sich bei KLUSMEYER et al. (1990) im Vergleich von zwei- und viermaliger Futtervorlage. Weder Milchleistung noch -zusammensetzung werden durch die Futtervorlagehäufigkeit beeinflusst.

Dagegen stehen die Ergebnisse von SHABI et al. (1998), die eine signifikante Erhöhung des Milchfettanteils bei viermaliger im Vergleich zur zweimaliger Futtervorlage feststellen. Jedoch werden auch hier weder die Futteraufnahme noch die Milchleistung beeinflusst. Ähnliche Ergebnisse erhalten auch STANLEY & MORITA (1967) beim Vergleich von zweimaliger und viermaliger Vorlage der TMR. Allerdings werden hier keine signifikanten Änderungen beim Milchfettanteil ermittelt.

Eine Studie, die sich mit verschiedenen Fütterungsvorlagehäufigkeiten bei automatischen Fütterungsverfahren befasst, führten MÄNTYSAARI et al. (2006) durch. Die Autoren vergleichen den Einfluss einmaliger und fünfmaliger Futtervorlage auf die Futteraufnahme, Milchleistung und auf das Verhalten von der Kalbung bis zur 28. Laktationswoche. Dabei stellen MÄNTYSAARI et al. (2006) keinen Effekt auf die Milchleistung oder die Milchinhaltsstoffe fest. Die Futteraufnahme sinkt von 20.9 kg TS /Tag bei einmaliger Vorlage auf 19.9 kg TS /Tag bei fünfmaliger Futtervorlage. Die Fresszeiten verteilen sich auf die fünf Futtervorlagen, während sich bei einmaliger Vorlage zwei eindeutige Fresshauptzeiten nach der Futtervorlage und am Abend erkennen lassen. Darüber hinaus stellen die Autoren längere Fresszeiten und geringere Liegezeiten bei fünfmaliger Futtervorlage fest. Dagegen ist für die fünfmalige Futtervorlage die Energie- (ECM : ME) und die Proteinumwandlung (Milchprotein : Futterprotein) signifikant besser.

POMPE et al. (2007) vergleichen die automatische Futtervorlage einer tierindividuellen TMR mit gruppenweise erstellter TMR bei Nutzung einer automatischen Fütterung sowie der konventionellen TMR Fütterung. Automatische Fütterung verringert die

Fresszeit um 4 % und die Liegezeit in den Liegeboxen um 5 %. Beide Varianten der automatischen Futtervorlage zeigen geringere tägliche Schwankungen in den Aktivitätsmustern der Tiere. Die Futteraufnahme ist bei allen Varianten auf einem ähnlichen Niveau.

2.5.2 Mikrobielle Verdauung im Pansen

ROBLES et al. (2007) und SHABI et al. (1998) berichten von stabileren Pansen pH-Werten während der Tages, sofern die Tiere zweimal statt einmal am Tag gefüttert werden. Bei SUTTON et al. (1986) ist bei einer erhöhten Anzahl Futtervorlagen der minimale pH-Wert im Pansen höher, der durchschnittliche Pansen pH-Wert jedoch geringer. Im Versuch von SHABI et al. (1999) hat eine Erhöhung der täglichen Futtervorlagehäufigkeit von zwei auf vier Futtervorlagen zu einer Reduzierung der pH-Wert Veränderungen im Tagesverlauf geführt. Darüber hinaus verbessern sich die tägliche Futteraufnahme und die Gesamtverdaulichkeit der organischen Masse und des Rohproteins. Dies hat zur Folge, dass die Milchleistung und die Gehalte an Milchfett, Protein und Laktose in der Milch ansteigen. BRAGG et al. (1986) empfehlen in Situationen, in denen es unerlässlich ist die Dichte der umsetzbaren Energie in der Futterration zu erhöhen, auch die Futtervorlagehäufigkeit zu erhöhen. Dies folgern sie aus einem Versuch mit pansenfistulierten Bullen, bei denen sie zweimalige und achtmalige Futtervorlage bei einer Ration mit Maissilage und Krafftutter vergleichen. Hier stabilisieren sich durch häufigeres Füttern im Wesentlichen alle erfassten Parameter im Pansen. Dazu gehören der pH-Wert, flüchtige Fettsäuren (VFA), Lactat, Ammoniak-Stickstoff und die Anzahl Protozoen. Sie schlussfolgern, dass durch die stabileren Pansenverhältnisse auch bei der Milchkuh Probleme wie Pansenacidose und geringe Milchfettgehalte vermieden werden können.

KLUSMEYER et al. (1990) finden im Vergleich zu LE LIBOUX & PEYRAUD (1999) einen niedrigeren Pansen-pH und ein niedrigeres Acetat und Propionat Verhältnis, wenn die TMR viermal statt zweimal am Tag gefüttert wird. Sowohl CECAVA et al. (1990) als auch SHABI et al. (1999) können bei ihren Versuchen keinen Anstieg der mikrobiellen Synthese im Pansen durch eine Erhöhung der Futtervorlagehäufigkeit feststellen. Die Futtervorlagehäufigkeit hat nur einen minimalen Effekt auf die Nährstoffverdauung und die Futteraufnahme (CECAVA et al. 1990; LE LIBOUX & PEYRAUD 1999; ROBINSON & SNIFFEN 1985). CECAVA et al. (1990) vermuten aber, dass durchaus ein Effekt bei

hochleistenden Milchkühen zu erwarten ist, wenn sowohl die Futteraufnahme als auch der Energiegehalt der Ration sehr hoch sind. ROBINSON & SNIFFEN (1985) können bei Versuchen mit 35 % Krafftutteranteil keinen Effekt auf die Futterverdauung finden. Bei Versuchen mit erhöhter Futtervorlagehäufigkeit des Krafftutters lässt sich weder ein Einfluss auf die Grundfutteraufnahme, die Protozoenanzahl im Pansen, den pH-Wert noch die VFA nachweisen. Jedoch wird sowohl der Milchfett- als auch der Milchproteingehalt beeinflusst, und die Schwankungen der ruminalen NH_3N Konzentration verringern sich direkt nach der Futteraufnahme (YANG & VARGA 1989).

Bei viermaligem Füttern erfolgt außerdem eine gleichmäßigere Versorgung der Pansenmikroben mit Nährstoffen und die Pansenflüssigkeit weist die höchste Verdünnungsrate auf (NOCEK & BRAUND 1985). Nach RUSSELL & HESPELL (1981) deutet dies an, dass eine Korrelation zwischen steigender Verdünnungsrate der Pansenflüssigkeit und steigender Bildung von mikrobiellen Protein besteht.

THIAGO et al. (1992) ermitteln beim Vergleich von einmaliger und achtmaliger Futtervorlagehäufigkeit ein signifikant höheres Flüssigkeitsvolumen im Pansen bei einmaliger Futtervorlage. Dies hat dessen ungeachtet keinen signifikanten Einfluss auf die Gesamtverdauung oder die Verdauungsrate im Pansen.

Nach einer Studie von FRENCH & KENNELLY (1990) kann eine häufigere Futtervorlage zwar nicht zu einer Milchleistungssteigerung führen, jedoch zu einer Stabilisierung des Pansenmilieus und einer Erhöhung der Fettgehalte der Milch.

Die Ergebnisse von THIVIERGE et al. (2002) zeigen bei siebenmaliger Futtervorlage einen um 4 % erhöhten Ertrag an Milchprotein im Vergleich zur zweimaligen Vorlage des Futters pro Tag. Die Milchleistung und der Laktosegehalt sind bei siebenmaliger Futtervorlage tendenziell höher. Bei beiden Varianten ist die Futteraufnahme ähnlich. Das mikrobielle Wachstum scheint aber nicht beeinflusst zu werden. Die Autoren folgern, dass die post-ruminale Verdauung von organischer Masse ein Grund für den erhöhten Milchproteinерtrag sein könnte.

RUIZ & MOWAT (1987) vergleichen einmalige Futtervorlage mit viermaliger Vorlage pro Tag bei gleichzeitig hoher Futterqualität. Bei ad libitum Fütterung finden die Autoren keinen signifikanten Vorteil einer häufigeren Futtervorlage. Bei restriktiver Fütterung,

in diesem Fall 90 % der maximalen tierindividuellen Futteraufnahme, steigt die Verdaulichkeit der Trockenmasse und der organischen Substanz genauso signifikant wie die N-Retention.

KAUFMANN (1976) gelingt es, durch 14-maliges abwechselndes Füttern von Rau- und Krafffutter, den pH-Wert im Pansen konstant und höher zu halten als bei zweimaliger Futtervorlage. Das Verhältnis von Essig- zu Propionsäure im Pansen wird dadurch weiter und der Fettgehalt in der Milch steigt. Der Autor folgert, dass durch eine höhere Futtervorlagehäufigkeit die mögliche Energieversorgung steigt und ein Milchfettabfall verhindert wird. Außerdem steigt die zellulolytische Aktivität in den Vormägen an und führt zu einer höheren Raufutteraufnahme.

SHABI et al. (1998) finden eine höhere Harnstoffkonzentration vor dem Füttern, wenn das Futter viermal am Tag vorgelegt wird. Darüber hinaus werden die Schwankungen in der ruminalen Ammoniak-N Konzentration durch die Futtervorlagehäufigkeit verändert. Bei zweimaliger Vorlage sind die Schwankungen höher.

RAKES et al. (1957a) beschreiben bei zehnmaliger Futtervorlage im Vergleich zur zweimaligen Fütterung einen signifikant höheren Zuwachs des Körpergewichts pro Tag bei Färsen. Ebenfalls steigt die Wiederkaudauer signifikant an, während die Futterverdaulichkeit sinkt. Bei der Futterpassagerate werden keine Unterschiede festgestellt.

2.6 Silagequalität und -hygiene

In vielen Teilen der Welt ist die Konservierung von Futter eine wichtige Basis für die Fütterung von Wiederkäuern während der Jahreszeiten, in denen frische Futtermittel nicht verfügbar sind. Das Silieren von Pflanzen ist weniger wetterabhängig als das Trocknen und ermöglicht es, die Pflanzen im optimalen Stadium zu ernten (JEROCH et al. 1999; PAHLOW et al. 2003). Der Nährwert des konservierten Grundfutters kann somit weitestgehend erhalten bleiben (PAHLOW & HÜNTING 2011; WOOD 1998).

2.6.1 Definition Futterqualität und -hygiene

Hinweise zu den Anforderungen an die Futtermittelhygiene sind im deutschen Futtermittelgesetz (FMG) von 1999 und in der Futtermittelhygieneverordnung (EG) Nr. 183/2005, die am 1. Januar 2006 in Kraft trat, zu finden. Gemäß § 3 in den Allgemeinen Bestimmungen des FMG und laut der Futtermittelhygieneverordnung ist es verboten, „Futtermittel, Vormischungen oder Zusatzstoffe herzustellen, in Verkehr zu bringen oder an Nutztiere zu verfüttern, die dazu geeignet sind die Qualität der von Nutztieren gewonnenen Erzeugnisse - insbesondere im Hinblick auf ihre Unbedenklichkeit für die menschliche Gesundheit - nachteilig zu beeinflussen oder die Gesundheit von Tieren zu schädigen“ (FUTTERMITTELGESETZ 1999; VERORDNUNG (EG) NR. 183/2005: FUTTERMITTELHYGIENEVERORDNUNG 2005). Ein weiterer Punkt dieser Allgemeinen Bestimmungen definiert ein Fütterungsverbot für Futtermittel, die „verdorben oder in ihrem Wert bzw. ihrer Brauchbarkeit erheblich gemindert sind“. Gemäß Futtermittelhygieneverordnung sind Maßnahmen und Vorkehrungen zu treffen, um die Futtermittelsicherheit zu gewährleisten. Hierzu zählt unter anderem auch die Vermeidung von mikrobiologischer Kontaminationen durch Bakterien und Pilze. Pilze sind eukaryontische, heterotrophe Mikroorganismen, die entweder als einzelne Zellen (Hefen) oder als multizelluläre filamentöse Kolonien (Schimmelpilze) auftreten (MCDONALD et al. 1991; MÜLLER & SCHLENKER 2007; WOOLFORD 1984).

Eine entsprechende Regelung existiert auch im Schweizer Recht (SR) in der Verordnung des Eidgenössischen Departements für Wirtschaft, Bildung und Forschung (WBF) vom 23. November 2005 über die Hygiene bei der Primärproduktion (VHyPrP). In Art. 2 Abs. 8 des VHyPrP ist festgelegt, dass „Futtermittel und Tränkewasser weder die Gesundheit der Tiere, noch die Qualität der

von ihnen stammenden Lebensmittel beeinträchtigen dürfen. Es dürfen nur saubere, hygienisch einwandfreie und unverdorbenes Futtermittel verfüttert werden“ (SR 916.020.1 VHYPRP ART. 2 ABS.8 2005).

Von diesen futtermittelrechtlichen Bestimmungen sind auch hofeigene Grundfuttermittel wie z.B. Heu und Silagen sowie die Durchführung der Fütterung am Hof betroffen (ADLER 2002a; WIEDNER 2008).

In Tab. 2 sind die als Indikatorkeime in Futtermitteln geltenden Keime aufgeführt. Dabei werden zwischen produkttypischen (Primärflora) und verderbanzeigenden (sekundäre Kontamination) Keimen unterschieden. Hefen gelten hingegen immer als verderbanzeigend (MÜLLER & SCHLENKER 2007).

Tab. 2: Indikatorkeime in Futtermitteln und ihre qualitätsbeeinflussende Eingruppierung (MÜLLER & SCHLENKER 2007)

Gruppe	Bedeutung	Indikatorkeime
aerobe mesophile Bakterien	produkttypisch	Gelbkeime Pseudomonaden / Enterobacteriaceae sonstige produkttypische Bakterien
	verderbanzeigend	Bacillus Staphylokokken / Mikrokokken Streptomycceten
Schimmel- und Schwärzepilze	produkttypisch	Schwärzepilze Verticillium Acremonium Fusarium Aureobasidium sonstige produkttypische Pilze
	verderbanzeigend	Aspergillus Penicillium Scopulariopsis Wallemia Mucorales sonstige produkttypische Pilze
Hefen	verderbanzeigend	alle Gattungen

Die Futter- und Silagequalität wird in der Literatur unterschiedlich definiert. COLEMAN & MOORE (2003) setzen die Futterqualität mit der Tierleistung gleich, während HEANEY (1970) die Futterqualität als Index der Verdaulichkeit und der Nährstoffaufnahme als Mittel definiert. In weiteren Publikationen ist die Futterqualität als Index der Verdaulichkeit, der Nährstoffaufnahme und der Verwertung der verdauten Nährstoffe angegeben (MOTT & MOORE 1970 zitiert nach COLEMAN & MOORE 2003; RAYMOND 1969 zitiert nach COLEMAN & MOORE 2003).

Eine laut COLEMAN & MOORE (2003) akzeptierte und sinnvolle Determinante für das Potenzial der tierischen Erzeugung ist die Kombination der Verdaulichkeit und der Aufnahme.

In Abb. 4 ist die Definition der Futterqualität von WIEDNER (2008) dargestellt. Der Autor definiert die Futterqualität als eine Kombination der Futterhygiene und der Nähr-, Mineral- und Wirkstoffgehalte. Der Futterhygiene werden im Wesentlichen biotische Faktoren, wie der Gehalt an Pilzen, Hefen und tierischen Lagerschädlingen und abiotische Faktoren, wie Futtermittelverschmutzung bzw. Schwermetalle und Toxine, zugeordnet (WIEDNER 2008, 2009).

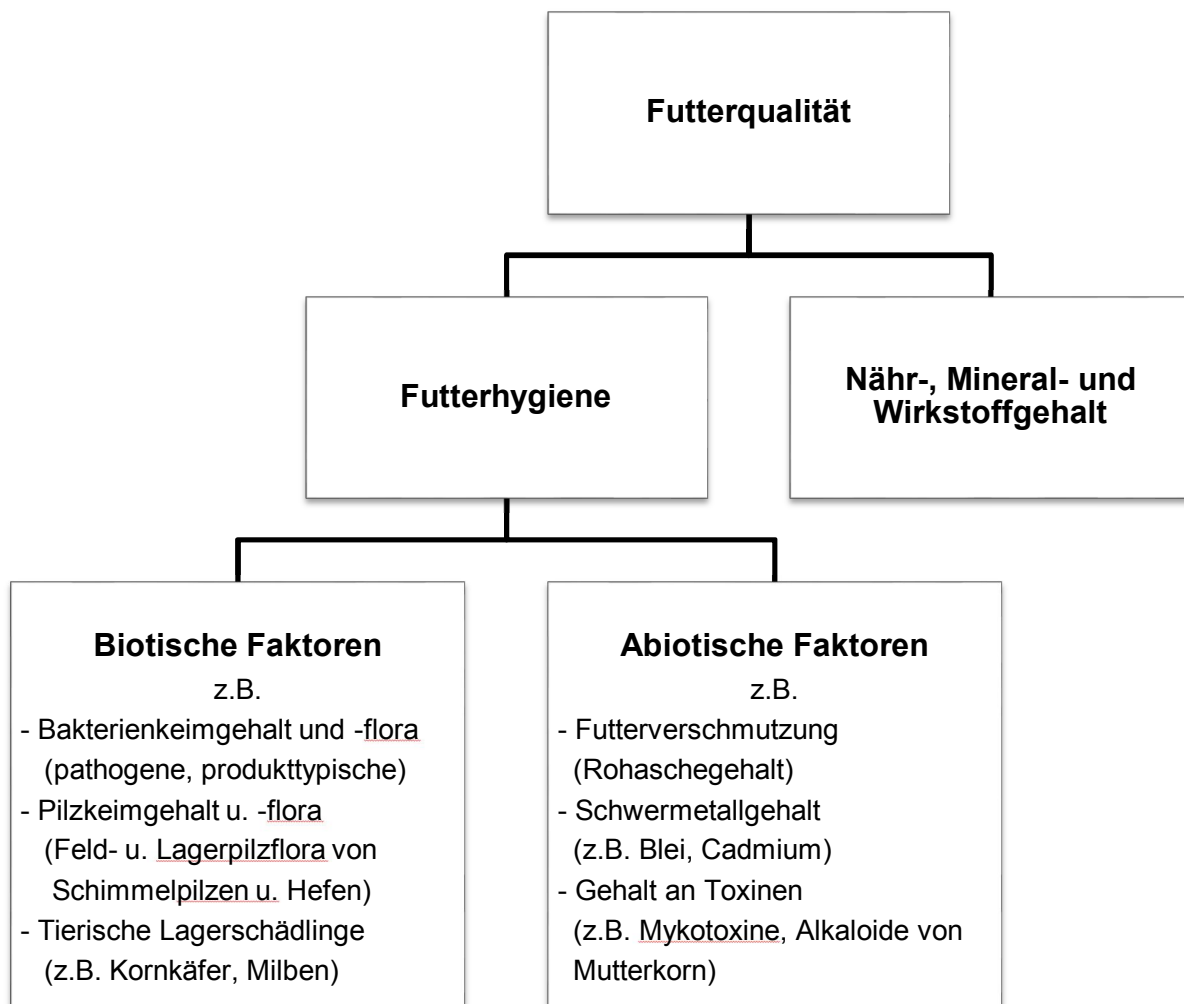


Abb. 4: Definition der Futterqualität und -hygiene (verändert nach WIEDNER 2008)

Eine andere Definition der Futterqualität in Bezug auf die Silage hat von WEIßBACH (2002) veröffentlicht. Hier beinhaltet die Silagequalität alle Eigenschaften der Silage, die ihren Gebrauchswert bestimmen. Dazu zählen Energiekonzentration, Gehalt an

speziellen Nährstoffen, sowie verzehrsbestimmenden und fütterungshygienische Eigenschaften.

2.6.2 Gärungsbiologische Grundlagen

In Tab. 3 sind die wichtigsten Mikroorganismen der Silierung und deren Ansprüche und Stoffwechselaktivitäten dargestellt. Dazu zählen neben den Milchsäurebakterien (MSB) auch unerwünschte Mikroorganismen wie Clostridien, Bakterien, Hefen und Schimmelpilze. Ihre Aktivität, der damit verbundene Stoffabbau und Verderb des Futters können durch die Absenkung des pH-Wertes zum Erliegen gebracht werden (JEROCH et al. 1999; PAHLOW et al. 2003; WOOLFORD 1984).

Tab. 3: Ansprüche und Stoffwechselaktivität der wichtigsten Mikroorganismen für die Silierung (verändert nach JEROCH et al. 1999)

Mikrobengruppe	Verhalten zu Luftsauerstoff	Aktivitätsgrenze bei pH	Kohlenhydrat- vergärung	Eiweissabbau
Milchsäurebakterien	fakultativ bis obligat anaerob	3.0-3.6	Stark zu Milchsäure, Alkohol, CO ₂ , H ₂ O (Essigsäure)	ohne
Coli-Aerogenes-Gruppe (coliforme Keime)	fakultativ anaerob	4.3-4.5	Stark zu Essigsäure, CO ₂ , H ₂ O (Ameisensäure)	ohne oder schwach
Clostridien				
Saccharolyten	obligat anaerob	4.2-4.4	Stark zu Buttersäure, CO ₂ , 2 H (Essigsäure)	ohne
Proteolyten			ohne	Stark zu Amin + CO ₂ , Carbonsäure + NH ₃
Fäulnisbakterien	aerob bis fakultativ anaerob	4.2-4.8	Stark	sehr stark
Hefen	aerob bis fakultativ anaerob	1.3-2.2	Stark zu Alkohol, CO ₂ , H ₂ O (Acetaldehyd)	vorhanden
Schimmelpilze	obligat aerob	2.5-3.0	Stark	Stark zu Amin + CO ₂ , Carbonsäure + NH ₃

Im Folgenden sollen die einzelnen Schritte des Fermentationsprozesses bei Silagen erläutert werden.

In der *aeroben Vorphase* erfolgt ein aerober Nährstoffabbau. Dabei wird Zucker durch aerobe Mikroorganismen und Enzyme zu CO₂ abgebaut. Dies wird immer mit Wärmebildung und dadurch auch Verlusten von Nährstoffen begleitet. Durch unverzügliches Abdecken des Silos können diese Phase möglichst kurz und die

Verluste gering gehalten werden. Futtereigene Proteasen initiieren den Abbau von Protein zu Aminosäuren und Kohlenhydraten und steigern somit die Menge an löslichen Kohlenhydraten für die Gärung. Neben diesen pflanzen-assoziierten Aktivitäten sind auch alle obligaten und fakultativen aeroben Organismen wie Hefen, Schimmelpilze und einige Bakterien aktiv (ELFERINK et al. 2000; LINDGREN 1986; McDONALD et al. 1991; MUCK 1988; PAHLOW et al. 2003; PAHLOW & HÜNTING 2011; ZIMMER 1969).

In der anschließenden *Hauptgärphase*, die laut Definition mit dem Verbrauch des letzten Sauerstoffs beginnt, werden durch den Zellverfall die Zellinhaltsstoffe für die Silagemikroflora verfügbar. Bis zur Ansäuerung des Futters auf pH 6.5 bis 6.0 durch die erwünschten Mikroorganismen bleiben auch alle schädlichen Keimgruppen aktiv. Zu diesen Keimgruppen zählen obligate und fakultative Mikroorganismen, die sich auch ohne Sauerstoff vermehren, wie z.B. Enterobakterien, Clostridien, Listerien und Hefepilze. Diese sind wegen ihrer qualitätsmindernden und giftigen Stoffwechselprodukte wie Buttersäure und Alkohole unerwünscht (Tab. 3). Äußeres Zeichen dieser Phase ist die Reduzierung der Silagemasse und eine intensive Gasbildung unter der Abdeckfolie (McDONALD et al. 1991; PAHLOW et al. 2003; PAHLOW & HÜNTING 2011; ZIMMER 1969). Eine erfolgreich fermentierte Silage zeichnet sich durch die Bildung einer dominanten Population von Milchsäurebakterien aus. Die von den MSB gebildete Milchsäure und Essigsäure unterdrücken bakterielle Konkurrenz (Listerien, Enterobakterien). Einzig Hefen überstehen tiefere pH-Werte als die MSB (PAHLOW et al. 2003). MSB können in einem Temperaturbereich von 5°C bis 50°C wachsen und besitzen ihr Temperaturoptimum zwischen 25°C und 40°C. Damit kann auch bei hohen Temperaturen in der Silage eine ausreichende Absenkung des pH-Wertes erreicht werden (PAHLOW et al. 2003; RICHTER 2004). Ungefähr 10^8 MSB pro Gramm Substrat sind nötig, um eine spürbare Verringerung des pH-Wertes zu erreichen (MUCK 1988). Dabei tritt sowohl bei guter als auch bei schlechter Silagequalität ähnliche MSB-Populationen auf (WOOD 1998).

Mit sinkender Intensität der Gärung beginnt die dritte, die *Lagerphase* oder *stabile Phase*. Nur besonders säuretolerante Enzyme bleiben in dem fertig vergorenen und fütterungsfähigen Futter aktiv. Von ihnen werden wasserlösliche Kohlenhydrate (WSC) gebildet, die den unvermeidlichen Zuckerverlust bei der Lagerung ausgleichen. Gleichzeitig stirbt ein Großteil der MSB ab. Hefen sowie *Bacillus* und

Clostridium-Arten, die die Gärung überstehen, befinden sich im Ruhestadium. Solange ein Luftzutritt zum Futter ausgeschlossen wird, treten keine wesentlichen Veränderungen des Futters auf (ELFERINK et al. 2000; PAHLOW et al. 2003; PAHLOW & HÜNTING 2011; ZIMMER 1969) .

Während der *Entnahmephase* hat Sauerstoff freien Zugang zur Anschnittfläche der Silage und bei guter Verdichtung auf die bis einen Meter dahinterliegenden Silageschichten (HONIG 1991; PAHLOW et al. 2003). Dies kann die sich im Ruhestadium befindlichen Mikroorganismen wie Hefen und Schimmelpilze wieder anregen. Die dadurch verursachten Stoffwechselaktivitäten führen zur Reduktion von Milchsäure. Die gleichzeitige pH-Wert und Temperaturerhöhung führen zu Nährstoffverlusten und zum Verderb der Silage (GROß 1982; HONIG & WOOLFORD 1980; ZIMMER 1969).

2.6.3 Silierverluste

Silierverluste schließen alle Verluste ein, die bei der Silagebereitung, Lagerung und der Auslagerung entstehen. Während der Gärung und der Lagerung treten durch die ablaufenden mikrobiologischen Prozesse Verluste auf. Diese sind in erster Linie Energieverluste, die je nach Ursache verschieden hoch sind. In Tab. 4 sind die maßgeblichen Verlustursachen bei der Silierung aufgeführt und werden hinsichtlich ihrer Vermeidbarkeit und der möglichen Verlusthöhe bewertet. Die häufigsten Gründe für Verluste bei der Silierung sind die Fehlgärung, die Nacherwärmung, die aerobe Instabilität und die Schimmelbildung (HONIG 1982; HONIG 1987b; THAYSEN 2008; WOOLFORD 1990; ZIMMER 1969).

Tab. 4: Verluste an Nettoenergie bei der Silierung (ZIMMER 1969)

Verlustursache	Bewertung	Energieverluste [%]
Restatmung	unvermeidbar	1-2
Vergärung	unvermeidbar	4-10
Silagesickersaft	verfahrensabhängig	0-8
Feldverluste	verfahrensabhängig	0-5
Fehlgärungen	vermeidbar	0-10
Aerober Verderb (im Silo)	vermeidbar	0-10
Nacherwärmung (bei Entnahme)	vermeidbar	0-10

DANIEL et al. (1970) geben Nachgärverluste für instabile Silagen von 20 % Trockensubstanz und ca. 30 % des Nährwerts an. Diese Werte werden in einem neuntägigen Haltbarkeitstest festgestellt. Auf zwölf Betrieben erfassen RUPPEL et al. (1995) Trockensubstanzverluste von Luzerne- und Grassilagen. Dabei variieren die TS-Verluste von nahezu keinen Verlusten bis zu 43 %. Im Mittel werden 8 % TS-Verluste ermittelt.

Luft eintrag ist für den aeroben Verderb der bestimmende Faktor (THAYSEN 2008). HONIG & WOOLFORD (1980) fassen in der Literatur vorhandene Ergebnisse zu maximalen Trockenmasseverlusten bei Gras- und Maissilage während des aeroben Verderbs zusammen (Tab. 5). Abhängig von dem Trockensubstanzgehalt können sowohl die Werte bei der Grassilage (15-32 % TS-Verluste) als auch bei der Maissilage (11-28 % TS-Verluste) stark schwanken.

Aufgrund der großen Bedeutung der in Tab. 4 und Tab. 5 dargestellten Verluste, sollen die biologischen Mechanismen im Folgenden näher beschrieben werden.

Tab. 5: Maximal auftretende Trockenmasseverluste bei Gras- und Maissilage während des aeroben Verderbs (nach HONIG & WOOLFORD 1980)

Futter	Trockensubstanz- gehalt [%]	Zeitraum der Luftzufuhr [Tage]	Verluste Trockensubstanz [%]	Autor
Grassilage	20	7	32	HONIG (1975)
	19	7	16	BOCKSTAELE (1978)
	32	9	20	HENDERSON ET AL. (1979)
	49	5	15	WOOLFORD ET AL. (1979)
Maissilage	26	7	20	MORWARID ET AL. (1972)
	36	8	11	HONIG (1975)
	26	9	13	WOOLFORD ET AL. (1978)
	26	15	28	WOOLFORD ET AL. (1978)

Veratmungsprozesse

Gründe für Trockenmasse- und Energieverluste sind die Veratmungsprozesse der Pflanze und der aerober Mikroorganismen bei denen CO₂, Wasser und Wärme entstehen. Clostridien und proteolytische Enzyme haben eher einen geringen Effekt. Um die Veratmungsprozesse möglichst gering zu halten, ist es wichtig, das Silo möglichst schnell zu füllen, die Silage gut zu verdichten und sorgfältig abzudecken (GREEN et al. 2012; GROß 1982; HONIG 1991; LINDGREN 1991; MUCK 1988; PAHLOW et al. 2003; THAYSEN 2008; WOOLFORD & WILKIE 1984; WOOLFORD 1990; ZIMMER 1969). ADESOGAN & KIM (2005) weisen in ihrem Versuch zur Silierung von Maissilage nach, dass eine um drei Stunden verzögerte Abdeckung die Proteolyse reduziert und die Hefenkonzentration in der Silage signifikant steigt. Während der Lagerung sind Abdeckfolie und Silowände die Hauptbarrieren gegen Luftzutritt und der damit verbundenen vermehrten Tätigkeit der Hefen und Schimmelpilze. Mit Öffnung des Silos und beginnender Entnahme entfällt dieser Schutz, und die physikalischen Eigenschaften der Silage limitieren den Gasaustausch und Wärmetransport. Eine entscheidende Rolle spielt hierbei die Lagerungsdichte und davon abhängig das Porenvolumen im Futterstock (FÜRLI et al. 2006; HONIG 1991; THAYSEN 2008; WOOLFORD 1990). Eine ausreichende Verdichtung ist die beste Methode gegen das Wachstum unerwünschter Keime wie Hefen und Schimmelpilze und somit gegen Nacherwärmung. Die Qualität der Verdichtung bestimmt den Umfang des Luftzutritts an der Anschnittfläche und dessen Eindringtiefe in den Futterstock. Die Silagen sind so stark zu verdichten, dass nur minimale Mengen an Luftsauerstoff an der Anschnittfläche eintreten können. Schlecht verdichtetes Futter setzt dem Abfluss der entstehenden Kohlendioxids und dem Gasaustausch weniger Widerstand entgegen

als dicht gelagerte Silage (BOLSEN 2002; HONIG 1991; MUCK 1988; THAYSEN 2008). Eine Erhöhung der Verdichtung bei Maissilage von 200 kg TS/m³ auf 220 kg TS/m³ verringert zusätzliche Verluste durch Lufteintritt um 4 % (HONIG 1987a). Dabei soll die Verdichtung bei der Einlagerung für Grassilagen zwischen 450 kg FS/m³ (FREITAG 1985; zitiert nach FÜRLL et al. 2006) und 500-600 kg FS/m³ (KNABE et al. 1986; zitiert nach FÜRLL et al. 2006) liegen. Dies entspricht je nach Trockenmasse 200-250 kg TS/m³ (HONIG 1987b). HONIG (1991) und FÜRLL et al. (2006) geben sowohl für Gras- als auch für Maissilage an, dass die Verdichtung über 200 kg TS/m³ liegen sollte. Dabei variiert die Angabe für die empfohlene Verdichtung je nach Trockensubstanz zwischen 140-260 kg TS/m³ bei Grassilage (15-50 % TS) und 210-290 kg TS/m³ bei Maissilage (25-35 % TS) (HONIG 1991).

WOOLFORD & WILKIE (1984) versetzen Maissilage unter Laborbedingungen mit verschiedenen Stämmen von Hefen, Bakterien und Milchsäurebakterien und Kombinationen von diesen. Die Hauptverluste an Gärsäuren, Ethanol, Ammoniak und Trockenmasse treten bei der mit Hefen geimpften Maissilage auf. Gleichzeitig steigen bei dieser der Stickstoffgehalt und die Temperatur.

THAYSEN (2008) ermittelt in einer Versuchsreihe mit Laborsilos bei den luftdicht gelagerten Silagen eine um drei Tage längere Stabilität. Dies lässt sich mit der um etwa 1000-fach geringere Keimzahl an Hefen in luftdichten Silagen im Vergleich zu schlecht verdichteten Silagen mit Luftzutritt erklären.

Fehlgärung

Eine Fehlgärung tritt insbesondere bei feuchtem Siliergut mit zu wenig vergärbaren Kohlenhydraten auf oder bei MSB, die Kohlenhydrate nur unzureichend verwerten können. Die pH-Wertabsenkung fällt dabei zu gering aus. Eine stabile Lagerung kann dann nur durch eine zusätzliche Ansäuerung der Silage mit Propionsäure gewährleistet werden. Clostridien bilden aus der Milchsäure in diesem Fall Buttersäure und verursachen erhebliche Proteinverluste. Dies führt zum Ansteigen des pH-Wertes und in den meisten Fällen zum vollständigen Verbrauch der Milchsäure. Hierdurch werden weitere chemische Verderbprozesse ermöglicht, die zu erheblichen Trockenmasse- und Energieverlusten führen. Die entstehenden hohen Ammoniakgehalte verursachen einen sehr schlechten Geruch und führen meist zum völligen Verderb der Silage (DANIEL et al. 1970; PAHLOW & HÜNTING 2011). FÜRLL et

al. (2006) kommen in einem Versuch zu Einflüssen auf die Qualität von Grassilagen zu dem Schluss, dass eine Trockenmasse unter 400 g/kg nicht ausreicht, um eine zufriedenstellende Gärqualität zu erzeugen. Nahezu buttersäurefreie Silagen erreichen sie nur bei TS-Gehalten zwischen 450 g/kg und 500 g/kg und hohem Luftabschluss (300 kg TS/m³). Bei TS-Gehalten über 500 g/kg gelingt es generell, buttersäurefreie Silagen mit geringen Ammoniakgehalten zu erzeugen (FÜRLL et al. 2006). In der Untersuchung von LEURS (2006) erreicht sie weder in der Flachsilage, noch in der Folienschlauchsilage die angestrebte Verdichtung von 250 kg TS/m³. Dies hat zur Folge, dass beim Schlauchsilo an der Anschnittfläche Nacherwärmungen auftreten. Die deutlich geringeren Temperaturen an der Anschnittfläche der Flachsilage wurden mit der höheren Vorschubgeschwindigkeit erklärt.

Silagen mit Fehlgärungen sind nur begrenzt für die Fütterung der Tiere nutzbar, da die damit erzeugte Milch nur eingeschränkt verwertbar ist. Die Käseereitauglichkeit dieser Milch ist insbesondere für Rohmilchkäse nicht ausreichend (MAACK 2010; PAHLOW et al. 2003).

Aerobe Stabilität und Nacherwärmung

Nach Öffnung des Silos zur Entnahme von Silage wandeln sich die anaeroben Verhältnisse an der Anschnittfläche in aerobe um. Unter diesen Bedingungen vermehren sich aerobe Mikroorganismen wie Essigsäurebakterien, Schimmelpilze und Hefen, welche die anaerobe Lagerung der Silage überdauert haben. Mit ihrer Entwicklung werden Verderbprozesse initiiert, die durch Wärme- und Schimmelbildung gekennzeichnet sind und die Qualität der Silage in hohem Masse verschlechtern. Die Einwirkung von Sauerstoff, die Gegenwart von Nährstoffen wie Restzucker, Milchsäure und Alkohole, eine gewisse Mindestfeuchte, sowie ein hoher Besatz mit Hefen, Pilzen und Essigsäurebakterien sind Faktoren, welche die aeroben Instabilität fördern (BOLSEN et al. 1993; CAI et al. 1999; DANIEL et al. 1970; GREEN et al. 2012; HONIG 1974; MARTENS 2006; McDONALD et al. 1991; PAHLOW et al. 2003; PAHLOW & HÜNTING 2011; ROUEL & WYSS 1994; WOOLFORD et al. 1978; WOOLFORD 1990). Das Wachstum unerwünschter Mikroorganismen ist die Hauptursache für die auftretenden mikrobiellen Veränderungen während des aeroben Verderbs. Clostridien als besonders unerwünschte Gattung gelangen meist über

Futtermittelschmutzungen und Wirtschaftsdünger in die Silage (ADLER 2002b, 2002a). In der Grassilage werden zuerst stickstofffreie Extraktstoffe (NfE), WSC und organische Säuren abgebaut. Ähnlich ist es bei Maissilage, bei der zusätzlich die Stärkeverluste 1.5 bis 2-mal höher sind als die Verluste der Trockensubstanz (HONIG & WOOLFORD 1980). Energiereiche und gut vergorene Maissilagen sind von Nacherwärmung besonders betroffen, da sie über hohe Nährstoffmengen verfügen, welche einen günstigen Nährboden für die Umsetzungen unter Sauerstoffzufuhr darstellen (ELFERINK et al. 2000; HONIG 1987b; WOOLFORD et al. 1978; WOOLFORD & WILKIE 1984; WOOLFORD 1984). In Silagen mit mangelhafter Qualität ist der Gehalt an Buttersäure, Fettsäuren und Ammoniak höher und der Nährstoffgehalt geringer, als bei Silagen guter Qualität (HONIG & WOOLFORD 1980; WOOLFORD 1990; WYSS 1995). In beiden Fällen läuft aber der einmal begonnene Prozess des aerobe Verderbs immer bis zum Ende ab (HONIG & WOOLFORD 1980). Bei einer starken Erwärmung der Silage nach Öffnung steigt die Futtertemperatur bis auf 60°C an und führt zur starken Minderung der Proteinverdaulichkeit (GOERING et al. 1973; HONIG 1987a; MAHANNA & CHASE 2003). Ein Grund für die Erwärmung der Silage ist die frühe Entwicklung von Hefen und Schimmelpilze im Silierprozess (WILKINSON 1999).

Bei ausreichendem Zuckergehalt führt die Umsetzung des Zuckers unter Bildung von Milchsäure zu einer raschen Absenkung des pH-Wertes (WOOLFORD 1984). Der Zuckergehalt im Silomais nimmt mit zunehmender Reife ab. Trotzdem sind stets genügend einfache Zucker vorhanden, sodass der Grenzwert von ca. 3 % gärfähigem Zucker in der Frischmasse nicht unterschritten wird (WOOLFORD & WILKIE 1984). Aufgrund der guten Gärqualität siliert der Mais mit viel Milch- und wenig Essigsäurebildung sehr gut. Wünschenswert ist dies im Hinblick auf den Futterwert, die Essigsäure fehlt aber zur Eindämmung des Hefewachstums (ADESOGAN & KIM 2005; ELFERINK et al. 2000; LINDGREN 1986). Sowohl Essig- als auch Propionsäure finden sich in Maissilage nur noch in Spuren (KALZENDORF 2001). Die unterschiedlich schnelle Erwärmung verschiedener Silagen kann nach WYSS (1995) z.T. mit den Essigsäuregehalten erklärt werden. AUERBACH (1996) beschreibt die Essigsäure als „einzige erwünschte, der in Silagen natürlicherweise vorkommenden organischen Säuren mit antimykotischem Wirkungsspektrum“. Ihr „kommt die entscheidende Bedeutung bei der Reduzierung des Risikos eines schimmelpilzbedingten Verderbs“ der Silagen zu.

Das mikrobielle Wachstum kennzeichnet die wärmebildenden Veratmungsprozesse (HONIG 1986b). Als Indikator dient die aerobe Stabilität (DLG 2000; HONIG 1986b). Sie wird definiert als der Zeitraum (in Stunden oder Tagen), bis die Temperatur des Siliergutes die Umgebungstemperatur überschreitet. Zur Feststellung einer Nacherwärmung oder aerober Instabilität in der Silage wird die Temperaturdifferenz zwischen Siliergut und Umgebungstemperatur genutzt. In der Literatur finden sich dazu verschiedene Angaben. Dabei wird unterschieden, ob die Messung im Labor „in vitro“ stattfand oder vor Ort „in vivo“. Bei der DLG (2000) findet dies bei einer anhaltende Temperaturerhöhung in vitro von $> 3^{\circ}\text{C}$, nach ADESOGAN et al. (2003) von 1°C über der Umgebungstemperatur finden. Andere Quellen definieren die Nacherwärmung in vivo bei einem Temperaturanstieg von mehr als 10 K zur Umgebungstemperatur (THAYSEN 2003; WEBER et al. 2004). Bei BORREANI & TABACCO (2010) wird die Silage bereits bei einer Temperaturdifferenz von 2°C zur Umgebungstemperatur als instabil bezeichnet, während NUßBAUM (2011) 5 K als Grenzwert angibt. ROUEL & WYSS (1994) definieren eine Temperaturdifferenz zur Umgebungstemperatur von 1 K als Nacherwärmung.

Eine andere Möglichkeit die Nacherwärmung zu definieren, betrifft die Kerntemperatur der Silagen. Dabei wird festgelegt, dass die Kerntemperatur von ausgekühlten Silagen unabhängig von der Umgebungstemperatur unter 20°C (SPIEKERS et al. 2009) bzw. 15°C (NUßBAUM 2011) beträgt. Bei Silagen, die eine Temperatur von über 20°C erreichen und Temperaturdifferenzen von 5 K an verschiedenen Messpunkten vorweisen, kann sicher von einer Nacherwärmung ausgegangen werden (NUßBAUM 2011; SPIEKERS et al. 2009; SPIEKERS 2011a).

Tab. 6: Erhöhung der Umgebungstemperaturen und Verluste von aerob instabilen Silagen mit unterschiedlichen Trockenmassegehalten (HONIG 1974)

TM-Gehalte der Silagen	Erhöhung der Umgebungstemperatur				
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
	Tägliche TM-Verluste [%]				
20 %	1.6	3.2	-	-	-
30 %	1.2	2.3	3.5	-	-
50 %	0.7	1.5	2.2	2.9	3.7

Viele Faktoren beeinflussen den Temperaturanstieg unter aeroben Bedingungen. In Abb. 5 ist ein schematischer Verlauf der Temperatur unter aeroben Bedingungen dargestellt. Die zwei auftretenden Temperaturmaxima beschreiben auch BORREANI & TABACCO (2010) und MARTENS (2006). In einigen Silagen folgt nach dem Wachstum der Hefen die Entwicklung von Schimmelpilzen. Der erste Temperaturanstieg kann dann dem Wachstum der Hefenpopulation zugeordnet werden, während der zweite Anstieg der Temperatur auf die Entwicklung von Schimmelpilzen zurückgeführt wird (YAMASHITA & YAMAZAKI 1975; zitiert nach McDONALD et al. 1991). Die Höhe der Temperaturunterschiede ist neben dem Wassergehalt und der Wärmeleitfähigkeit des Futters auch von der Futtermenge abhängig und fällt im Praxismaßstab höher aus als unter Laborbedingungen (HONIG 1986b).

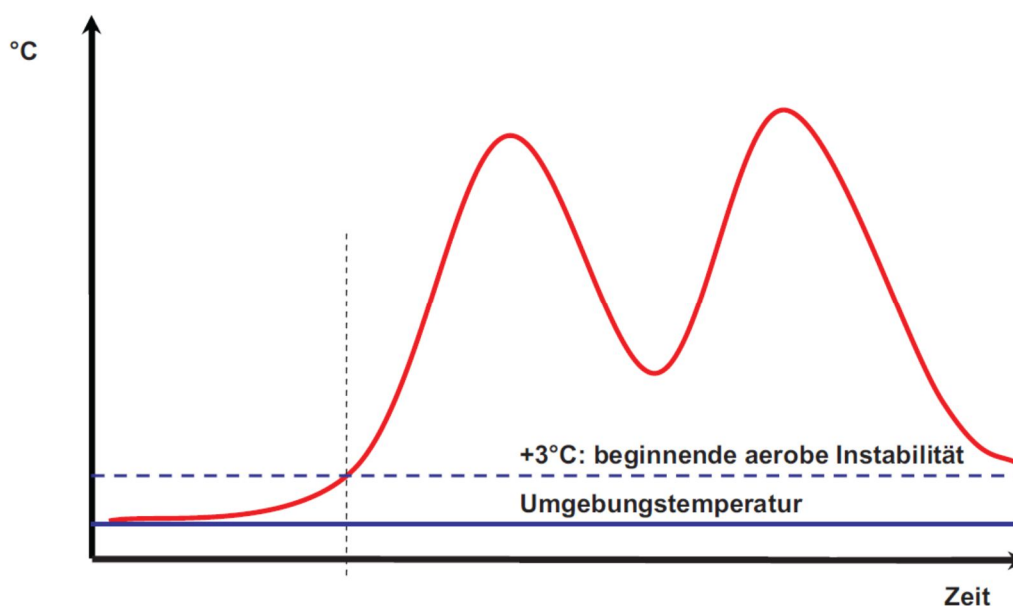


Abb. 5: Schematische Darstellung des Temperaturverlaufes unter Luftsauerstoffeinfluss im HONIG-Test (BANEMANN 2010)

Mikrobieller Verderb

Einfluss auf die Art und das Ausmaß der mikrobiellen Stoffumsetzung haben neben der Art und dem Gehalt der Nährstoffe des Ausgangsmaterials auch Umweltfaktoren wie Sauerstoff-Kohlenstoffverhältnis, Temperatur und relative Luftfeuchte. Darüber hinaus können Wasseraktivität, Wasserstoffionenpotential und Art und Menge der schon vorhandenen Keimarten des Futters einen entscheidenden Einfluss ausüben (DRIEHUIS et al. 2000; GEDEK 1973). Silagen, die schon von Beginn eine hohe Population an Schimmelpilzen besitzen, sind unter Einfluss von Luft instabiler als Silagen mit geringeren Populationen (BECK & GROSS 1964; zitiert nach McDONALD et al. 1991). Die Stoffwechselprodukte der Schimmelpilze, die sogenannten Mykotoxine, sind hochgradig giftig und können zu schwerwiegenden Vergiftungserscheinungen führen, wenn sie in entsprechender Menge mit verfüttert werden. Eine vollständige Vermeidung von Mykotoxinen kann nie erreicht werden, hauptsächlich da 90 % der Mykotoxine im Futter schon auf dem Feld entstehen (ARAGON et al. 2011; AUERBACH 2003; JOUANY 2007). Insbesondere *Fusarium*-Arten existieren schon vor der Ernte auf den Pflanzen (FINK-GREMMELS 2005) und können im Ernteprozess nicht eliminiert werden. Darüber hinaus garantiert eine schimmelpilzfreie Silage nicht, dass keine Toxine im Futter vorhanden sind. Denn die Toxine können noch lange nach dem Absterben der Pilze in der Silage auftreten. Umgekehrt ist ein Befall mit Schimmelpilzen nicht gleich der Beweis für vorhandene Toxine (JOUANY 2005).

Eingeleitet wird der mikrobielle Verderb mit einer relativ geringen Wasseraktivität durch Pilze und Streptomycceten. Streptomycceten, auch Strahlenpilze genannt, sind keine Bakterien im eigentlichen Sinne, besitzen aber eine Bakterienstruktur. Bakterien gelangen erst zur Vermehrung, wenn Pilze und Streptomycceten durch aktive Wasserabscheidung resp. Guttation den ursprünglichen Wassergehalt eines Substrates heraufgesetzt haben. In angesäuerten Futtermitteln wie Silage sind Hefen häufig die ersten, die Ihre Wirkung entfalten und durch die Oxidation von Milchsäure den Verderb einleiten. Insbesondere bei erhöhter Luftzufuhr oder bei pH-Werten unter 4.0 tritt eine Dominanz der Hefeaktivität über die der MSB auf. Die dadurch möglichen Trockenmasseverluste können im Maximum 2-3 % pro Tag betragen. Die häufig als Silierzusatz verwendete Ameisensäure fördert zum Teil die Hefekulturen in der Silage, da sie im Vergleich zu Milchsäurebakterien eine höhere Toleranz gegen Ameisensäure und einen Vorteil bei anfänglich niedrigen pH-Wert besitzt (PAHLOW et

al. 2003). In anderen Futtermitteln treten Hefen als Antagonisten zu gramnegativen Bakterienarten, wie Enterobakterien, auf. Ihre sauren Gärprodukte schaffen einen selektiven Vorteil für Schimmelpilze gegenüber verderbniserregenden Bakterien. Sobald jedoch neben Kohlenhydraten auch Eiweißstoffe abgebaut werden, hebt sich dieser Vorteil wieder auf, da durch den Abbau von Eiweiß zu Ammoniak der pH-Wert wieder ansteigt (GEDEK 1973; HONIG & WOOLFORD 1980; ILLEK 2006; MARTENS 2006; PAHLOW et al. 2003). Bei Silagen schließt der Verderb des Futters meist durch Schimmelpilze ab (PAHLOW et al. 2003).

Schimmelpilze im Allgemeinen sind obligat aerob und können die Silage stark in ihrer Qualität mindern. Ein geringer Besatz von Schimmelpilzen ist in der Silage stets von Anfang an vorhanden und schon ein sehr geringer Sauerstoffeinfluss führt zu einer Vermehrung (AUERBACH 1996; BÖHM 2006; WAGNER 2005). Darüber hinaus werden kohlenhydratreiche Futtermittel stärker befallen als proteinreiche, da Schimmelpilze vor allem Monosaccharide aber auch andere Saccharide als Kohlenstoffquelle nutzen (AUERBACH 1996). Die häufigsten vorkommenden und gefährlichsten Schimmelarten in der Landwirtschaft und Tierhaltung sind *Fusarium*, *Aspergillus* und *Penicillium* (ARAGON et al. 2011; FINK-GREMMELS 2005). In Silagen finden sich in verschiedenen Untersuchungen vorrangig der in kugelförmigen Kolonien auftretende *Penicillium roquefortii* (Blauschimmel) (DRIEHUIS et al. 2010). PELHATE (1977) führt in drei aufeinanderfolgenden Erntejahren bei 65 Maissilagesilos und insgesamt 1'230 Proben die mikrobiologische Untersuchungen durch. In 76 % aller analysierten Proben findet er *Penicillium roquefortii*. In einer weiteren Studie über Schimmel in Mais- und Zuckerrübensilage wird ebenfalls *Penicillium roquefortii* als dominierende Pilzart festgestellt. In den vierjährigen Untersuchungen sind 40 % aller Proben befallen (NOUT et al. 1993). Auch neuere Studien belegen diese Ergebnisse. SCHNEWEIS et al. (2000) analysieren den Schimmelpilzbefall von 233 Gras- und Maissilageproben. In insgesamt 206 Proben wird ein Schimmelpilzbefall festgestellt. In 32 % dieser Fälle finden sie die immunsuppressiv wirkende Mycophenolsäure, ein Metabolit von *Penicillium roquefortii*.

Penicillium roquefortii ist ein Beispiel dafür, dass trotz guter Verdichtung bei der Einlagerung nach Öffnung des Silos, insbesondere bei Maissilage, ein starkes Auftreten dieses Schimmels möglich ist. *Penicillium roquefortii* besitzt eine sehr hohe Toleranz gegenüber luftfreien Bedingungen und Säuregehalten.

MAHANNA & CHASE (2003) geben als allgemeine Empfehlung an, dass Silagen mit 10'000 bis 100'000 koloniebildende Einheiten (KBE)/g unbedenklich sind. Erreicht die Silage Keimgehalte von mehr als 5 bis 10 Millionen KBE/g sollte das Futter nicht gefüttert werden oder mindestens in einem Verhältnis von 1:2 mit nichtkontaminierten Futter vermischt und nur niederleistenden Tieren vorgelegt werden. Dabei sollte aber bedacht werden, dass die Schimmelpilzpopulation keinen exakten Rückschluss auf eventuell vorhandene schädliche Toxine darstellt (MAHANNA & CHASE 2003). Bei Hefen werden 10^3 bis 10^5 KBE/g als natürlicher Keimbesatz und somit als unbedenklich angegeben (GEDEK 1973; THAYSEN 2004). Nach MÜLLER & SCHLENKER (2007) ist von einem beginnendem Verderb zu sprechen, wenn im Futtermittel bei Bakterien Koloniezahlen von über 10^6 KBE/g und bei Schimmel-, Schwärzepilzen und Hefen mehr als 10^4 KBE/g auftreten. Die Keimbelastung ist nicht der entscheidende Faktor für aeroben Verderb. Auch Silagen mit kleineren Populationen können schnell aerob verderben (HENDERSON et al. 1979; WOOLFORD 1984; WOOLFORD 1990). Silagen mit hoher Schimmelpilzbelastung bei höherer Verdichtung und ausreichendem Luftabschluss erreichen darüber hinaus eine gute Gärqualität und eine Einschränkung der mikrobiellen Belastung (SCHMERBAUCH 2000).

MARTENS (2006) entdeckt in In-vitro-Untersuchungen jedoch auch, dass bei eingeschränkten aeroben Bedingungen eine gleichzeitige Aktivität von Hefen und MSB stattfindet. Dies kann nach MARTENS (2006) eine Erklärung dafür sein, dass Silagen trotz hoher Hefekeimzahlen stabil bleiben. Die aerobe Stabilität von Silagen ist demnach beeinflusst von mikrobiellen Interaktionen und Konkurrenzfähigkeiten.

2.6.4 Einfluss auf die Tiergesundheit und Futteraufnahme

Für die Verfütterung in der Rinderhaltung ist neben den Inhaltsstoffen auch die Schmackhaftigkeit des Futters von entscheidender Bedeutung. Silagen, die verpilzt und toxisch sind oder ein unerwünschtes Säurespektrum enthalten, werden von Tieren meist ungern gefressen (BÖHM 2006; BOLSEN & POLLARD 2004; DANIEL et al. 1970; DRIEHUIS et al. 2000; FINK-GREMMELS 2008; FÜRLL et al. 2006; GROß 1982; NUßBAUM 2010; WHITLOCK et al. 2010). Insbesondere Mykotoxine besitzen in der Tierhaltung als Ursache für Erkrankungen eine große Bedeutung (MÜLLER & SCHLENKER 2007). Die Folgen treten sowohl subklinisch als auch klinisch auf (WYATT 2005). Daten zu den ökonomischen Einflüssen von Mykotoxinen auf die

Produktionskette der Milcherzeugung sind nicht verfügbar (DRIEHUIS et al. 2010). SCHWARZ (2004) erreichen in einem Versuch mit heran wachsenden Rindern bei Zugabe von verschiedenen Mengen an Milch- und Essigsäure in die Maissilage keinen signifikanten Unterschied in der Futteraufnahme. Bei Grassilage verringert sich die Futteraufnahme bei Zugabe von Essigsäure tendenziell. Die Milchsäure hat in diesem Fall keinen signifikanten Einfluss. Der Einfluss von Geruch und Geschmack wird nach SPIEKERS et al. (2009) häufig überschätzt. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn das Angebot begrenzt ist. Einzig hohe Anteile an Gärsäuren verringern nach Aussage der Autoren die Futteraufnahme. Bei Essigsäure vermuten SPIEKERS et al. (2009) eine chemische Sättigungswirkung, während bei Buttersäure die geringere Aufnahme von Futter eher auf die verringerten Energiegehalte durch die Silierverluste zurückzuführen ist und nicht als direkte Folge der Buttersäure.

WHITLOCK et al. (2010) untersuchen bei Ochsen die Trockensubstanzaufnahme und Nährstoffverdaulichkeit von maisbetonten Rationen bei der Nutzung von oberflächlich verdorbener Silage. Dabei sinkt die Futteraufnahme linear mit steigendem Anteil an verdorbener Silage. Darüber hinaus verursachen auch nur geringe Gehalte an verdorbenem Futter in der Ration eine schlechtere Verdaulichkeit der Nährstoffe und zerstören die schwimmende Futterschicht im Pansen.

Das Füttern von mikrobiell verdorbenem Futter hat überdies verschiedenste Auswirkungen auf das Tier (SCHMIDT 1968). Dabei sind es nicht einmal nur die bekannten infektiösauslösenden Bakterien und Pilzarten, die am Verderb des Futters beteiligt sind. Es sind darüber hinaus auch Keime beteiligt, die sich im menschlichen und tierischen Körper nicht weiter vermehren. Deswegen werden sie oft als harmlose Saprophyten betrachtet und finden kaum Beachtung (SCHMIDT, H. 1968 zitiert nach GEDEK 1973). Dennoch sind sie in der Lage, eine krankmachende Wirkung zu entfalten. Der bei Tieren verursachte Schaden hängt in diesem Fall in erster Linie von der Anzahl an Mikroorganismen ab bzw. von der Menge an toxischen Stoffwechselprodukten (BALCH 1958; FÜRLL et al. 2006; KULDAU & WOLOSHUK 2002; LINDGREN 1991; MUCK 2013).

Die toxischen Auswirkungen von Mykotoxinen sind sehr unterschiedlich. Sie reichen von Fruchtbarkeitsstörungen und Immunsuppressionen bis hin zu karzinogenen,

genotoxischen und nephrotoxischen Wirkungen. Welche Folgen auftreten ist abhängig von der Art und Menge der Toxine, aber auch von Tier- und Umweltfaktoren (WYATT 2005). Wiederkäuer scheinen einen Teil der Mykotoxine (z.B. Ochratoxin A, Deoxynivalenol (DON), T2-Toxin) im Pansen abzubauen und verringern dadurch die akute Toxizität. Langfristiger Konsum, auch bei nur geringen Konzentrationen von Mykotoxinen, führt zu chronischen Problemen bei den Tieren und endet letal (ADLER 2002a; AUERBACH 1996; HUSSEIN & BRASEL 2001; WILKINSON 1999). Darüber hinaus scheint der Umfang des Toxinabbaus im Pansen variabel zu sein. Während in Fütterungsversuchen vielfach eine hohe Toleranz gegen Mykotoxine festgestellt wird, treten in der Praxis häufig Probleme auf. Erklärt werden diese Unterschiede mit der Tatsache, dass die Tiere im Gegensatz zu den Fütterungsversuchen mit definierten Gruppen oder einzelnen Mykotoxinen, in der Praxis einem komplexen Umfang an verschiedenen Mykotoxinen ausgesetzt werden. Ist die entgiftende Kapazität der Mikroflora im Pansen erschöpft und werden die Mykotoxine unverändert über den Zwölffingerdarm aufgenommen, können auch bei Wiederkäuern starke gesundheitliche Probleme auftreten (FINK-GREMMELS 2008). Bei Milchkühen äußert sich dies oft durch reduzierte Milchleistung und Futteraufnahme, Fieber, Störungen der Pansentätigkeit, intermittierendem Durchfall, rauem Fell, reduzierter reproduktiver Leistung einschließlich unregelmäßiger Brunstzyklen, embryonaler Sterblichkeit, trächtigen Kühen mit Brunstsymptomen und verminderten Konzeptionsraten. Die verringerte Futteraufnahme wird mit einer Azidämie infolge von erhöhten Serotonin- und Tryptophangehalten im peripheren Blut und im Zentralnervensystem in Verbindung gebracht. Bei betroffenen Rindern wird ebenfalls ein verringertes Niveau an Prolaktin ermittelt, was eine verringerte Milchleistung und ein vermindertes Wachstum bei Kälbern erklärt (BÖHM 2006). Darüber hinaus führt die Aufnahme von Mykotoxin in der Regel zu einem Anstieg an Krankheiten wie Ketose, Metritis, Nachgeburtsverhaltung, Mastitis und Fettleber (ADLER 2002b, 2002a; ARAGON et al. 2011; AUERBACH 1996; FINK-GREMMELS 2008; HUSSEIN & BRASEL 2001; ILLEK 2006; LINDGREN 1991; WHITLOW & HAGLER JR 2002).

Für damit in Berührung kommende Personen können die Anreicherung von allergenen Pilzsporen und Mykotoxinen in Silagen mit Schimmelpilzbefall ein unmittelbares Gesundheitsrisiko darstellen. Insbesondere mit Toxinen belasteter Staub von Futtermitteln kann bei Inhalation eine akute Gefährdung und chronische Erkrankungen zur Folge haben (LINDGREN 1991; McDONALD et al. 1991; PEPYS

1969). Es ist zudem wichtig in Betracht zu ziehen, dass diese Stoffwechselprodukte über tierische Lebensmittel in die Nahrungskette des Menschen gelangen können (carry-over). Beispielsweise ist vom krebsauslösenden Aflatoxin B₁ ein signifikanter carry-over Effekt in die Milch bekannt (DRIEHUIS et al. 2010; GALVANO et al. 2005). Grundsätzlich sollte Schimmelbefall ernst genommen und von der Verfütterung der verschimmelten Partien abgesehen werden (ARAGON et al. 2011; AUERBACH 1996; BÖHM 2006; FINK-GREMMELS 2008; GAFNER 2012; SCHUMACHER 2005; SOLYAKOV & PAULY 2005; WHITLOW & HAGLER JR 2002).

3. Material und Methoden

3.1 Projektteil 1a: Bewertung zum Einfluss verschiedener Techniken zur Futtermischung: Vergleich von automatischen Fütterungsverfahren und Futtermischwagen

Zur Quantifizierung der optimalen Nutzung von automatischer Fütterungstechnik in der Milchviehhaltung fanden im Projektteil 1 (PT 1) Versuche zur bestmöglichen Anzahl täglicher Futtermischungen statt. Zur Optimierung der Versuche erfolgte die Futtermischung der verschiedenen Varianten mit dem vorhandenen automatischen Fütterungsverfahren von Pellon Group Oy, Ylihärmä, Finnland (PT 1b). Darüber hinaus wurde ein Versuch mit direktem Vergleich von Futtermischwagen und automatischer Fütterung durchgeführt (PT 1a).

3.1.1 Tiere, Haltung und Management

Der Versuch für den Projektteil 1a (PT 1a) fand vom 04.07.2011 bis 28.08.2011 im Versuchsstall der Forschungsanstalt Agroscope am Standort Tänikon statt (Abb. 62). Es wurden zwei Versuchsgruppen mit je 17 Tieren der Rassen Braunvieh und Fleckvieh x Red Holstein eingeteilt, die in Bezug auf mittlere Laktationsnummer, Laktationstag sowie Milchleistung vergleichbar waren. Das Verhältnis der Fress- und Liegeplätze zur Tierzahl betrug 1:1. Die durchschnittliche Milchleistung der Versuchstiere lag zu Versuchsbeginn bei 28.7 kg mit 3.9 % Fett und 3.12 % Eiweiß (Tab. 7).

Tab. 7: Übersicht der Leistungsdaten der Versuchstiere (Stand: 03.07.2011)

	Laktationsnummer [n]	Laktationstag [n]	Milchleistung [kg/Tag]	Fett [%]	Eiweiß [%]
Mittelwert	3.1	127.7	28.7	3.90	3.12
Median	3.0	111.0	28.1	3.96	3.10
Minimum	1.0	5.0	3.0	2.10	2.70
Maximum	8.0	295.0	47.0	6.18	3.75

Zwischen 09:30 Uhr und 10:30 Uhr wurden die Tiere täglich im Fressgitter fixiert, um gegebenenfalls tierärztliche Behandlungen und Untersuchungen, versuchsbedingte Arbeiten (Anbringen von Sensoren, Ausbessern der Tiermarkierungen etc.) und die Reinigung der Liegeboxen durchführen zu können.

Die Melkungen fanden morgens zwischen 04:30 Uhr und 05:30 Uhr und am Nachmittag zwischen 16:15 Uhr und 17:15 Uhr statt. Alle Tiere wurden zusammen in den Wartebereich getrieben und gelangen im Anschluss an das Melken über die Selektionstore wieder in ihre Gruppen. Der Laufhof wurde von allen laktierenden Tieren zusammen genutzt. Ebenfalls befanden sich zwei Kraftfutterstationen der Firma GEA Westfalia auf dem Laufhof.

3.1.2 Automatisches Fütterungsverfahren

Die Futtevorlage erfolgte durch eine schienengeführtes automatisches Fütterungsverfahren (TMR Roboter) der Firma Pellon Group Oy, Ylihärmä, Finnland (Abb. 6). Die Anlage bestand neben dem TMR Roboter (c) zum Mischen und Austragen der Ration aus fünf Vorratsbehältern für die Grundfutterkomponenten (a) und drei Kraftfutterbehältern (b) (Abb. 6).

Der TMR Roboter ist ein schienengeführter Freifallmischer. Der Futteraustrag (f) kann über ein Förderband zu beiden Seiten erfolgen. Über eine parallel zur Tragschiene (g) montierte Leiterschiene (h) erfolgt die Stromversorgung des TMR Roboters. Über das Bedienelement an dem Futterwagen (d) und die Pellon Graphics Software werden Rationszusammensetzungen, Fütterungszeiten und Informationen der Tiergruppen festgelegt.

Die Orientierung des Roboters im Stall erfolgt über Magnete an der Tragschiene. Über Magnetschalter startet und stoppt der TMR Roboter die Vorratsbehälter bei der Befüllung. Der TMR Roboter verfügt über eine Wiegeeinheit mit zwei in der Aufhängung eingebauten Wiegestäben (g). Die Wiegeeinheit erlaubt ein kontinuierliches Verwiegen des einlaufenden Futters bis zum Erreichen der Soll-Masse.

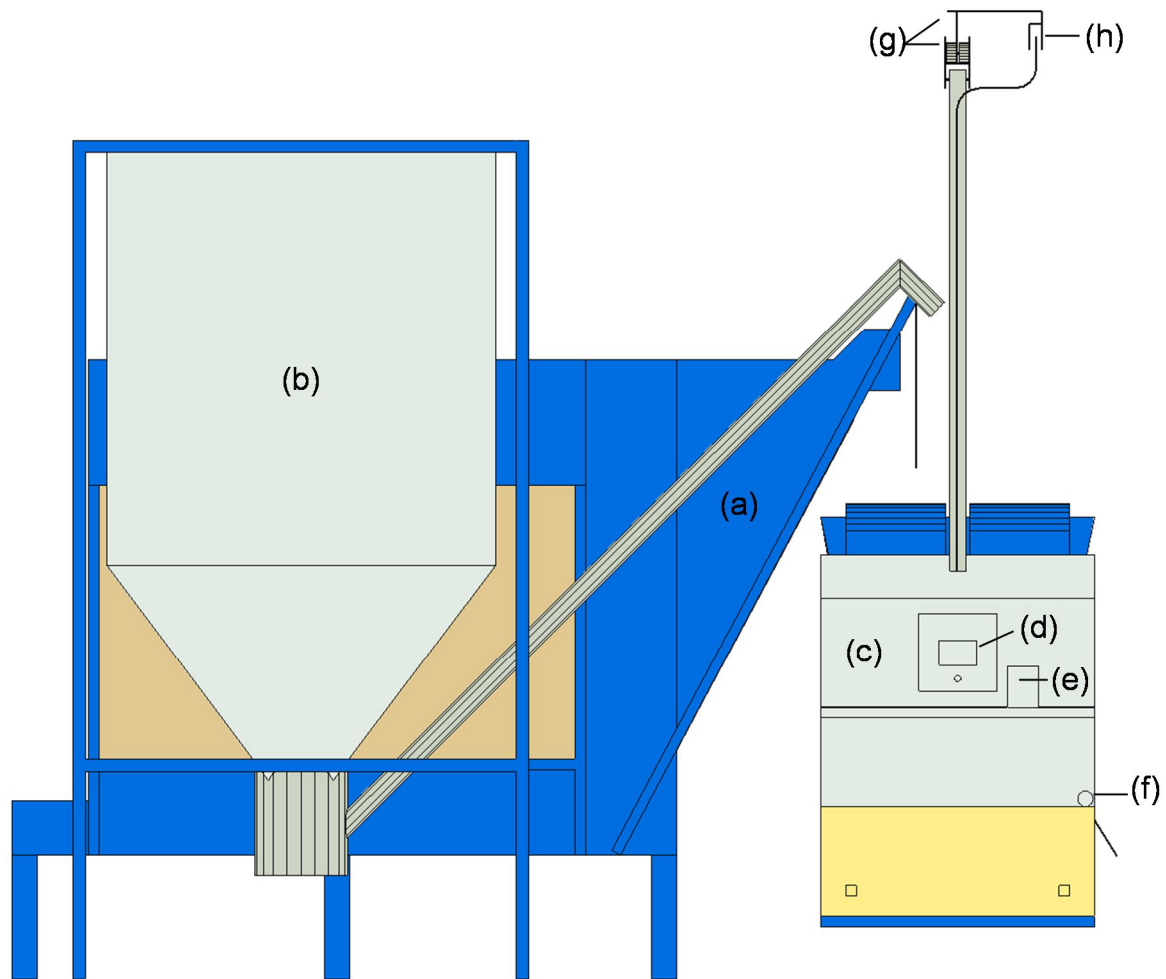


Abb. 6: Schematische Darstellung des schienengeführten Fütterungsverfahrens der Firma Pellon, Ylihärmä, Finnland (a) Vorratsbehälter, (b) Kraftfuttersilos, (c) schienengeführter TMR Futterwagen, (d) Bedienelement (Pellon Graphics), (e) W-Lan Modul, (f) Futteraustrag, (g) Tragschiene und Aufhängung inkl. Wiegeeinheit, (h) Leiterschiene mit Schleppkontakten

Die Vorratsbehälter für Grundfutter bestehen aus dem horizontalen Boden- und dem Höhenförderer. Bei den Vorratsbehältern für die Grundfutterkomponenten Maissilage und Zuckerrübenschnittzelsilage ist die Geschwindigkeit des Höhenförderers herabgesetzt, um eine höhere und gleichmäßigere Befüllgenauigkeit zu gewährleisten. Dies wird über Frequenzumrichter des Typs Vacon NXS IP54/Typ12 für den Vorratsbehälter der ZRS und Vacon NXL IP54/Typ12 für den Vorratsbehälter der Maissilage (Software ALFIFF20, Version 3.45, Vacon Plc., Vaasa, Finnland) geregelt. Darüber hinaus haben beide Vorratsbehälter einen kleineren Motor (2.2 kW anstatt 3.0 kW) und ein langsames Getriebe.

Nach ART. 35 TSCHV STEUERVORRICHTUNGEN IN STÄLLEN (2008) ist der Einsatz von „scharfkantigen, spitzen oder elektrisierenden Vorrichtungen, die das Verhalten der Tiere im Stall steuern“ in der Schweiz verboten. Daher wurde die Einrichtung, die

mittels „Weidezauneffekt“ verhindern soll, dass die Tiere das Förderband berühren, vor dem Einbau der automatischen Fütterungstechnik außer Betrieb gesetzt.

3.1.3 Fütterung

Die PMR bestand in diesem Versuch aus Heu, Grassilage, Maissilage und drei Kraftfutterkomponenten. Beide Tiergruppen erhielten die gleiche Ration, deren Zusammensetzung in Tab. 8 dargestellt ist. Tiere mit einer Milchleistung über 26 kg pro Tag erhielten an der Kraftfutterstation im Laufhof eine der Milchleistung individuell angepasste Menge an Milchleistungsfutter (Typ: LF 43008, Fa. UFA AG, Sursee, Schweiz) und Mineralfutter (Typ MINEX 976 Fa. UFA AG, Sursee, Schweiz). Ab einer Milchleistung von 24 kg hatten die Tiere ab der 2. Laktation ein Anrecht auf Proteinausgleichsfutter (PAF) des Typs 44954 (Fa. UFA AG, Sursee, Schweiz) an der Kraftfutterstation. Darüber hinaus wurden per Hand je Tier und Tag 60 g Viehsalz (Typ 3153, Fa. Schweizer Rheinsalinen, Pratteln, Schweiz) auf dem Futtertisch vorgelegt. Zur Berechnung der Ration wurden vor Versuchsbeginn Futterproben der Einzelkomponenten im Labor der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP), Schweiz analysiert. In der jeweils zweiten Versuchswoche wurden zur Überprüfung der Inhaltsstoffe wiederum Futterproben von den Einzelkomponenten entnommen und im Labor der ALP nasschemisch analysiert. Die Trockensubstanzgehalte der Einzelkomponenten wurden dreimal in den Eingewöhnungswochen und täglich in den Versuchswochen untersucht und die Werte in der Ration entsprechend angepasst. Die Probenahme erfolgte anhand der vom Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. (VDLUFA) herausgegebenen „Empfehlungen zur Durchführung der Probenahme bei wirtschaftseigenen Futtermitteln“ (VDLUFA 1988).

Tab. 8: Rationszusammensetzung der aufgewerteten Mischration je Tier und Tag

Futterkomponenten	Täglicher Bedarf			
	TS ⁴ [kg]	TS ⁵ [%]	FS ⁶ [kg]	Anteil in Ration [%]
Heu	1.8	89.7	2.0	9.3
Grassilage	7.4	29.9	24.7	38.3
Maissilage	8.1	37.0	21.9	42.0
UFA 2/48/1 ¹	1.3	87.0	1.5	6.7
LF 43008 ²	0.4	88.0	0.5	2.1
PAF 44954 ³	0.3	88.0	0.3	1.6
Total	19.3		50.9	

¹Krafftutter Typ 2/48/1, Fa. UFA AG, Sursee; ²Milchleistungsfutter Typ 43008; ³Proteinausgleichsfutter Typ 44954; ⁴TS: Trockensubstanzgehalt; ⁵Trockensubstanzgehalte Stand: 01.07.2011; ⁶FS: Frischsubstanz

Die Fütterung erfolgte entweder achtmal am Tag mit dem automatischen Fütterungsverfahren oder einmal am Tag mit einem Italmix Twister Vertikalmischwagen (Fa. Italmix, Montichiari, Italien). Dreimal täglich wurde durch den Futterschieber Juno (Lely, Maassluis, Niederlande) das Futter an die Tiere und gleichzeitig zurück auf die Futtertischwaage (Fa. Ammann, Ermatingen, Schweiz) geschoben (Tab. 9). Bei der ersten Futternachschubzeit am Tag jeder Gruppe wurden durch die automatische Fütterung nur 50 % der folgenden Mengen ausdosiert, um zu hohe Futterrestmengen zum Zeitpunkt der Futterrückwaage zu vermeiden.

Tab. 9: Futternachschub- und Futternachschubzeiten (Startzeit)

Zeitpunkte Futternachschub Futtermischwagen	Zeitpunkte Futternachschub automatische Fütterung	Zeitpunkte Futternachschub Lely Juno
		04:30 Uhr
	04:45 Uhr	
	08:15 Uhr	
08:45 Uhr		
	10:30 Uhr	
		12:00 Uhr
	12:30 Uhr	
	14:30 Uhr	
	16:45 Uhr	
		18:00 Uhr
	20:00 Uhr	
	22:00 Uhr	

Ein Versuchsblock bestand aus einer einwöchigen Eingewöhnungsphase, der zwei Wochen Datenaufnahme folgten. Danach wurden die Fütterungsvarianten zwischen den Tiergruppen getauscht und ein zweiter Versuchsblock schloss sich an.

3.1.4 Futteraufnahme

Die Futteraufnahme wurde täglich morgens um 08:15 Uhr ermittelt. Das Gewicht des restlichen Futters wurde mittels der im Futtertisch integrierten Waage erfasst und die Futterreste anschließend entfernt. Die Masse an Futter wurde so angepasst, dass mindestens 5 % aber maximal 10 % Futterreste anfielen. Mittels der vom Futterroboter gemessenen Futtermengen der einzelnen Futtervorlagen und der Waage am Futtermischwagen wurde die vorgelegte Menge an Futter erfasst. Die Proben für die Ermittlung der Trockensubstanz wurden eingewogen (Mettler Toledo XS4002SDR, Mettler-Toledo Intl. Inc., Greifensee, Schweiz) und bei 105°C für 24 Stunden im Trockenschrank (Heraeus BR6000, Heraeus, Hanau, Deutschland) getrocknet. Aus den vorliegenden Daten konnte dann die Trockensubstanzaufnahme der einzelnen Versuchsgruppen errechnet werden. Für die Auswertung wurden die Daten der drei Versuchswochen pro Futtervorlagehäufigkeit einbezogen, so dass insgesamt 84 Datensätze zur Verfügung standen. Aufgrund eines technischen Defektes der Waage im Futtertisch flossen davon 80 Tagesmessungen in die Auswertung.

3.1.5 Fressverhalten und Wiederkauaktivität

In der zweiten und dritten Versuchswoche wurde an jeweils drei Tagen über den ART-MSR-Nasenbandsensor (NBS) die Fress- und Wiederkauaktivitäten von jeweils zehn Fokustieren pro Versuchsgruppe aufgezeichnet. Die Fokustiere wurden so gewählt, dass sie repräsentativ für die Alters- und Leistungsstruktur der Versuchsgruppen waren. Der NBS besteht aus einem Halfter und einem im Nasenband integrierten ölgefüllten Silikonschlauch. Mittels eines Kabels ist der Drucksensor am Silikonschlauch mit einem wasserdichtem Datenlogger (Typ IP 67) der Firma MSR Electronics GmbH, Seuzach, Schweiz verbunden. Der Sensor misst mit 10 Hertz (Hz) für rund 40 Stunden die durch Kieferbewegungen der Kuh entstehenden Druckveränderungen im Silikonschlauch. Das Programmieren des NBS und das Auslesen der Daten erfolgt über einen USB-Port am Computer (NYDEGGER et al. 2010). Das Messverfahren wurde von BRAUN et al. (2013) validiert.

Im Vergleich zu Direktbeobachtungen stimmten die Ergebnisse komplett oder nahezu komplett überein. Die Autoren stellen keine signifikanten Unterschiede, aber eine starke Korrelation zwischen den Ergebnissen der beiden Erhebungsmethoden fest (0.98 -1.00).

Die Tiere wurden am Vortag der Messung während der täglichen Fixierung im Fressgitter, mit einem NBS ausgerüstet. Direkt nach dem Auslesen der Datenlogger wurden die Daten über entsprechend generierte Abbildungen der Druckverläufe auf Vollständigkeit und korrekte Funktion der NBS kontrolliert. Durch die charakteristischen Druckverläufe der NBS kann für die weitere Auswertung zwischen dem „Fressen“ (Abb. 7) und dem „Wiederkauen“ (Abb. 8) der Tiere unterschieden werden.

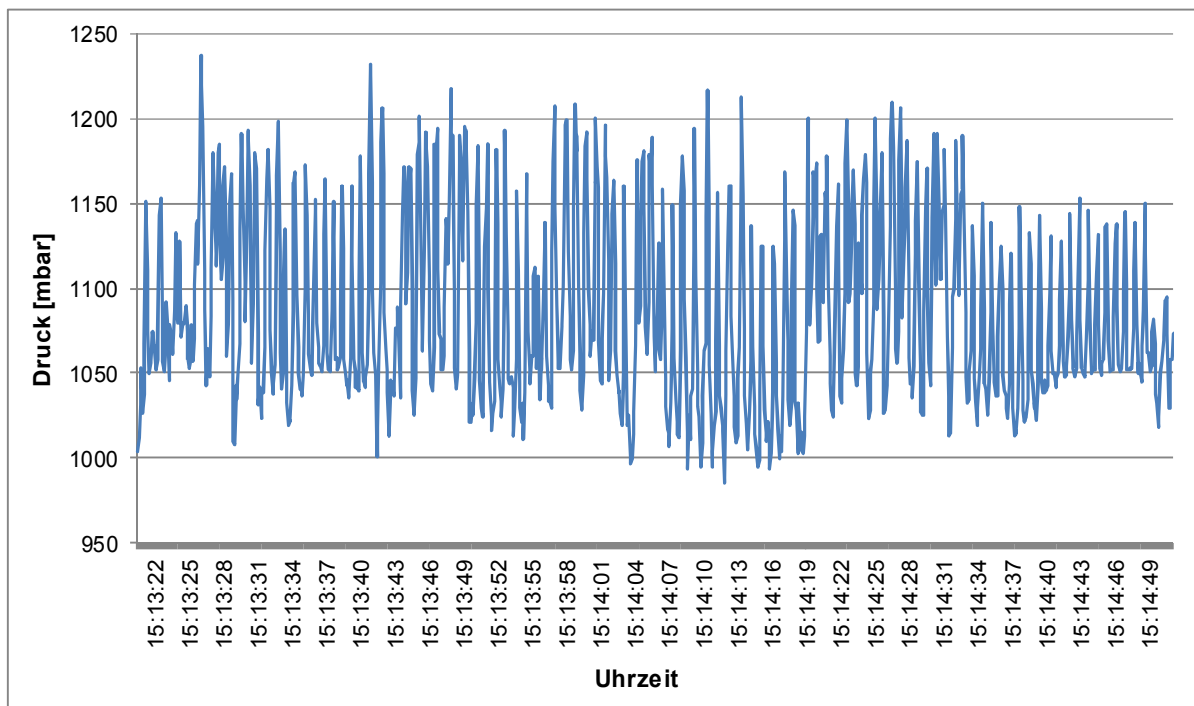


Abb. 7: Druckkurve ART-MSR Nasenbandsensor Beispiel "Fressen"

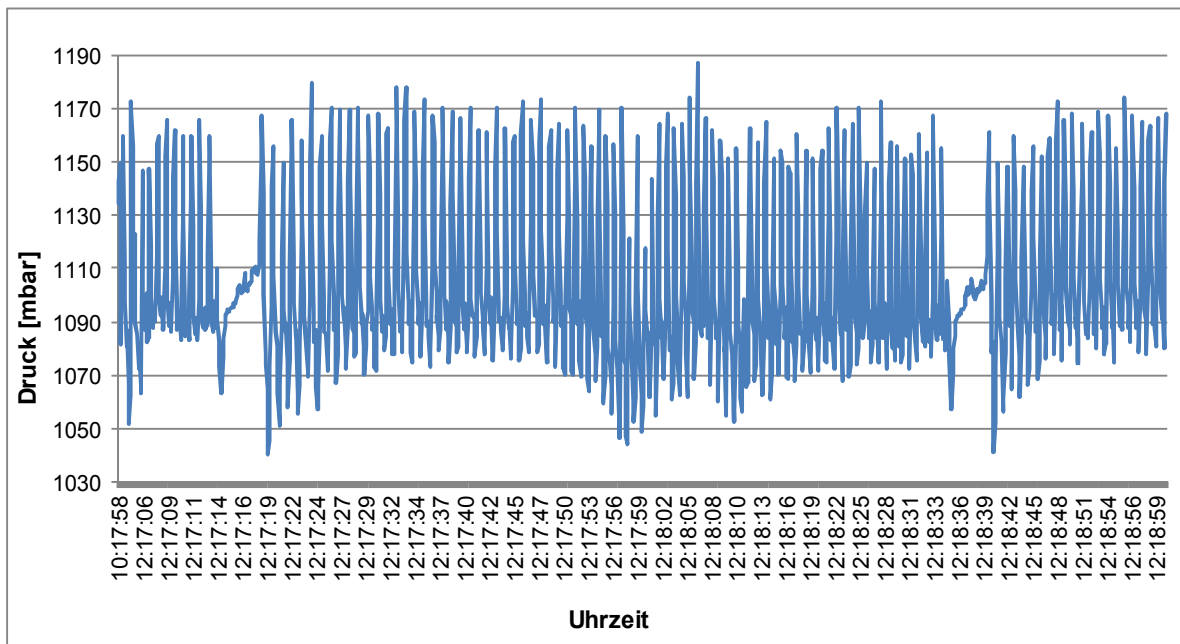


Abb. 8: Druckkurve ART-MSR Nasenbandsensor Beispiel "Wiederkauen"

Ausgewertet wurden die Daten mittels des RumiWatch® Converters 0.6.3 bzw. 0.3.0 für geringe Druckamplituden (Itin und Hoch, Liestal, Schweiz), der über Algorithmen die Klassifizierung der Rohdaten in Fressen, Wiederkauen und „andere Aktivitäten“ übernimmt (ZEHNER et al. 2012).

3.1.6 Milchleistung und Milchinhaltstoffe

Die Milchleistung wurde mit automatischen Milchmengenmessgeräten GEA Metatron P21 (GEA Group, Düsseldorf, Deutschland) über die gesamte Versuchsphase tierindividuell erfasst. In der jeweils zweiten und dritten Versuchswoche erfolgten bei je vier aufeinanderfolgenden Melkungen (je zwei Morgen- und Abendmelkungen) die Probenahme für die Milchinhaltstoffe. Die Milchproben wurden über den Schweizer Brauviehzuchtverband von der Schweizerischen Akkreditierungsstelle (SAS) nach ISO/IEC 17025 zertifizierten Suisselab AG in Zug, Schweiz, analysiert. Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff wurden mittels Infrarot-Absorptionsspektroskopie (MilkoScan 6000, Foss, Hilleroed, Dänemark), die Zellzahlen fluoreszenzoptisch (Fossomatic FC, Foss, Hilleroed, Dänemark) bestimmt.

3.1.7 Datenaufbereitung und -auswertung

Damit eine ausreichende Datenqualität gewährleistet werden konnte, wurden bei der Datenerhebung und -auswertung folgende Schritte durchgeführt:

Qualitätskontrolle: Die Waagen sowohl des Fütterungsroboters als auch des Futtertisches wurde vor dem Versuch überprüft und kalibriert. Die Waage im Futtertisch wurde täglich nach der Rückwaage des Restfutters tariert.

Routinekontrollen der Messgeräte und Sensoren: Durch eine tägliche Überprüfung der Sensoren konnte im Falle einer Fehlfunktion reagiert werden. Fehlerhafte Sensoren wurden ausgetauscht.

Datensicherung und Plausibilitätskontrolle: Direkt nach dem Auslesen der Sensordaten wurden diese mehrfach gesichert und anschließend visuell auf Plausibilität kontrolliert. Die Daten der Futtertischwaage wurden automatisch auf einer Festplatte abgespeichert und in gleichmäßigen Abständen zusätzlich gesichert. Auch für die Daten des automatischen Fütterungsverfahrens fand eine regelmäßige Sicherung der Daten statt. Backups von der Programmierung und den Daten des Fütterungsverfahrens wurden mindestens nach jedem Versuchsblock erstellt.

Während der **Datenaufbereitung**, die je nach Aufbereitungsstufe in Microsoft Excel® Version 2010 und mit dem RumiWatch® Converter 0.6.3 und 0.3.0 (für Daten mit geringer Druckamplitude) stattfand, wurde eine weitere Plausibilitätskontrolle der Daten durchgeführt. Daten, die zum Beispiel durch Ausfälle und Beschädigung von Messsensoren entstanden, wurden entsprechend berücksichtigt oder nicht in die Auswertungen einbezogen.

Die **statistische Auswertung** wurde mit dem Programm S-Plus® Version 8.1 (GraS-Graphische Systeme GmbH, Berlin, Deutschland) durchgeführt. Das verwendete lineare Gemischte-Effekte-Modell beinhaltete die erklärenden Variablen der Futtervorlagehäufigkeit (linear kontinuierlich), dem Laktationstag (2-stufiger Faktor: < 150. Tage, >150 Tage) und der Laktationsnummer (3-stufiger Faktor: 1., 2-4., > 4. Laktation). Bei den Zielvariablen Milchleistung, ECM, Milchinhaltsstoffe, Fress- und Wiederkauverhalten wurden die zufälligen Effekte Futtervorlagehäufigkeit und Kuhnummer, bei der Zielvariablen Futteraufnahme die Gruppe und die Futtervorlagehäufigkeit einbezogen. Dabei war die Futtervorlagehäufigkeit in der Kuhnummer bzw. Gruppe geschachtelt. Alle erklärenden Variablen wurden auf Interaktionen untersucht. Dabei fand ausgehend vom Maximalmodell mit Dreifachinteraktionen eine schrittweise Rückwärtseliminierung (stepwise backwards) statt. Die Modellannahmen wurden mit einer grafischen Residuenanalyse auf

Normalverteilung überprüft. Die Daten der Anzahl Wiederkauschläge, Milchleistung, ECM, somatischer Zellzahlgehalt, Harnstoff- und Laktosegehalt wurden aufgrund von Abweichungen von der Normalverteilung logarithmiert.

Das Signifikanzniveau wurde für alle Datensätze mit 5 % festgelegt. Die Variablen wurden somit in der schrittweisen Rückwärtselimination ausgeschlossen, wenn ihr p-Wert grösser 5% war.

3.2 Projektteil 1b: Bewertung verschiedener Vorlagehäufigkeiten mit automatischen Fütterungsverfahren

3.2.1 Haltung und Management

Alle Versuche im Projektteil 1b (PT 1b) zur Bewertung verschiedener täglichen Futtevorlagehäufigkeiten (FF) fanden im Laufstall der Forschungsanstalt Agroscope in Tänikon statt. Alle Versuchsgruppen befanden sich im selben Stallgebäude (Abb. 62) und nutzten zusammen mit den nicht in den Versuch involvierten Tieren einen gemeinsamen Laufhof. Der Zutritt zu dem Fress- und Liegebereich im Stall erfolgte mittels Selektionstoren und Transpondern.

Die Futtevorlage erfolgte durch die in Kapitel 3.1.2 detailliert beschriebene schienengeführte automatische Fütterung der Firma Pellon Group Oy, Ylihärmä, Finnland. Die von dem Fütterungsverfahren vorgelegte Menge der Ration wurde laufend und gruppenindividuell dem Verzehr angepasst. Dabei wurde eine Restfuttermenge zwischen 5 % und 10 % angestrebt. Es fand ein regelmäßiger Futternachschub durch den Futternachschieber Juno der Firma Lely statt.

Die Tiere wurden zweimal am Tag (04:30 Uhr und 16:15 Uhr) gemolken. Die Selektion der Tiere nach dem Melken erfolgte über Selektionstore. Zwischen 9:30 Uhr und 10:30 Uhr wurden die Tiere für mögliche tierärztliche Untersuchungen, Behandlungen oder das Anbringen von Messsensoren fixiert.

Um möglichst gleichbleibende Tageslängen zu erreichen, wurde ein Lichtprogramm durchgeführt. Ab 3:30 Uhr bis 7:30 Uhr am Morgen und zwischen 17:30 Uhr und 19:30 Uhr am Abend waren Metalllampen über dem Futtertisch im Einsatz.

3.2.2 Versuch 1: Futtevorlage zwei-, sechs- und achtmal täglich

3.2.2.1 Versuchsgruppen

Der Versuch fand vom 27.09.10 bis 05.12.2010 in dem Milchviehlaufstall auf dem Versuchsbetrieb der Forschungsanstalt Agroscope in Tänikon statt. Für den Versuch wurden 39 Milchkühe der Rassen Braunvieh und Fleckvieh x Red Holstein von der ersten bis zur 12. Laktation sowie sechs Rinder in drei Versuchsgruppen zu je 15

Tiere eingeteilt. Es wurden Versuchstiergruppen erstellt, die in Bezug auf mittlere Laktationsnummer und -tag sowie Milchleistung vergleichbar waren. Das Verhältnis Fress- bzw. Liegeplätze zur Tierzahl betrug 1:1. Die durchschnittliche Milchleistung lag zu Versuchsbeginn bei 25.8 Liter (10.3- 49.6 Liter) je Tier und Tag mit 4.5 % Fett und 3.4 % Eiweiß. Im Mittel hatten die Tiere in der 3.5 Laktation (1.-12. Laktation) mit 160 Laktationstagen (3.- 391. Tag).

3.2.2.2 Fütterung

Die Fütterung erfolgte als aufgewertete Mischration mit der automatischen Fütterung der Firma Pellon Group Oy, Ylihärmä, Finnland. Es wurde eine PMR mit sieben verschiedenen Futterkomponenten vorgelegt (Tab. 10). Abhängig von der tierindividuellen Milchleistung wurde wie im PT 1 ergänzend über zwei stationäre Kraftfutterstationen im Laufhof Milchleistungsfutter (Typ: LF 43008, Fa. UFA AG, Sursee, Schweiz), Proteinausgleichsfutter des Typs 44954 (Fa. UFA AG, Sursee, Schweiz) und Mineralfutter (Typ MINEX 976 Fa. UFA AG, Sursee, Schweiz) gefüttert. Täglich wurden per Hand 60 g Viehsalz (Typ 3153, Fa. Schweizer Rheinsalinen, Pratteln, Schweiz) je Tier auf dem Futtertisch vorgelegt.

Tab. 10: Zusammensetzung der aufgewerteten Mischration je Tier und Tag

Futterkomponenten	Täglicher Bedarf			
	TS ⁵ [kg]	TS ⁶ [%]	kg FS ⁷ [kg]	Anteil in der Ration [%]
Heu	1.8	88.0	2.0	9.3
Grassilage	7.0	33.3	21.0	36.3
Maissilage	6.5	35.0	18.6	33.7
ZRS ¹	2.0	23.2	8.6	10.4
UFA 2/48/1 ²	1.3	87.0	1.5	6.7
LF 43008 ³	0.4	88.0	0.5	2.1
PAF 44954 ⁴	0.3	88.0	0.3	1.6
Total	19.3		52.5	

¹ Zuckerrübenasschnitzel siliert; ² Kraftfutter Typ 2/48/1, Fa. UFA AG, Sursee; ³ Milchleistungsfutter Typ 43008; ⁴ Proteinausgleichsfutter Typ 44954; ⁵ TS: Trockensubstanzgehalt; ⁶ Trockensubstanzgehalte Stand: 27.09.2010; ⁷ FS: Frischsubstanz

Die Fütterung erfolgte je Tiergruppe zwei-, sechs- oder achtmal pro Tag (FF2, FF6, FF8). Bei der ersten Fütterung des Tages wurde nur die halbe Menge an Futter vorgelegt. Grund war die Vermeidung von übermäßigen Futterresten bei der täglichen Futtertischreinigung um 08:15 Uhr. Zur Sicherstellung, dass den Tieren immer das gesamte Futter zur Verfügung stand, wurde zehnmal am Tag das Futter

vom Lely Juno Futternachschieber vollautomatisch herangeschoben. Fütterungs- und Nachschiebezeiten wurden aufeinander abgestimmt (Tab. 11).

Tab. 11: Futtevorlage- und Futternachschubzeiten (Startzeit) je Häufigkeit der Futtevorlage pro Tag

Zeitpunkte zweimalige Futtevorlage	Zeitpunkte sechsmalige Futtevorlage	Zeitpunkte achtmalige Futtevorlage	Zeitpunkte Futternachschub Lely Juno
			04:30 Uhr
	04:45 Uhr		
		5:00 Uhr	
			6:30 Uhr
08:15 Uhr		08:50 Uhr	
	09:20 Uhr		
			10:15 Uhr
		10:30 Uhr	
	11:30 Uhr		
			12:15 Uhr
		12:30 Uhr	
	14:00 Uhr		
		14:30 Uhr	
			15:00 Uhr
			16:00 Uhr
16:15 Uhr			
	16:55 Uhr		
		17:20 Uhr	
			18:30 Uhr
			19:30 Uhr
		20:00 Uhr	
	21:30 Uhr		
			21:40 Uhr
		22:00 Uhr	
			23:30 Uhr

Nach einer Eingewöhnungswoche erfolgten zwei Versuchswochen, danach wurden die Futtevorlagehäufigkeiten zwischen den Versuchsgruppen getauscht (Tab. 12).

Tab. 12: Schematische Darstellung des Versuchsdesigns mit Anzahl der Futtervorlagehäufigkeiten

	Versuchsgruppe		
	1	2	3
Versuchsblock 1	2	6	8
Versuchsblock 2	6	8	2
Versuchsblock 3	8	2	6

3.2.2.3 Futteraufnahme

Es wurden in den Eingewöhnungswochen jeden dritten Tag und in den Versuchswochen täglich von den Einzelkomponenten, Mischungen und Futterresten Trockenmasseproben genommen. Diese wurden eingewogen (Mettler Toledo XS4002SDR, Mettler-Toledo Intl. Inc., Greifensee, Schweiz) und bei 105°C für 24 Stunden im Trockenschrank (Heraeus BR6000, Heraeus, Hanau, Deutschland) getrocknet. In der jeweils zweiten Versuchswoche wurden Futterproben von den Einzelkomponenten entnommen und von dem Labor der ALP wie bereits beschrieben analysiert.

Die Menge der eingefüllten Futterkomponenten wurde durch das AFV automatisch für jede Gruppe und Fütterungszeit erfasst. Die Futterreste wurden täglich mit der im Futtertisch eingelassenen Futterwaage zurückgewogen. Aus diesen Daten wurde die tägliche Futteraufnahme der Gruppe errechnet und die durchschnittliche Futteraufnahme je Tier kalkuliert. Über den ganzen Versuch wurden so insgesamt 126 Messungen zum täglichen Verzehr durchgeführt.

3.2.2.4 Fressverhalten und Wiederkauaktivität

In der zweiten Versuchswoche wurde an zwei aufeinanderfolgenden Tagen über die in Kapitel 3.1.5 detailliert dargestellte Methode der ART-MSR-Nasenbandsensoren die Fress- und Wiederkauaktivitäten aufgezeichnet. Dafür wurden jeweils sechs Fokustiere pro Versuchsgruppe mit den Sensoren ausgestattet.

Die Wiederkau- und Fressaktivität wurde alternierend mit jeweils zweimal drei Tieren pro Tag und Gruppe erhoben. Insgesamt wurden so 54 Tagesmessungen erfasst, die alle in die Auswertung einfließen.

3.2.2.5 Liegeverhalten

Ebenfalls in der zweiten Versuchswoche wurden an zwei aufeinanderfolgenden Tagen über einen MSR-Sensor IP 67 die Liege- und Stehzeiten von jeweils sechs Fokustieren pro Versuchsgruppe aufgezeichnet. Der MSR-Sensor wurde mit selbsthaftenden EquiLASTIC® Bandagen (Fa. Kerbl, Buchbach, Deutschland, 10cm x 4.5m) am Röhrlbein der Hintergliedmaßen befestigt. Über die 3-Achsen-Beschleunigung wurde alle 30 Sekunden die Position des MSR-Sensors im dreidimensionalen Raum bestimmt. Über einen USB-Port wurden die Daten mittels der MSR Software 5.12 (MSR Electronics GmbH Seuzach, Schweiz) ausgelesen und über eine von der Software automatisch generierte Grafik visuell überprüft. Die Sensoren waren so angebracht, dass die Position des Sensors anhand der y-Achse bestimmt werden konnte (Abb. 9)

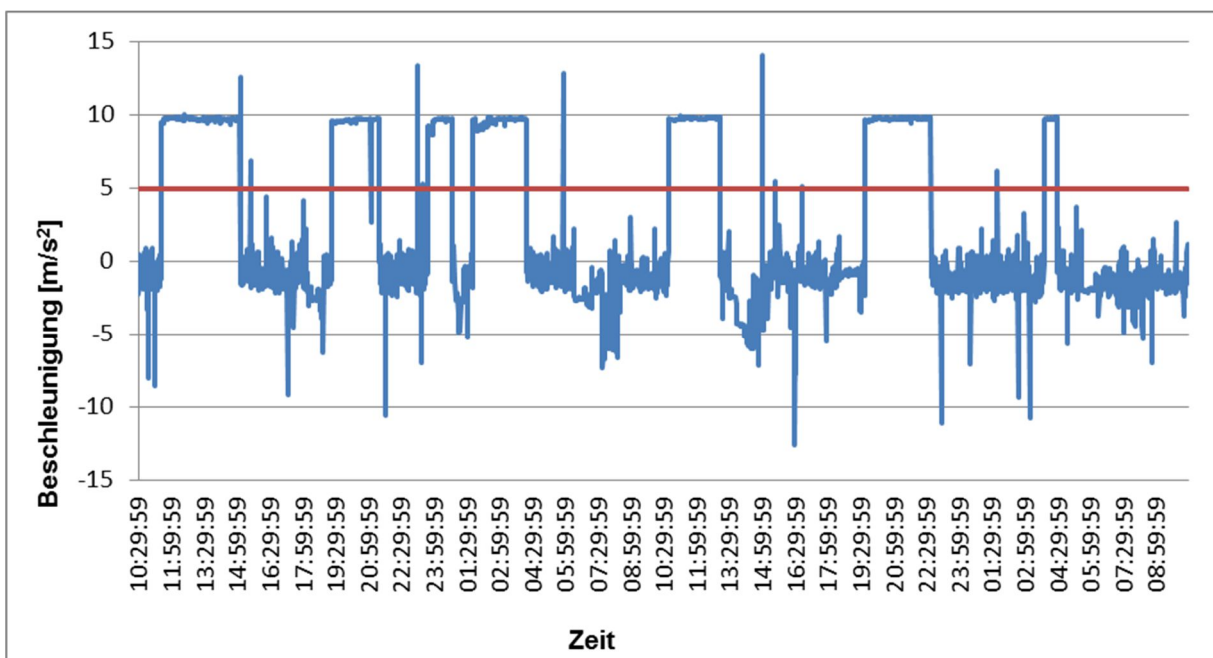


Abb. 9: Beispiel von Messdaten des MSR-Lagesensors: Werte > 4.9: Stehen; Werte < 4.9: Liegen; 4.9: Entscheidungswert (rote Linie)

Die in Abb. 9 dargestellte Grafik zeigt ein Beispiel von Messdaten des MSR-Lagesensors. Dabei ist der Wert 0 m/s^2 die horizontale Position des Sensors und zeigt somit das Liegen an, der Wert 9.81 m/s^2 die senkrechte Position (Stehen). 9.81 m/s^2 entspricht der Beschleunigung $1g$. Die Daten wurden mit einem Agroscope-internen VBA (Visual Basic für Applikationen) Makro in Microsoft Excel® Version 2010 ausgewertet. Der entsprechende Entscheidungswert (rote Linie) für die

Klassifizierung „Stehen“ oder „Liegen“ wurde bei 4.9 m/s^2 festgelegt. Eine Liegeperiode wurde erst dann als gültig gewertet, wenn mindestens drei aufeinanderfolgende Messwerte als „Liegen“ klassifiziert wurden. Damit wurde verhindert, dass kurzfristige Bewegungen wie Schlagen mit dem Bein als Liegeperioden interpretiert wurden. HELMREICH et al. (2009) validierten den MSR-Sensor auf die Eignung zur Erhebung des Liegeverhaltens bei Milchkühen. Dabei ergab der Vergleich mit Videobeobachtungen eine Übereinstimmung von 99.92 %.

Der Datensatz umfasste für den Versuch 108 Einzelmessungen. Aufgrund von technischen Defekten der Sensoren waren zwei 24-Stunden-Messungen nicht verwertbar.

3.2.2.6 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

Die Milchleistung wurde im Melkstand mit automatischen Milchmengenmessgeräten (GEA Metatron P21) erfasst. In der jeweils zweiten Versuchswoche erfolgte die Milchprobenentnahme bei zwei aufeinanderfolgenden Melkungen (je eine Morgen- und Abendmelkung) und wurde über den Schweizer Braunviehzuchtverband von der Suisselab AG in Zug, Schweiz analysiert. Die Inhaltsstoffe Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff wurden mittels Infrarot- Absorptionsspektroskopie (Milkoscan 6000), die Zellzahlen wurden fluoreszenzoptisch (Fossomatic FC) bestimmt. Die Suisselab AG ist von der Schweizerischen Akkreditierungsstelle (SAS) nach ISO/IEC 17025 zertifiziert.

Der Datensatz für die Auswertung der Milchleistung umfasste insgesamt 1'638 Tagesmilchleistungen von 39 laktierenden Versuchstieren. Für die Milchinhaltsstoffe wurden 117 Milchproben genommen, von denen 116 Proben verwertbar waren.

3.2.2.7 Tieraktivität und Ethogramme

Zur Erstellung von Tagesprofilen wurden die Daten der ART-MSR-NBS und der MSR Lagesensoren genutzt. Diese wurden mittels eines Excel VBA Makros (Microsoft Excel® Version 2010) synchronisiert und zusammengeführt. Die Werte der Lagesensoren wurde mit den Tierdaten vervollständigt, in „Liegen“ und „Stehen“ klassifiziert (siehe Beschreibung Kap. 3.2.2.5) und überprüft. Bei fehlerhaften Werten

fand eine protokollierte Korrektur statt. Die Daten der ART-MSR-NBS wurden zuerst mit dem RumiWatch® Converter 0.6.3 klassifiziert und anschließend vom VBA Makro eingelesen und auf die Messfrequenz der Lagesensoren (je 30 Sekunden eine Messung) komprimiert. Die komprimierten Daten wurden im Anschluss den entsprechenden Messungen der einzelnen Lagesensoren, Tagen und Zeiten zugeordnet. Auch hier fand eine anschließende Plausibilisierung und bei fehlerhaften Werten eine protokollierte Korrektur statt. Eine visuelle Kontrolle und die weitere Aufbereitung der Daten erfolgte dann im Microsoft Excel® Version 2010. Die Klassifizierung der verschiedenen Tieraktivitäten erfolgte in den Kategorien „Liegen/Andere Aktivitäten“, „Liegen/Wiederkauen“, „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“. Die Tieraktivitäten der einzelnen Kategorien wurden anhand der Messwerte errechnet.

3.2.3 Versuch 2: Futtervorlage ein-, zehn- und zwölfmal täglich

3.2.3.1 Versuchsgruppen

Der Versuch 2 des PT 1b fand vom 14.02.2011 bis 21.3.2011 im Versuchsstall der Forschungsanstalt Agroscope in Tänikon statt. In diesem Versuch wurden zwei Versuchsgruppen mit je 17 Tieren der Rassen Braunvieh und Fleckvieh x Red Holstein gebildet. Die Tiere der beiden Versuchsgruppen wurden so ausgewählt, dass in Bezug auf Laktationsnummer, Laktationstag und Milchleistung pro Laktation beide Gruppen möglichst identisch waren. Es befanden sich Tiere von der ersten bis zur siebten Laktation (Mittelwert 2.8 Laktationen) im Versuch. Dabei machten in diesem Fall die Erstlaktierenden aufgrund der besonderen Herdenstruktur die Hälfte aller Versuchstiere aus. Die Versuchstiere hatten zu Versuchsbeginn einen mittleren Laktationstag von 141 Tagen (25-344 Laktationstage) und eine mittlere tägliche Milchleistung von 36.6 kg/Tier/Tag (17.0-40.9 kg/Tier/Tag) mit 4.9 % Fett und 3.7 % Eiweiß. Das Tier : Fressplatz- und das Tier : Liegeplatzverhältnis betrug jeweils 1:1.

3.2.3.2 Fütterung

Während des Versuchs 2 wurde, wie im vorangegangenen Versuch 1, eine aufgewertete Mischration mit sieben Komponenten (Tab. 13) vorgelegt. Ebenfalls wurden leistungsabhängig und tierindividuell Kraft- und Mineralfutter über die im

Laufhof befindlichen Krafftutterstationen gefüttert. Einmal am Tag wurde per Hand auf dem Futtertisch 60 g Viehsalz je Tier vorgelegt.

Tab. 13: Zusammensetzung der aufgewerteten Mischration je Tier und Tag

Futterkomponenten	Täglicher Bedarf			
	TS ⁵ [kg]	TS ⁶ [%]	kg FS ⁷ [kg]	Anteil in der Ration [%]
Heu	1.8	88.5	2.0	9.3
Grassilage	7.0	32.4	21.6	36.3
Maissilage	6.5	33.3	19.5	33.7
ZRS¹	2.0	24.2	8.3	10.4
UFA 2/48/1²	1.3	87.0	1.5	6.7
LF 43008³	0.4	88.0	0.5	2.1
PAF 44954⁴	0.3	88.0	0.3	1.6
Total	19.3		53.7	

¹ Zuckerrübenasschnitzel siliert; ² Krafftutter Typ 2/48/1, Fa. UFA AG, Sursee; ³ Milchleistungsfutter Typ 43008; ⁴ Proteinausgleichsfutter Typ 44954; ⁵ TS: Trockensubstanzgehalt; ⁶ Trockensubstanzgehalte Stand: 07.02.2012; ⁷ FS: Frischsubstanz

Die Futtervorlage erfolgte bei jeder Tiergruppe je ein- (FF1), zehn- (FF10) und zwölfmal (FF12) am Tag. Die Reinigung des Futtertisches erfolgte täglich um 04:00 Uhr, während die Tiere in den Wartehof des Melkstandes getrieben wurden. Während des Tages wurde durch den Lely Juno das Futter zweimal täglich vorgeschoben (Tab. 14).

Tab. 14: Futtervorlage- und Futternachschubzeiten (Startzeit) nach der Häufigkeit der Futtervorlage pro Tag

Zeitpunkte einmalige Futtervorlage	Zeitpunkte zehnmalige Futtervorlage	Zeitpunkte zwölfmalige Futtervorlage	Zeitpunkte Futternachschub Lely Juno
		02:30 Uhr	
		04:45 Uhr	
	05:15 Uhr		
05:45 Uhr			
		07:30 Uhr	
	08:00 Uhr		
		09:00 Uhr	
	09:30 Uhr		
			10:30 Uhr
		11:00 Uhr	
	11:30 Uhr		
		12:45 Uhr	
	13:15 Uhr		
		14:00 Uhr	
	14:30 Uhr		
		16:15 Uhr	
	16:45 Uhr		
		18:15 Uhr	
			19:00 Uhr
	19:30 Uhr		
		20:00 Uhr	
	21:00 Uhr		
		21:30 Uhr	
		23:15 Uhr	
	23:30 Uhr		

Jeder Versuchswoche ging eine Woche zur Eingewöhnung an die veränderten Futtervorlagehäufigkeiten und -zeiten voraus. Nach jeder Versuchswoche wurden die Futtervorlagehäufigkeiten zwischen den einzelnen Versuchsgruppen so getauscht, dass am Ende des Versuchs bei jeder Tiergruppe jede Futtervorlagehäufigkeit einmal untersucht werden konnte (Tab. 15). Da sich alle Tiergruppen in demselben Stall befanden, wurde durch Verhaltensbeobachtungen ermittelt, ob sich die Tiergruppen untereinander beeinflussen. Eine Beeinflussung der Tiere zwischen den einzelnen Versuchsgruppen wurde nicht festgestellt (GROTHMANN et al. 2012a; MOSER 2011).

Tab. 15: Schematische Darstellung des Versuchsdesigns mit den entsprechenden Futtervorlagehäufigkeiten

	Versuchsgruppe 1	Versuchsgruppe 2
Versuchsblock 1	1	12
Versuchsblock 2	12	10
Versuchsblock 3	10	1

3.2.3.3 Futteraufnahme

Die Futteraufnahme wurde, wie im vorherigen Versuch 1 im PT 1b und wie in Kapitel 3.1.4 erläutert, mittels Rückwaage der Futterreste bestimmt. Auch hier wurden zur Berechnung der Futteraufnahme Futteranalysen, TS-Proben und die Daten des Fütterungsverfahrens einbezogen. Die jeweils in den Versuchswochen genommenen Futteranalysen der Einzelkomponenten wurden an das Labor der ALP gesendet. Bei sieben Versuchstagen pro Futtervorlagehäufigkeit wurden insgesamt 63 Messungen vorgenommen.

3.2.3.4 Fressverhalten und Wiederkauaktivität

Zur Bestimmung der Futtervorlagehäufigkeit auf die Fress- und Wiederkauaktivität wurden die schon in allen vorherigen Versuchen und in Kapitel 3.1.5 detailliert beschriebenen ART-MSR-NBS verwendet. Es wurden pro Gruppe 10 Fokustiere ausgewählt, die die Alters- und Leistungsstruktur der Gruppe widerspiegeln. Die Tiere wurden an drei Tagen der Versuchswoche mit dem ART-MSR-NBS ausgerüstet. Somit standen über den ganzen Versuch 180 Datensätze zur Verfügung. 22 Datensätze wurden aufgrund von fehlerhafter Funktion oder Schäden am Sensor verworfen, so dass insgesamt 158 Datensätze in die Auswertung einfließen.

3.2.3.5 Liegeverhalten

Für die Datenerhebung zum Liegeverhalten wurden die ebenfalls im Versuch 1 eingesetzten MSR-Sensoren verwendet. Wie im Kapitel 3.2.2.5 im Detail dargestellt, wurden die Sensoren am hinteren Bein der Tiere angebracht.

In diesem Fall trugen alle 34 Versuchstiere über sechs Tage in der Versuchswoche einen MSR-Sensor. Insgesamt konnten 544 der 612 vorhandenen Datensätze in die Analyse einbezogen werden.

3.2.3.6 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

Die Milchleistung wurde über die gesamte Versuchsphase mit automatischen Milchmengenmessgeräten (GEA Metatron P21) tierindividuell im Melkstand erfasst. Von insgesamt 714 möglichen tierindividuellen Tagesmilchleistungen flossen 700 Einzelmessungen in die Auswertung ein.

In der Versuchswoche wurden die Milchproben bei vier aufeinanderfolgenden Melkungen (je zwei Morgen- und Abendmelkungen) durchgeführt. Die Analyse erfolgte über den Schweizer Braunviehzuchtverband von der zertifizierten Suisselab AG in Zug. Dabei wurden Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff mittels Infrarot-Absorptionsspektroskopie (Milkoscan 6000) und die Zellzahlen fluoreszenzoptisch (Fossomatic FC) bestimmt. Je eine Morgen- und Abendmelkung wurde zu einem Tageswert verrechnet. Dies ergab für die Milchinhaltsstoffe einen Datensatz von 204 Tageswerten.

3.2.3.7 Tieraktivität und Ethogramme

Zur Erstellung von Tagesprofilen wurden, wie in Kap. 3.2.2.7 detailliert beschrieben, die Daten des Fress- und Wiederkauverhaltens und der MSR Lagesensoren genutzt. Alle Messdaten wurden mittels eines Excel VBA Makros (Microsoft Excel® Version 2010) synchronisiert und zusammengeführt. Die Kontrolle und die weitere Aufbereitung der Daten erfolgte mittels Microsoft Excel® Version 2010. Die verschiedenen Tieraktivitäten wurden in den Kategorien „Liegen/Andere Aktivitäten“, „Liegen/Wiederkauen“, „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“ unterteilt.

3.2.4 Datenaufbereitung und -auswertung

Beide Versuche zur Futtervorlagehäufigkeit wurden gemeinsam ausgewertet. Zur Sicherstellung der Datenqualität wurden bei der Datenerhebung und -auswertung analog zu dem in Kapitel 3.1.7 beschriebenen Vorgehen ebenfalls folgende Schritte durchgeführt:

Qualitätskontrolle: Es wurde ein regelmäßiges Kalibrieren, Überprüfen und Trieren der Waagen im Futtertisch und des automatischen Fütterungsverfahrens durchgeführt. Für die Analyse der Futterproben wurden nur akkreditierte Labors genutzt.

Routinekontrollen der Messgeräte und Sensoren: Alle Sensoren, mit Ausnahme der Lagesensoren, wurden täglich auf die korrekte Funktion überprüft. Die Lagesensoren wurden aufgrund der Art der Fixierung am Tier nicht täglich, sondern nach jedem Messdurchgang kontrolliert.

Datensicherung und Plausibilitätskontrolle: Die Daten wurden wie zuvor beschrieben sofort gesichert und visuell überprüft. Regelmäßige Sicherungen der Daten und zusätzliche Backups wurden erstellt.

Im weiteren Verlauf fand eine weitere Plausibilitätskontrolle der erfassten Messwerte während der **Datenaufbereitung** je nach Aufbereitungsstufe in Microsoft Excel® Version 2010 und mit dem RumiWatch® Converter 0.6.3 und 0.3.0 (für Daten mit geringer Druckamplitude) statt. Nicht plausible Daten, durch Ausfälle und Beschädigung von Messsensoren entstanden sind, wurden entsprechend berücksichtigt oder aus den Auswertungen ausgeschlossen.

Die **statistische Auswertung** fand mit dem Programm S-Plus® Version 8.1 (GraS - Graphische Systeme GmbH, Berlin, Deutschland) statt. Die Zielvariablen wurden in einem linearen Gemischte-Effekte-Modell mit den erklärenden Variablen Futtervorlagehäufigkeit (linear kontinuierlich, als numerische Variable sowie quadriert zur Definition einer ordinalen Variablen), Laktationstag (2-stufiger Faktor: < 150. Tage, >150 Tage) und Laktationsnummer (3-stufiger Faktor: 1., 2-4., > 4. Laktation) beschrieben. Bei den Zielvariablen Milchleistung, Milchinhaltsstoffe, Fress- und Wiederkauverhalten und Liegeverhalten wurden die zufälligen Effekte Kuhnummer,

Versuchsjahr und Futtervorlagehäufigkeit, bei der Zielvariablen Futteraufnahme Gruppe, Versuchsjahr und Futtervorlagehäufigkeit berücksichtigt. Dabei waren die Futtervorlagehäufigkeit im Versuchsjahr und diese in der Kuhnummer bzw. Gruppe geschachtelt. Darüber hinaus wurden die erklärenden Variablen auf Interaktionen untersucht. Dabei fand ausgehend vom Maximalmodell (Dreifachinteraktionen) eine schrittweise Rückwärtseliminierung (stepwise backwards) statt. Die Modellannahmen wurden mit einer grafischen Residuenanalyse auf Normalverteilung überprüft. Die Daten der Milchinhaltstoffe wurden für die Zellzahl, den Harnstoff- und Laktosegehalt aufgrund von Abweichungen von der Normalverteilung logarithmiert. Ebenso wurde für die Wiederkaudaten bei den Anzahl Boli pro Tag und bei dem Zeitbudget für die Tieraktivität „Stehen/Andere Aktivitäten“ verfahren.

Für alle erklärenden Variablen wurde das Signifikanzniveau bei 5% festgelegt. Die Variablen wurden somit in der schrittweisen Rückwärtselimination ausgeschlossen, wenn ihr p-Wert grösser 5% war.

3.3 Projektteil 2: Bewertung zum Einsatz von automatischen Fütterungsverfahren auf Praxisbetrieben

3.3.1 Auswahlkriterien der Betriebe

Die Auswahlkriterien wurden so gewählt, dass die Betriebe typische Eigenschaften von AFV Betrieben erfüllen. Diese Eigenschaften wurden anhand der Erhebung zum Stand der Technik (GROTHMANN 2009) definiert. Außerdem wurde durch die Kriterien eine Vergleichbarkeit der Betriebe gewährleistet.

Die Betriebe wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

(1) Stall, Melken, Management:

- Der Stall entsprach der aktuellen guten fachlichen Praxis. Es wurden somit nur Laufställe mit Liegeboxen und entsprechender Melktechnik ausgewählt.
- Altbauten, die sehr dunkel waren, deren Einrichtungen nicht den aktuellen Richtlinien entsprachen oder in denen sich die AFV gefütterten Tiergruppen (ausgenommen Jungvieh und Kälber) in verschiedenen Ställen befanden, wurden ausgeschlossen.
- Der Betrieb besaß ein automatisches Melkverfahren (AMV) oder alternativ einen Melkstand mit Milchmengenerfassung.

(2) Fütterung

- Die vollautomatische Fütterung war mindestens sechs Monate vor Versuchsbeginn durchgängig in Betrieb, um eine Gewöhnung der Tiere und ein stabiles Fütterungsregime voraussetzen zu können.
- Es waren sowohl stationäre als auch mobile Verfahren möglich.
- Die Vorratsbehälter der automatischen Fütterung und somit das befüllte Futter war durch bauliche Maßnahmen vor Witterungseinflüssen geschützt.
- Es wurde eine PMR oder TMR gefüttert. Die einzelne Vorlage der Rationskomponenten wurde als Variante ausgeschlossen. In der Ration sollten die gängigen Futtermittel wie Maissilage und Grassilage verwendet werden. Mindestens ein Teil der Kraft- und Ausgleichsfuttermittel war in der Ration der automatischen Fütterung enthalten.

3.3.2 Charakterisierung der Praxisbetriebe

Eine Übersicht der wesentlichsten Betriebsdaten der einzelnen Praxisbetriebe sind in Tab. 29 zusammengestellt. Im Folgenden sollen auf die wichtigsten Eigenschaften der Betriebe eingegangen werden. Zum Schutz der persönlichen Daten wurden diese anonymisiert. Alle Betriebe wirtschafteten konventionell mit ganzjähriger Stallhaltung in Deutschland und hatten eine vollautomatische Fütterungstechnik der Firma Pellon Group Oy, Ylihärmä, Finnland in Betrieb. Auf allen Betrieben wurden im Versuchszeitraum Futterproben der Einzelkomponenten gezogen. Die Probenahme erfolgte anhand der „Allgemeinen Bestimmungen über Analysemethoden für Futtermittel“ und „Empfehlungen zur Durchführung der Probenahme bei wirtschaftseigenen Futtermitteln“ des Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. (VDLUFA 1983, 1988). Die einzelnen Grundfutterkomponenten der Betriebe analysierte das Labor der Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie nasschemisch nach VDLUFA MB III 31.2 auf Trockenmasse, Rohprotein, Rohfaser, Rohfett (VDLUFA 2004), nach VO (EG) NR. 152/2009 (2009) auf Rohasche, sowie den Energiegehalt. Das Labor ist durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) nach DIN EN ISO/IEC 17025 anerkannt. Die Angaben für Kraft- und Mineralfutter oder andere Futtermittelzusätze wurden den Angaben der Hersteller entnommen.

Auf **Betrieb 1** wurde seit März 2010 im neugebauten Milchviehstall ein Bandfütterungsverfahren betrieben. Zum Zeitpunkt des Versuchs (17.-22.10.2011) wurden im Milchviehstall insgesamt 130 Holstein Friesian Kühe mit einer Durchschnittsleistung pro Laktation von 8'000-8'500 Litern gehalten und mit zwei Lely Astronaut Melkrobotern gemolken. Der Versuch wurde in der Tiergruppe durchgeführt, die den ganzen Leistungs- und Altersbereich der Herde abbildete. Den laktierenden Kühen wurde sieben Mal am Tag, davon einmal in der Nacht, das Futter vorgelegt (Tab. 16).

Tab. 16: Tägliche Futtervorlagezeiten der automatischen Fütterung (Startzeiten) der Versuchsgruppe auf dem Betrieb 1

Futtervorlage	Uhrzeit	Bemerkung
1	02:00	erstellen der Futtermischung um 20:00 Uhr des Vortags
2	06:00	
3	07:30	
4	11:00	
5	13:30	
6	15:00	
7	19:30	

Die Ration bestand aus Grassilage, Maissilage, Heucobs, Stroh, Kraft- und Mineralfutter und Pansenpuffer (Tab. 17). Sowohl die Gras- als auch die Maissilage wurden in Tiefsilos mit Obenentnahmefräse gelagert, Dürrfutter und Stroh als Quaderballen. Somit wurde nur der 8 m³ fassenden Vorratsbehälter für Dürrfutter und Stroh regelmäßig befüllt. Die Entnahme der Silage erfolgte automatisch über die Entnahmefräse der Tiefsilos. Die Futterlagerung und der stationäre Mischer zur Rationserstellung befanden sich in einem 26 Meter vom Milchviehstall entfernten Gebäude (Abb. 63 und Abb. 64).

Tab. 17: Rationszusammensetzung der Versuchsgruppe von Betrieb 1

Futterkomponenten	Täglicher Bedarf			
	TS ¹ [kg]	TS ² [%]	FS ³ [kg]	Anteil in der Basisration [%]
Heucobs + Stroh	1.1	90.3	1.2	3.4
Grassilage (2. Schnitt)	11.1	40.0	27.75	35.3
Maissilage	12.0	35.3	34.0	38.1
Pansenpuffer (Pansen - Pilot, Fa. Josera)	0.1	90.0	0.1	0.3
Mineralfutter (Milki Sincropac, Fa. Milkivit)	0.2	100.0	0.15	0.5
Milchleistungsfutter	7.0	88.0	8.0	22.4
Total Ration	31.5		71.2	

¹ TS: Trockensubstanzgehalt; ² Trockensubstanzgehalte Stand: 19.10.2011; ³ FS: Frischsubstanz

Auf dem **Betrieb 2** wurde das Bandfütterungsverfahren im Mai 2009 nachträglich in den bestehenden Laufstall eingebaut. Hier befanden sich die Futterlagerung und der stationäre Mischer nicht im Milchviehstall, sondern in einem separaten, schon vorher bestehenden landwirtschaftlichen Gebäude (Abb. 65). Der Versuch fand im Zeitraum vom 17. bis 22.10.2011 statt. Die 63-köpfige Herde bestand überwiegend aus Kühen der Rasse Braunvieh, darüber hinaus aus drei Jersey Kühen und einer HF-Kuh. Gemolken wurde die Herde mit 8'200 kg Durchschnittsmilchleistung pro Laktation mit

einem Lely Astronaut Melkroboter. Die Ration wurde einmal je Tag vom Betriebsleiter erstellt und sieben Mal am Tag vorgelegt (Tab. 18). Der Futtertisch wurde täglich gereinigt. Ein Futternachschieben war aufgrund der Trogbauweise des Futtertisches nicht nötig.

Tab. 18: Tägliche Futtevorlagezeiten des automatischen Fütterungsverfahrens (Startzeiten) der Versuchsgruppe auf dem Betrieb 2

Futtevorlage	Uhrzeit	Bemerkung
1	04:00	
2	07:00	
3	10:30	
4	13:30	
5	17:00	
6	19:30	
7	23:30	

Die Ration bestand aus acht Einzelkomponenten (Tab. 19) jedoch ohne Milchleistungsfutter (MLF 18:4). Dies wurde ausschließlich über den Melkroboter gefüttert. Die Grassilage lagerte entweder in einem Tiefsilo mit Obenentnahmefräse oder als Quaderballen. Die Maissilage und der Biertreber lagerten als Flachsilage, das Dürrfutter auf dem belüfteten Heustock.

Tab. 19: Rationszusammensetzung der Versuchsgruppe von Betrieb 2

Futterkomponenten	Täglicher Bedarf			
	TS ¹ [kg]	TS ² [%]	FS ³ [kg]	Anteil in der Basisration [%]
Dürrfutter (3. Schnitt)	2.7	88.5	3.0	15.6
Grassilage (2. Schnitt)	8.2	32.8	25.0	48.2
Maissilage	1.3	29.5	4.5	7.8
Grascops	2.3	93.0	2.5	13.7
Biertreber, siliert	0.9	22.8	4.0	5.4
Körnermais	0.9	87.0	1.0	5.1
Stroh	0.6	92.2	0.6	3.3
Mineralfutter (RS 1808 pro fit, Fa. Krafftutter Meyer GmbH, Twistingen)	0.1	100	0.1	0.6
Total Ration	17.0		40.7	

¹ TS: Trockensubstanzgehalt; ² Trockensubstanzgehalte Stand: 19.10.2011; ³ FS: Frischsubstanz

Auf **Betrieb 3** war die die automatische Bandfütterung seit Oktober 2009 in einem Neubaustall installiert. Im 3-reihigen Laufstall (Abb. 66) wurden 65 Fleckviehkühe gehalten mit einer durchschnittlichen Milchleistung pro Laktation von 7'100 Litern. Das Bandverfahren streute neben dem sechsmaligen Austrag (Tab. 20) des Futters

einmal pro Tag auch die Liegeboxen mit einem Kalk-Strohgemisch ein. Der Entmistungsschieber lief im Sommer alle 2 Stunden, im Winter jede Stunde.

Tab. 20: Tägliche Futtevorlagezeiten der automatischen Fütterung (Startzeiten) der Versuchsgruppe auf dem Betrieb 3

Futtevorlage	Uhrzeit	Bemerkung
1	03:00	
2	07:30	
3	11:00	
4	15:00	
5	18:30	
6	21:30	

Die Ration der laktierenden Tiere bestand zum Versuchszeitpunkt (07.05.-12.05.2012) bei Betrieb 3 aus sieben verschiedenen Komponenten (Tab. 21). Zusätzlich wurde neben der Ration über den DeLaval VMS Melkroboter und einer Kraftfutterstation leistungsabhängig Milchleistungsfutter gefüttert. Im Gegensatz zu den anderen Betrieben, bestand auf diesem Betrieb ein zwangsgelenkter Kuhverkehr. Die Gras- und Maissilage lagerte im Flachsilo. Das Luzerneheu als Quaderballen wurde zugekauft. Die Befüllung der Vorratsbehälter erfolgte alle zwei Tage. Zwei bis dreimal täglich wurde das Futter nachgeschoben, die Reinigung des Futtertisches erfolgte zweimal wöchentlich.

Tab. 21: Rationszusammensetzung der Versuchsgruppe von Betrieb 3

Futterkomponenten	Täglicher Bedarf			
	TS ¹ [kg]	TS ² [%]	FS ³ [kg]	Anteil in der Basisration [%]
Heu (Luzerne)	1.0	88.5	1.1	5.8
Grassilage (4. Schnitt)	4.5	25.2	17.8	26.5
Maissilage	6.7	31.2	21.5	39.7
Eigenmischung (80 % Wintergerste, 20 % Körnermais)	3.1	88.0	3.5	18.2
Krafftutter (60 % Gerste, 20 % Ackerbohnen + Hafer, 20 % Körnermais)	1.4	88.0	1.6	8.1
kohlensaurer Magnesiumkalk⁴	0.1	93.0	0.1	0.6
Transitkorn	0.1	88.0	0.1	0.6
Total Ration	16.9		45.7	

¹ TS: Trockensubstanzgehalt; ² Trockensubstanzgehalte Stand: 15.05.2012; ³ FS: Frischsubstanz, ⁴ TS-Gehalt laut ARRIGO (1999)

Auf dem **Betrieb 4** ging im Mai 2009 ein schienengeführter TMR Roboter mit vier Vorratsbehältern in Betrieb (Abb. 67). Der dreireihige Laufstallneubau war mit zwei Lely Astronaut 3 Melkrobotern ausgestattet. Darin wurden 124 HF-Kühe mit einer durchschnittlichen Milchleistung von 10'700 kg je Laktation gehalten (Zeitraum des Versuchs: 30.05.-05.06.2012). Der Entmistungsschieber lief alle zwei Stunden zu jeder vollen geraden Stunde. Das Fütterungsverfahren legte sieben Mal am Tag frisches Futter vor (Tab. 22).

Tab. 22: Tägliche Futtervorlagezeiten der automatischen Fütterung (Startzeiten) der Versuchsgruppe auf dem Betrieb 4

Futtervorlage	Uhrzeit Gruppe 1	Uhrzeit Gruppe 2	Bemerkung
1	01:00	01:15	
2	06:30	06:45	
3	08:30	08:45	
4	11:30	11:45	
5	14:30	14:45	
6	17:30	17:45	
7	20:30	20:45	

Die Ration bestand aus sechs Komponenten (Tab. 23). Zusätzlich fütterte der Melkroboter tierindividuell und leistungsabhängig Krafftutter. Sowohl die Grassilage als auch die Maissilage und die Zuckerrübenassschnittel (ZRS) lagerten als Flachsilage. Die Befüllung der Vorratsbehälter und die Reinigung des Futtertisches

erfolgen täglich. Darüber hinaus wurde mehrmals am Tag nach Bedarf das Futter nachgeschoben.

Tab. 23: Rationszusammensetzung der Versuchsgruppe von Betrieb 4

Futterkomponenten	Täglicher Bedarf			
	TS ¹ [kg]	TS ² [%]	FS ³ [kg]	Anteil in der Basisration [%]
Grassilage (3. Schnitt)	4.5	40.8	11	28.6
Maissilage	7.3	34.7	21	46.4
ZRS⁴, siliert	1.4	25.2	5.5	8.8
Mineralfutter (Rindavit 41 Spezial, Fa. Schaumann)	0.1	100	0.13	0.8
Sojaextraktionsschrot⁵	0.9	93.0	1	5.9
Futterfett⁶ (Energy, Fa. Schaumann)	0.2	88.0	0.25	1.4
Rapsextraktionsschrot⁵	1.3	89.0	1.5	8.5
Total Ration	15.7		40.4	100.5

¹ TS: Trockensubstanzgehalt; ² Trockensubstanzgehalte Stand: 05.06.2012; ³ FS: Frischsubstanz, ⁴ ZRS: Zuckerrübenasschnitzel, ⁵ TS-Gehalt laut ARRIGO (1999), ⁶ Angaben Fa. Schaumann, Stand: 23.08.2013

Der **Betrieb 5** setzte seit Oktober 2011 einen TMR Roboter und einen Lely Astronaut Melkroboter im vierreihigen Laufstallneubau ein (Abb. 68). Die Herde bestand aus 62 Holstein Friesian Kühen mit einer durchschnittlichen Milchleistung pro Laktation von 9'900 Liter. Während der Versuche (06.06.-12.06.2012) wurde der laktierenden Gruppe neunmal am Tag Futter vorgelegt (Tab. 24). In dem Stall wurde neben den Kühen auch das Jungvieh gehalten.

Tab. 24: Tägliche Futtevorlagezeiten der automatischen Fütterung (Startzeiten) der Versuchsgruppe auf dem Betrieb 5

Futtevorlage	Uhrzeit	Bemerkung
1	02:00	
2	04:40	
3	07:20	
4	10:00	
5	12:40	
6	15:30	
7	17:45	
8	20:40	
9	22:47	

Die Ration auf dem Betrieb 5 bestand neben Gras- und Maissilage aus Mineral- und Krafftutter (Tab. 25). Zusätzlich wurde Milchleistungsfutter im Lely Melkroboter und über eine Krafftutterstation tierindividuell zugefüttert. Zwei- bis dreimal täglich wurde

das Futter manuell an die Tiere herangeschoben. Der Entmistungsschieber lief vor jeder Futtervorlage im Futtergang und dreimal täglich im Laufgang.

Tab. 25: Rationszusammensetzung der Versuchsgruppe von Betrieb 5

Futterkomponenten	Täglicher Bedarf			
	TS ¹ [kg]	TS ² [%]	FS ³ [kg]	Anteil in der Basisration [%]
Grassilage (2. Schnitt)	5.5	40.9	13.5	89.1
Maissilage	9.5	31.5	30.0	152.4
Mineralfutter (VitaMiral 18-6, Fa. Agravis)	0.3	100	0.3	4.0
Milchleistungsfutter (18:3)	0.9	88.0	1.0	14.2
Total Ration	6.2		44.8	259.7

¹ TS: Trockensubstanzgehalt; ² Trockensubstanzgehalte Stand: 13.06.2012; ³ FS: Frischsubstanz

Auf dem **Betrieb 6** lief der TMR Roboter mit vier Vorratsbehältern seit April 2012. Der sechsreihige Neubau war zum Zeitpunkt des Versuchs (26.11.-04.12.2012) mit 132 Kühen nur zu 2/3 belegt. Neben den Bereichen für das Milchvieh gab es auch einen Bereich für das Jungvieh. Im Stall befanden sich drei Bereiche für laktierende Kühe, die jeweils mit einem Lely Astronaut Melkroboter ausgestattet waren. Aufgrund der noch nicht vollen Belegung des Stalls stand der Gruppe 1 der Zugang zu zwei Melkroboter zur Verfügung. In Gruppe 1 (hochleistende Gruppe) befanden sich 59 Tiere und in Gruppe 2 (niederleistende Gruppe) 57 Tiere. Beiden Gruppen wurden sechs Mal täglich Futter vorgelegt (Tab. 26).

Tab. 26: Tägliche Futtervorlagezeiten der automatischen Fütterung (Startzeiten) der Versuchsgruppe auf dem Betrieb 6

Futtervorlage	Uhrzeit Gruppe 1 (HL ¹)	Uhrzeit Gruppe 2 (NL ²)	Bemerkung
1	01:00	03:00	
2	05:00	05:30	
3	09:00	11:00	
4	13:00	15:00	
5	17:00	19:00	
6	21:00	23:00	

¹ HL: hochleistende Gruppe; ² NL: niederleistende Gruppe

In Tab. 27 sind die Rationen dargestellt. Alle drei Grassilageschnitte wurden in demselben Flachsilo gelagert. Dadurch ist nur eine ungefähre Abschätzung der in der Ration verwendeten Mengen der einzelnen Grasschnitte möglich. Die Maissilage und die silierten Zuckerrübenasschnitzel wurden, wie die Grassilage, im Flachsilo gelagert. Die Befüllung der Vorratsbehälter erfolgte täglich. Der Futtertisch wurde

nicht regelmäßig gereinigt, jedoch erfolgte ein- bis zweimal täglich ein manueller Futternachschub.

Tab. 27: Rationszusammensetzung der hochleistenden (links) und niederleistenden Versuchsgruppe (rechts) von Betrieb 6

Futterkomponenten	Täglicher Bedarf HL ⁶				Täglicher Bedarf NL ⁷			
	TS ¹ [kg]	TS ² [%]	FS ³ [kg]	Anteil in der Basisration [%]	TS ¹ [kg]	TS ² [%]	FS ³ [kg]	Anteil in der Basisration [%]
Grassilage⁴ (1. Schnitt)	2.8	22.2	12.5	14.4	2.8	22.2	12.5	14.8
Grassilage⁴ (2. Schnitt)	4.3	34.5	12.5	22.4	4.3	34.5	12.5	22.9
Grassilage⁴ (3. Schnitt)	2.2	44.6	5.0	11.6	2.2	44.6	5.0	11.9
Maissilage	4.1	34.4	12.0	21.5	4.1	34.4	12.0	22.0
ZRS⁵, siliert	1.9	26.8	7.0	9.8	1.9	26.8	7.0	10.0
Krafftutter (Eigenmischung)	3.8	88.0	4.3	19.7	3.4	90.0	3.8	18.2
Mineralfutter (Rindamin 71, Schauman)	0.1	100	0.14	0.7	0.1	90.0	0.14	0.7
Vihsalz	0.03	90.0	0.03	0.1	0.03	88.0	0.03	0.1
Total Ration	19.2		53.5		18.8		53.0	

¹ TS: Trockensubstanzgehalt; ² Trockensubstanzgehalte Stand: 05.12.2012; ³ FS: Frischsubstanz, ⁴ Mengen sind Schätzung des Betriebsleiters, ⁵ ZRS: Zuckerrübenasschnittel; ⁶ HL: hochleistende Gruppe; ⁷ NL: niederleistende Gruppe

3.3.3 Erhobene Parameter

3.3.3.1 Fressverhalten und Wiederkauaktivität

Für die Aufnahme des Fressverhaltens wurden für Betrieb 1 und Betrieb 2 ART-MSR-Nasenbandsensoren (vgl. Kapitel 3.1.5) eingesetzt. Aufgrund der Speicherkapazität der Datenlogger, die für eine Aufzeichnung über rund 40 Stunden reichte, wurden die ART-MSR-NBS den Tieren nach 24 Stunden abgenommen, ausgelesen und neu angelegt. Auf Betrieb 1 wurde die Datenaufnahme in einer der zwei vorhandenen Tiergruppen durchgeführt. Auf den anderen vier Praxisbetrieben wurde das RumiWatch® System (Itin und Hoch, Liestal, Schweiz) eingesetzt. Das Messprinzip ist hierbei grundsätzlich das gleiche wie bei den ART-MSR-NBS. Der Vorteil des RumiWatch® Systems lag darin, dass die Speicherkapazität für die Daten deutlich höher ist und somit die Halfter über alle Versuchstage am Tier bleiben konnten. Somit

war die Datenaufnahme nicht durch das Auslesen der Sensoren unterbrochen und der Stress für die Tiere wurde verringert. Darüber hinaus konnte die Funktion der Halfter über die bestehende Funkverbindung jederzeit überprüft werden. Durch die Reduktion des Arbeitsaufwandes bei der Sensortechnik konnten mehr Tiere pro Betrieb in die Untersuchung einbezogen werden (Tab. 28).

Auf allen Betrieben wurden anhand der Daten der Landeskontrollverbände oder der AMV die Fokustiere so ausgewählt, dass sie die Alters- und Leistungsstruktur der Herde oder Tiergruppe widerspiegeln. Dabei wurde angestrebt, Daten von ca. 20 % der laktierenden Kühe zu erfassen. Für Tiere, die vor Ort als ungeeignet (z.B. Lahmheit) eingestuft wurden, wurden ein anderes, in Alter und Leistung möglichst identisches Tier ausgewählt. Eine Übersicht über die Anzahl Versuchstage, Versuchstiere und den Umfang des Datensatzes ist der Tab. 28 im Detail zu entnehmen.

3.3.3.2 Liegeverhalten

Das Liegeverhalten wurde mittels der in Kapitel 3.2.2.5 detailliert dargestellten MSR-Methode (3-Achsen- Beschleunigung) untersucht. Alle ausgewählten Fokustiere mit einem ART-MSR-NBS bzw. Rumi-Watch® Sensor wurden mit einem MSR-Sensor IP 67 am hinteren Röhrebein versehen. Die Anzahl Versuchstage und der Umfang des Datensatzes sind der Tab. 28 zu entnehmen. Um sowohl für das Fressverhalten als auch für das Liegeverhalten Rückschlüsse ziehen zu können, wurden die Anzahl Besuche am AMV je Tier und Tag erfasst.

Tab. 28: Methodenübersicht der Datenaufnahme von Fress- und Liegeverhalten auf Praxisbetrieben

Betrieb	Methode Fressverhalten	Methode Liegeverhalten	Versuchstage [n]	Versuchstiere [n]	Versuchsgruppen (Gruppen im Stall) [n]	Datensätze erhoben [n]	Datensätze ausgewertet [n]
1	ART-MSR ¹	MSR	4	12	1 (2)	48	45
2	ART-MSR ¹	MSR	4	12	1 (1)	48	46
3	RW ²	MSR	5	26	1 (1)	130	87
4	RW ²	MSR	6	29	2 (2)	174	82
5	RW ²	MSR	6	28	1 (1)	168	104
6	RW ²	MSR	7	30	2 (2)	210	119

¹ ART-MSR: ART-MSR-Nasenbandsensor, ² RW: RumiWatch® System

3.3.4 Milchleistung und Besuche am automatischen Melkverfahren

Am Ende der Datenaufnahme wurden für die Versuchstage die benötigten Daten für die Milchleistung und die Anzahl Besuche aus dem AMV ausgelesen. Diese enthielten die Informationen über die einzelnen Besuchszeiten und die entsprechenden Milchleistungen. Aus diesen wurde tierindividuell die Tagesmenge an Milch und die Anzahl der Besuche pro Tag über die Versuchsperiode errechnet.

Die Daten zur Durchschnittsleistung der Herde wurden der letzten offiziellen Milchkontrolle der Landeskontrollverbände entnommen oder vom Betriebsleiter erfragt.

Tab. 29: Übersicht der Betriebseigenschaften und Eigenschaften der automatischen Fütterungsverfahren (AFV)

	Praxisbetrieb					
	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4	Betrieb 5	Betrieb 6
Bewirtschaftungsform	konventionell	konventionell	konventionell	konventionell	konventionell	konventionell
Betriebszweige	Milchvieh Jungvieh	Milchvieh Jungvieh	Milchvieh Jungvieh	Milchvieh Jungvieh	Milchvieh Jungvieh	Milchvieh Jungvieh Biogas
Haltungssystem	Neubau Laufstall ganzjährige Stallhaltung	Altbau Laufstall ganzjährige Stallhaltung	Neubau Laufstall ganzjährige Stallhaltung	Neubau Laufstall ganzjährige Stallhaltung	Neubau Laufstall ganzjährige Stallhaltung	Neubau Laufstall ganzjährige Stallhaltung
Anzahl Kühe	130	63	65	124	62	132
Rasse	HF ¹	Braunvieh Jersey HF ¹	Fleckvieh	HF ¹	HF ¹	HF ¹
Ø Milchleistung [kg/Laktation]	8'000-8'500	8'225	7'100	10'750	9'900	8'000-8'500
Typ AVF	Futterband	Futterband	Futterband	TMR Roboter	TMR Roboter	TMR Roboter
AFV in Betrieb seit	03/2010	5/2009	10/2009	05/2009	10/2011	04/2012
Anlagenkomponenten	Futterband SM ⁵ 1 VB ⁶ (8m ³) Förderbänder	Futterband SM ⁵ Förderband	Futterband SM ⁵ 2 VB ⁶ (8m ³) 2 Befülltische Förderbänder	TMR Roboter 3 VB ⁶ (8m ³) 1 VB ⁶	TMR Roboter 2 VB ⁶	TMR Roboter 2 VB ⁶ 1 VB ⁶ (8m ³)
Futtermitteln/ laktierender Tiergruppe/Tag [n]	7	7	6	7	9	6
Futterkomponenten im AFV [n]	8	8	9	9	4	7
Futterlagerung	4 Tiefsilos Heustock	Tiefsilo Heustock Quaderballen Flachsilage	Flachsilage Quaderballen	Flachsilage	Flachsilage	Flachsilage Rundballen
Melktechnik	AMV ²	AMV ²	AMV ²	AMV ²	AMV ²	AMV ²
Ration	PMR ³ + KF ⁴ im AMV	PMR ³ + KF ⁴ im AMV	PMR ³ + KF ⁴ im AMV	PMR ³ + KF ⁴ im AMV	PMR ³ + KF ⁴ im AMV	PMR ³ + KF ⁴ im AMV

¹ HF: Holstein Friesian; ² AMV: Automatisches Melkverfahren; ³ PMR: partielle Mischration; ⁴ KF: Krafftutter; ⁵ SM: stationärer Mischer; ⁶ VB: Vorratsbehälter

3.3.5 Tieraktivität und Ethogramme

Zur Erstellung von Tagesprofilen wurden, wie in Kap. 3.2.2.7 detailliert beschrieben, die Daten des Fress- und Wiederkauverhaltens und der MSR Lagesensoren genutzt. Der Unterschied bestand in diesem Fall darin, dass auf den Betrieben 1 und 2 die ART-MSR-NBS und bei den anderen Betrieben RumiWatch Sensoren eingesetzt wurden. Damit der Auswertungsalgorithmus identisch war, wurden alle Daten mittels RumiWatch® Converters 0.6.3 ausgewertet. Alle Messdaten wurden mittels eines Excel VBA Makros (Microsoft Excel® Version 2010) synchronisiert und zusammengeführt. Die Kontrolle und die weitere Aufbereitung der Daten erfolgte auch in diesem Fall im Microsoft Excel® Version 2010.

3.3.6 Datenaufbereitung und -auswertung

Auch auf den Praxisbetrieben wurden zur Sicherstellung der Datenqualität die **Sensoren einer Routinekontrolle** unterzogen. Die RumiWatch-NBS wurden täglich über die Funkverbindung auf ihre Funktion überprüft. Ebenfalls täglich wurden von jedem NBS per Funk die Datenzusammenfassungen der letzten 24 Stunden übertragen. Durch eine tägliche Überprüfung der Sensoren konnte im Falle einer Fehlfunktion reagiert werden. Aufgrund der aufwendigen Befestigung der MSR-Lagesensoren mittels Bandage am Röhrbein sowie der nicht vorhandenen Möglichkeit der Auslesung via Funkverbindung, konnten diese nicht während der laufenden Datenaufnahme überprüft werden. Die Funktionskontrolle dieser Sensoren erfolgte daher jeweils vor Versuchsbeginn.

Während des ganzen Versuchs wurden zur **Qualitätskontrolle** der Datenaufnahme die Ställe videoüberwacht und die vom automatischen Fütterungsverfahren aufgezeichneten Fehler bei dem Fütterungsvorgang erfasst. Für die Analyse der Futterproben wurden nur akkreditierte Labors genutzt.

Zur **Datensicherung** wurden die Datenzusammenfassungen vom RumiWatch-NBS und die Daten der Videokameras täglich ausgelesen und archiviert.

Zur **Plausibilitätskontrolle** wurden die Daten visuell überprüft. Nach dem Auslesen der MSR-Lagesensoren wurden die Daten ebenfalls visuell überprüft und gesichert.

Je nach Aufbereitungsstufe erfolgte die **Datenaufbereitung** in Microsoft Excel® Version 2010 oder mit dem RumiWatch® Converter 0.6.3 und 0.3.0 (für Daten mit geringer Druckamplitude). Eine weitere Plausibilitätskontrolle der Daten wurde nach der Aufbereitung durchgeführt. Durch Ausfälle und Beschädigung von Messsensoren entstandene fehlerhafte Datensätze wurden nicht in die Auswertungen einbezogen oder wenn möglich um die fehlerhaften Datenbereiche bereinigt.

3.4 Projektteil 3: Futterqualität und -hygiene von Maissilage in Vorratsbehältern von automatischen Fütterungsverfahren

Das Ziel der Versuche war es, den Einfluss der Lagerungsdauer in den Vorratsbehältern von automatischen Fütterungsverfahren in Hinblick auf die Futterqualität und -hygiene bewerten zu können. Dafür wurde die Futtertemperatur gemessen, Analysen zur Futterhygiene (Hefen, Schimmelpilze, aerobe Fremdkeime) und der aeroben Stabilität (ASTA) durchgeführt.

Die Versuche fanden mit der in Kapitel 3.1.2 beschriebenen automatischem Fütterungsverfahren der Firma Pellon Group Oy, Ylihärmä, Finnland auf dem Versuchsbetrieb der Forschungsanstalt Agroscope in Tänikon statt. Ein achtwöchiger Vorversuch im Zeitraum vom 04.07.-28.08.2011 diente der Überprüfung der gewählten Methode zur Bestimmung von Futterqualität und -hygiene. Diese Untersuchungen fanden ebenfalls auf dem Versuchsbetrieb statt. Im Vorversuch wurden für eine Dauer von zwei Tagen Maissilage aus einem Harvestore-Silo mit Untenentnahmefräse, sowie Quaderballensilage in die Vorratsbehälter gefüllt.

Die Erkenntnisse des Vorversuchs führten zu einigen Anpassungen der Methode. Dazu zählten der Einbezug der zusätzlichen Variante „Folienschlauchsilage“ und die Futteraufnahme der Milchkühe. Da die weitere Methodik identisch blieb, wird im Weiteren nur auf die Methodik der Hauptversuche eingegangen. Die Hauptversuche fanden jeweils über sechs Wochen, im Winter (20.02.-01.04.2012) und im Sommer vom (11.06.-29.07.2012) statt.

3.4.1 Versuchsgruppen, Haltung und Management

Alle Versuchsgruppen befanden sich im selben Stallgebäude (Abb. 62) und nutzten den Laufhof gemeinsam mit den nicht im Versuch involvierten Tieren. Die Regelung des Zutritts zu dem Fress- und Liegebereich im Laufstall erfolgte mittels Selektionstoren und Transpondern.

Für den Versuch wurden im Winter 45 bzw. im Sommer 39 Milchkühe der Rassen Braunvieh und Fleckvieh x Red Holstein von der ersten bis zur achten Laktation einbezogen. Im Winterversuch wurden je 15 Tiere in drei Versuchsgruppen eingeteilt. Im Sommerversuch befanden sich je 13 Tiere, davon jeweils zwei Rinder in den drei

Versuchsgruppen. In Bezug auf mittlere Laktationsnummer, Laktationstag sowie Milchleistung waren die Versuchstiergruppen vergleichbar. Die Anzahl Fress- und Liegeplätze entsprachen der Tieranzahl. Die durchschnittliche Milchleistung lag zu Versuchsbeginn im Winterversuch bei 25.4 kg je Tier und Tag mit 3.9 % Fett und 3.12 % Eiweiß (Tab. 30) und im Sommerversuch bei 29.0 kg je Tier und Tag mit 4.55 % Fett und 3.35 % Eiweiß (Tab. 31).

Tab. 30: Übersicht über die Leistungsdaten der Versuchstiere Winter 2012 (Stand: 20.02.2012)

	Laktationsnummer [n]	Laktationstag [n]	Milchleistung [kg]	Fett [%]	Eiweiß [%]
Mittelwert	2.7	170.1	25.4	3.90	3.12
Median	2.0	176.0	22.5	3.96	3.10
Minimum	1.0	14.0	10.4	2.10	2.70
Maximum	8.0	407.0	43.7	6.18	3.75

Tab. 31: Übersicht über die Leistungsdaten der Versuchstiere Sommer 2012 ohne Rinder (Stand: 17.06.2012)

	Laktationsnummer [n]	Laktationstag [n]	Milchleistung [kg]	Fett [%]	Eiweiß [%]
Mittelwert	3.5	142.6	29.0	4.55	3.35
Median	3.0	164.0	29.3	4.53	3.40
Minimum	1.0	7.0	17.3	3.70	2.67
Maximum	8.0	311.0	41.5	6.07	3.78

Die Tiere wurden zweimal am Tag (04:30 Uhr und 16:15 Uhr) gemolken. Die Selektion der Tiere nach dem Melken erfolgte über Selektionstore. Zwischen 09:30 Uhr und 10:30 Uhr wurden die Tiere für mögliche tierärztliche Untersuchungen und Behandlungen fixiert.

Die Futtervorlage erfolgte bei allen Versuchsgruppen achtmal täglich durch das schienengeführte automatische Fütterungsverfahren (Tab. 34). Es wurde in beiden Versuchen eine PMR mit sechs Futterkomponenten vorgelegt (Tab. 32 und Tab. 33) Die vorgelegte Menge der Ration wurde laufend und gruppenweise dem Verzehr

angepasst. Dabei wurde eine Restfuttermenge zwischen 5 % und 10 % angestrebt. Abhängig von der tierindividuellen Milchleistung wurde ergänzend über stationäre Krafffutterstationen (Typ: LF 43008, Fa. UFA AG, Sursee, Schweiz) und Mineralfutter (Typ MINEX 976 Fa. UFA AG, Sursee, Schweiz) gefüttert. Ab einer Milchleistung von 24 kg hatten die Tiere ab der 2. Laktation ein Anrecht auf Proteinausgleichsfutter des Typs 44954 (Fa. UFA AG, Sursee, Schweiz) an der Krafffutterstation. Täglich wurden per Hand 60 g Viehsalz (Typ 3153, Fa. Schweizer Rheinsalinen, Pratteln, Schweiz) je Tier auf dem Futtertisch vorgelegt.

Tab. 32: Rationszusammensetzung der aufgewerteten Mischration Winter 2012 je Tier und Tag (Stand: 20.02.2012)

Futterkomponenten	Täglicher Bedarf			
	TS ⁴ [kg]	TS ⁵ [%]	FS ⁶ [kg]	Anteil in der Basisration [%]
Heu	2.5	90.3	2.8	12.8
Grassilage	6.7	40.9	16.4	34.4
Maissilage	8.1	38.8	20.9	41.5
UFA 2/48/1 ¹	1.3	87	1.5	6.7
LF 43008 ²	0.7	88	0.8	3.6
PAF 44954 ³	0.2	88	0.2	1.0
Total Ration	19.5		42.5	

¹ Krafffutter Typ 2/48/1, Fa. UFA AG, Sursee; ² Milchleistungsfutter Typ 43008; ³ Proteinausgleichsfutter Typ 44954; ⁴ TS: Trockensubstanzgehalt; ⁵ Trockensubstanzgehalte Stand: 08.02.2012; ⁶ FS: Frischsubstanz

Tab. 33: Rationszusammensetzung der aufgewerteten Mischration Sommer 2012 je Tier und Tag (Stand: 11.06.2012)

Futterkomponenten	Täglicher Bedarf			
	TS ⁴ [kg]	TS ⁵ [%]	FS ⁶ [kg]	Anteil in der Basisration [%]
Heu	2.5	88.2	2.8	12.8
Grassilage	6.7	37.0	18.1	34.4
Maissilage	8.1	39.3	20.6	41.5
UFA 2/48/1 ¹	1.3	87	1.5	6.7
LF 43008 ²	0.7	88	0.8	3.6
PAF 44954 ³	0.2	88	0.2	1.0
Total Ration	19.5		44.0	

¹ Krafffutter Typ 2/48/1, Fa. UFA AG, Sursee; ² Milchleistungsfutter Typ 43008; ³ Proteinausgleichsfutter Typ 44954; ⁴ TS: Trockensubstanzgehalt; ⁵ Trockensubstanzgehalte Stand: 08.02.2012; ⁶ FS: Frischsubstanz

Der Futteranschub wurde zehnmal täglich durch den Juno Futternachschieber der Firma Lely ausgeführt. Bei der ersten Fütterung des Tages wurde nur die halbe der üblichen Futtermenge vorgelegt. Grund war die Vermeidung von übermäßigen

Futterresten bei der täglichen Futtertischreinigung um 08:15 Uhr. Fütterungs- und Nachschiebezeiten wurden aufeinander abgestimmt (Tab. 34).

Tab. 34: Futtevorlage- und Futternachschubzeiten (Startzeit) der Futtevorlage pro Tag

Zeitpunkte Versuchsgruppe 1	Zeitpunkte Versuchsgruppe 2	Zeitpunkte Versuchsgruppe 3	Zeitpunkte Futternachschub Lely Juno
			04:30 Uhr
04:45			
	05:15 Uhr		
		05:45 Uhr	
			06:30 Uhr
08:15 Uhr			
	08:35 Uhr		
		08:55 Uhr	
			09:30 Uhr
10:00 Uhr			
	10:20 Uhr		
		10:40 Uhr	
			11:00 Uhr
11:30 Uhr			
	11:50 Uhr		
		12:10 Uhr	
			14:00 Uhr
			15:30 Uhr
16:00 Uhr			
	16:20 Uhr		
		16:40 Uhr	
			17:00 Uhr
			18:30 Uhr
19:00 Uhr			
	19:20 Uhr		
		19:40 Uhr	
			20:30 Uhr
21:00 Uhr			
	21:20 Uhr		
		21:40 Uhr	
			23:30 Uhr

In beiden Versuchen startete jeder Versuchsblock mit einer Woche Eingewöhnung. Danach folgten zwei Versuchswochen. Die Versuche wurden im cross-over Design

durchgeführt. Die verschiedenen Konservierungsverfahren in der vorgelegten Ration wurden dabei nach jedem Versuchsblock zwischen den Versuchsgruppen getauscht (Tab. 35).

Tab. 35: Schematische Darstellung des Versuchsdesigns im Versuch zur Futterqualität und hygiene: verwendete Konservierungsverfahren in der gruppenspezifischen Ration je Versuchsblock

	Versuchsgruppe 1	Versuchsgruppe 2	Versuchsgruppe 3
Versuchsblock 1	HS ¹	QB	FSS
Versuchsblock 2	QB ²	FSS	HS
Versuchsblock 3	FSS ³	HS	QB

¹HS: Hochsilomaissilage ²QB: Quaderballenmaissilage ³FSS: Schlauchsilomaissilage

Um möglichst gleichbleibende Tageslängen zu erreichen, wurde ein Beleuchtungsprogramm durchgeführt. Ab 03:30 Uhr bis 07:30 Uhr am Morgen und zwischen 17:30 Uhr und 19:30 Uhr am Abend waren Metalldampflampen über dem Futtertisch im Einsatz.

3.4.2 Befüllung der Vorratsbehälter

Die Befüllung fand an drei festgelegten Tagen pro Woche (Montag, Mittwoch und Freitag) statt. Für einige Proben war eine umgehende Analyse im Labor notwendig, weshalb diese Probennahmen an allgemeinen Arbeitstagen und zu Beginn der Woche stattfanden. Die Befüllung erfolgte somit dreimal wöchentlich für jeweils zwei Tage. Nach der jeweiligen 08.00 Uhr Fütterung wurden die Vorratsbehälter entleert und immer in der gleichen Reihenfolge befüllt. In Abb. 10 ist die Reihenfolge der verschiedenen Befüllungen schematisch dargestellt. Zuerst wurde das lose Futter aus dem Harvestore-Hochsilo (HS) entnommen, mit einem Futtermischwagen zum Vorratsbehälter transportiert und über ein Förderband in den Vorratsbehälter gefüllt. Die Folie der Quaderballen (QB) wurde erst im Vorratsbehälter entfernt, damit ein Auseinanderbrechen der Ballen vermieden werden konnte. Darüber hinaus wurde die Befüllklappe des Vorratsbehälters so verändert, dass der Ballen direkt auf den Vorschubboden des Vorratsbehälters abgesetzt werden konnte (Abb. 11). Als letztes wurde die Folienschlauchsilage (FSS) mit einer Schneidzange entnommen und in den Vorratsbehälter gefüllt.

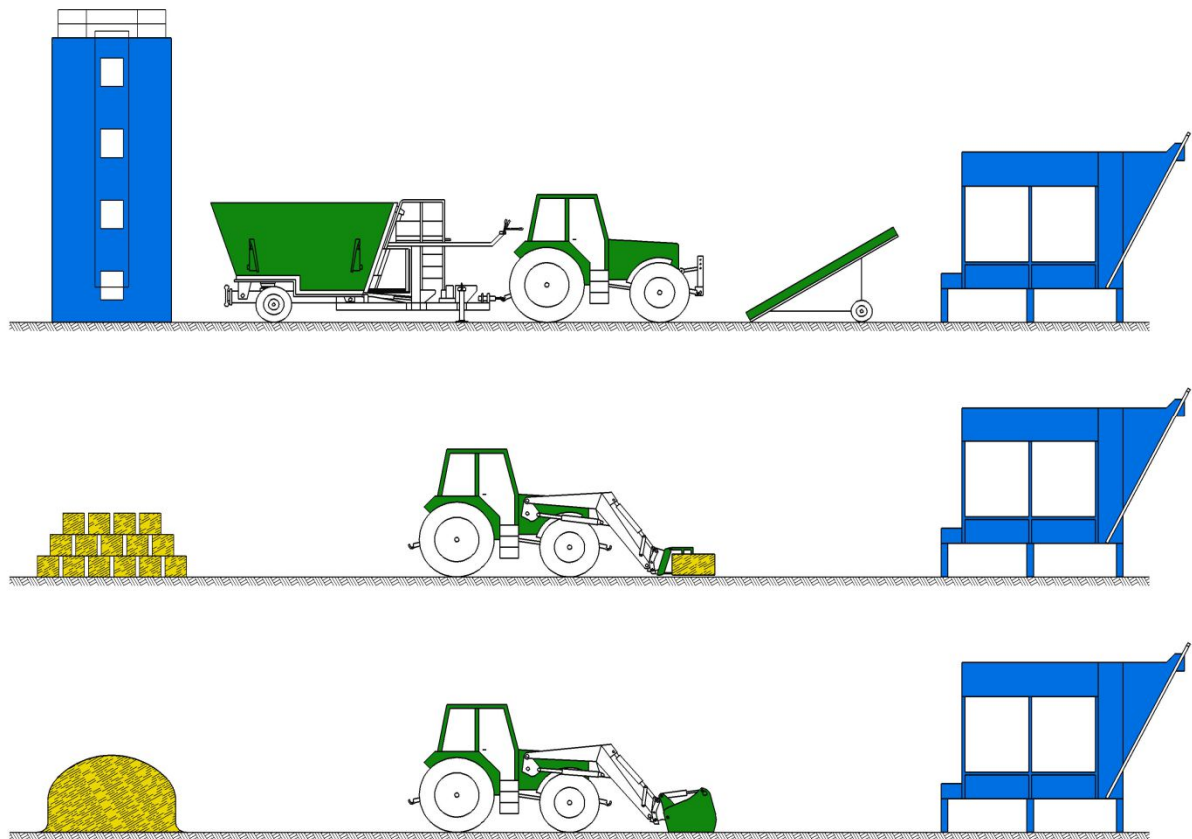


Abb. 10: Schematische Zeichnung zum Ablauf und der Befüllreihenfolge der verschiedenen Maissilagen (oben: Hochsilosilage, mitte: Quaderballensilage, unten: Folienschlauchsilage) in die Pellon Compact Vorratsbehälter



Abb. 11: Befüllung der Quaderballensilage mit der Ballengabel in den Pellon Compact-Vorratsbehälter mit veränderter Befüllklappe

3.4.3 Generelles Vorgehen bei der Futterprobenahme

Um die Futterqualität und -hygiene bestimmen zu können, wurden neben den Nährstoffgehalten auch die Gärparameter, Keimgehalte und die aerobe Stabilität analysiert. Dafür wurde jeweils direkt nach der neuen Befüllung und vor der Entleerung des Restfutters aus den Vorratsbehältern zwei Tage später eine Sammelprobe entnommen. Von dieser Sammelprobe stammten dann die einzelnen Futterproben für die Analysen. Die Probenahme erfolgte anhand der „Allgemeinen Bestimmungen über Analysemethoden für Futtermittel“ und „Empfehlungen zur Durchführung der Probenahme bei wirtschaftseigenen Futtermitteln“ des Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. (VDLUFA 1983, 1988) und der „Verordnung zur Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Untersuchung von Futtermitteln“ (VO (EG) NR. 152/2009 2009). Bei den Proben wurde auf Grundlage der Ergebnisse von LEBERL et al. (2012) darauf geachtet, dass das Material für die Proben über die gesamte Fläche des Futters entnommen wurden. Das Material jeder Sammelprobe wurde gut vermischt, bevor die Einzelproben entnommen wurden. Dabei wurden jederzeit Laborhandschuhe verwendet und für jede Futterprobe gewechselt, um den Kontakt mit der Haut, einen Übertrag von anderem Probenmaterial und damit eine Verunreinigung oder Veränderung der Zusammensetzung der Probe zu vermeiden. Die Verarbeitung der Sammelprobe erfolgte stets sofort nach der Probenahme. Im Folgenden werden die durchgeführten Analysen und deren Parameter erläutert.

3.4.4 Lagerungs- und Schüttgutdichte

Im Versuch wurde die Verdichtung mittels Probenstecher beim Schlauchsilos und bei dem Quaderballen gemessen (LATSCH & SAUTER 2011; THAYSEN 2008). Beim Hochsilos wurden Tabellenwerte herangezogen, da beim Harvestore keine Möglichkeit bestand, die effektive Lagerungsdichte der Silage zu bestimmen.

Zusätzlich wurde die Schüttgutdichte des Futters im Vorratsbehälter ermittelt. Beim Quaderballen entsprach dies der Lagerungsdichte. Beim Hochsilos errechnete sich die Schüttgutdichte über die Futtermenge und das Volumen des Futters im Behälter. Ebenso wurde beim Schlauchsilos verfahren. Da hier aufgrund der Entnahme- und Befüllart aus dem Futterlager auch noch verdichtete Futterteile bestanden, wurde der Bereich angegeben, in dem sich die Schüttgutdichte bewegte. Maximale Dichte war

die Lagerungsdichte im Futterlager. Die minimale Dichte wurde über das Futtergewicht und das Volumen des Futters im Vorratsbehälter errechnet. Um die genaue Menge an Futter für die Ermittlung der Schüttgutedichte zu bestimmen, wurden die von dem Fütterungsverfahren erstellten Futterlisten genutzt. Diese gaben Aufschluss über die verbrauchte Menge der einzelnen Futterkomponenten. Die Futterreste im Vorratsbehälter wurden vor dem erneuten Befüllen herausgenommen und gewogen. Damit ließ sich die befüllte Futtermenge errechnen. Die Restmengen aus dem Vorratsbehälter wurden einer anderweitigen Verwendung zugeführt und nicht wieder im Versuch genutzt.

3.4.5 Temperatur

Die Sensoren zur Temperaturerfassung wurden sofort nach Abschluss der Befüllung und Entnahme der Futterproben installiert. Die Temperatur in der Maissilage wurde alle 15 Minuten über PT 100 Temperatursensoren (Sondentyp CT, Eltek Ltd., Cambridge, Großbritannien) gemessen und mit einem 1000 Series Squirrel Meter/Loggers (Eltek Ltd., Cambridge, Großbritannien) gespeichert. Pro Konservierungsverfahren und Charge wurden drei Temperatursensoren im Futter positioniert, so dass eine Messung über zwei Tage ohne Umsetzen der Sensoren möglich war. Zwei Sensoren wurden im rechten und linken Drittel, ein Sensor in der Mitte des Futters positioniert. Position und Tiefe der Sensoren im Futter waren bei jedem Messdurchgang identisch. Es erfolgte mehrmals täglich eine direkte visuelle Kontrolle der korrekten Sensorpositionen und darüber hinaus eine ständige Überwachung der Vorratsbehälter über Videoaufnahmen. Während dieser Zeit wurde neben der Futtertemperatur mit einem Testo 177-H1 Temperatur-Datenlogger (Testo AG, Lenzkirch, Deutschland) alle 15 Minuten die Umgebungstemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Stall gemessen. Der Temperatur-Datenlogger wurde zwischen dem ersten und zweiten Vorratsbehälter angebracht. Damit festgestellt werden konnte ob die Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den drei Vorratsbehältern gleich waren, wurde in jedem Vorratsbehälter ein Testo 177-H1 Temperatur-Datenlogger angebracht.

3.4.6 Futterqualität, pH-Wert und Gärsäuren

Um die Qualität des Ausgangsfutters einschätzen zu können, wurde vorgängig von allen Konservierungsverfahren Proben genommen und es erfolgte eine Analyse auf

Trockenmasse-, Rohprotein, Rohfaser- und Rohfettgehalt nach VDLUFA MB III 31.2 mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) (VDLUFA 2004), sowie auf Rohasche- und den Energiegehalt nach der Methode VO (EG) NR. 152/2009 (2009). Die Futterproben wurden direkt nach der Befüllung und nach zwei Tagen Lagerungsdauer im Vorratsbehälter entnommen und tiefgefroren.

Eine pH-Wert Analyse erfolgte bei allen Maisproben der beiden Versuche nach einer Standardarbeitsanweisung des Labors mittels pH-Meter (SOP P21-4-079 2006).

Die Gärsäuren der Futterproben (Essigsäure, Propionsäure, iso-Buttersäure, n-Buttersäure, iso-Valeriansäure, n-Valeriansäure, n-Caprionsäure) wurden nach der Standardarbeitsanweisung SOP P23-4-012 (2006) analysiert. Diese Arbeitsanweisung basiert auf den Angaben von VON LENGERKEN & ZIMMERMANN (1991). Die Analyse fand mit den Proben des ersten Befülldurchgangs jeder Woche statt.

Das Labor der Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie (LA Chemie), Universität Hohenheim, Stuttgart führte sämtliche Probenanalysen durch. Die LA Chemie ist nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) zertifiziert.

3.4.7 Aerobe Stabilität (ASTA)

Zur weiteren Charakterisierung des Grundmaterials wurde die aerobe Stabilität unter kontrollierten Bedingungen mit Hilfe der Standardlabormethode für aerobe Stabilität bestimmt (HONIG 1986a). Für die aerobe Stabilität wurden bei der ersten Befüllung der Woche drei Proben von je 400 g pro Konservierungsverfahren abgepackt, vakuumiert, gekühlt und per Kurier an die Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP) geschickt. Dabei wurde definiert, dass die aerobe Stabilität bei einer Futtertemperatur von 3°C über der Umgebungstemperatur endete (DLG 2000; McDONALD et al. 1991; WOOLFORD 1984).

3.4.8 Mikrobiologie

Es wurden Futtermittelproben zum Zeitpunkt der Befüllung und nach den zwei Tagen Lagerungsdauer analysiert. Dafür wurde von der Sammelprobe eine Menge von ca. 250 g je Konservierungsverfahren abgewogen. Die Futterproben wurden direkt nach

den Probenahmen verpackt, vakuumiert und gekühlt. Wie bei SEALE et al. (1986) beschrieben, erfolgte direkt nach der Verpackung der durchgehend gekühlte Transport zum Labor. Es wurde sichergestellt, dass die Proben während des Transportes keine Frostschäden durch die Kühlung erlitten, da dies die Anzahl an Mikroorganismen reduziert und eine besser Qualität vorgibt (BALCH 1958; BUCHER et al. 2007; WENDL 2011). Die Futterproben wurden im UFA Labor in Sursee, Schweiz auf den Besatz an aeroben mesophilen Fremdkeimen (FKZ), Hefen und Schimmelpilzen analysiert, um einen Rückschluss auf eine veränderte Futterqualität zu ermöglichen. Bei den FZK führte das Labor eine Keimzählung nach der Methode des Schweizerischen Lebensmittelbuchs (SLMB) KAP. 56 E 7.03 (SCHWEIZERISCHES LEBENSMITTELBUCH 2000) und bei den Hefen und Schimmelpilzen eine Keimzählung nach BAUMGART (2001) durch. Zu den aeroben mesophilen Fremdkeimen zählen vor allem die gramnegativen Verderbserreger wie Enterobakterien und Pseudomonaden. Das UFA Labor in Sursee ist nach EN ISO/IEC 17025 zertifiziert.

3.4.9 Futteraufnahme

Die Futteraufnahme wurde jeden Tag vor dem Reinigen des Futtertisches (08:15 Uhr) bestimmt. Das Restfutter der vergangenen 24 Stunden wurde gewogen und vom Futtertisch entfernt. Die Futtertischwaage wurde danach tariert. Die vorgelegte Menge an Futter wurde in dem Fütterungsverfahren in speziellen Listen gespeichert. Es wurden in der Versuchswoche täglich Trockensubstanzproben von den Futterresten, der Futtermischung und von den Einzelkomponenten genommen. In den Eingewöhnungswochen wurde die Trockensubstanz dreimal bestimmt. Die Proben wurden eingewogen (Mettler Toledo XS4002SDR, Mettler-Toledo Intl. Inc., Greifensee, Schweiz) und bei 105°C für 24 Stunden im Trockenschrank (Heraeus BR6000, Heraeus, Hanau, Deutschland) getrocknet. Die TS-Ergebnisse jeder Einzelkomponentenanalyse wurden täglich in das Programm des Fütterungsverfahrens eingefügt.

3.4.10 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

Die Milchleistung wurde tierindividuell über die gesamte Versuchsphase mit automatischen ICAR (International Committee for Animal Recording) anerkannten Milchmengenmessgeräten (GEA Metatron P21) im Melkstand erfasst. Von möglichen 1'703 Tagesmilchleistungen flossen 1'701 Einzelmessungen in die Auswertung ein.

In der Versuchswoche wurden die Milchproben bei vier aufeinanderfolgenden Melkungen (je zwei Morgen- und Abendmelkungen) genommen. Die Analyse erfolgte über den Schweizer Braunviehzuchtverband von der zertifizierten Suisselab AG in Zug. Dabei wurden Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff mittels Infrarot-Absorptionsspektroskopie (Milkoscan 6000) und die Zellzahlen fluoreszenzoptisch (Fossomatic FC) bestimmt. Je eine Morgen- und Abendmelkung wurde zu einem Tageswert verrechnet. Dies ergab für die Milchinhaltsstoffe einen Datensatz von 484 Tageswerten.

3.4.11 Datenaufbereitung und -auswertung

Für die Gewährleistung der Datenqualität wurden bei der Datenerhebung und -auswertung folgende Schritte durchgeführt:

Qualitätskontrolle: Die Waagen des Fütterungsroboters und des Futtertisches wurden vor jedem Versuch kalibriert und überprüft. Die Waage im Futtertisch wurde täglich nach der Rückwaage des Restfutters tariert. Bei den Futterproben wurden jederzeit Laborhandschuhe verwendet und darauf geachtet, dass eine Kontamination zwischen den verschiedenen Konservierungsverfahren vermieden wurde. Die Proben wurden unvermittelt nach der Entnahme verarbeitet (Vakuumierung, Kühlung bzw. Tiefgefrieren) und wenn nötig direkt ins Labor verbracht. Für die Analyse der Futterproben wurden nur akkreditierte Labors genutzt.

Routinekontrollen der Messgeräte und Sensoren: Durch eine tägliche Überprüfung der Sensoren konnte im Falle einer Fehlfunktion reagiert werden. Die korrekte Position der Messsensoren im Futter wurde mehrmals am Tag überprüft. Zusätzlich wurden die Vorratsbehälter über dem gesamten Versuchszeitraum videoüberwacht und die Aufnahmen für eine spätere Sichtung gespeichert.

Datensicherung und Plausibilitätskontrolle: Direkt nach dem Auslesen der Sensordaten fand eine entsprechende Plausibilitätskontrolle statt und die Daten wurden regelmäßig gesichert.

Während der **Datenaufbereitung** in Microsoft Excel® Version 2010 wurde eine weitere Plausibilitätskontrolle der Daten durchgeführt. Daten, die zum Beispiel durch Ausfälle, Beschädigung oder falsche Positionierung von Messsensoren entstanden

sind, wurden entsprechend berücksichtigt oder nicht in die Auswertungen einbezogen.

Die **statistische Auswertung** wurde mit dem Programm S-Plus® Version 8.1 (GrasS-Graphische Systeme GmbH, Berlin, Deutschland) durchgeführt.

Die Zielvariablen Futteraufnahme, Milchleistung und Milchinhaltsstoffe wurden in einem linearen gemischte-Effekte-Modell mit den erklärenden Variablen Konservierungsverfahren (3-stufiger Faktor: HS, QB und FSS), Jahreszeit (2-stufiger Faktor: Winter, Sommer), Laktationstag (2-stufiger Faktor: < 150. Tage, >150 Tage) und Laktationsnummer (2-stufiger Faktor: 1. und > 1. Laktation) beschrieben. Bei den Zielvariablen Milchleistung und Milchinhaltsstoffe wurden die zufälligen Effekte Kuhnummer und Konservierungsverfahren, bei der Zielvariablen Futteraufnahme die Gruppe und das Konservierungsverfahren berücksichtigt. Das Konservierungsverfahren war in der Kuhnummer bzw. der Gruppe geschachtelt. Die Bezeichnungen der Tiergruppen im Winter und Sommer waren nicht identisch damit die Jahreszeit als Zwischengruppenvariable mit einbezogen werden konnte. Darüber hinaus wurden die erklärenden Variablen auf Interaktionen untersucht. Dabei fand ausgehend vom Maximalmodell (Vierfachinteraktionen) eine schrittweise Rückwärtseliminierung (stepwise backwards) statt. Die Modellannahmen wurden mit einer grafischen Residuenanalyse auf Normalverteilung überprüft. Die Daten der Milchinhaltsstoffe wurden für den Zellzahlgehalt aufgrund von Abweichungen von der Normalverteilung logarithmiert.

Für die Zielvariable Futtertemperatur wurde ein lineares gemischte Effekte mit den Variablen Konservierungsverfahren (3-stufiger Faktor: HS, QB und FSS), Jahreszeit (2-stufiger Faktor: Winter, Sommer) und den Minuten nach Befüllung angewandt. Bei der erklärenden Variablen „Minuten nach Befüllung“ handelt es sich um die Dauer, die das Futter nach der Befüllung des Futters in den Vorratsbehältern der automatischen Fütterung lag. Um eine glatte, aber möglichst uneingeschränkte Form im Verlaufe der Zeit nach Befüllung zu ermöglichen, wurden die Minuten nach Befüllung als natürlicher Spline modelliert. Es wurden dafür drei Modelle mit 5, 11 und 17 Freiheitsgraden in Betracht gezogen. Das Modell mit 11 Freiheitsgraden war signifikant besser als dasjenige mit nur 5 Freiheitsgraden, dasjenige mit 17 Freiheitsgraden jedoch nicht signifikant besser als dasjenige mit 11. Somit wurde das

Modell mit 11 Freiheitsgraden für die weitere Auswertung gewählt. Als zufälliger Effekt wurde die fortlaufende Nummer der jeweiligen Befüllung einbezogen. Die erklärenden Variablen wurden auf Interaktionen untersucht. Ausgehend vom Maximalmodell (Dreifachinteraktionen) fand eine schrittweise Rückwärtseliminierung (stepwise backwards) statt.

Bei den Daten der Futteranalysen (pH-Wert, Gärsäuren, ASTA) wurde ein lineares Modell angewendet. Die erklärenden Variablen waren das Konservierungsverfahren (3-stufiger Faktor: HS, QB und FSS) und die Jahreszeit (2-stufiger Faktor: Winter, Sommer). Die erklärenden Variablen wurden auf Interaktionen untersucht. Ausgehend vom Maximalmodell (Zweifachinteraktionen) fand eine schrittweise Rückwärtseliminierung (stepwise backwards) statt.

Für alle erklärenden Variablen wurde das Signifikanzniveau bei 5% festgelegt. Die Variablen wurden somit in der schrittweisen Rückwärtselimination ausgeschlossen, wenn ihr p-Wert grösser 5% war.

4. Ergebnisse

4.1 Projektteil 1a: Bewertung zum Einfluss verschiedener Techniken zur Futtervorlage: Vergleich von automatischen Fütterungsverfahren und Futtermischwagen

4.1.1 Futteraufnahme

Der Vergleich von automatischen Fütterungsverfahren (AFV 8) und Futtermischwagen (FMW 1) ergab bei der Futtervorlage mit AFV 8 eine um 600 g TS/Tier und Tag höhere Futteraufnahme, als bei der Nutzung des Futtermischwagens (Tab. 36). Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 0.60$).

Tab. 36: Mittelwerte und Standardabweichungen ($\bar{x} \pm SD$) der täglichen Futteraufnahme je Tiergruppe und Tier [kg TS]

Fütterungsvariante	Futteraufnahme [kg TS / Gruppe]	Futteraufnahme [kg TS / Tier]
FMW 1¹	302.8 ± 18.5	20.2 ± 1.2
AFV 8²	311.7 ± 18.7	20.8 ± 1.2

¹ FMW 1: Futtermischwagen, 1-mal tägliche Futtervorlage; ² AFV 8: automatische Fütterung, 8-mal tägliche Futtervorlage

4.1.2 Fressverhalten und Wiederkauaktivität

Wie in Tab. 37 ersichtlich, war die Dauer des Wiederkauens bei beiden Fütterungsvarianten ähnlich. Die Fütterung hatte in diesem Fall keinen signifikanten Einfluss ($p = 0.76$) auf die Wiederkaudauer pro Tag. Die Fressdauer war bei der Futtervorlage mit dem automatischen Fütterungsverfahren um mehr als 20 Minuten höher. Dieser Effekt war aber, wie die durchschnittliche tägliche Wiederkaudauer, ebenfalls nicht signifikant ($p = 0.11$). Wiederum sank die Dauer der „anderen Aktivitäten“ bei der Variante AFV 8 um fast 30 Minuten ($p = 0.05$).

Tab. 37: Mittelwerte für die Fress- und Wiederkaudauer und „andere Aktivitäten“ [min/Tag]

Fütterungsvariante	Wiederkaudauer [min / Tag]	Fressdauer [min / Tag]	Andere Aktivitäten [min / Tag]
FMW 1¹	498.2 ± 91.9	368.7 ± 94.2	570.1 ± 107.8
AFV 8²	502.4 ± 89.3	391.9 ± 103.4	543.1 ± 81.2

¹ FMW 1: Futtermischwagen, 1-mal tägliche Futtevorlage; ² AFV 8: automatische Fütterung, 8-mal tägliche Futtevorlage

Analog zu der veränderten Dauer pro Tag von „Fressen“ und „andere Aktivitäten“, variierte auch die Anzahl Kauschläge pro Tag (Tab. 38). Während bei der Fütterung AFV 8 die Anzahl Kauschläge „Fressen“ stiegen ($p = 0.11$), verringerten sich die der „anderen Aktivitäten“.

Die Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen stiegen bei AFV 8 leicht, trotz nahezu identischer Dauer bei beiden Fütterungsvarianten (Tab. 37 und Tab. 38). Die Veränderung bei der Anzahl Kauschlägen beim Wiederkauen waren mit $p = 0.47$ nicht signifikant.

Tab. 38: Medianwerte der Anzahl Kauschläge pro Tag für die Aktivitäten "Wiederkauen", "Fressen" und "andere Aktivitäten"

Fütterungsvariante	Anzahl Kauschläge Wiederkauen [n / Tag]	Anzahl Kauschläge Fressen [n / Tag]	Anzahl Kauschläge Andere Aktivitäten [n / Tag]
FMW 1¹	30'977 ± 7'084	23'511 ± 8'562	1'617 ± 1'022
AFV 8²	31'615 ± 6'125	25'579 ± 9'553	1'403 ± 546

¹ FMW 1: Futtermischwagen, 1-mal tägliche Futtevorlage; ² AFV 8: automatische Fütterung, 8-mal tägliche Futtevorlage

Bei den Kauschlägen der „anderen Aktivitäten“ trat eine Zweifachinteraktion ($p = 0.04$) zwischen der Futtevorlagehäufigkeit und dem Laktationstag auf. In Abb. 12 sind die Anzahl Kauschläge für die Kategorie „andere Aktivitäten“ in Abhängigkeit vom Laktationstag und der Fütterungsvariante als Boxplots mit den Minimal- und den Maximalwerten dargestellt. Tiere mit weniger als 150 Laktationstagen hatten bei FMW 1 mit $1'948 \pm 1'323$ pro Tag mehr Kauschläge für die anderen Aktivitäten, als Tiere über 150 Laktationstage mit $1'315 \pm 473$ Kauschlägen pro Tag (Mittelwert \pm Standardabweichung (SD)). Bei AFV 8 waren die Anzahl Kauschläge pro Tag mit $1'460 \pm 667$ (< 150. Tag) und $1'348 \pm 397$ (> 150. Tag) bei beiden Gruppen der Laktationstage nahezu identisch und variierten deutlich geringer.

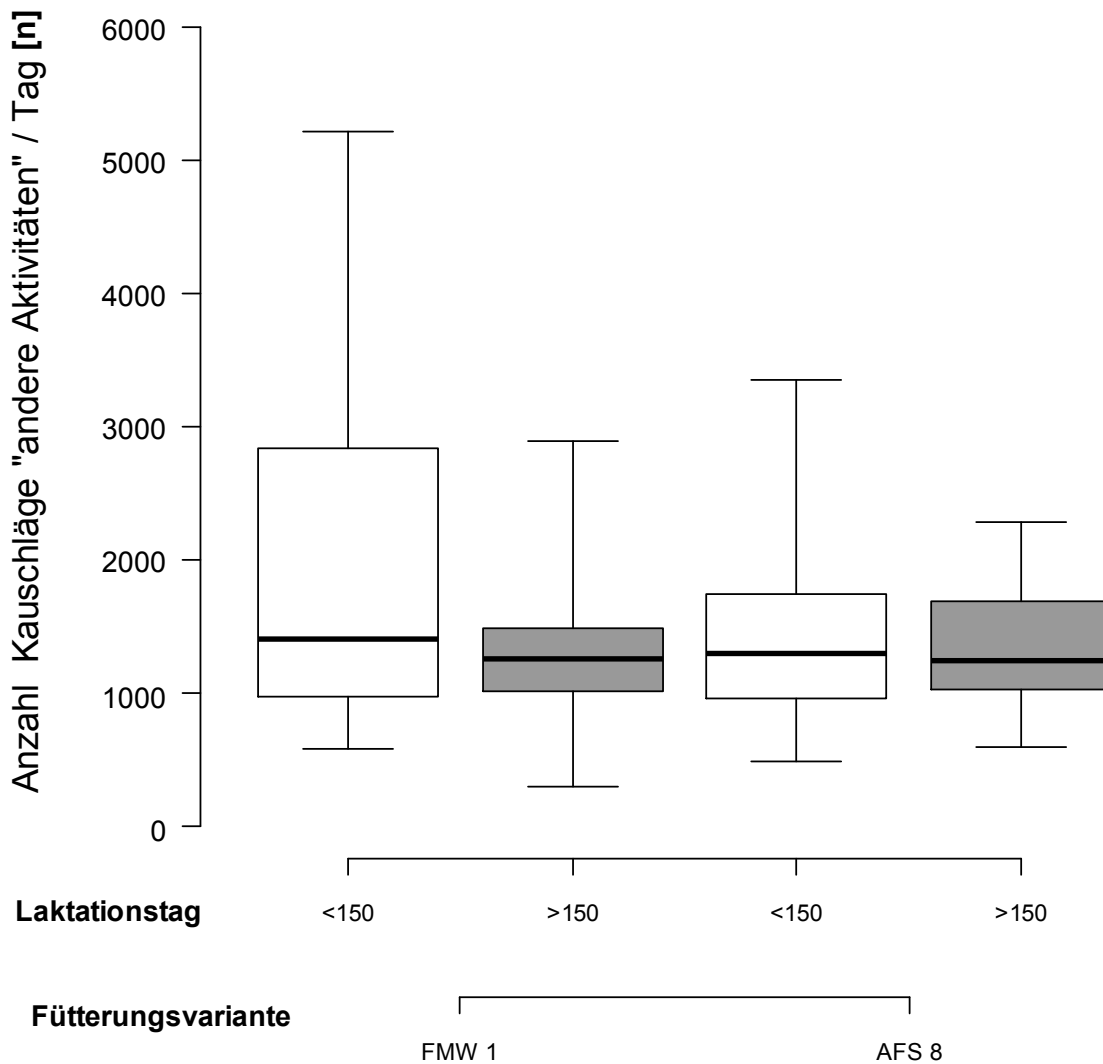


Abb. 12: Anzahl Kauschläge "andere Aktivitäten" bei Tieren unter und über dem 150. Laktationstag bei den verschiedenen Fütterungsvarianten als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Weder die Anzahl Boli pro Tag noch die Anzahl Kauschläge pro Bolus unterschieden sich bei den beiden Fütterungsvarianten deutlich. Dennoch waren die Kauschläge pro Bolus, im Gegensatz zu den Anzahl Boli ($p = 0.92$), bei AFV 8 signifikant höher ($p = 0.05$).

Tab. 39: Medianwerte für Anzahl Boli pro Tag und Anzahl Kauschläge pro Boli

Fütterungsvariante	Anzahl Boli [n / Tag]	Anzahl Kauschläge / Bolus [n]
FMW 1¹	548.6 ± 103.2	56.2 ± 5.8
AFV 8²	550.6 ± 97.3	57.5 ± 5.0

¹ FMW 1: Futtermischwagen, 1-mal tägliche Futtervorlage; ² AFV 8: automatische Fütterung, 8-mal tägliche Futtervorlage

4.1.3 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

Mit $p = 0.02$ unterschied sich die Milchleistung je Tier und Tag signifikant. Wie in Tab. 40 ersichtlich, lag die Milchleistung bei AFV 8 mit 800 g je Tier und Tag etwas höher als bei FMW 1. Ebenso unterschied sich die energiekorrigierte Milchleistung (ECM) signifikant ($p = 0.05$).

Tab. 40: Mittelwerte für die Milchleistung und die energiekorrigierte Milch (ECM) je Tier und Tag

Fütterungsvariante	Milchleistung [kg/Tier]	ECM ³ [kg/Tier]
FMW 1 ¹	26.8 ± 8.9	27.2 ± 8.3
AFV 8 ²	27.6 ± 8.7	27.9 ± 8.3

¹ FMW 1: Futtermischwagen, 1-mal tägliche Futtevorlage; ² AFV 8: automatische Fütterung, 8-mal tägliche Futtevorlage; ³ ECM: energiekorrigierte Milch

Die durchschnittlichen Werte für die Milchinhaltsstoffe sind in Tab. 41 aufgeführt. Der somatische Zellzahlgehalt war bei dem Fütterungsverfahren AFV 8 mit 142'600 Zellen/ml nur 0.5 % höher, als bei FMW 1 mit 141'900 Zellen/ml. Die Harnstoffgehalte waren mit 38.9 mg/dl beim AFV 8 im Vergleich zu 42.5 mg/dl beim FMW 1 geringer. Weder bei der Zellzahl ($p = 0.43$), dem Fettgehalt ($p = 0.16$), dem Eiweißgehalt ($p = 0.29$), dem Laktosegehalt ($p = 0.27$) und dem Harnstoffgehalt ($p = 0.45$) unterschieden sich die Werte signifikant.

Tab. 41: Mittelwerte für die Milchinhaltsstoffe bei Fütterung mit Futtermischwagen und automatischer Fütterung

Fütterungsvariante	somatischer Zellzahlgehalt [1000/ ml]	Fett [%]	Eiweiss [%]	Laktose [%]	Harnstoff [mg/dl]
FMW 1 ¹	141.9 ± 199.3	4.22 ± 0.6	3.45 ± 0.4	4.7 ± 0.2	42.5 ± 58.2
AFV 8 ²	142.6 ± 189.9	4.12 ± 0.6	3.53 ± 0.4	4.7 ± 0.2	38.9 ± 51.8

¹ FMW 1: Futtermischwagen, 1-mal tägliche Futtevorlage; ² AFV 8: automatische Fütterung, 8-mal tägliche Futtevorlage

Die Milchinhaltsstoffgehalte veränderten sich zwischen den Laktationsnummern und Laktationstagen nur gering (Tab. 42). Der Eiweißgehalt wurde signifikant vom Laktationstag beeinflusst ($p = 0.006$). Sowohl der Laktationstag ($p = 0.008$) als auch die Laktationsnummer ($p = 0.001$) beeinflusste signifikant den Gehalt an Laktose.

Tab. 42: Mittelwerte für die Milchinhaltsstoffe nach Laktationstag und Laktationsnummer

Laktationsnummer	somatischer Zellzahlgehalt [1000 / ml]	Fett [%]	Eiweiss [%]	Laktose [%]	Harnstoff [mg / dl]
1. Laktation	131.4 ± 160.0	4.28 ± 0.5	3.58 ± 0.4	4.8 ± 0.2	42.45 ± 57.3
2. - 4. Laktation	170.6 ± 256.0	4.08 ± 0.7	3.38 ± 0.4	4.8 ± 0.2	42.13 ± 63.0
> 4. Laktation	113.4 ± 98.3	4.18 ± 0.5	3.56 ± 0.4	4.6 ± 0.3	36.89 ± 38.1
Laktationstag					
1. - 150. Tag	148.5 ± 237.9	4.09 ± 0.6	3.4 ± 0.4	4.8 ± 0.2	41.30 ± 64.1
> 150. Tag	133.3 ± 104.5	4.28 ± 0.5	3.7 ± 0.4	4.6 ± 0.3	39.81 ± 39.1

4.2 Projektteil 1b: Bewertung verschiedener Futtervorlagehäufigkeiten mit automatischen Fütterungsverfahren

Die Ergebnisse der zwei Versuche zu den Futtervorlagehäufigkeiten (PT 1b) wurden gemeinsam ausgewertet und werden demzufolge gemeinsam dargestellt.

4.2.1 Futteraufnahme

Die Futteraufnahmen in den zwei Versuchen waren auf unterschiedlichen Niveaus. Wie in Tab. 43 erkennbar, war sowohl im Versuch 2010 und 2011 mit höherer Futtervorlagehäufigkeit die Trockensubstanzaufnahme je Tier und Tag signifikant höher ($p = 0.0015$). Im Versuch 2010 stieg die Futteraufnahme um 500 g TS/Tier und Tag, im Versuch 2011 um 800 g TS/Tier und Tag im Vergleich zur geringsten Futtervorlagehäufigkeit. Insgesamt wurden 166 Tagesdaten in die Auswertung einbezogen.

Tab. 43: Futteraufnahme pro Gruppe und Tier bei verschiedenen Futtervorlagehäufigkeiten der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011) [kg TS/Tag]

Versuch	Futtervorlagehäufigkeit [n]	Futteraufnahme [kg TS/Gruppe/Tag]	Futteraufnahme [kg TS/Tier/Tag]
2010	2	250.3 ± 9.4	16.7 ± 0.6
	6	255.9 ± 11.5	17.1 ± 0.8
	8	257.8 ± 12.9	17.2 ± 0.9
2011	1	300.5 ± 9.8	20.0 ± 0.7
	10	311.5 ± 16.9	20.8 ± 1.1
	12	310.7 ± 11.1	20.7 ± 0.7

4.2.2 Fressverhalten und Wiederkauaktivität

Die durchschnittliche Wiederkaudauer und die Fressdauer sind in Tab. 44 dargestellt. Für die Auswertung standen 217 24 Stunden Messungen zur Verfügung. Insgesamt lag die Wiederkaudauer zwischen 465.2 Minuten pro Tag bei FF 12 und 508.4 Minuten bei der FF6. Im Versuch 2010 sind die Unterschiede zwischen den Futtervorlagehäufigkeiten mit 34.6 Minuten zwischen der FF6 und FF8 am höchsten. Dahingegen beliefen sich die Unterschiede im Versuch 2011 mit nur 13.3 Minuten pro Tag zwischen der längsten (FF10: 478.5 Minuten/Tag) und der kürzesten Wiederkaudauer (FF12: 465.2 Minuten/Tag). Die Differenz war nicht signifikant ($p = 0.54$).

Ähnliche Ergebnisse erbrachten die Daten zur Fressdauer pro Tag. Die kürzeste Fressdauer im Versuch 1 ergab sich bei FF8 mit 386.1 Minuten/Tag und die höchste bei FF6 mit 402.7 Minuten/Tag. Beim Versuch 2 im Jahr 2011 lag die Fressdauer pro Tag mit 424.1 Minuten bei FF12 am höchsten und mit 398.2 Minuten/Tag bei FF1 am niedrigsten. Diese Differenz ergab einen statistischen Trend ($p = 0.08$).

Tab. 44: Ergebnisse der durchschnittlichen Dauer von „Fressen“, „Wiederkauen“ und „anderen Aktivitäten“ je Tier und Tag der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT1b Versuch 2 (2011)

Versuch	Fütterungshäufigkeit [n]	Wiederkaudauer [min/24h]	Fressdauer [min/24h]	andere Aktivitäten [min 24h]
2010	2	486.5 ± 120.5	396.1 ± 61.3	577.9 ± 121.0
	6	508.4 ± 97.2	402.7 ± 88.8	519.0 ± 59.9
	8	473.8 ± 87.4	386.1 ± 63.9	573.0 ± 85.7
2011	1	469.8 ± 93.3	398.2 ± 79.1	560.8 ± 100.8
	10	478.5 ± 91.2	416.8 ± 67.8	549.9 ± 111.6
	12	465.2 ± 69.3	424.1 ± 69.6	558.2 ± 89.7

In Tab. 45 ist die neben der durchschnittlichen Anzahl der Kauschläge pro Tag beim Wiederkauen und beim Fressen auch die Anzahl Boli pro Tag und die Kauschläge pro Bolus dargestellt. Insgesamt führten die Tiere durchschnittlich zwischen 29'111 (FF8) und 31'621 (FF6) Wiederkauschläge pro Tag im Versuch 1 und 28'387 (FF12) und 29'495 (FF6) Wiederkauschläge pro Tag im Versuch 2 aus. Diese Unterschiede zwischen den Futtevorlagehäufigkeiten waren mit $p = 0.61$ nicht signifikant.

Ein signifikanter und linearer Zusammenhang bestand bei den durchschnittlichen täglichen Anzahl Kauschlägen beim Fressen ($p = 0.03$). Die Anzahl Kauschläge verhielten sich analog zur Fressdauer und stiegen mit zunehmender Futtevorlagehäufigkeit an. Die Ausnahme bildeten hier die FF8 mit 25'718 Kauschlägen je Tier und Tag. Nur etwas mehr wurden bei FF2 (25'848 Kauschläge/Tag) ausgeführt. Die höchste Anzahl von Kauschlägen mit 28'387 Kauschlägen je Tier und Tag fanden sich im Versuch 2 bei FF12 und die geringsten bei FF1 (26'172 Kauschläge Tier/Tag).

Die Anzahl der Boli lagen im Versuch 1 zwischen 537 Boli/Tag (FF8) und 558 Boli/Tag (FF6) und im Versuch 2 zwischen 523 Boli/Tag (FF1) und 527 Boli/Tag bei FF12. Die Unterschiede waren nicht signifikant ($p = 0.40$). Ebenfalls nicht signifikant ($p = 0.57$) waren die Unterschiede der Anzahl Kauschläge pro Bolus. Mit einem Minimum von 54.1 Kauschlägen pro Bolus bei FF2 und FF8 und einem Maximum

von 56.3 Kauschlägen pro Bolus bei FF6 variierten diese nicht nur im Versuch 1 sehr gering. Auch im Versuch 2 waren die Anzahl Kauschläge pro Bolus mit 54.1 (FF12) und 55.1 (FF10) nahezu identisch (Tab. 45).

Tab. 45: Ergebnisse der durchschnittlichen täglichen Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen und Fressen, Anzahl Boli und Kauschläge pro Bolus der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011)

Versuch	Futtermalhäufigkeit [n]	Anzahl Kauschläge Wiederkauen [n/24h]	Anzahl Kauschläge Fressen [n/24h]	Anzahl Boli [n/24h]	Anzahl Kauschläge/ Boli [n]
2010	2	29.612 ± 8.833	25.848 ± 5.222	542 ± 143	54.1 ± 6.5
	6	31.621 ± 7.292	27.131 ± 4.474	558 ± 103	56.3 ± 5.7
	8	29.111 ± 7.481	25.718 ± 5.008	537 ± 117	54.1 ± 8.0
2011	1	28.455 ± 7.435	26.172 ± 5.747	523 ± 120	54.2 ± 7.5
	10	29.495 ± 7.274	27.930 ± 7.003	537 ± 121	55.1 ± 7.3
	12	28.387 ± 5.731	28.618 ± 6.288	527 ± 98	54.1 ± 6.8

4.2.3 Liegeverhalten

Die Auswertung des Liegeverhaltens enthielt 644 Tagesmessungen. Bei der durchschnittlichen Liegedauer der Tiere pro 24 Stunden trat im Versuch 2010 eine Differenz zwischen den Futtermalhäufigkeiten von 21.3 Minuten pro Tag und im Versuch 2011 von 36.2 Minuten pro Tag auf. Die Differenz war aber in allen Fällen kleiner, als die auftretende Standardabweichung, die bis zu 201.7 Minuten beträgt (Tab. 46).

Tab. 46: Ergebnisse der durchschnittlichen täglichen Liegedauer, Anzahl Liegeperioden und Liegezeiten pro Liegeperioden der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011)

Versuch	Fütterungshäufigkeit [n]	Liegedauer [min/24h]	Anzahl Liegeperioden [n/24h]	Liegezeit/ Liegeperiode [min]
2010	2	733.4 ± 108.6	9.4 ± 2.7	84.2 ± 25.3
	6	729.0 ± 93.1	8.4 ± 1.7	90.3 ± 19.2
	8	712.1 ± 204.5	10.0 ± 4.4	78.0 ± 25.9
2011	1	677.1 ± 126.2	9.2 ± 2.5	79.4 ± 25.6
	10	692.5 ± 129.3	8.7 ± 2.5	85.8 ± 28.2
	12	656.3 ± 126.5	8.7 ± 2.9	81.9 ± 26.8

Zwischen der Futtermalhäufigkeit und dem Laktationstag wurde eine signifikante Interaktion festgestellt ($p = 0.019$, Abb. 13).

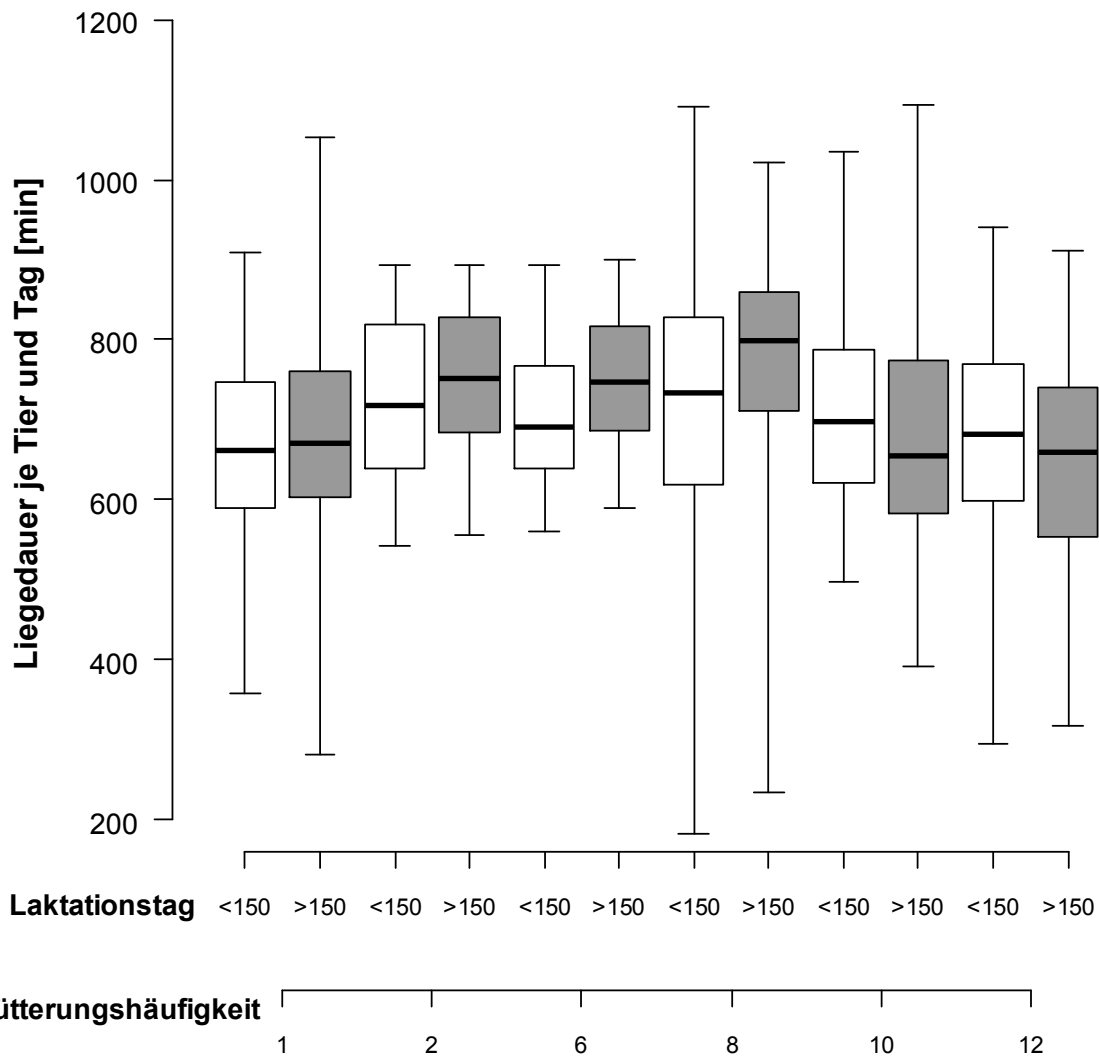


Abb. 13: Interaktion zwischen der Futtermittelhäufigkeit und dem Laktationstag bei der durchschnittlichen Liegedauer pro Tag als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Bei den FF1 bis FF8 die Tiere über den 150. Laktationstag bis zu 43.8 Minuten mehr am Tag lagen, als die Tiere unter dem 150. Laktationstag. Bei den Futtermittelhäufigkeiten 10 und 12 lagen die Tiere über dem 150. Versuchstag im Vergleich bis zu 34.7 Minuten weniger am Tag (Tab. 47)

Tab. 47: Liegezeiten pro Tag bei Tieren unter und über dem 150. Laktationstag in Bezug auf die Futtevorlagehäufigkeiten der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011)

Futtevorlagehäufigkeit [n]	Liegedauer 1. - 150. Laktationstag [min / Tag]	Liegedauer > 150. Laktationstag [min / Tag]
1	662.4	689.4
2	715.0	754.1
6	711.2	746.9
8	690.1	734.0
10	712.1	677.4
12	668.4	646.7

Bei der Anzahl der Liegeperioden pro Tag gab es weder von der Futtevorlagehäufigkeit ($p = 0.34$) noch von dem Laktationstag ($p = 0.83$) oder der Laktationsnummer ($p = 0.76$) einen signifikanten Einfluss. Mit 8.4 Liegeperioden (FF6) bis 10.0 Liegeperioden (FF8) pro Tag waren die Anzahl Liegeperioden nahezu gleich (Tab. 46).

Im Gegensatz dazu beeinflussten die Laktationsnummer und der Laktationstag die Liegedauer pro Liegeperiode. Die Interaktion zwischen dem Laktationstag und der Laktationsnummer war signifikant ($p = 0.03$). Die Tiere in der 2. bis 4. Laktation mit weniger als 150 Laktationstagen hatten eine um fast 24 Minuten längere Liegezeit pro Liegeperiode als Erstlaktierende oder Tiere mit mehr Laktationen. Überdies waren die Liegezeiten pro Liegeperioden bei den zwei zuletzt genannten Gruppen beinahe identisch. Bei Tieren mit mehr als 150 Laktationstagen waren die Liegezeiten pro Liegeperiode jedoch am höchsten bei den Tieren über der 4. Laktation. Die Liegezeit pro Liegeperiode stieg hier von den Erstlaktierenden zu den älteren Tieren kontinuierlich an (Tab. 48).

Tab. 48: Durchschnittliche Liegezeit pro Liegeperiode in Abhängigkeit vom Laktationstag und der Laktationsnummer

Laktationstag	Liegezeit/ Liegeperiode		
	1. Laktation [min]	2. - 4. Laktation [min]	> 4. Laktation [min]
1. - 150. Tag	74.7 ± 23.1	98.4 ± 19.5	74.8 ± 16.9
> 150. Tag	76.7 ± 20.8	82.3 ± 28.7	97.1 ± 33.3

Darüber hinaus zeigte sich bei den Tieren der 2. bis 4. Laktation in den ersten 150 Laktationstagen eine höhere Liegezeit pro Liegeperiode als in der zweiten Hälfte der Laktation. Erstlaktierende und Tiere über der 4. Laktation mit mehr als 150

Laktationstagen verbrachten mehr Zeit mit dem Liegen als Tiere dergleichen Laktationen unter dem 150. Laktationstag (Abb. 14).

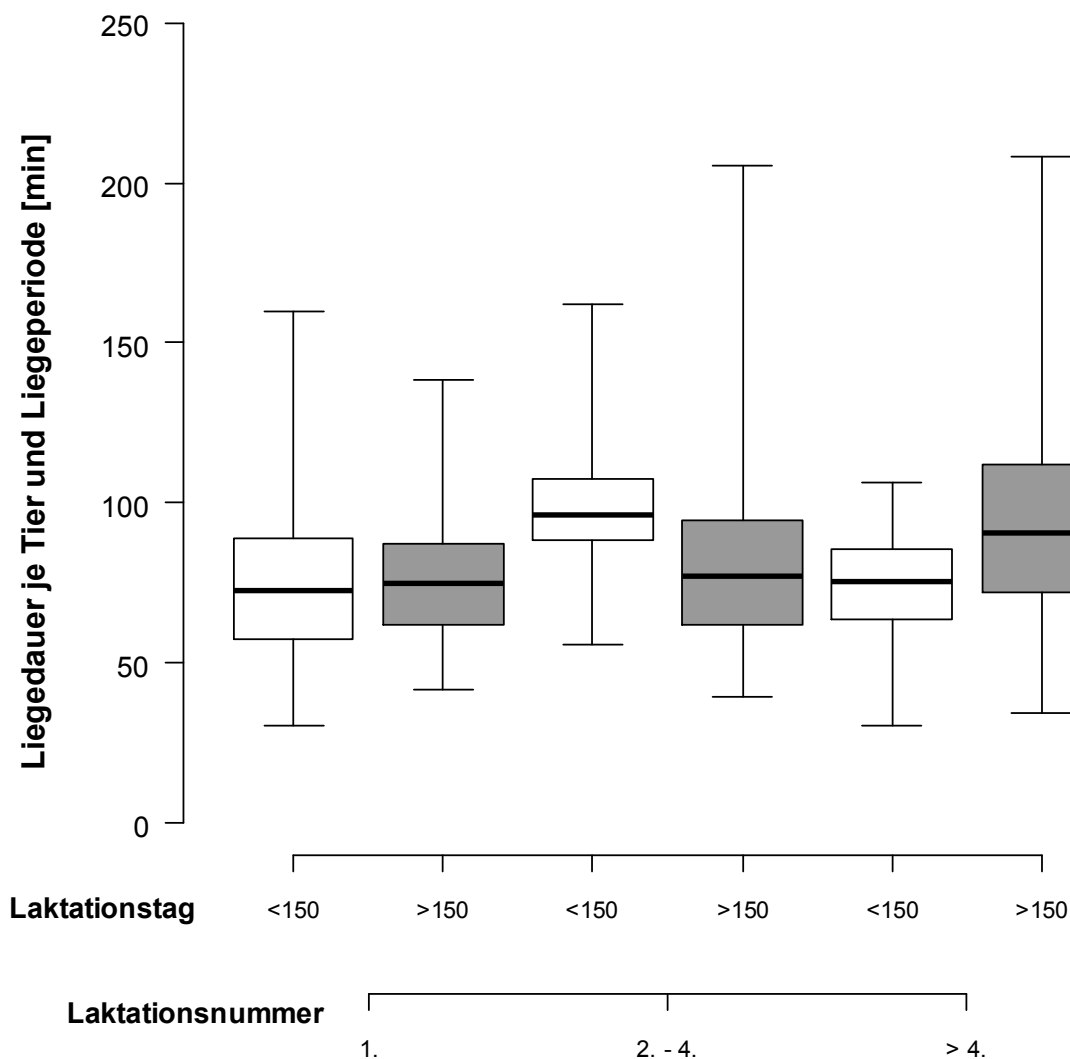


Abb. 14: Abhängigkeit der durchschnittlichen Liegedauer pro Liegeperiode vom Laktationstag und Laktationsnummer der Tiere als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Die durchschnittliche Liegedauer pro Liegeperiode veränderte sich zwischen den Futtervorlagehäufigkeiten (Tab. 46) nicht signifikant ($p = 0.06$) um maximal 12 Minuten.

4.2.4 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

Sowohl die durchschnittliche tägliche Milchleistung, als auch die durchschnittliche tägliche energiekorrigierte Milchleistung sind in der Tab. 49 dargestellt. Grundlage der Auswertung waren 2'338 Messungen der täglichen Milchmenge aller Versuchstiere. Die Milchleistung variierte zwischen den verschiedenen

Futternvorlagehäufigkeiten nur minimal aber signifikant ($p = 0.03$). Der Zusammenhang stellte sich als nicht linear heraus ($p = 0.04$). Bei der energiekorrigierten Milchleistung ergab sich keine statistische Signifikanz (ECM, $p = 0.12$).

Tab. 49: Durchschnittliche tägliche Milchleistung und energiekorrigierte Milchleistung (ECM) der verschiedenen Futternvorlagehäufigkeiten der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011)

Versuch	Futternvorlagehäufigkeit [n/Tag]	Milchleistung [kg]	ECM ¹ [kg]
2010	2	26.4 ± 8.6	27.7 ± 7.6
	6	26.4 ± 8.4	27.9 ± 7.4
	8	26.5 ± 8.5	28.5 ± 8.3
2011	1	27.4 ± 8.6	29.0 ± 9.7
	10	26.2 ± 8.7	27.8 ± 9.4
	12	27.1 ± 9.0	28.7 ± 9.6

¹ ECM: energiekorrigierte Milchleistung

Unabhängig von der Futternvorlagehäufigkeit trat bei der Milchleistung eine signifikante Interaktion zwischen der Laktationsnummer und dem Laktationstag auf ($p = 0.02$). In der Gruppe der Tiere über dem 150. Laktationstag erhöhte sich mit steigender Laktationsnummer die Milchleistung von durchschnittlich 19.3 kg auf 23.0 kg pro Tag. Bei Tieren unter dem 150. Laktationstag stieg die Milchleistung von den Erstlaktierenden zu den Tieren der 2. bis 4. Laktation von 25.9 kg auf 36.5 kg. Über der 4. Laktation sankt die Leistung dann wieder auf durchschnittlich 35.1 kg pro Tag ab (Abb. 15).

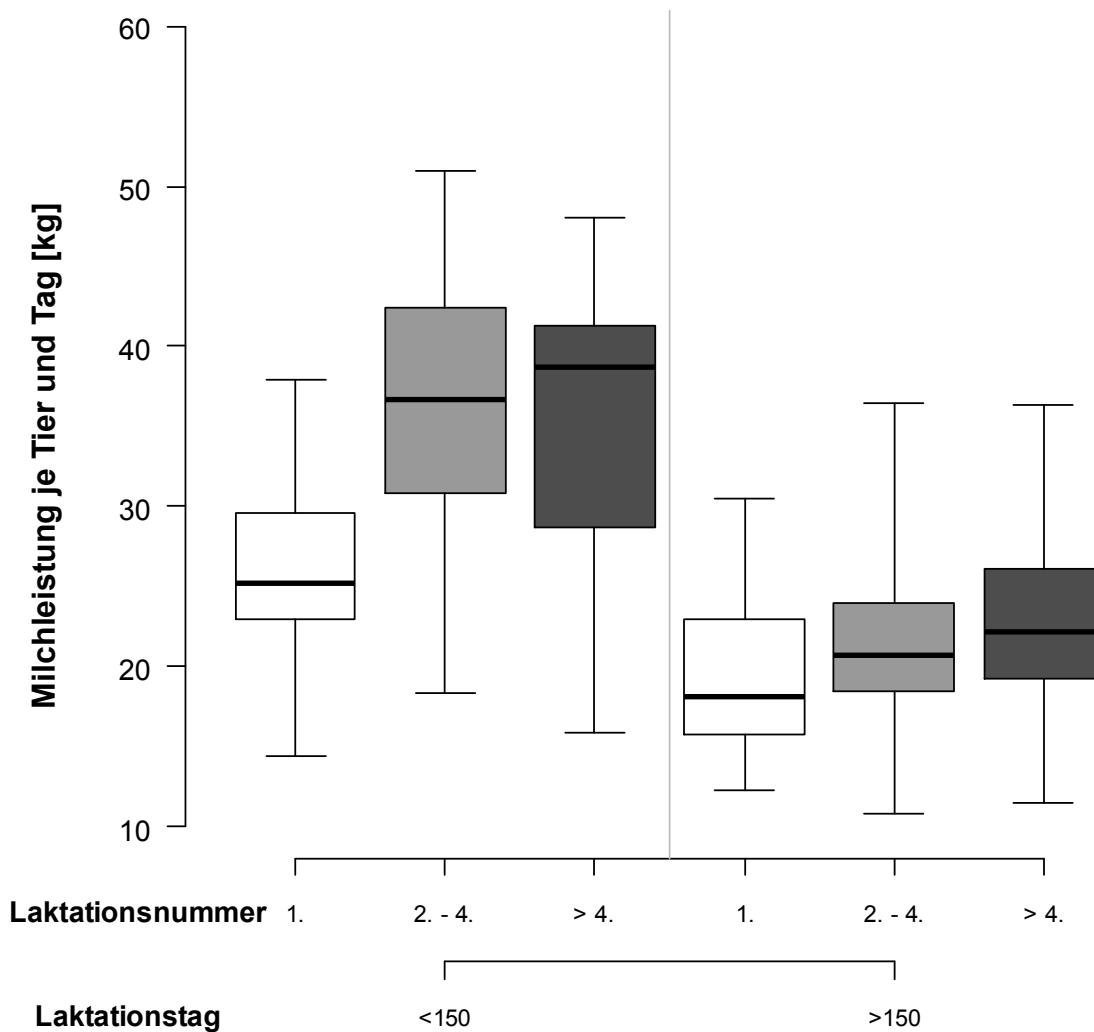


Abb. 15: Interaktion bei der Milchleistung [kg] zwischen Laktationstag und Laktationsnummer der Versuchstiere dargestellt als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Die Laktationsnummer hatte bezüglich der energiekorrigierte Milchleistung einen hochsignifikanten Einfluss ($p < 0.0001$). In der Gruppe der Tiere mit mehr als 150 Laktationstagen, stieg die tägliche Milchleistung höherer Laktationsnummern von 21.6 kg auf 24.8 kg täglicher Milchmenge an. Bei den Tieren mit weniger als 150 Laktationstagen war eine größere Differenz zwischen den Erstlaktierenden und den Tieren in der 2. bis 4. Laktation festzustellen (27.2 kg bzw. 36.9 kg). Dahingegen stellte sich zwischen den Tieren in der 2. bis 4. Laktation und denen mit mehr als vier Laktationen nur noch eine kleine Differenz von 0.3 kg heraus (Abb. 16).

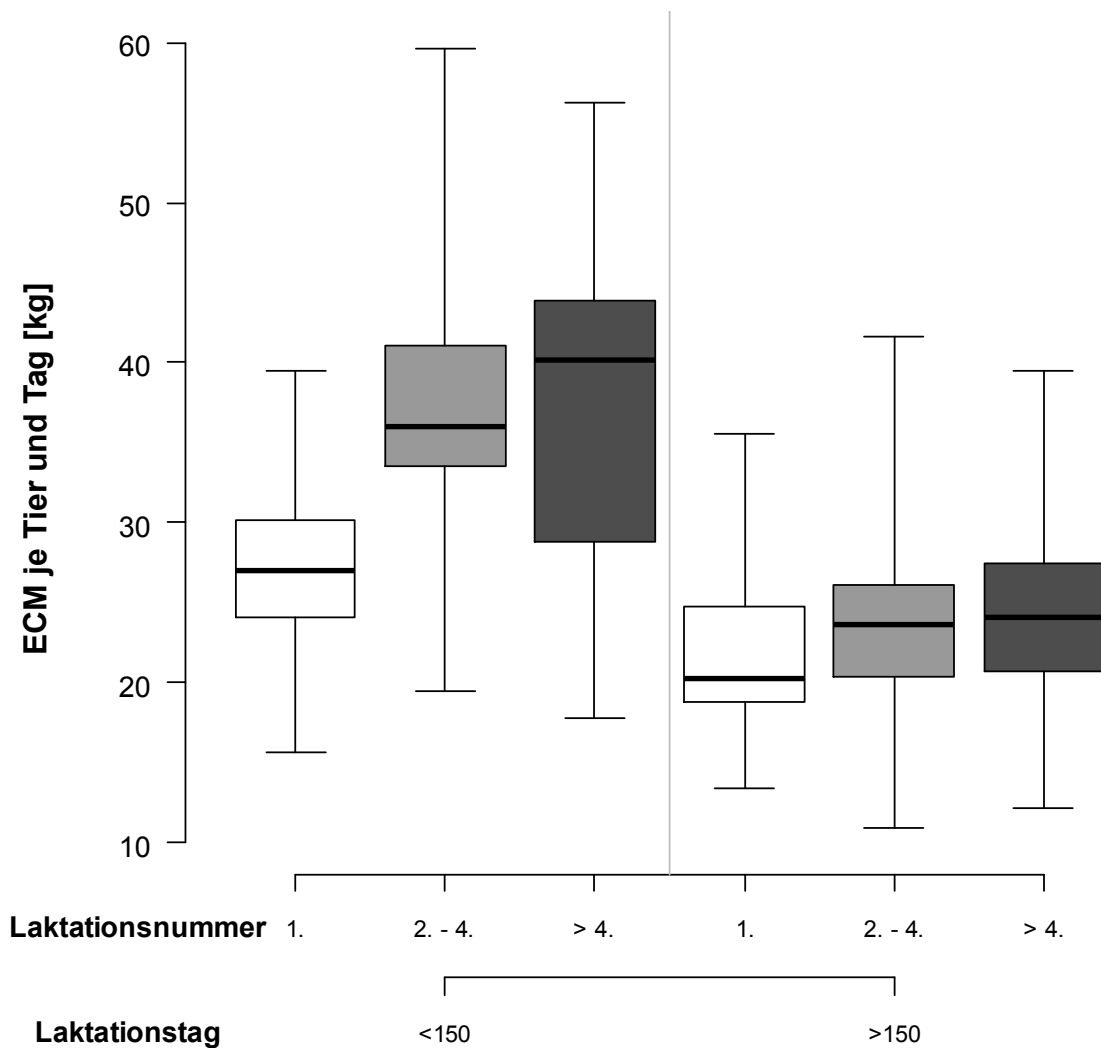


Abb. 16: Interaktion bei der energiekorrigierten Milchleistung [kg] zwischen Laktationstag und Laktationsnummer der Versuchstiere (Boxplot: Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Die Milch wurde auf den somatischen Zellzahlgehalt (SCC) und auf die Inhaltsstoffe Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff untersucht (Tab. 50). Es waren für jeden Parameter 321 Datensätze für die Auswertung verfügbar.

Tab. 50: Ergebnisse der Milchinhaltstoffanalyse zu den Versuchen zur Futtevorlagehäufigkeit der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011)

Versuch	Futtevorlagehäufigkeit [n]	somatischer Zellzahlgehalt [1000/ml]	Fett [%]	Eiweiss [%]	Laktose [%]	Harnstoff [mg/dl]
2010	2	169.6 ± 400.8	4.50 ± 0.6	3.60 ± 0.4	4.63 ± 0.2	26.0 ± 4.6
	6	156.6 ± 233.0	4.51 ± 0.6	3.62 ± 0.3	4.64 ± 0.2	27.5 ± 5.4
	8	166.3 ± 229.3	4.65 ± 0.5	3.66 ± 0.3	4.62 ± 0.2	27.6 ± 5.8
2011	1	131.2 ± 209.3	4.57 ± 0.6	3.47 ± 0.4	4.75 ± 0.1	28.0 ± 5.2
	10	148.7 ± 252.6	4.48 ± 0.5	3.50 ± 0.3	4.78 ± 0.2	30.1 ± 5.6
	12	95.3 ± 100.1	4.42 ± 0.5	3.45 ± 0.4	4.80 ± 0.2	30.8 ± 5.9

Beim somatischen Zellzahlgehalt trat eine Dreifachinteraktion ($p = 0.003$) zwischen der Futtevorlagehäufigkeit, der Laktationsnummer und dem Laktationstag auf (Abb. 17). Die Zellzahl war in diesem Zusammenhang bei den Tieren in der 2. bis 4. Laktation und über den 150. Laktationstag am höchsten, während bei den Tieren unter dem 150. Laktationstag die Zellzahl den niedrigsten Wert aufwies. Dies galt ausnahmslos für alle Futtevorlagehäufigkeiten. Bei den Erstlaktierenden und den Tieren mit mehr als vier Laktationen zeigte sich ein anderes Bild. Während bei den Erstlaktierenden und den FF2, FF6 und FF8 die Zellzahlen bei den Tieren unter dem 150. Laktationstag niedriger waren, als bei den Tieren über dem 150. Laktationstag, hatten bei den Futtevorlagehäufigkeiten 1, 10 und 12 die Gruppe der unter dem 150. Laktationstag die höheren Zellzahlen. Bei den Tieren über der 4. Laktation zeigte sich wiederum eine ganz andere Situation. In diesem Fall waren die Zellzahlen in der Gruppe der über 150. Laktationstage auf einem ähnlichen Niveau bzw. deutlich geringer. Ausnahme bildete hier nur die FF12, deren somatischer Zellzahlgehalt höher lag. Darüber hinaus zeigte sich keine Futtevorlagehäufigkeit bei allen Laktationsgruppen mit besonders geringen oder hohen Zellzahlen. Während bei den Tieren in der 2. bis 4. Laktation und über dem 150. Tag die höchsten Zellzahlen bei FF2 auftraten, lagen bei dieser Futtevorlagehäufigkeit die Zellzahlen im Vergleich bei den Erstlaktierenden unter dem 150. Laktationstag am niedrigsten. Im Durchschnitt lagen die somatischen Zellzahlgehalte nah beieinander. Einzig bei der FF12 waren die Werte mit 95'300 Zellen/ml unter 100'000 Zellen/ml. Bei allen anderen waren die Gehalte zum Teil deutlich über diesem Wert.

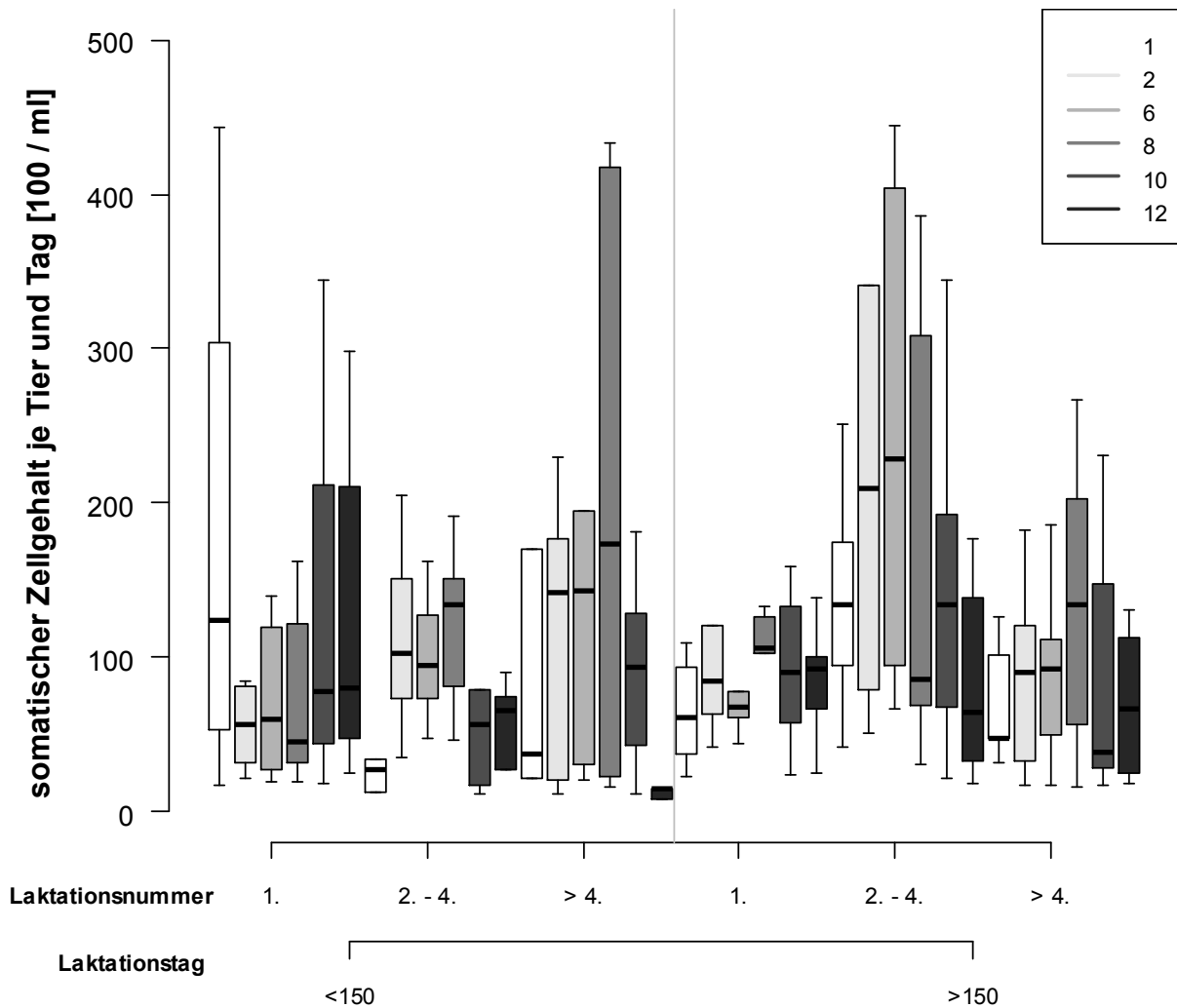


Abb. 17: Interaktion zwischen Futtevorlagehäufigkeit, Laktationstag und Laktationsnummer beim somatischen Zellzahlgehalt als Boxplot (ohne Ausreißer)

Die Gehalte der Laktose variierten mit 4.62 % bei FF8 und 4.80 % bei FF12 über alle Futtevorlagehäufigkeiten gering (Tab. 50) und wurden signifikant von der Laktationsnummer ($p = 0.003$) und der Futtevorlagehäufigkeit ($p = 0.04$) beeinflusst. Der Zusammenhang war jedoch nicht linear ($p = 0.02$).

Die Auswertung der Harnstoffgehalte ergaben einen hoch signifikanten Zusammenhang mit der Futtevorlagehäufigkeit ($p < 0.0001$) und eine starke Signifikanz mit der Laktationsnummer ($p = 0.001$). Die Harnstoffgehalte lagen innerhalb der Versuche bei den häufigen Futtevorlagen höher (Tabelle 45). Ebenso verhielt es sich bei den Erstlaktierenden im Vergleich zu den älteren Tieren (Tabelle 46).

Die Futtevorlagehäufigkeit beeinflusste weder den Milchfettgehalt ($p = 0.45$) noch den Milcheiweißgehalt ($p = 0.90$) signifikant. Die Abhängigkeit des Fettgehaltes von

der Futtervorlagehäufigkeit und dem Laktationstag zeigt Abb. 18. Bei Tieren unter dem 150. Laktationstag sank der Fettgehalt der Milch bei FF 10 und FF 12. Diese Entwicklung wiederholte sich bei Tieren über dem 150. Laktationstag nicht. Hier bewegten sich alle Werte bis auf FF 8 auf einem ähnlichen Niveau. Der Median bei FF 8 lag sogar über den anderen Werten.

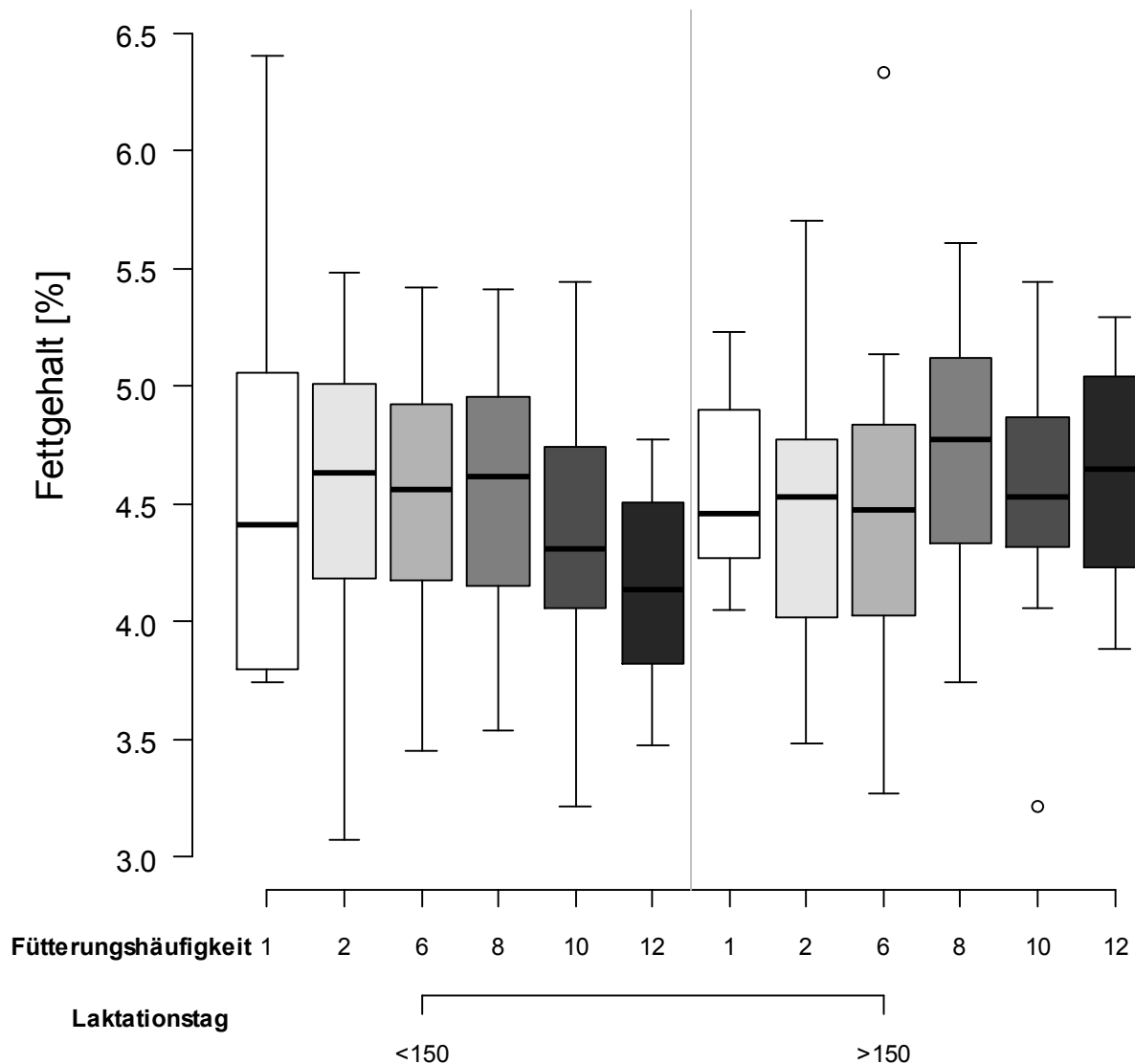


Abb. 18: Abhängigkeit des Fettgehaltes von der Futtervorlagehäufigkeit und dem Laktationstag

Während bei den Tieren über dem 150. Laktationstag bei allen Futtervorlagehäufigkeiten die Eiweißgehalte auf einem ähnlichem Niveau blieben, sanken sie bei FF 1, FF 10 und FF 12 ab (Abb. 19).

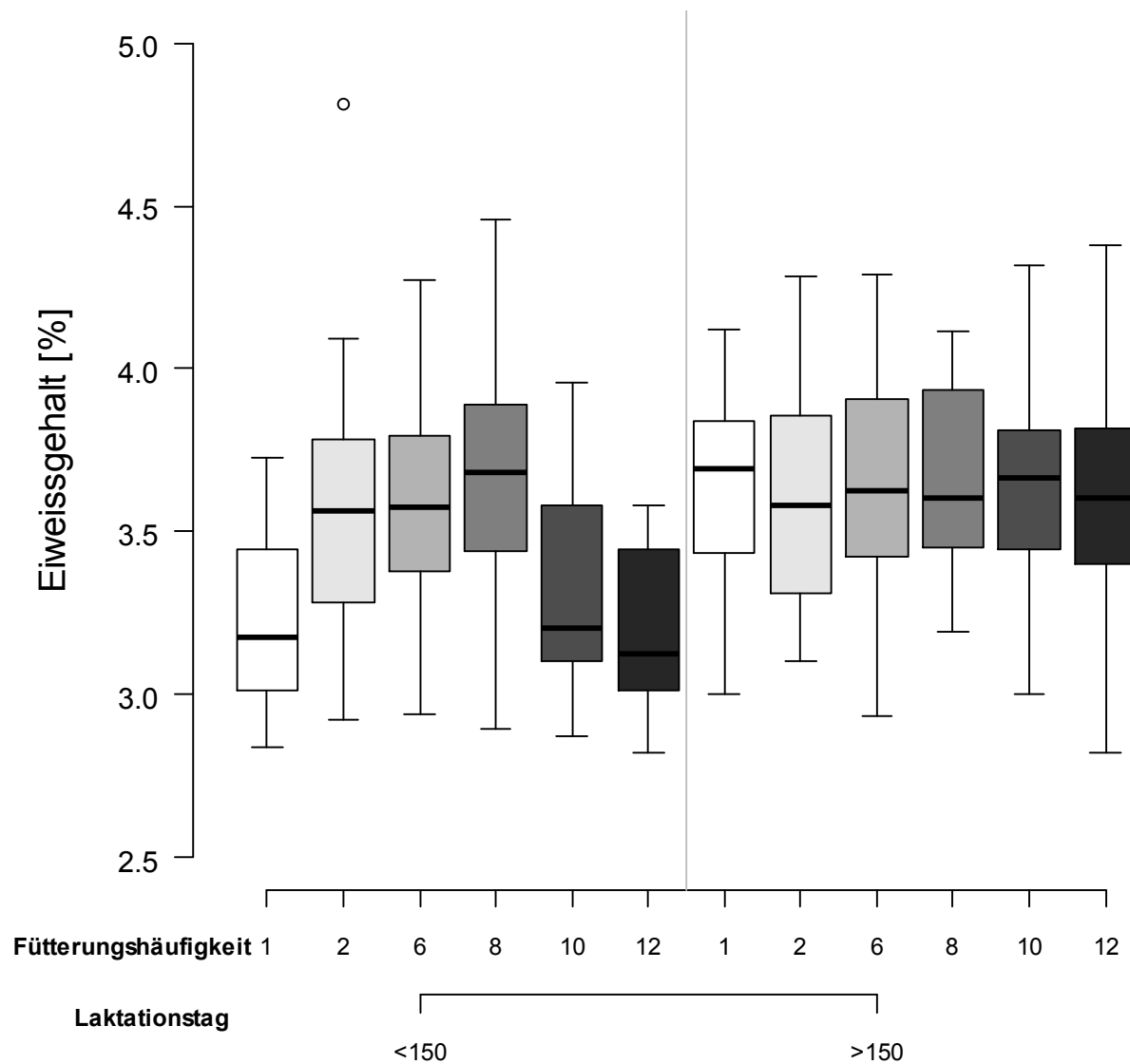


Abb. 19: Abhängigkeit des Eiweißgehaltes von der Futtermittelhäufigkeit und dem Laktationstag

Bei allen anderen Milch Inhaltsstoffen spielten Interaktionen zwischen den Futtermittelhäufigkeiten und den Laktationsnummern bzw. -tagen keine Rolle. In Tab. 51 sind die Ergebnisse der Milch Inhaltsstoffe für die verschiedenen Laktationstage und Laktationsnummern aufgeführt.

Tab. 51: Ergebnisse der Milchinhaltstoffanalyse für die verschiedenen Laktationstage und Laktationsnummern

Laktationsnummer	Fett [%]	Eiweiss [%]	Laktose [%]	Harnstoff [mg/ dl]
1. Laktation	4.52	3.52	4.80	31.09
2. - 4. Laktation	4.42	3.54	4.69	26.97
> 4. Laktation	4.62	3.53	4.65	26.90
Laktationstag				
1. - 150. Tag	4.45	3.39	4.75	29.10
> 150. Tag	4.57	3.64	4.70	28.35

4.2.5 Tieraktivität

Die Ergebnisse der verschiedenen Tieraktivitäten wurden in die Verhaltenskategorien „Liegen/Andere Aktivitäten“, „Liegen/Wiederkauen“, „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“ eingeteilt. Andere Aktivitäten beschreiben hier alle Tieraktivitäten beim Futteraufnahmeverhalten die weder der Kategorie „Fressen“ noch dem „Wiederkauen“ zugeordnet werden konnten.

Wie in Tab. 52 ersichtlich, verbrachten die Tiere im Versuch 2010 bei allen Futtervorlagehäufigkeiten am meisten Zeit mit der Verhaltensweise „Liegen und Wiederkauen“. Am höchsten im Vergleich der drei Futtervorlagehäufigkeiten war die Dauer dieser Verhaltensweise mit 399.9 Minuten bei der sechsmal täglichen Futtervorlage (FF6). Bei der zweimaligen Futtervorlage (FF2) war diese mit 393.7 Minuten nur minimal geringer. Etwas deutlicher fällt der Unterschied bei der achtmaligen Futtervorlage (FF8) aus. Mit 344.1 Minuten lag die Dauer „Liegen und Fressen“ um 54.9 Minuten unter der, der sechsmaligen Futtervorlage. Mit steigender Vorlagehäufigkeit sank der Anteil an Liegen und andere Aktivitäten. Mit 366.8 Minuten wurde bei der FF2 43.7 Minuten mehr mit anderen Aktivitäten verbracht als bei der FF8 mit 323.1 Minuten. FF6 und FF8 unterscheiden sich diesbezüglich kaum.

Genau entgegengesetzt verhielt es sich bei der Verhaltensweise „Stehen/Andere Aktivitäten“. Mit 300.5 Minuten verbrachten die Tiere mit FF8 am meisten Zeit hiermit. Der Anteil sank mit geringerer Futtervorlagehäufigkeit und lag bei FF2 mit 229.7 Minuten um 70.8 Minuten unter dem der FF8.

Die Zeitanteile beim „Stehen/Fressen“ lagen bei allen Futtevorlagehäufigkeiten nahe beieinander. Mit 319.3 Minuten lag dies bei FF6 am höchsten und war im Vergleich dazu bei FF8 mit 307.1 Minuten um nur 12.6 Minuten geringer.

Ebenfalls bei allen Futtevorlagehäufigkeiten verbrachten die Tiere am wenigsten Zeit mit „Stehen/Wiederkauen“. Bei FF6 war mit 132.0 Minuten die Dauer am geringsten, gefolgt von FF2 mit 138.8 Minuten. Bei FF8 lag dieser Wert mit 165.2 Minuten um 33.2 Minuten höher als bei FF6.

Im Versuch 2011 mit 1-, 10- und 12-mal täglicher Futtevorlage war mit durchschnittlich 323.5 (FF12) und 325.9 (FF1) kein Unterschied bei „Liegen und andere Aktivitäten“ zu ermitteln (Tab. 52). Auch das „Stehen und Fressen“ lag mit 336.9 Minuten bei FF12 nur ca. fünf Minuten unter den Werten der anderen Futtevorlagehäufigkeiten. Bei den anderen Tieraktivitäten sind die Unterschiede grösser.

Bei FF12 verbrachten die Tiere im Vergleich mit FF10 im Durchschnitt 42.2 Minuten weniger mit dem Wiederkauen im Liegen. Dahingehend wurde 15.7 Minuten länger im Stehen wiedergekaut als bei FF1. Bei einer 10-maligen Futtevorlage verbrachten die Tiere am wenigsten Zeit mit „Stehen/Andere Aktivitäten“. Mit 269.9 Minuten lag dieser Wert um 32 Minuten unter dem der FF12.

Tab. 52: Übersicht der unterschiedlichen Tieraktivitäten je Tier und Tag [min] "Liegen/Andere Aktivitäten", Liegen/Wiederkauen", „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“ bei verschiedenen Futtevorlagehäufigkeiten der Versuche PT1b Versuch 1 (2010) und PT 1b Versuch 2 (2011)

Versuch	Futtevorlage häufigkeit	Liegen / And. Aktivitäten ¹ [min/Tag]	Liegen / Wiederkauen [min/Tag]	Stehen / And. Aktivitäten ¹ [min/Tag]	Stehen / Wiederkauen [min/Tag]	Stehen / Fressen [min/Tag]
2010	2	366.8 ± 113.3	393.7 ± 110.7	229.7 ± 75.2	138.8 ± 61.4	311.1 ± 54.6
	6	327.3 ± 70.1	399.0 ± 88.9	262.4 ± 54.8	132.0 ± 53.8	319.3 ± 50.0
	8	323.1 ± 115.8	344.1 ± 142.5	300.5 ± 124.3	165.2 ± 124.5	307.1 ± 80.6
2011	1	325.9 ± 72.5	379.1 ± 79.5	277.7 ± 64.3	115.3 ± 48.0	342.0 ± 54.9
	10	325.7 ± 83.4	389.0 ± 86.1	269.9 ± 98.3	113.5 ± 57.1	341.9 ± 75.4
	12	323.5 ± 79.0	346.8 ± 110.4	301.9 ± 155.1	131.0 ± 63.5	336.9 ± 94.9

¹ And. Aktivitäten: Andere Aktivitäten (bei der Futteraufnahme)

Der Unterschied bei „Liegen/Andere Aktivitäten“ ($p = 0.53$), „Liegen/Wiederkauen“ ($p = 0.20$), „Stehen/Wiederkauen“ ($p = 0.85$) und „Stehen/Andere Aktivitäten“ ($p = 0.38$) war in Bezug auf die sechs verschiedenen Futtevorlagehäufigkeiten nicht

signifikant. Es tritt aber ein signifikanter Einfluss der Laktationsnummer bei „Liegen/Andere Aktivitäten“ ($p = 0.04$) auf. Wie in Tab. 53 ersichtlich, verbrachten Tiere der 1. Laktation mit 295.1 Minuten am wenigsten Zeit mit „Liegen/Andere Aktivitäten“, gefolgt von den Tieren der 2.-4. Laktation mit 325.3 Minuten. Mit 369.1 Minuten war die Gesamtzeit der Tiere über der 4. Laktation 70 Minuten länger als bei den Erstlaktierenden (Tab. 53).

Bei „Stehen/Andere Aktivitäten“ zeigt sich ein Trend bei dem Laktationstag ($p = 0.052$). Die Tiere unter dem 150. Laktationstag verbrachten im Vergleich zu Tieren über dem 150. Laktationstag 71.4 Minuten mehr Zeit in dieser Verhaltenskategorie (Tab. 53).

Tab. 53: Mittelwerte der Tieraktivitäten je Tier und Tag [min] "Liegen/Andere Aktivitäten", Liegen/Wiederkauen“, „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“ nach Laktationstag und Laktationsnummer

Laktationsnummer	Liegen / And. Aktivitäten ¹ [min/Tag]	Liegen / Wiederkauen [min/Tag]	Stehen / And. Aktivitäten ¹ [min/Tag]	Stehen / Wiederkauen [min/Tag]	Stehen / Fressen [min/Tag]
1. Laktation	295.1 ± 69.5	371.1 ± 109.0	290.0 ± 149.2	131.4 ± 58.4	352.5 ± 86.9
2. - 4. Laktation	325.3 ± 62.9	395.9 ± 83.7	250.6 ± 46.9	124.1 ± 63.5	344.0 ± 67.4
> 4. Laktation	369.1 ± 98.8	344.6 ± 101.1	302.5 ± 104.3	123.3 ± 75.0	300.5 ± 56.9
Laktationstag					
1. - 150. Tag	330.7 ± 90.5	343.2 ± 111.2	312.9 ± 133.3	137.1 ± 70.4	316.0 ± 73.1
> 150. Tag	323.9 ± 73.3	405.5 ± 72.4	241.4 ± 58.4	113.5 ± 56.0	355.7 ± 72.9

¹ And. Aktivitäten: Andere Aktivitäten (bei der Futteraufnahme)

Beim „Stehen/Fressen“ bestand eine signifikante, aber nicht linear verlaufende Dreifachinteraktion zwischen der Futtermengehäufigkeit, der Laktationsnummer und dem Laktationstag ($p = 0.004$). Erstlaktierende zeigten unter 150 Laktationstagen bei FF8 die höchste und bei FF12 der geringsten Tieraktivität bei „Stehen/Fressen“. Bei den Tieren über 150 Laktationstage war dieser Effekt gegenläufig. Bei den Tieren in der 2.-4. Laktation mit weniger als 150 Tagen in der Laktation, waren bei FF10 und FF12 die Werte am höchsten und bei FF6 und FF8 am niedrigsten. Bei Tieren über 150 Laktationstage zeigte sich die Dauer für „Stehen/Fressen“ bei FF10 am längsten und bei FF8 am kürzesten. Bei mehr als vier Laktationen zeigten sich die höchsten Werte für „Stehen/Fressen“ bei FF6 und die geringsten bei FF10. Über 150 Laktationstage war bei den Tieren in diesen Laktationen die Dauer bei FF8 am niedrigsten und bei FF12 am höchsten.

Aus Sicht der Futtevorlagehäufigkeiten waren bei FF1 und FF10 bei Tieren über 150 Laktationstage jeder Laktation immer längere Zeiten für „Stehen/Fressen“ auszumachen, als bei Tieren unter 150 Laktationstagen. Bei FF6 und FF12 waren unter 150 Laktationstage und in der ersten und höher als 4. Laktation höhere Werte festzustellen. In der 2.-4. Laktation lagen die Werte im Laktationsabschnitt unter 150 Tage tiefer. Bei FF8 hatten Erstlaktierende deutlich höhere Werte bei „Stehen/Fressen“ wenn sie unter dem 150. Laktationstag waren, während bei allen höheren Laktationen die Werte im Vergleich zu den Tieren über 150 Laktationstage dergleichen Laktationsnummern geringer ausfallen.

Werden nur die Tiere unter 150 Laktationstage verglichen, so profitieren bei FF1, FF2, FF10 und FF12 vor allem die Tiere in der 2.-4. Laktation und bei FF6 und FF8 in erster Linie die Erstlaktierenden. Bei Tieren über 150 Laktationstagen war dieser Einfluss genau entgegengesetzt.

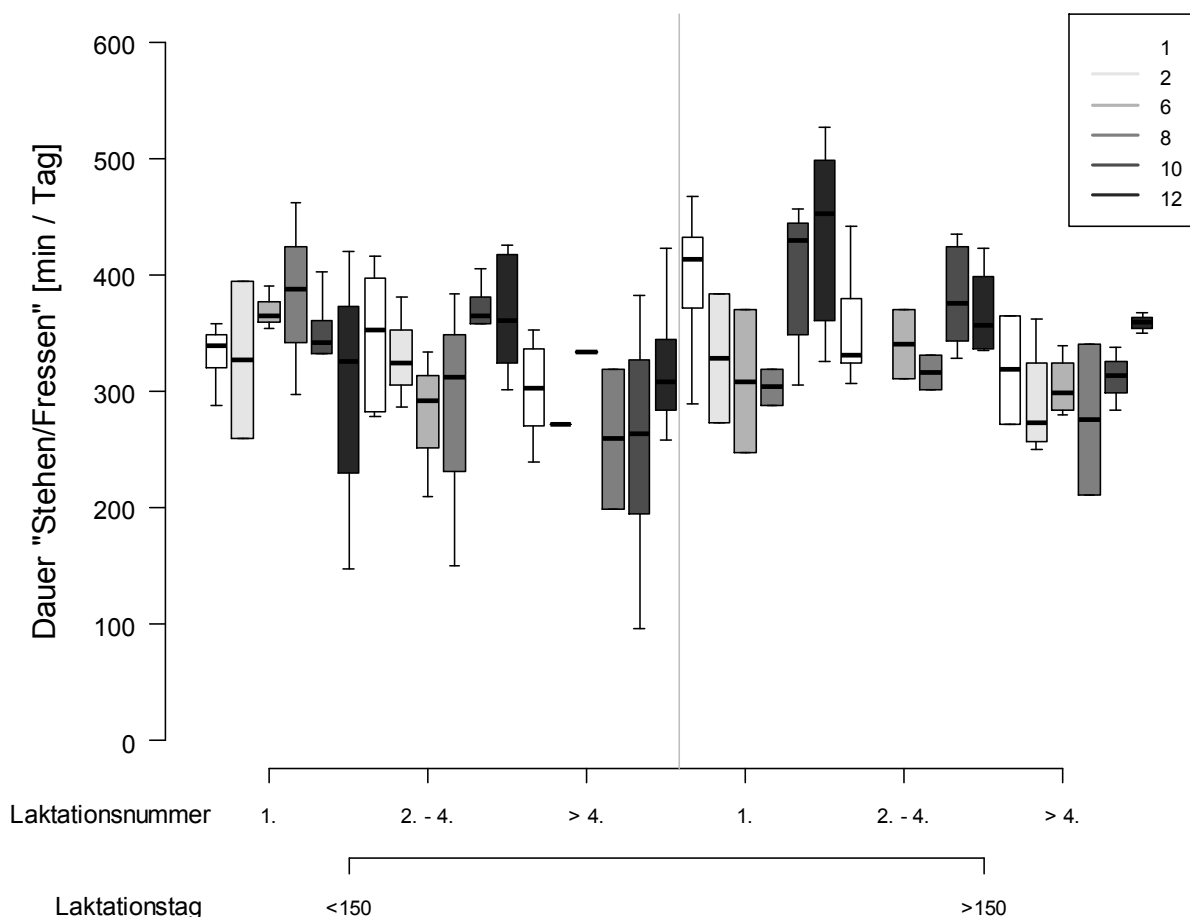
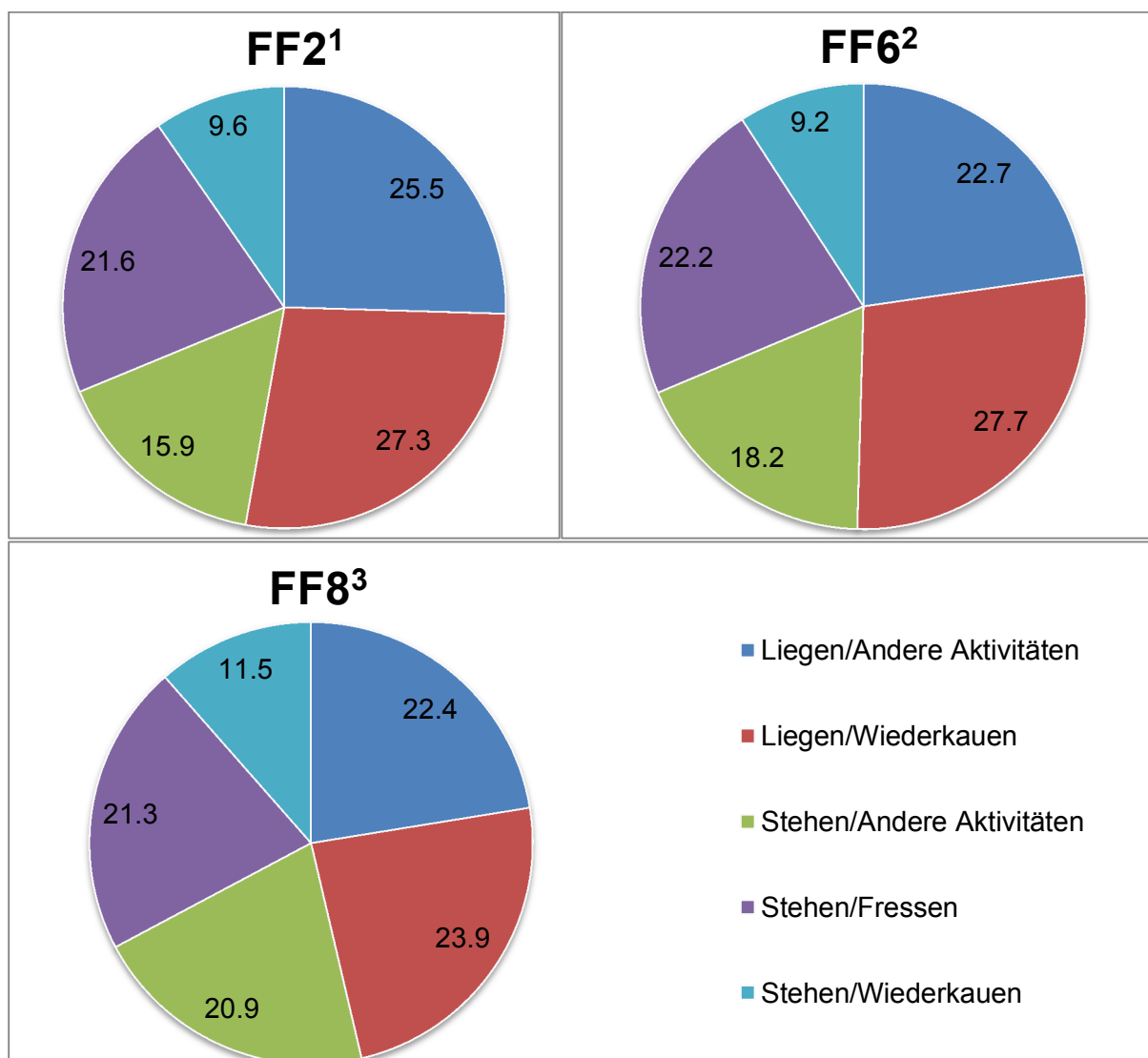


Abb. 20: Interaktion zwischen Futtevorlagehäufigkeit, Laktationstag und Laktationsnummer für die Tieraktivität „Stehen/Fressen“ als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

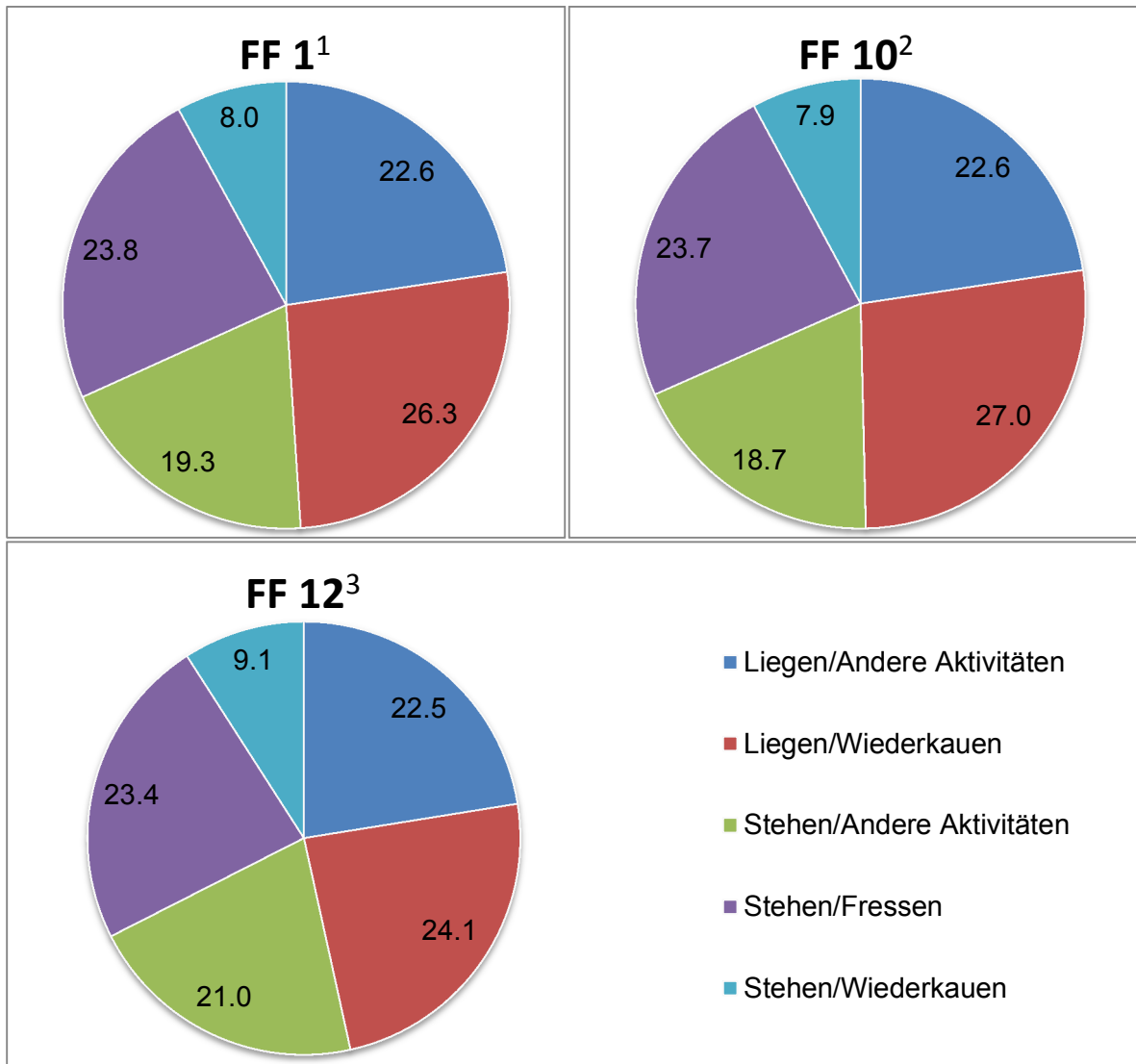
In Abb. 21 ist ein Vergleich der relativen zeitlichen Anteile der verschiedenen Verhaltenskategorien je Tier und Tag der Futtevorlagehäufigkeiten FF2, FF6 und FF8 dargestellt. Es zeigt sich, dass der Anteil „Liegen/Andere Aktivitäten“ bei FF6 und FF8 mit 22.7 % und 22.4 % geringer war, als bei FF2 (25.5 %). Der Anteil beim „Stehen/Fressen“ war bei allen drei Futtevorlagehäufigkeiten nahezu identisch. Es fällt auf, dass bei FF8 sowohl das „Stehen/Andere Aktivitäten“ (20.9 %) und das „Stehen/Wiederkauen“ (11.5 %) einen größeren Anteil einnimmt, als bei FF2 (15.9 % und 9.6 %) und FF6 (18.2 % und 9.2 %). Dafür war bei FF8 der Anteil an „Liegen/Wiederkauen“ im Vergleich zu den anderen beiden Futtevorlagehäufigkeiten geringer.



¹ FF2: Futtevorlage 2-mal täglich, ² FF6: Futtevorlage 6-mal täglich, ³ FF8: Futtevorlage 8-mal täglich

Abb. 21: Übersicht der verschiedenen Tieraktivitäten der Kategorien "Liegen/Andere Aktivitäten", Liegen/Wiederkauen", „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/ Wiederkauen“ je Tier und Tag [%] bei zwei-, sechs- und achtmaliger Futtevorlage pro Tag

In Abb. 22 sind die entsprechenden Ergebnisse für den Versuch 2011 dargestellt. Die Unterschiede zwischen den Verhaltenskategorien sind, wie beim Versuch 2010, nur gering. Der prozentuale Anteil der mit den Tieraktivitäten „Liegen/Andere Aktivitäten“ und „Stehen/Fressen“ verbrachten Zeit variiert zwischen den Häufigkeiten der Futtervorlage nur sehr gering oder war identisch. Bei FF12 sank der Anteil „Liegen/Wiederkauen“ im Vergleich zu FF10 um 2.9 %, gleichzeitig erhöhte sich der Anteil „Stehen/Andere Aktivitäten“ um 2.3 % und „Stehen/Wiederkauen“ um 1.2 %.



¹ FF1: Futtervorlage 1-mal täglich, ² FF10: Futtervorlage 10-mal täglich, ³ FF12: Futtervorlage 12-mal täglich

Abb. 22: Übersicht der verschiedenen Tieraktivitäten der Kategorien „Liegen/Andere Aktivitäten“, „Liegen/Wiederkauen“, „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“ je Tier und Tag [%] bei ein-, zeh- und zwölfmaliger Futtervorlage pro Tag

4.2.6 Ethogramme

PT 1b Versuch 1

Im Weiteren werden die Ergebnisse der Tagesverläufe der verschiedenen erfassten Verhaltensweisen zwischen den Futtevorlagehäufigkeiten erläutert. Verglichen wurde im Folgenden das Verhalten der Tiere über den Tag zwischen den verschiedenen Futtevorlagehäufigkeiten unter Einbezug der verschiedenen Laktationsnummern. Dabei wurde unterteilt in die Tiere der 1. Laktation, der 2.-4. Laktation und die Tiere über der 4. Laktation. In Abb. 23 bis Abb. 27 ist der relative Anteil der Tiere aus dem PT 1b Versuch 1 von 2010 (FF2, FF6, FF8) aufgetragen, die zu der entsprechenden Tageszeit ein bestimmtes Verhalten zeigten. Die Melkzeiten sind jeweils grau unterlegt, die Futtevorlagezeiten (Startzeiten) sind mit Pfeilen markiert.

In Abb. 23 und Abb. 24 sind die Anzahl Tiere über den Tagesverlauf für die Verhaltenskategorien „Liegen/Andere Aktivitäten“ und „Liegen/Wiederkauen“ der Futtevorlagehäufigkeiten FF2, FF6 und FF8 aufgetragen. Bei allen drei Futtevorlagehäufigkeiten war ein hoher Anteil an Tieren vor der morgendlichen 8:00 Uhr Fütterung mit Liegen und anderen Aktivitäten oder mit Liegen und Wiederkauen beschäftigt. Mit Vorlage der Ration sank die Anzahl an Tieren ab. Nach der Futtevorlage sanken die Anzahl liegender Tiere insbesondere bei FF2 schnell und stark ab. Bei FF2 war noch einmal ein zweiter etwas höherer Anstieg in beiden Kategorien zwischen 20:00 Uhr und 22:00 Uhr erkennbar. Dabei waren es in erster Linie die Tiere in der 2.-4. Laktation, die in dieser Zeit lagen. Die Erstlaktierenden und Tiere über der 4. Laktation nutzten vermehrt den Zeitraum zwischen Mitternacht und 4:15 Uhr. In diesem Zeitraum war der Anteil an liegenden Tieren der 2.-4. Laktation bis auf eine kurze Phase zwischen 03:00 Uhr und 04:00 Uhr sehr gering bzw. lag größtenteils bei null.

Bei FF6 traten zwei weitere Anstiege zwischen 20:00 Uhr und 21:00 Uhr und 23:00 Uhr und 24:00 Uhr auf. Ein zeitlich eindeutiger Unterschied zwischen den Laktationen wie bei FF2 war aber weder bei FF6, noch bei FF8 erkennbar.

Insgesamt zeigte das Tagesprofil für Liegen und andere Aktivitäten und für Liegen und Wiederkauen bei FF8 einen Verlauf mit geringeren Ausschlägen und stieg selten

über 40 % der Tiere. Während bei FF2 und FF6 über den Tag fünf Phasen zu erkennen sind, bei denen mindestens 50 % der Tiere gleichzeitig lagen und wiederkauten sind bei FF8 nur zwei Phasen am Nachmittag und Abend zu erkennen, bei denen meist auch nur knapp die 50 % erreicht wurden (Abb. 24).

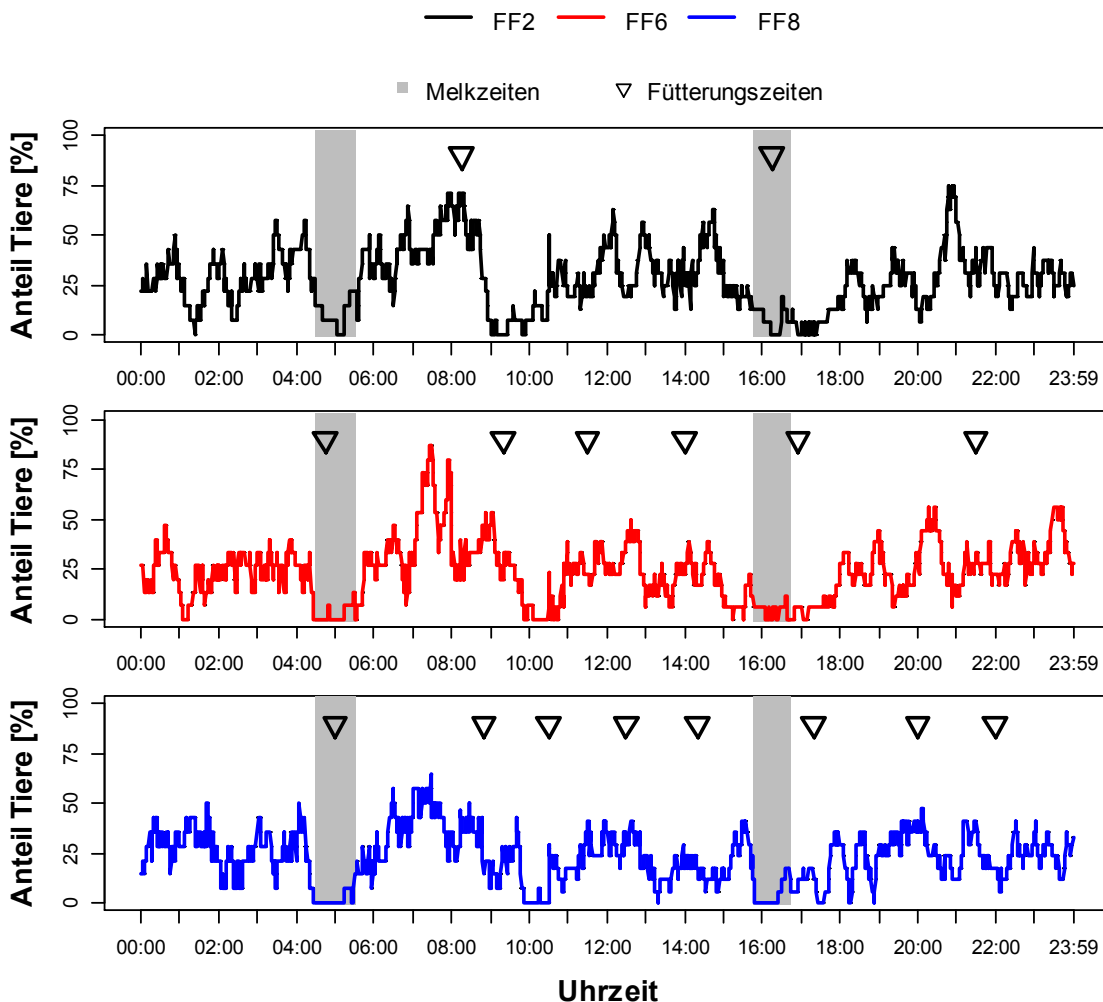


Abb. 23: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Liegen/Andere Aktivitäten" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010)

Bei allen drei Futtervorlagehäufigkeiten waren fünf Phasen festzustellen, bei denen mehr als 50 % der Tiere lagen. Die längste Phase war am Abend und über Nacht bei FF6 zu erkennen, die von 18:05 Uhr bis 00:40 Uhr ging. In dieser Zeit lagen durchgängig mehr als 50 % der Tiere. Bei FF2 und FF8 teilten sich in dieser Zeit in zwei Ruhephasen die bei FF2 zwischen 22:42 Uhr und 23:10 Uhr und bei FF8 zwischen 21:10 Uhr und 22:36 Uhr unterbrochen war. Bei FF8 lagen zwischen 00:00 Uhr und bis zum Beginn der Stallarbeiten gegen 04:15 Uhr im Durchschnitt 57 % Tieren weniger, als bei FF2 (64.3 %) und FF6 (66.7 %), jedoch variierte die Tierzahl bei FF2 und FF6 stärker. Bei FF2 und FF6 war zwischen 2:30 Uhr (FF6) bzw. 03:08 Uhr (FF2) bis 04:20 Uhr eine weitere Ruhephase, in der mehr als 50 %

der Tiere lagen. An die morgendliche Melkung schloss sich bis zur nächsten Futtervorlage bei allen drei Futtervorlagehäufigkeiten eine Liegeperiode an. Ab 05:52 Uhr (FF2) bzw. 06:04 Uhr (FF6) und 06:27 Uhr (FF8) folgte eine Ruhephase, bei der der Großteil der Tiere lag. Bei FF8 standen die Tiere nach dem Melken ca. 30 Minuten länger, als am Morgen bei FF2. Nach der abendlichen Melkung lagen mehr als 50 % der Tiere um 18:05 Uhr (FF6) 25 Minuten früher, als bei FF2 und FF8 (ca. 18:30 Uhr). Dabei legten sich am Morgen direkt nach dem Melkvorgang bei FF2 mit 35 % mehr Tiere hin, als bei FF6 und FF8 mit ca. 20 %. Am Nachmittag lagen bei FF6 direkt nach dem Melken 27.8 % mehr Tiere als bei FF2 (19 %) und FF8 (23.5 %).

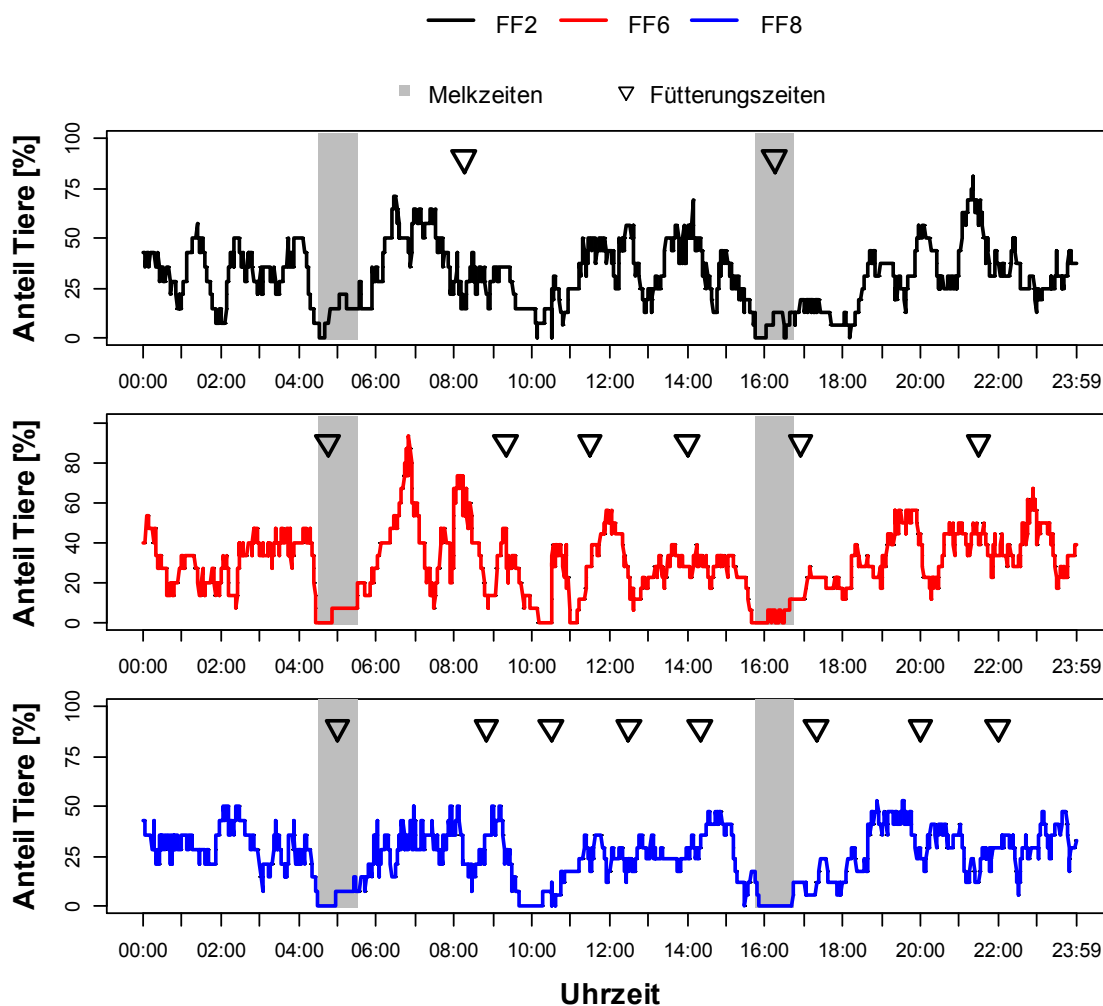


Abb. 24: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Liegen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010)

Bei den Verhaltenskategorien „Stehen/Wiederkauen“ und „Stehen/Andere Aktivitäten“ liegen die Anzahl Tiere bei allen Futtervorlagehäufigkeiten überwiegend unter 30 % bei „Stehen/Wiederkauen“ und unter 40 % bei „Stehen/Andere Aktivitäten“. Nur am

Morgen und am Nachmittag während des Melkens stieg der Anteil der im Stehen wiederkauender Tiere bei allen drei Futtervorlagehäufigkeiten stark an. Bei FF6 und FF8 war zwischen 8:00 Uhr und 10:00 Uhr noch ein etwas höherer Anteil an Tiere zu erkennen die mit „Stehen/Andere Aktivitäten“ klassifiziert wurden. (Abb. 25 und Abb. 26). Bei FF2 und FF6 waren es vorwiegend die Erstlaktierenden, die während der Melkzeiten im Stehen wiederkauten. Bei FF8 war der Anteil über alle Laktationen auf demselben Niveau. Ein laktationsabhängiger Unterschied war bei allen drei Futtervorlagehäufigkeiten nicht erkennbar.

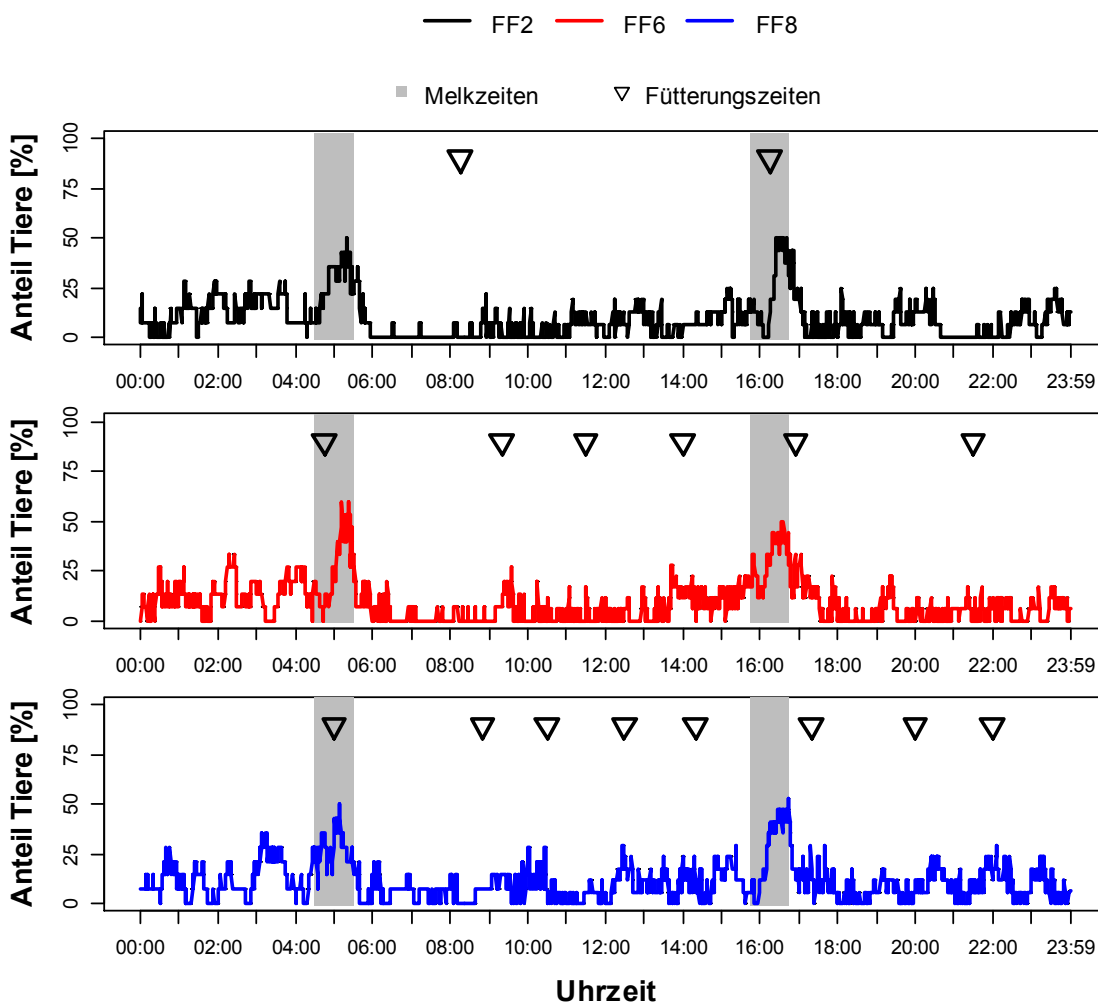


Abb. 25: Relativer Anteil der Fokustiere in der Verhaltenskategorie "Stehen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010)

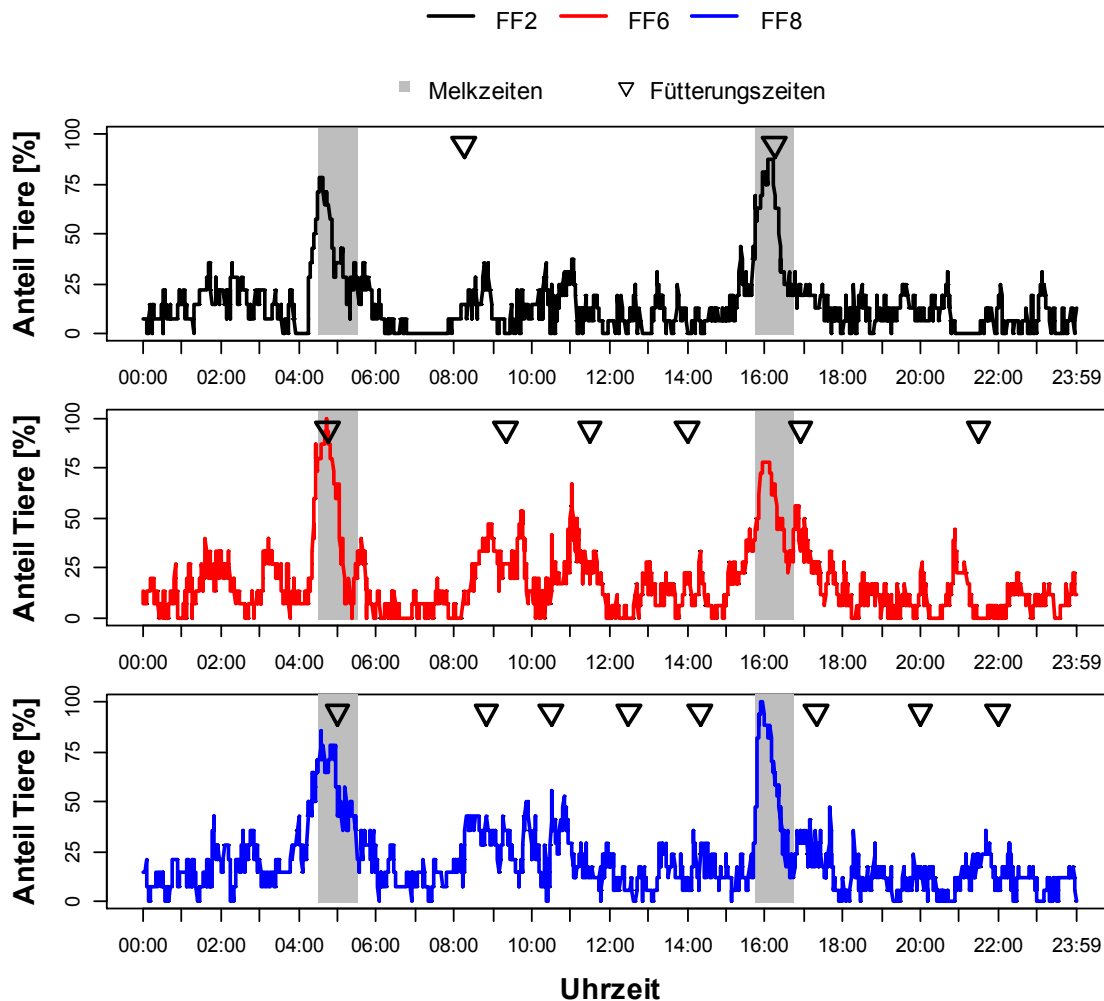


Abb. 26: Relativer Anteil der Fokustiere in der Verhaltenskategorie "Stehen/Andere Aktivitäten" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010)

Bei allen Futtervorlagehäufigkeiten sind zwei Hauptfressphasen zu erkennen, die je nach der Futtervorlagezeit zwischen 09:00 Uhr und 11:00 Uhr und 17:00 Uhr und 19:00 Uhr lagen. Dabei waren die Hauptfressphasen bei FF2 und FF6 stärker ausgeprägt, als bei FF8. Jeder Futtervorlage folgte ein steigender Anteil fressender Tiere, wobei die Futtervorlagen in den Hauptfressphasen die meisten Tiere zum Futtertisch zogen. Dabei war der Anteil gleichzeitig fressender Tiere bei FF8 am geringsten. Während zwischen 12:00 Uhr und 15:00 Uhr und 20:00 Uhr und 22:00 Uhr bei FF2 nur wenige Tiere fraßen, kommen bei FF6 und FF8 zum Teil bis zu 50 % der Tiere nach einer Futtervorlage erneut zur Futteraufnahme. Bei FF6 war eine weitere kleinere Fressperiode zwischen 00:00 Uhr und 02:00 Uhr zu erkennen (Abb. 27).

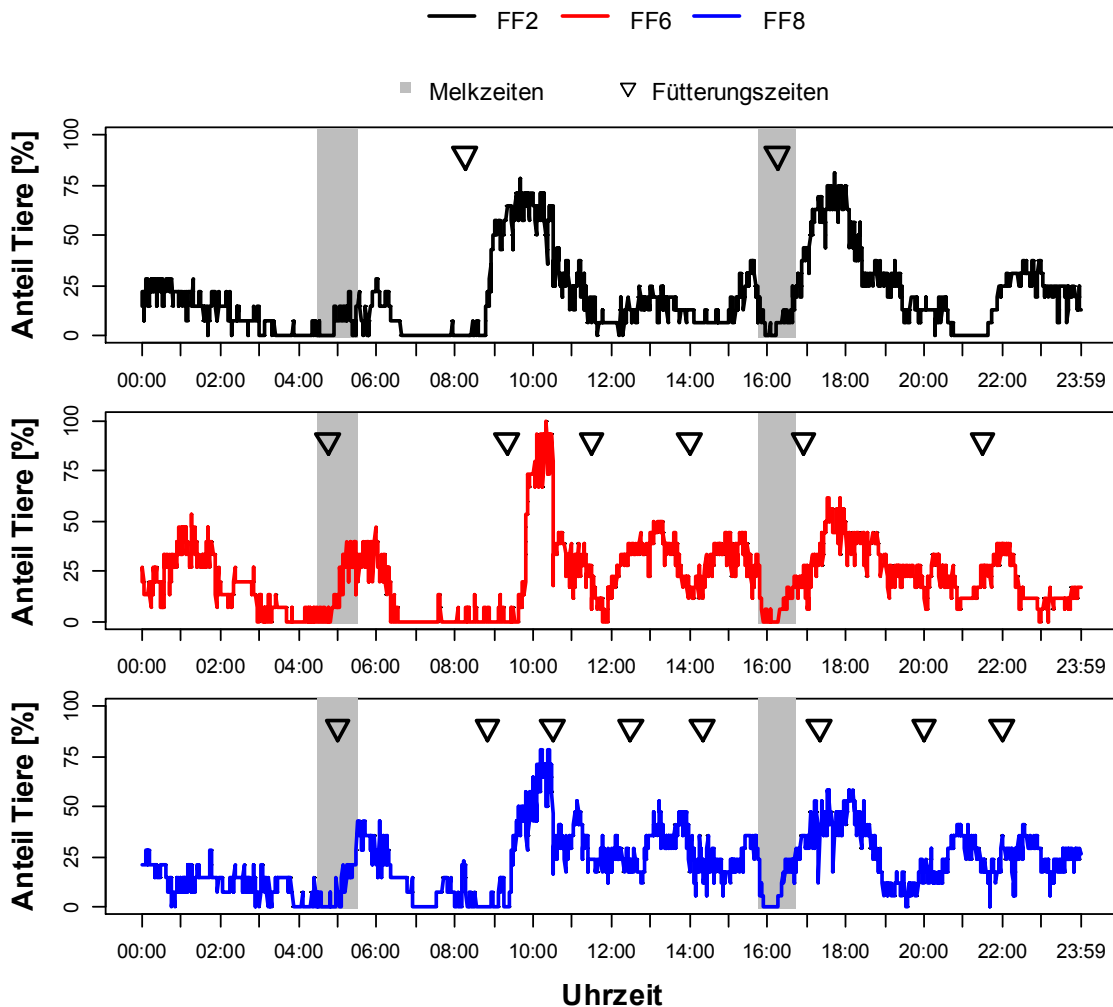


Abb. 27: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010)

In der Kategorie „Stehen/Fressen“ unterschied sich das Verhalten zwischen den Laktationen zum Teil deutlich. Bei FF2 sind nach der ersten Futtevorlage am Morgen im Mittel 95.1 % der Tiere zwischen 09:00 Uhr und 10:30 Uhr der Tiere in der 2.-3. Laktation am Fressen. Wobei in dieser Zeit mehrheitlich alle Tiere mit der Futteraufnahme verbrachten (Abb. 28). Im gleichen Zeitraum waren es bei den Erstlaktierenden nur 49.1 % und bei den Tieren über der 4. Laktation 54.0 %. Nach der zweiten Fütterung und der abendlichen Melkung fraßen zwischen 16:45 Uhr und 18:15 Uhr im Durchschnitt 57.1 % der Erstlaktierenden (maximal 83.3 %), 36.6 % der 2.-4. Laktierenden (maximal 61.8 %) und 52.2 % der Tiere über der 4. Laktation (maximal 59.8 %). Nach der morgendlichen Fütterung fraßen also vorrangig die Tiere der 2.-4. Laktation, während die Tiere der 1. Laktation und über der 4. Laktation eher nach der zweiten Fütterung und der abendlichen Melkungen den Futtertisch aufsuchten. Bei den Erstlaktierenden fraßen kurz vor der abendlichen Melkung noch einmal 50 % der Tiere. Bei der 2.-4. Laktation waren sogar bis zu 66.7 % der Tiere,

während es bei den Tieren über der 4. Laktation mit 28.6 % nicht einmal ein Drittel waren, die in diesem Zeitraum mit der Futteraufnahme verbrachten. Zwischen 20:00 Uhr und 21:00 Uhr war eine weitere Phase der 2.-4. Laktierenden, an der mehr als 50 % der Tiere Futter aufnahmen, jedoch nur sehr wenige Tiere der anderen Laktationen. Es ist deutlich zu erkennen, dass zwischen 22:00 Uhr und 00:00 Uhr bei bis zu 50 % (im Mittel 42.3 %) der Erstlaktierenden und bis zu 42.9 % (im Mittel 23.7 %) der Tiere über der 4. Laktation eine Fressphase auftrat. In dieser Zeit fraßen keine Tiere der 2.-4. Laktation. Ab 00:34 Uhr stieg die Anzahl Tiere der 2.-4. Laktation die Fressen auf 66.7 %. Im gleichen Zeitraum sank schrittweise der Anteil Erstlaktierender auf 0 % und Tiere über der 4. Laktation auf 16.7 % ab.

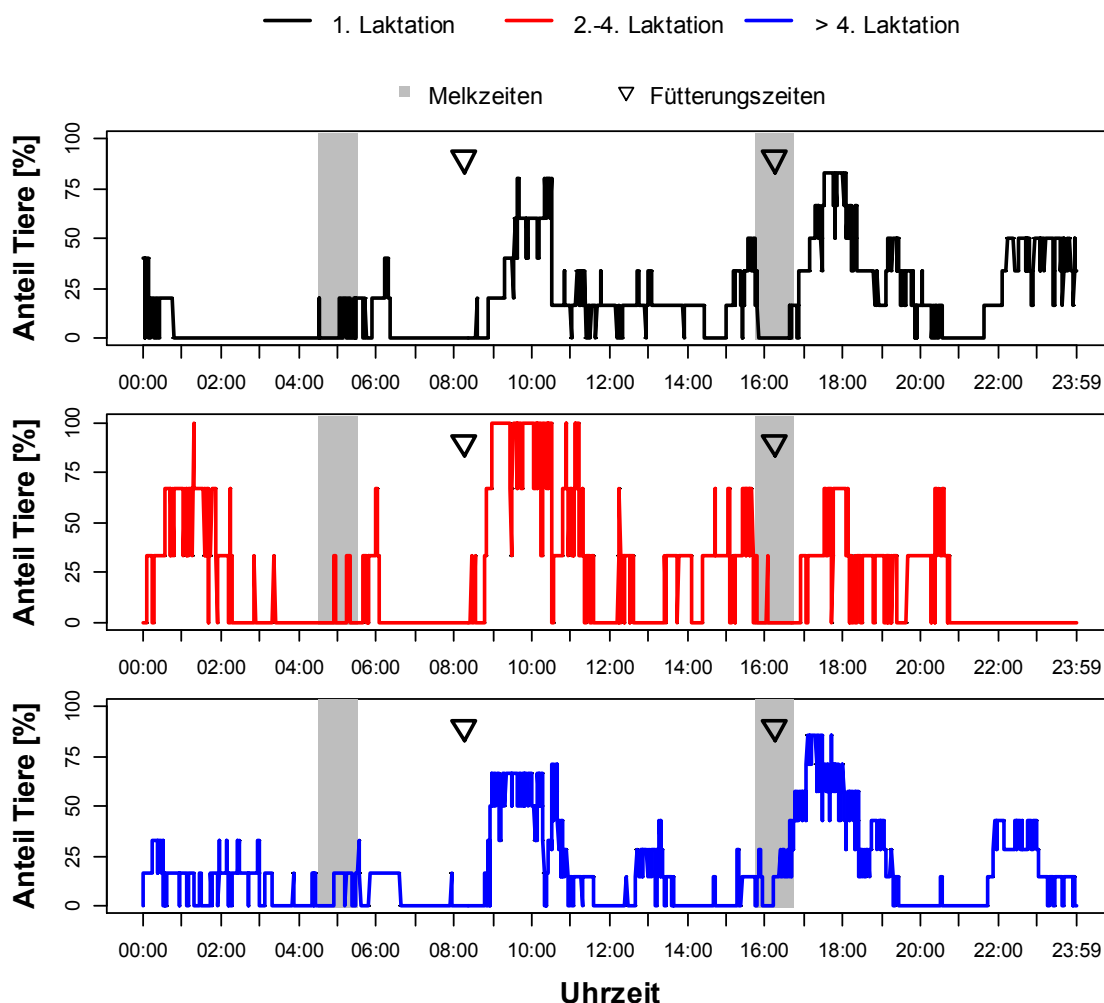


Abb. 28: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010) getrennt nach Laktationen bei zweimal täglicher Futtervorlage (FF2)

Im Vergleich zu FF2 zeigte sich bei FF6 und FF8 ein anderer Verlauf. Beim Vergleich der verschiedenen Laktationen bei FF6 fällt auf, dass bei den Erstlaktierenden insgesamt sechs Fressperioden stattfanden in denen mehr als 50 % der Tiere Futter

aufnehmen. Diese sind bis auf die 14:00 Uhr Fütterung immer nach einer erneuten Vorlage von Futter. Die sechste Fressperiode war gegen 01:00 Uhr. Nach der 14:00 Uhr Fütterung gingen vorrangig Tiere der 2.-4. Laktation zum Fressen. Die Futtervorlage um 9:00 Uhr war von Tieren dieses Laktationsabschnittes am stärksten besucht. Die 9:00 Uhr Vorlage war es auch, die von allen Laktationen gleich stark frequentiert wurde. Ansonsten fanden sich am Futtertisch selten große Teile von allen drei Laktationsgruppen gleichzeitig bei der Futteraufnahme. Während ein überwiegender Teil der Erstlaktierenden und der Tiere der 2.-4. Laktation zwischen 00:30 Uhr und 02:00 Uhr fraßen, war der Anteil bei den Tieren über der 4. Laktation in diesem Zeitraum nur gering. Die Futtervorlage um 04:15 Uhr wurde von den Erstlaktierenden und den Tieren über der 4. Laktation stark genutzt, aber weniger von den Tieren der 2.-4. Laktation. Nach der Futtervorlage um 13:45 Uhr ging ein großer Teil der Tiere der 2.-4. Laktation und über der 4. Laktation, aber nur 30 % der Erstlaktierenden zur Futteraufnahme. Dafür verbrachte ein großer Teil der Erstlaktierenden zwischen 21:00 Uhr und 22:30 Uhr mit der Futteraufnahme, aber maximal ein Drittel der Tiere über der 2. Laktation und 20 % der 2.-4. Laktierenden.

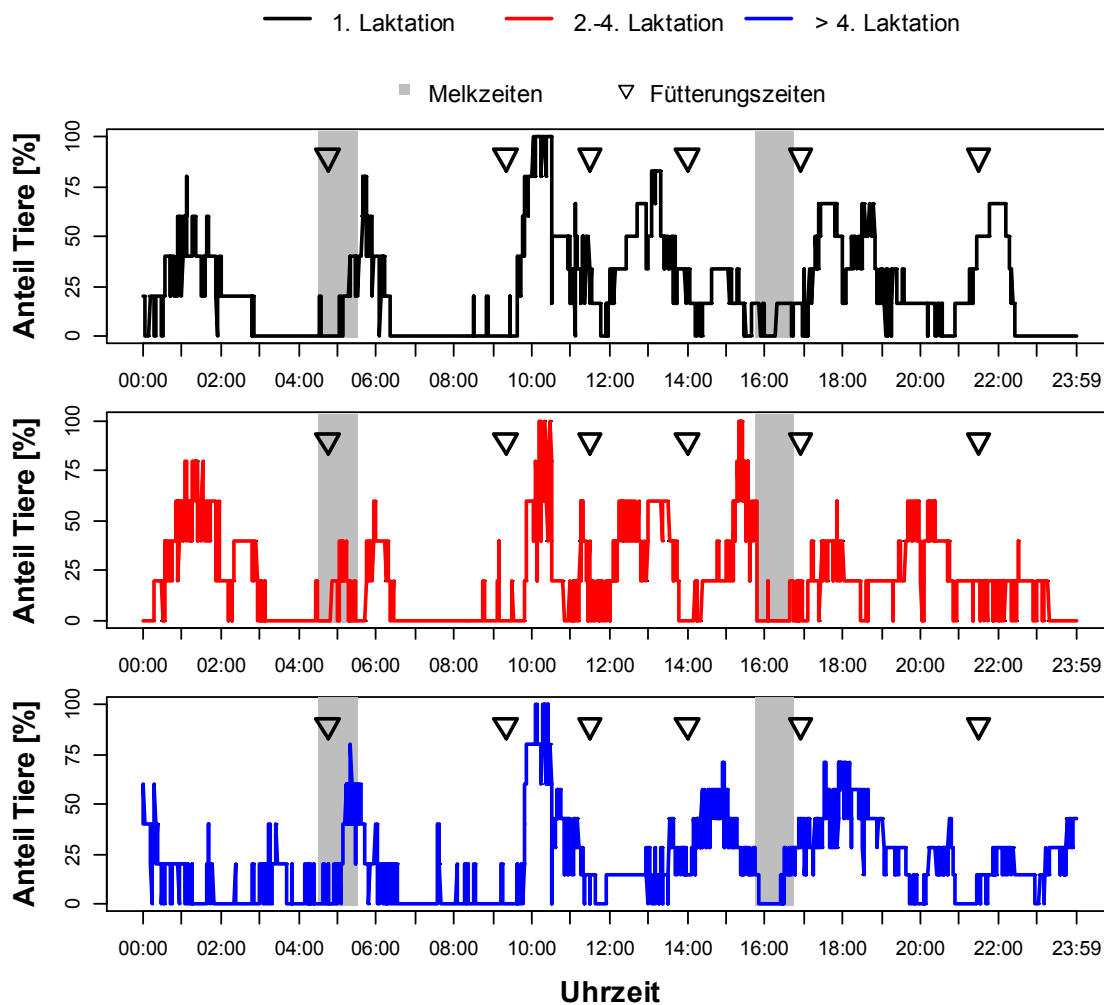


Abb. 29: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010) getrennt nach Laktationen bei sechsmal täglicher Futtermalage (FF6)

Bei FF8 (Abb. 30) zeigte sich ein ähnlicher Verlauf wie bei FF6. Der Anteil der Tiere war aber oft geringer. So wurde auch bei FF8 die erste Fütterung am Tag überwiegend von Erstlaktierenden und Tieren über der 4. Laktation zum Fressen genutzt. Die zweite Fütterung am Morgen war bei allen Laktationsgruppen am meisten frequentiert. Einzig die Futtermalage nach dem abendlichen Melken erreichte bei den Erstlaktierenden noch einen ähnlich hohen Anteil an fressenden Tieren. Bei der Gruppe der 2.-4. Laktation sind noch viele Tiere zwischen 20:30 Uhr und 21:30 Uhr am Fressen. Bei den Tieren über der 4. Laktation verteilte sich die Futteraufnahme relativ gleichmäßig über den Tag. Zusätzlich war nur am Morgen gegen 10:30 Uhr ein Anteil von mehr als 80 % der Tiere gleichzeitig am fressen. Überwiegend lag der Anteil in diesem Laktationsabschnitt zwischen 35 % und 50 %.

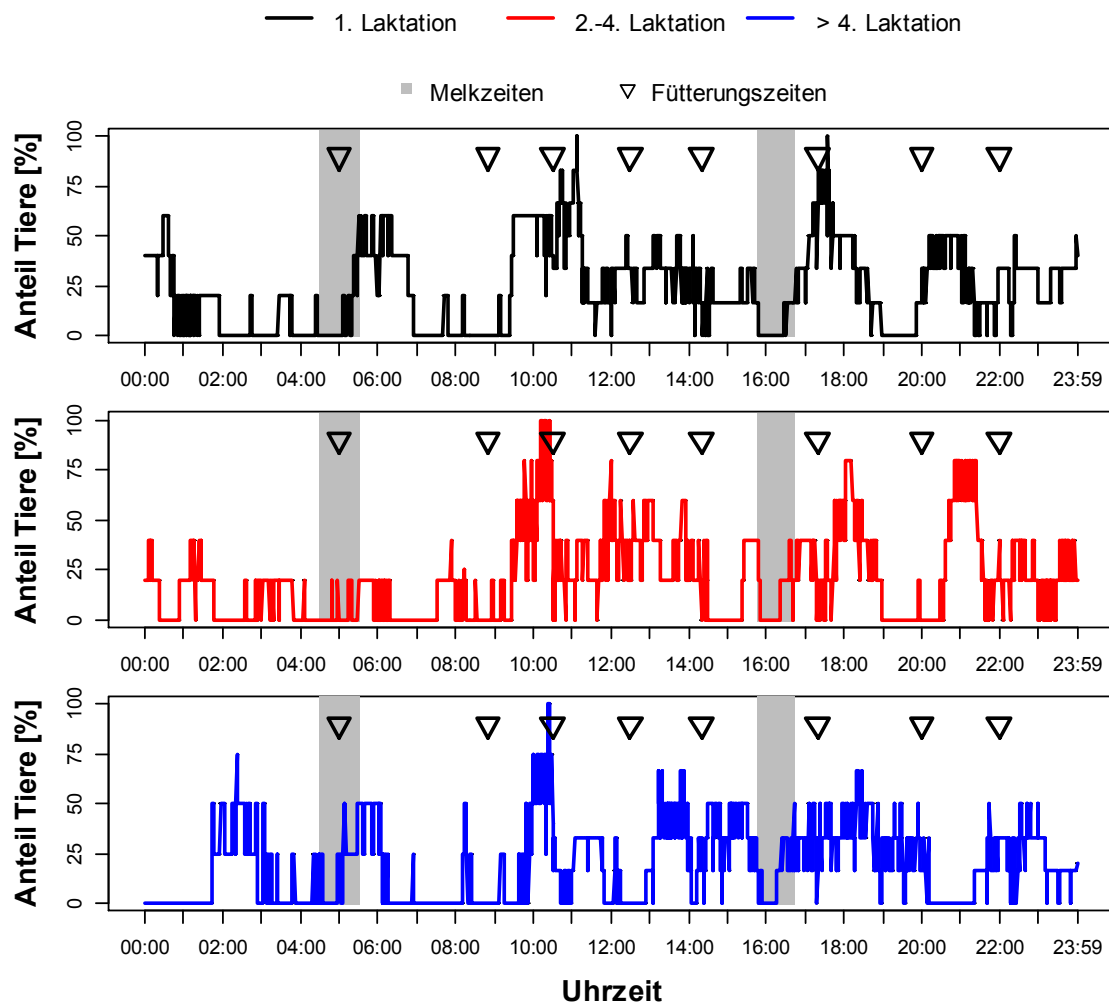


Abb. 30: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 1 (2010) getrennt nach Laktationen bei achtmal täglicher Futtevorlage (FF8)

PT 1b Versuch 2

In Abb. 31 bis Abb. 35 ist der relative Anteil der Tiere aus dem PT1b Versuch 2 von 2011 mit den Futtervorlagehäufigkeiten FF1, FF10 und FF12 aufgetragen, die zu der entsprechenden Tageszeit ein bestimmtes Futteraufnahme- und Ruheverhalten gezeigt haben. Die Melkzeiten sind, wie schon in der Darstellung zum Versuch 1, grau unterlegt, die Startzeiten der Futtervorlagen sind mit Pfeilen markiert.

In Abb. 31 ist der relative Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Liegen und andere Aktivitäten" über den Tagesverlauf für die Futtervorlagehäufigkeiten FF1, FF10 und FF12 dargestellt. Bei FF1 blieb der Anteil an Tiere mit dieser Tieraktivität zwischen 04:30 Uhr und 19:00 Uhr unter 40 %. Nur gegen 08:00 Uhr erreicht der Wert die 40 %. Bei FF10 und FF12 lag der Wert zwischen 07:00 Uhr und 09:00 Uhr über 50 % der Tiere mit der Tieraktivität "Liegen/Andere Aktivitäten". Bei FF12 sind zwischen 04:30 Uhr und 19:00 Uhr meist weniger als 30 % der Tiere in dieser Kategorie zugeordnet. Zwischen 19:00 Uhr und 04:00 Uhr wurde mehrheitlich zwischen 30 %-60 % (FF1) und 20 %-50 % (FF10 und FF12) des Verhaltens der Tiere in dieser Kategorie klassifiziert.

Das Verhalten der Kühe zwischen den verschiedenen Laktationen unterschied sich in der Kategorie "Liegen/Andere Aktivitäten" nicht wesentlich voneinander.

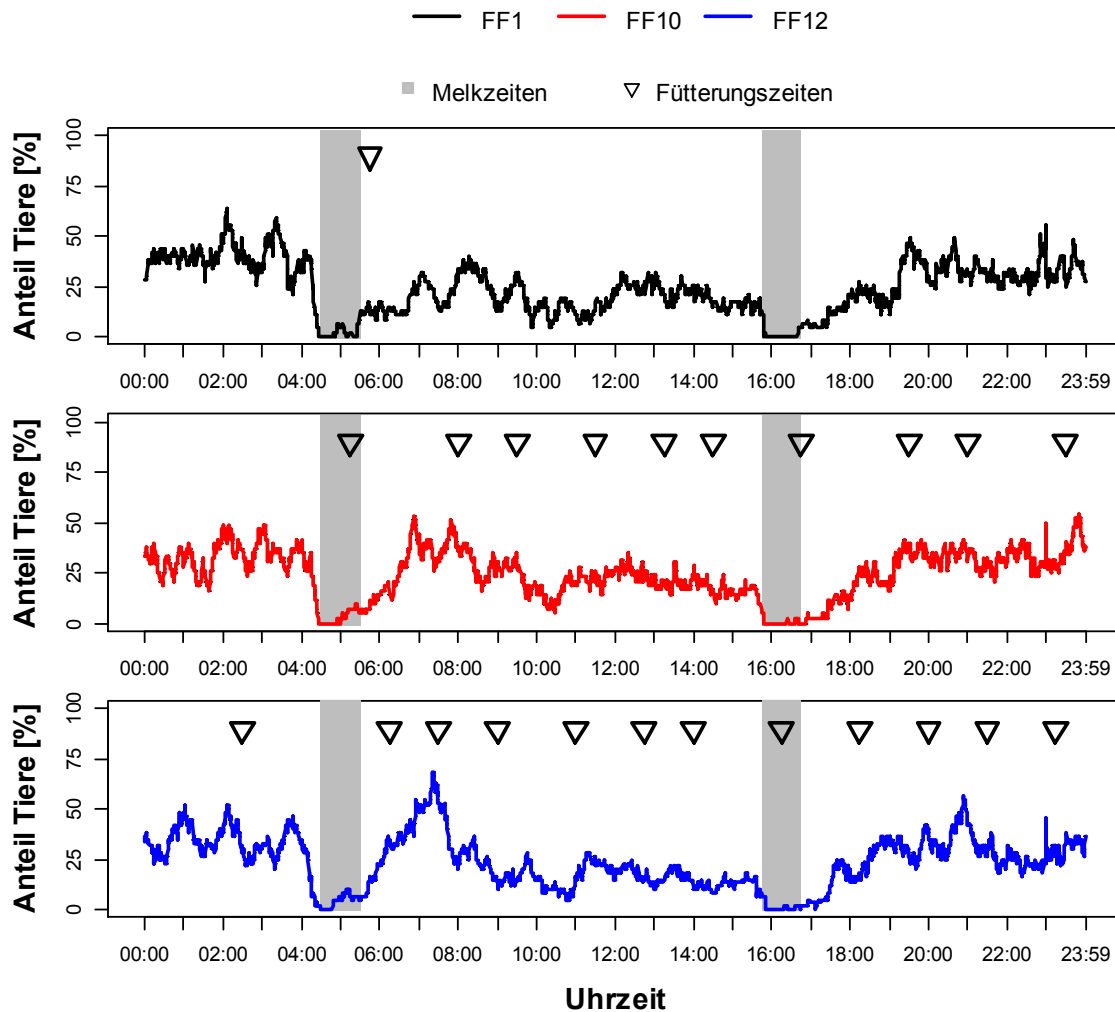


Abb. 31: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Liegen/Andere Aktivitäten" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011)

Bei allen drei Futtervorlagehäufigkeiten war, wie im Versuch 1, ein hoher Anteil an Tieren vor der morgendlichen 08:00 Uhr Fütterung mit Liegen und anderen Aktivitäten oder mit Liegen und Wiederkauen (Abb. 32) beschäftigt. Mit Vorlage der Ration sank die Anzahl an Tieren ab. Direkt nach dem Melken stieg der Anteil liegender Tiere insbesondere bei FF1 an. Zwischen 10:00 Uhr und 11:00 Uhr war bei allen drei Futtervorlagen ein starker Abfall an liegenden Tieren bis auf unter 10 % zu verzeichnen. Die Phase bei FF12 war im Vergleich zu FF1 und FF10 jedoch am kürzesten.

Ab 18:00 Uhr stieg bei allen Futtervorlagehäufigkeiten der Anteil an liegenden und wiederkauenden Tieren an und schwankte zum Teil sehr stark über die Nacht. Zwischen 18:00 Uhr bis Mitternacht lagen im Durchschnitt 34,1 % (21,3 %-57,5 %) bei FF1, 36,2 % (18,7 %-51,1 %) bei FF10 und 34,5 % (12,7 %-56,7 %) bei FF12. Im Zeitraum zwischen Mitternacht und dem Beginn der Stallarbeiten um ca. 04:15 Uhr

lagen und wiederkauten im Durchschnitt bei FF1 34.1 % (10.2 %-55.3 %), bei FF10 35.9 % (16.2 %-53.4 %) und bei FF12 31.9 % (6.5 %-50.0 %) der Tiere. Der Anteil liegender und wiederkauender Tiere stieg außerhalb der Melkzeiten nie über 60 % und sank nur bei FF12 unter 10 %. Ein unterschiedliches Verhalten anhängig von den Laktationen war nicht festzustellen.

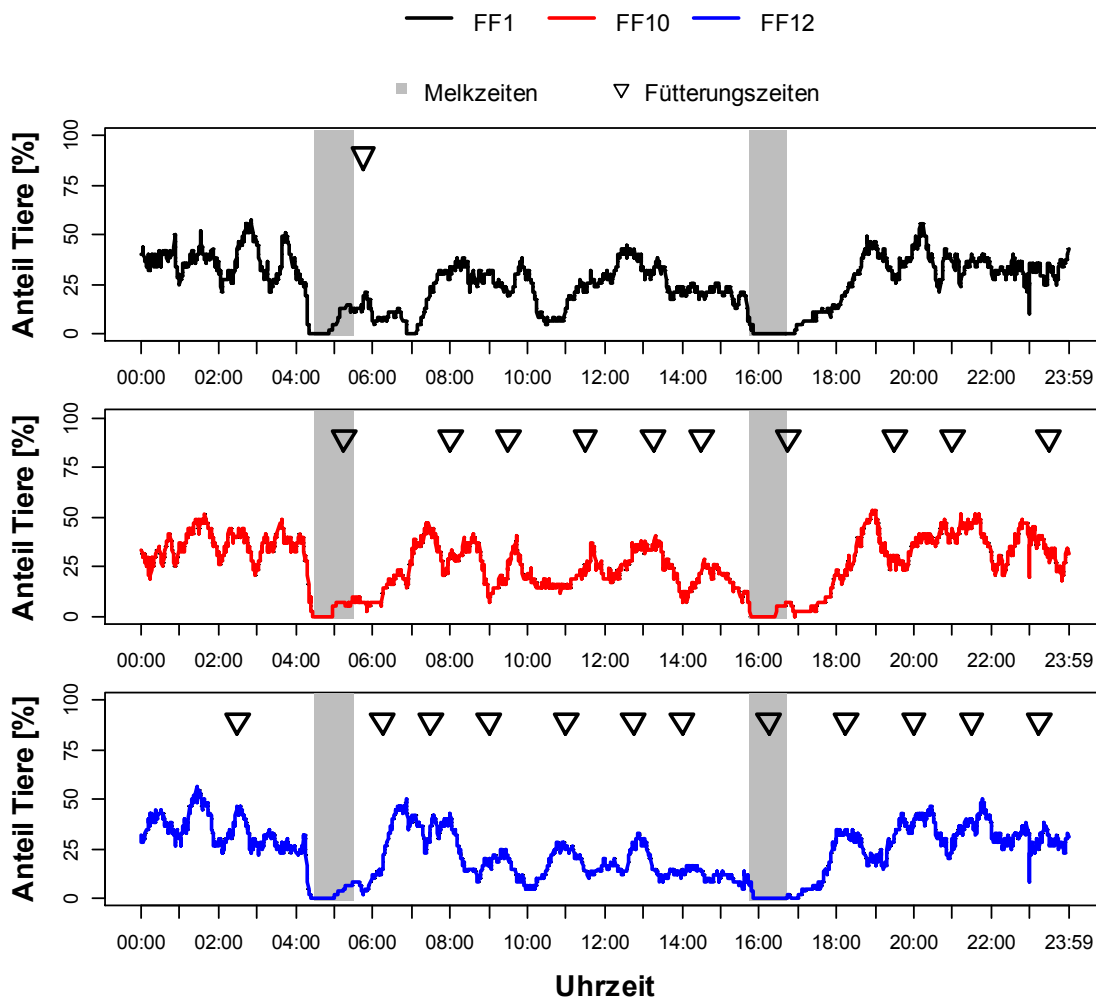


Abb. 32: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Liegen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011)

Der Anteil im Stehen wiederkauender Tiere, lag sowohl bei FF1, als auch bei FF10 und FF12 im überwiegenden Teil des Tages unter 10 % (Abb. 33). Während des Melkens stieg bei allen drei Futtevorlagehäufigkeiten dieser Anteil an. Bei der morgendlichen Melkung lag der Anteil im Maximum bei 48.5 % (FF1), 50 % (FF12) und 55 % (FF10). Während bei FF1 und FF12 der Anteil am Nachmittag 36.2 % (FF1) mit 41.7 % (FF12) geringer war, lag er bei FF10 im Maximum bei 52.4 %. Bei FF1 und FF10 stieg dieser nur noch zwischen 14:00 Uhr und 15:00 Uhr über die 20 %. Bei FF12 wurde die 20 % neben den Melkzeiten noch viermal zwischen

09:00 Uhr und 15:45 Uhr überschritten. Zwischen den verschiedenen Laktationen gab es keine Unterschiede. Einzig der Anteil während der Melkzeiten lag bei den Tieren über der 4. Laktation FF10 mit maximal 40 % unter denen der Anderen Laktationen (60 %-70 %).

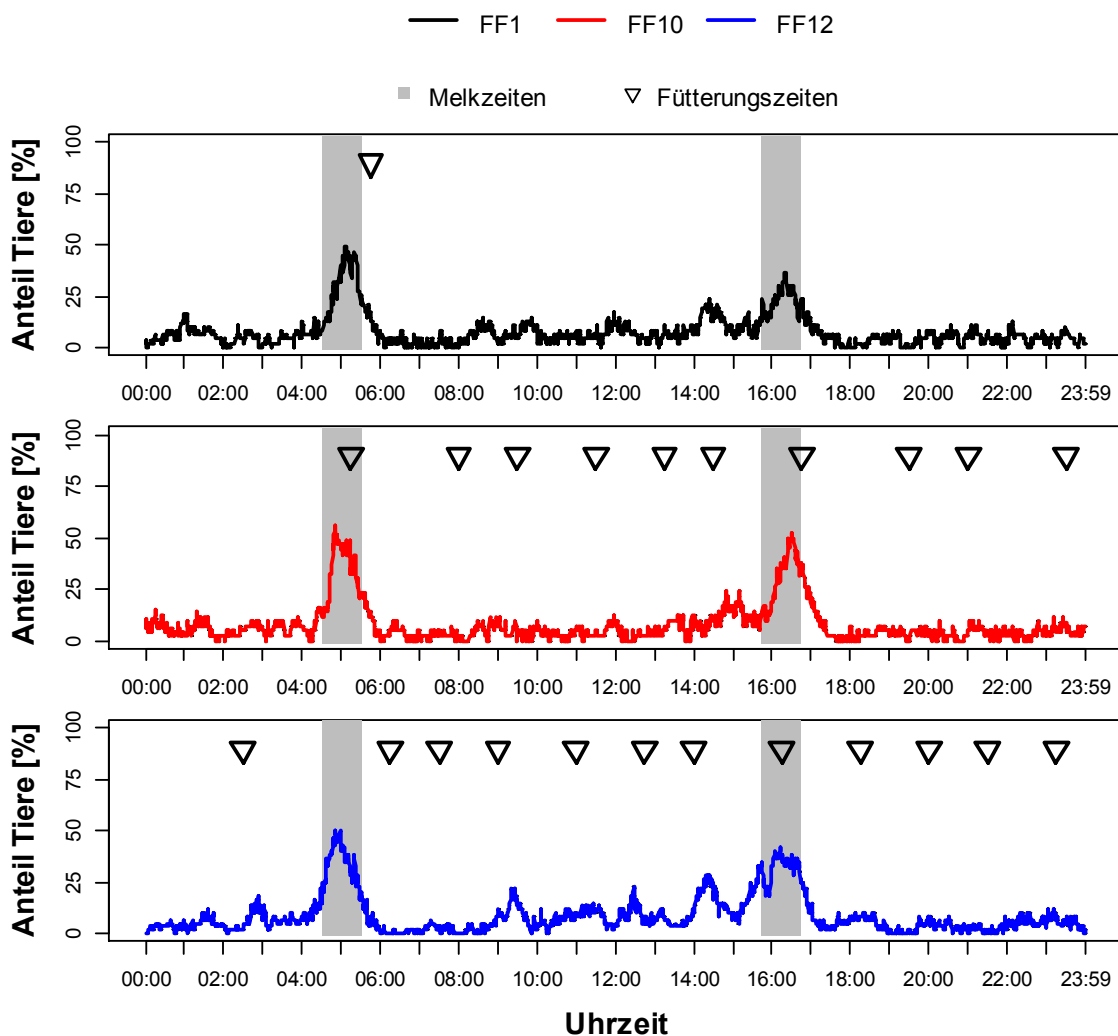


Abb. 33: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011)

Wie beim Versuch 1 von 2010 waren auch in diesem Fall die Zeiträume mit dem höchsten Anteil an Tieren mit der Tieraktivitätskategorie „Stehen/Andere Aktivitäten“ kurz vor und während der Melkzeiten. Bei FF1 stieg der Anteil bis auf 91.5 % am Morgen und 85.1 % am Abend. In einem ähnlichen Bereich mit 86.0 % am Morgen und 90.5 % am Abend lagen die Werte bei FF10. Bei FF12 lagen die Werte bis zu 10 % unter diesen Werten mit 80.0 % am Morgen und 81.7 % am Abend. Zwischen 18:00 Uhr und 04:15 Uhr lagen die Werte bei allen drei Futtevorlagehäufigkeiten überwiegend unter 20 %. Nur vereinzelt wurde dieser Wert überschritten. Zwischen

den Melkzeiten am Tag schwankten die Werte in dieser Kategorie teils stark, überschritten aber nicht 50 % (Abb. 34).

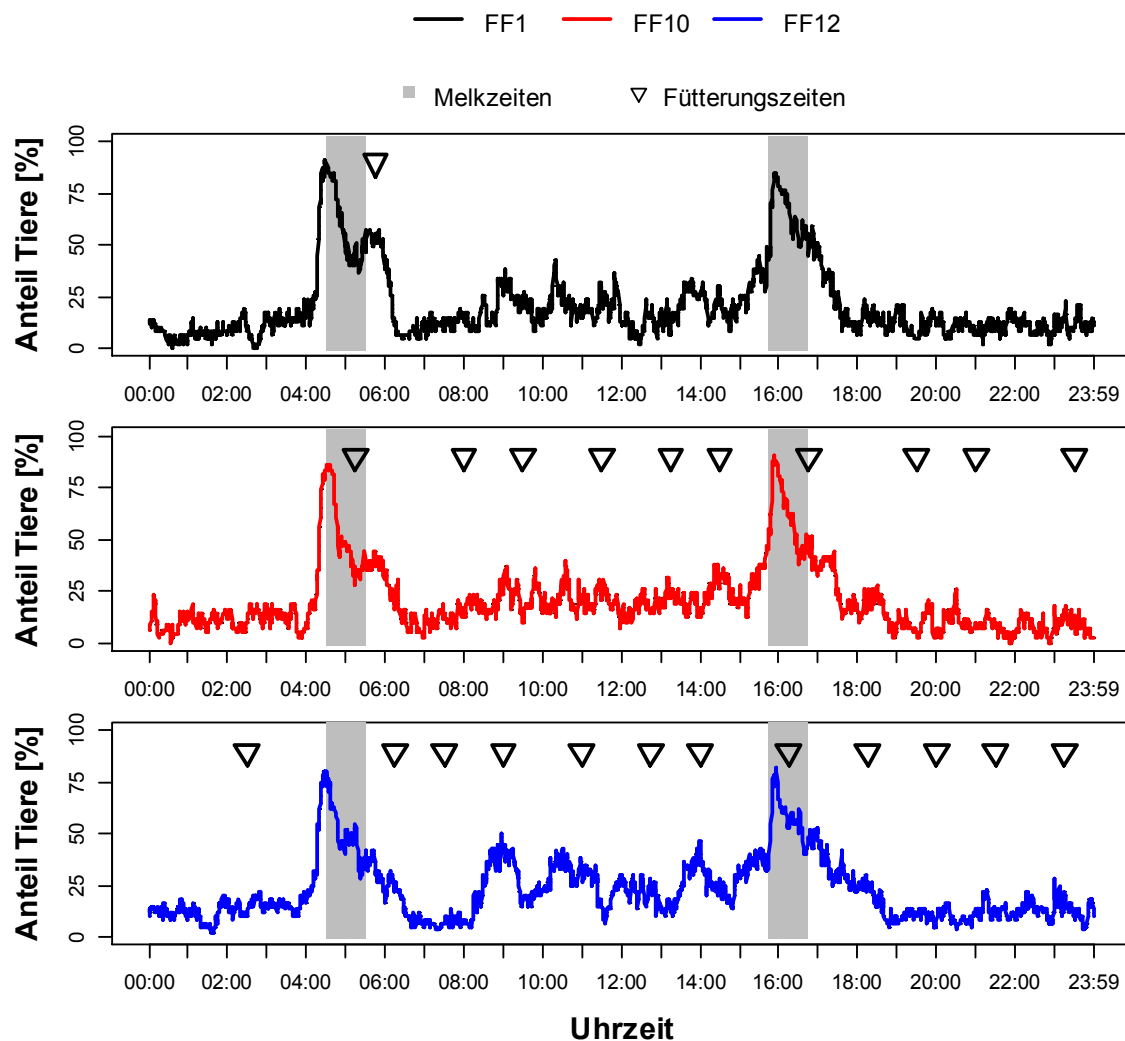


Abb. 34: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Andere Aktivitäten" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011)

In Abb. 35 sind die relativen Anteile an Tiere für die Kategorie „Stehen/Fressen“ dargestellt. Bei FF1 ließen sich eindeutig drei Fresszeiten ausmachen. Um 6:26 Uhr fraßen mit 72.2 % am meisten Tiere gleichzeitig, gefolgt von 68.1 % um 17:35 Uhr. Um 10:50 Uhr ließ sich eine dritte, mit 59.6 % etwas weniger frequentierte Phase der Futteraufnahme, erkennen. Bis auf den Zeitraum vor der Melkzeit am Abend (ab 14:41 Uhr) lagen die Werte teils deutlich unter 40 %. Zwischen Mitternacht und 06:00 Uhr fraßen weniger als 20 % der Tiere gleichzeitig.

Bei FF10 waren auch die drei Fresszeiten wie bei FF1 erkennbar (06:14 Uhr: 53.5 %, 10:19 Uhr: 61.9 %, 17:35 Uhr: 65.1 %), jedoch nahmen auch um 10:51 Uhr (48.8 %),

um 13:52 Uhr (45.2 %) und gegen Mitternacht (00:35 Uhr: 35.4 %) über ein Drittel der Tiere gleichzeitig Futter auf.

Bei einer Futtevorlagehäufigkeit von FF12 waren die einzelnen Fressphasen nicht so stark ausgeprägt, wie bei FF10 und insbesondere bei FF1. Nur gegen 17:22 Uhr nahmen mit 60.0 % deutlich mehr als die Hälfte der Tiere gleichzeitig Futter auf. Es folgte mit 55.0 % die Futteraufnahme um 10:10 Uhr und um 13:16 Uhr mit 51.7 %. Bei der Futteraufnahme direkt nach dem Melken am Morgen befanden sich 50.0 % der Tiere gleichzeitig beim Fressen. Um 11:35 Uhr und 14:40 Uhr verbrachten mit 46.7 % bzw. 48.3 % nochmals nahezu die Hälfte der Tiere gleichzeitig mit der Futteraufnahme.

Zwischen 06:51 Uhr und 7:36 Uhr verbrachte den größtenteils der Zeit kein Tier mit der Futteraufnahme. Nur vereinzelt gingen hier Tiere zum Fressen. Im Zeitraum von Mitternacht und Beginn des Melkens waren durchschnittlich 12.6 % (3.3 %-23.7 %) der Tiere gleichzeitig mit der Futteraufnahme beschäftigt.

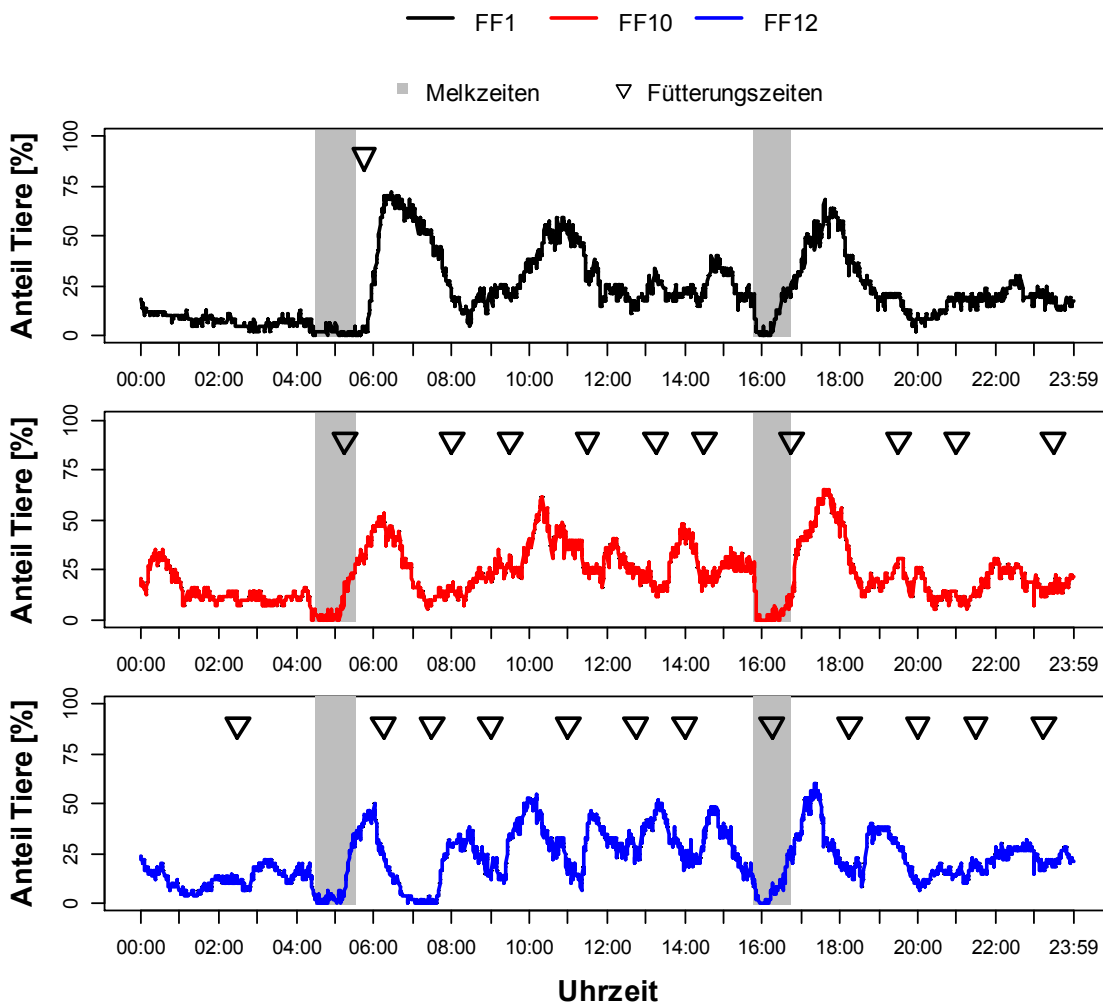


Abb. 35: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011)

Bei FF1 und FF10 war zu erkennen, dass über alle Laktationen jeweils nach dem Melken die meisten Tiere fraßen (Abb. 36 und Abb. 37). Bei FF12 zeigte sich dieses deutliche Muster jedoch nur bei den Kühen mit mehr als vier Laktationen (Abb. 38). Bei FF1 lag der Anteil von Erstlaktierenden am Morgen nach Ende des Melkens bis 08:00 Uhr im Durchschnitt bei 54.9 % (max. 77.8 %), bei Tieren der 2.-4. Laktation bei 60.6 % (max. 81.3 %) und bei Tieren über der 4. Laktation bei nur 42.9 % (max. 53.8 %). Bei den Tieren über der 4. Laktation lag der Anteil der Tiere nach der morgendlichen Melkung deutlich darunter, stieg aber ab 10:00 Uhr auf über 60 % an. Am Abend nach dem Melken fraß einen Anteil von 60 % der Tiere über der 4. Laktation. Insgesamt war der Anteil gleichzeitig fressender Tiere bei FF1 innerhalb der Gruppe „> 4. Laktation“ im Vergleich zu den anderen Laktationen geringer.

Nach der abendlichen Melkung fraßen bei allen Laktationen weniger Tiere im Zeitraum von 16:45 Uhr bis 18:45 Uhr. Der durchschnittliche prozentuale Anteil an

Tieren die fraßen sind zu diesem Zeitpunkt über alle Laktationen bei FF1 mit 43.1 % (max. 72.2 %) bei der 1. Laktation, 47.3 % (max. 81.3 %) bei der 2.-4. Laktation und 39.4 % (max. 69.2 %) bei den Kühen über der 4. Laktation geringer als am Morgen.

Bei den Erstlaktierenden und den Kühen in der 2.-4. Laktation sind die Zeiten nach dem Melken am stärksten für die Futteraufnahme genutzt. Zwischen den Melkungen über den Tag fand zwischen 10:00 Uhr und 12:00 Uhr und bei den Erstlaktierenden noch einmal kurz vor der abendlichen Melkung eine verstärkte Futteraufnahme statt. Bei den Kühen über der 4. Laktation unterschieden sich die Fressphasen nach dem Melken nicht so deutlich von denen im Zeitraum zwischen 08:00 Uhr und 16:00 Uhr.

Zwischen Mitternacht und der morgendlichen Melkung waren es in erster Linie die Erstlaktierenden, diese die Zeit zur Futteraufnahme nutzten. Der Anteil der Tiere stieg aber nur einmal über 30 %.

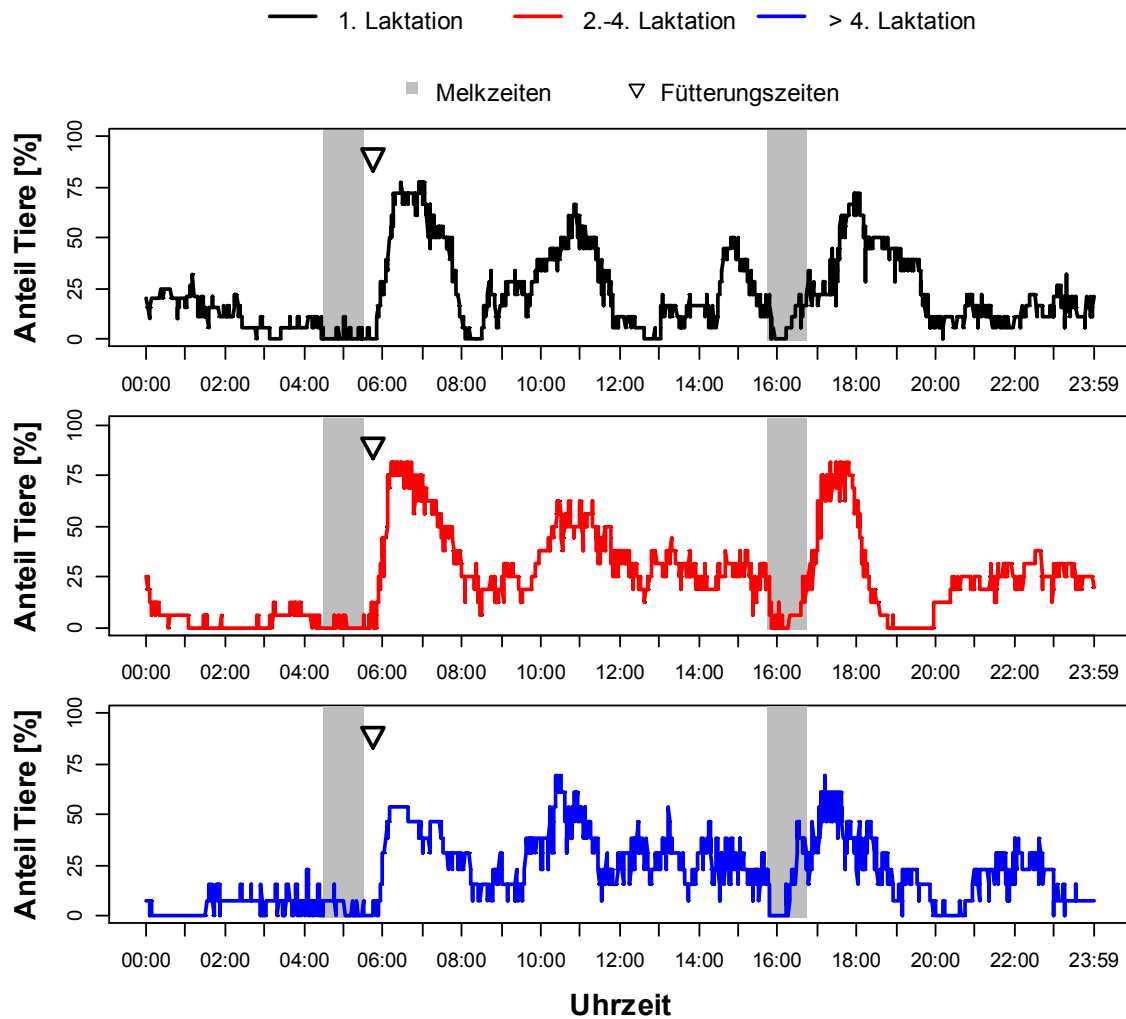


Abb. 36: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011) getrennt nach Laktationen bei einmal täglicher Futtervorlage (FF1)

Bei FF10 lagen die durchschnittlichen Werte zwischen den Laktationen im Vergleich zu FF1 tiefer (Abb. 37). Im Durchschnitt fraßen zwischen 06:00 Uhr und 08:00 Uhr 31.2 % der Erstlaktierenden (max. 66.7 %), 29.6 % der 2.-4 Laktation (max. 69.2 %) und 13.1 % der Tiere über der 4. Laktation (max. 50 %).

Anders als bei FF1, lagen in diesem Fall die durchschnittlichen prozentualen Anteile über denjenigen, nach der morgendlichen Melkung. Mit 37.7 % bei den Erstlaktierenden (max. 72.2 %), 40.1 % bei der 2.-4. Laktation (max. 76.9 %) und 43.1 % bei den Tieren über der 4. Laktation (max. 75.0 %) fraßen nach der abendlichen Melkung innerhalb der Laktation durchschnittlich mehr Tiere gleichzeitig, als am Morgen.

In diesem Fall war nach der morgendlichen Melkung eine Staffelung der Fresszeiten zu erkennen. Während der überwiegende Anteil der Tiere über der 4. Laktation direkt nach der Futtervorlage fraß, folgen die Tiere der 2.-4. Laktation erst, als der Anteil an älteren Tieren sank. Genauso verhielt es sich mit den Erstlaktierenden. Der Anteil nach dem morgendlichen Melken stieg langsamer und erreichte sein Maximum nachdem der Anteil an Tieren der 2.-4. Laktation absank. Am Nachmittag war dieses Muster in der Deutlichkeit nicht zu erkennen.

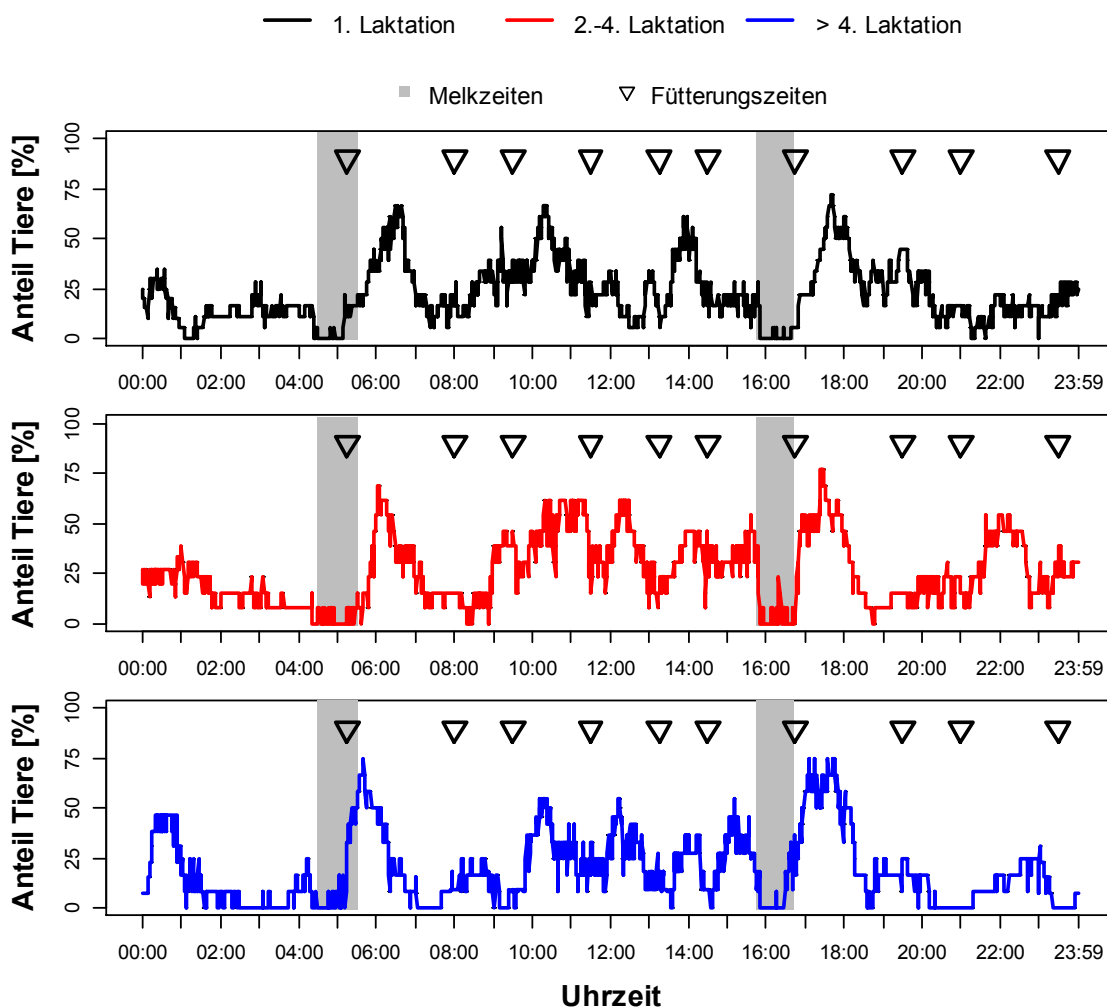


Abb. 37: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011) getrennt nach Laktationen bei zehnmal täglicher Futtervorlage (FF10)

Deutlich am geringsten war der Anteil fressender Tiere bei FF12. Im Durchschnitt fraßen nur 13.9 % der Erstlaktierenden (max. 37.5 %), 13.6 % der 2.-4. Laktierenden (max. 55.6 %) und 7.35 % der Tiere über der 4. Laktation (max. 61.1 %) im Zeitraum von 06:00 Uhr und 08:00 Uhr (Abb. 38). Nach der abendlichen Melkung lag sowohl der durchschnittliche, als auch der maximale Wert im Zeitraum zwischen 16:45 Uhr

und 18:45 Uhr teils deutlich über den Werten am Morgen. Während 29.6 % der Erstlaktierenden (max. 54.2 %) und 25.3 % der 2.-4. Laktierenden gleichzeitig fraßen, waren es bei den Kühen über der 4. Laktation mit 39.9 % (max. 94.4 %) deutlich mehr Tiere die in diesem Zeitfenster fraßen.

Bei der zwölfmaligen Futtervorlage pro Tag stieg der Anteil an fressenden Tieren nach erneuter Futtervorlage bei den Erstlaktierenden nur selten und bei den Kühen in der 2.-4. Laktation nur kurz über 60 %. Eindeutige Fressphasen, wie sie bei FF1 und FF10 nach dem Melken auftraten, sind hier nicht erkennbar. Die Tiere mit mehr als vier Laktationen zeigten jedoch wieder zwei deutliche Fressphasen nach dem Melken, insbesondere am Abend.

Der überwiegende Anteil der Futteraufnahme erfolgte zwischen 05:30 Uhr und 20:00 Uhr. Bei den Erstlaktierenden war im Zeitraum über den Tag zwischen den Melkzeiten um 10:00 Uhr mit über 60 % der höchste Anteil an Tieren festzustellen. Die restliche Zeit lagen die Werte unter 50 %. Im Zeitraum zwischen 08:00 Uhr und 10:00 Uhr zeigte sich ein hoher Anteil an Tieren der ersten Laktation, die die Zeit mit „Stehen/Andere Aktivitäten“ verbrachten. Diesen Zeitraum nutzten insbesondere Tiere der 2.-4. Laktation zum Fressen.

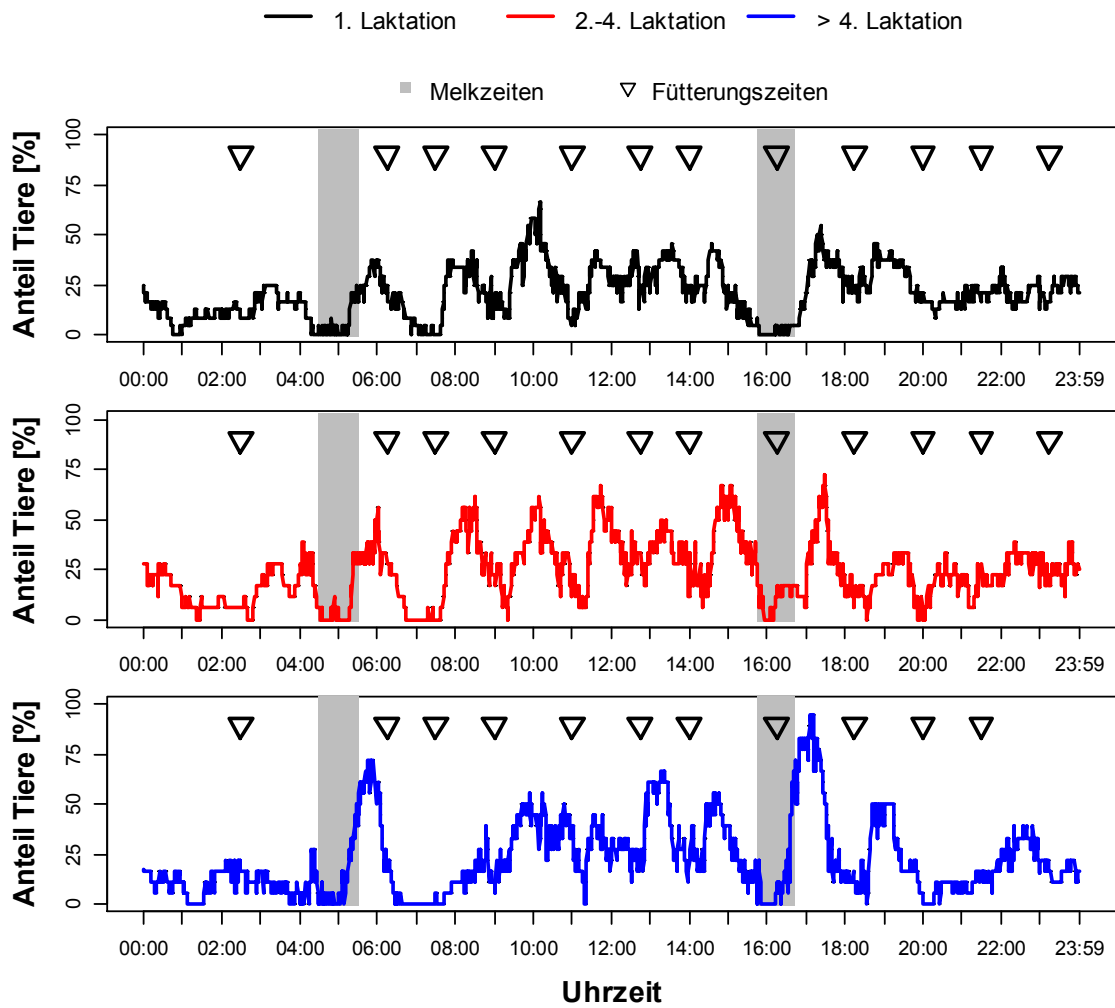


Abb. 38: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf im Versuch 2 (2011) getrennt nach Laktationen bei zwölfmal täglicher Futtervorlage (FF12)

4.3 Projektteil 2: Bewertung zum Einsatz von automatischen Fütterungsverfahren auf Praxisbetrieben in Bezug auf das Fress- und Liegeverhalten

4.3.1 Fress- und Wiederkauverhalten

Alle Ergebnisse des Fress- und Wiederkauverhaltens für die im Projekt einbezogenen Betriebe mit automatischer Fütterung sind in Tab. 54 aufgeführt.

Tab. 54: Ergebnisse durchschnittliche tägliche Fress- und Wiederkaudauer, Dauer der anderen Aktivitäten, Anzahl Kauschläge beim Wiederkauen und Fressen, Anzahl Boli und Kauschläge pro Bolus der Fokustiere auf den Praxisbetrieben

Parameter	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4	Betrieb 5	Betrieb 6
Fressdauer [min]	350.6 ± 115.3	432.8 ± 76.7	359.3 ± 63.3	377.2 ± 73.0	381.0 ± 75.3	379.7 ± 85.4
Wiederkaudauer [min]	570.6 ± 106.1	518.0 ± 104.1	555.1 ± 87.1	505.0 ± 92.1	543.3 ± 80.2	481.1 ± 124.6
Dauer andere Aktivitäten [min]	509.4 ± 134.8	485.2 ± 86.4	510.5 ± 65.4	544.4 ± 74.2	502.6 ± 97.1	569.4 ± 87.5
Kauschläge Fressen [n]	22'165 ± 9'010	29'460 ± 7'082	23'208 ± 5'882	24'810 ± 6'094	26'032 ± 5'688	27'636 ± 8'330
Kauschläge Wiederkauen [n]	32'760 ± 9'779	32'189 ± 6'610	32'232 ± 6'304	36'675 ± 6'526	35'464 ± 7'186	39'627 ± 8'381
Kauschläge andere Aktivitäten [n]	1'485 ± 1'127	1'521 ± 711	1'483 ± 481	1'507 ± 598	1'401 ± 568	1'044 ± 530
Anzahl Boli [n]	551.0 ± 144.6	562.9 ± 108.1	573.8 ± 81.8	575.7 ± 85.6	604.2 ± 92.9	625.3 ± 123.3
Kauschläge pro Bolus [n]	59.5 ± 6.2	57.7 ± 7.0	55.8 ± 7.8	63.7 ± 8.1	57.7 ± 8.4	62.7 ± 8.7

Die durchschnittliche Fressdauer pro Tag lag auf den Praxisbetrieben zwischen 350.6 Minuten auf dem Betrieb 1 und 432.8 Minuten auf dem Betrieb 2. Die anderen Betriebe lagen mit 359.3 Minuten (Betrieb 3), 377.2 Minuten (Betrieb 4), 382.9 Minuten (Betrieb 5) und 379.7 Minuten (Betrieb 6) alle sehr nah beieinander. Somit variierte die mittlere Fressdauer zwischen den Betrieben um maximal 82.2 Minuten.

In Abb. 39 ist zu erkennen, dass im Vergleich zu den anderen Betrieben auf dem Betrieb 2 die Tiere deutlich mehr Zeit mit dem Fressen verbrachten. Die durchschnittliche Anzahl der Kauschläge während des Fressens waren analog zu den Ergebnissen der Fressdauer. Der Betriebe 1 mit 22'165 Kauschlägen hatte die geringsten, Betrieb 2 mit 29'460 Kauschläge die meisten Kauschläge pro Tag.

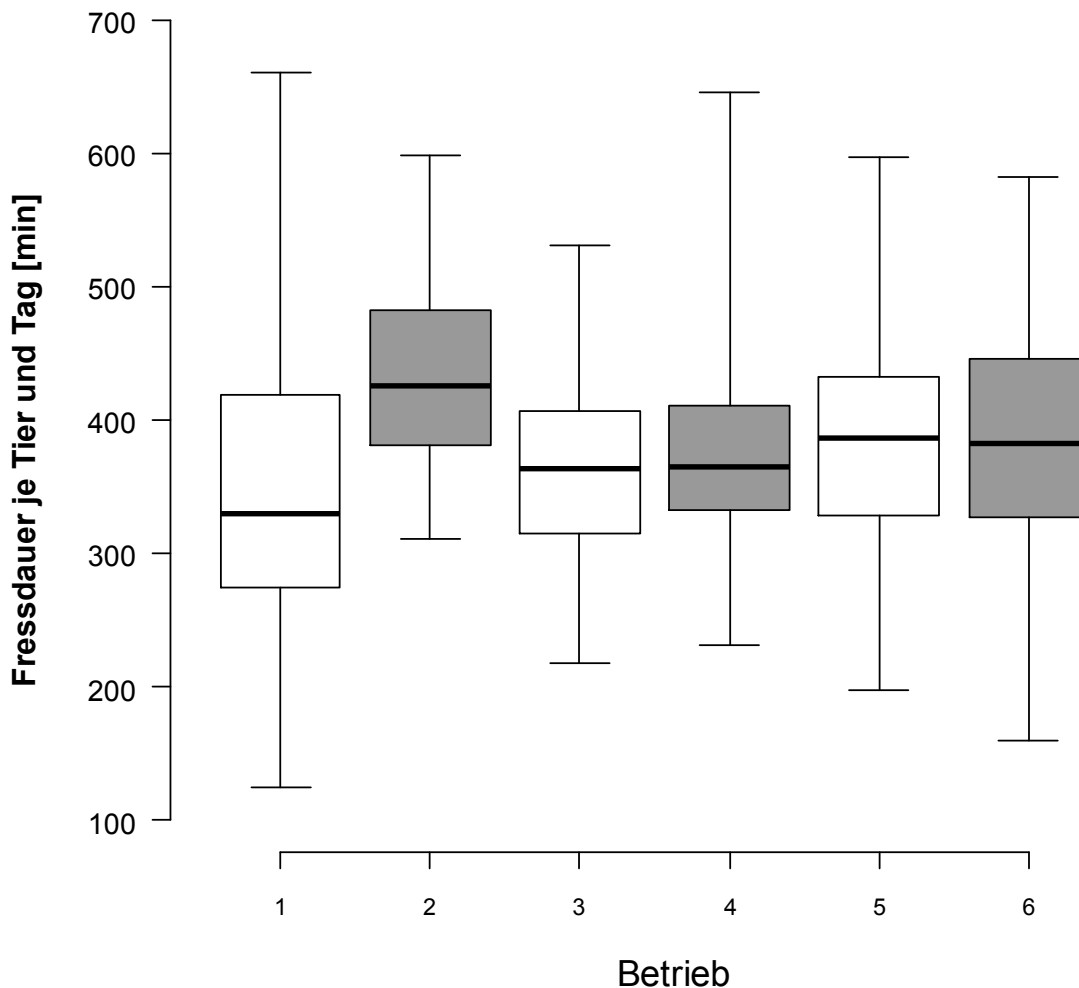


Abb. 39: Tägliche Fressdauer der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Die Wiederkaudauer auf den Praxisbetrieben war auf dem Betrieb 6 mit 481.1 Minuten pro Tag am geringsten. Betrieb 1, der die geringste Fressdauer hatte, war hingegen die Wiederkaudauer mit 570.6 Minuten deutlich am höchsten (Tab. 54). Die Dauer des Wiederkauens war sehr tierindividuell und schwankte innerhalb der einzelnen Betriebe mit bis zu zwei Stunden sehr stark. Wie in Abb. 40 ersichtlich, lagen die Ergebnisse der Wiederkaudauer aller Betriebe trotz der unterschiedlichen Futtervorlagehäufigkeiten im Median zwischen 500 Minuten und 600 Minuten pro Tag auf einem ähnlichen Niveau. Beim Wiederkauen zeigte sich, dass die Tiere vom

Betrieb 6 trotz geringster Wiederkaudauer pro Tag im Vergleich zu den anderen Betrieben die meisten Wiederkauschläge (39'627 Kauschläge/Tag) aufwies. Am wenigsten Kauschläge der Kategorie ‚Wiederkauen‘ herrschten bei den Tieren auf dem Betrieb 2 (Tab. 54).

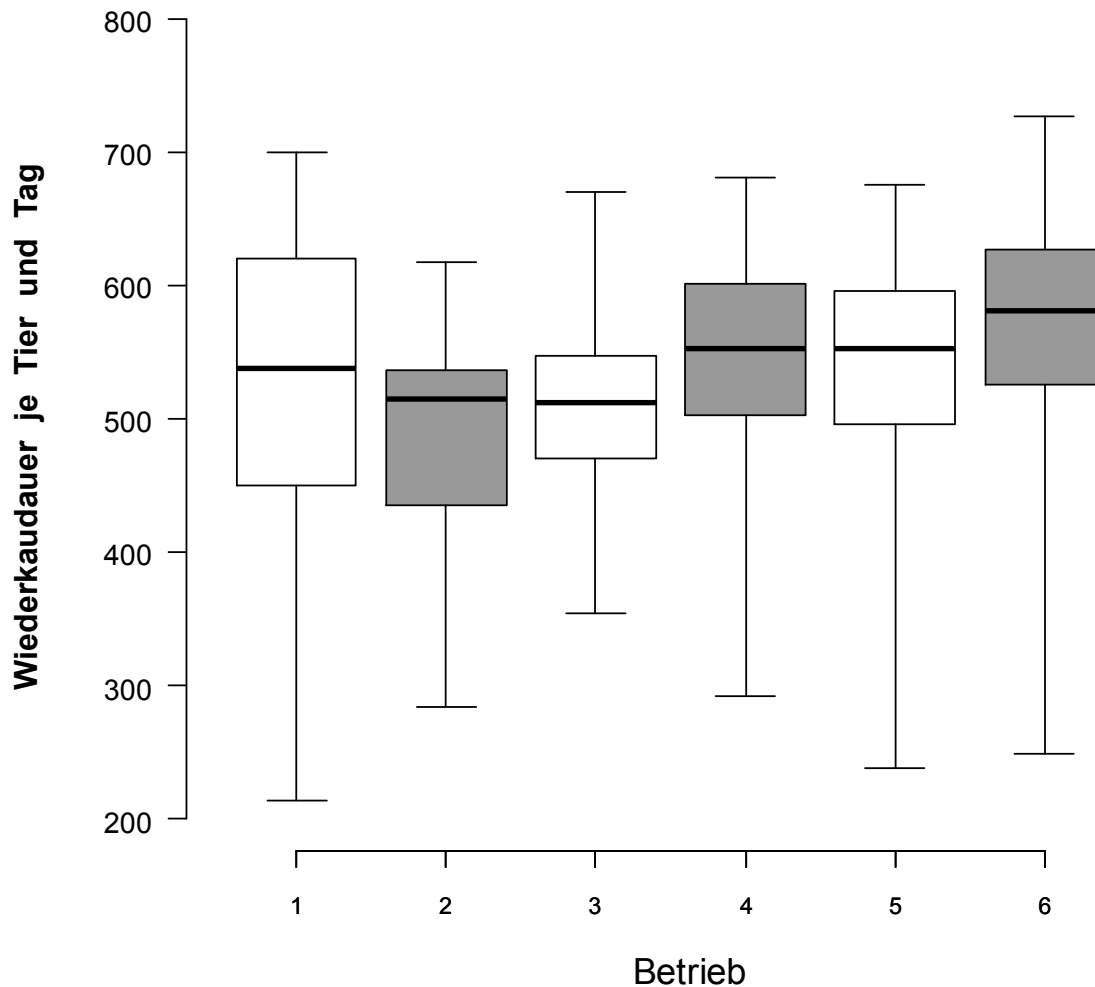


Abb. 40: Tägliche Wiederkaudauer der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Die Dauer der anderen Aktivitäten lag zwischen den Betrieben, wie bei der Fress- und Wiederkaudauer in einem ähnlichen Bereich. Mit 485.3 Minuten verbrachten die Tiere auf Betrieb 2 am wenigsten Zeit mit anderen Aktivitäten als fressen und wiederkauen. Auf Betrieb 6 beschäftigten sich die Tiere mit 569.4 Minuten am längsten mit dieser Tätigkeit (Tab. 54). Auf diesem Betrieb variierte die Dauer jedoch tierindividuell am stärksten. Die Betriebe unterschieden sich in diesem Parameter somit im Maximum um 84.1 Minuten je Tier und Tag.

Bei den Medianwerten zeigte sich, dass die Gesamtdauer der anderen Aktivitäten auf Betrieb 6 am geringsten war. Insgesamt lagen die Ergebnisse aller Betriebe auf einem ähnlichen Niveau (Abb. 41).

Die Anzahl Kauschläge für die anderen Aktivitäten verhielten sich entgegengesetzt der Dauer dieses Parameters. Mit 1'044 Kauschlägen hatten die Versuchstiere im Betrieb 6 die geringste Anzahl Kauschläge trotz der längsten Dauer der Verhaltensweise „andere Aktivitäten“. Ebenso verhielt es sich mit dem Betrieb 2. Die 1'521 Kauschläge der anderen Aktivitäten pro Tag stellten die größte Anzahl Kauschläge aller Tiere der sechs Betriebe dar und standen der geringsten Dauer dieser Aktivität pro Tag entgegen (Tab. 54).

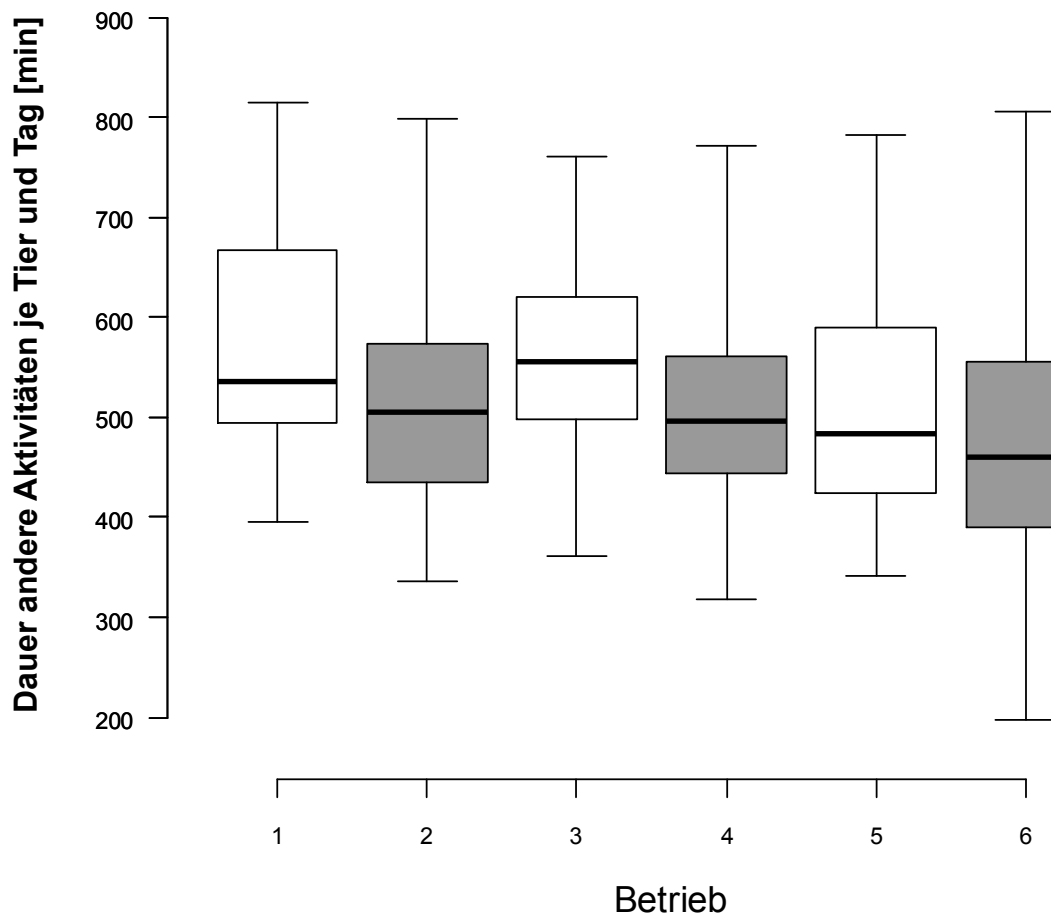


Abb. 41: Tägliche Dauer der anderen Aktivitäten der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Die durchschnittliche Anzahl Boli pro Tag lagen zwischen 551.0 (Betrieb 1) und 625.3 (Betrieb 6). Tier traten zum Teil große tierindividuelle Unterschiede auf. Mit einer Standardabweichung zwischen 81.8 Boli pro Tag bei Betrieb 3 und 144.6 Boli pro Tag

bei Betrieb 1 lag diese in allen Fällen über dem maximalen Unterschied zwischen den verschiedenen Betrieben (74.3 Boli/Tag). Ebenso verhielt es sich mit der Anzahl der Kauschläge pro Bolus. Mit 55.8 Kauschlägen pro Bolus (Betrieb 3) und 63.7 Kauschlägen pro Bolus (Betrieb 4) war der Unterschied mit 7.9 Kauschlägen pro Bolus unter der auf den meisten Betrieben auftretenden Standardabweichung (Tab. 54).

Bei allen Parametern des Fress- und Wiederkauverhaltens traten zum Teil sehr hohe tierindividuelle Unterschiede auf, die oft über den Unterschieden lagen, die zwischen den Betrieben herrschten. Dabei waren die tierindividuellen Unterschiede meist bei Betrieb 1 am höchsten, gefolgt von Betrieb 6.

4.3.2 Liegeverhalten

In der Tab. 55 sind die Ergebnisse zur durchschnittlichen täglichen Liegedauer, der Anzahl Liegeperioden und der durchschnittlichen Liegedauer pro Liegeperioden auf den einzelnen Praxisbetrieben dargestellt. Die Liegedauer variierte zwischen den sechs Betrieben im Maximum um 180.3 Minuten und lag im Minimum auf Betrieb 1 bei 579.8 Minuten und war auf Betrieb 3 mit 760.1 Minuten am höchsten.

Tab. 55: Tägliche durchschnittliche Liegedauer, Anzahl Liegeperioden und durchschnittliche Liegedauer pro Liegeperiode auf den Praxisbetrieben

Betrieb	Liegedauer [min/Tag]	Liegeperioden [n/Tag]	Liegedauer / Liegeperiode [min]
1	614.8 ± 154.3	6.6 ± 2.5	99.3 ± 30.2
2	579.8 ± 208.7	7.3 ± 3.1	91.1 ± 45.7
3	760.1 ± 140.6	10.9 ± 4.7	81.8 ± 34.5
4	754.3 ± 137.6	9.6 ± 2.7	85.3 ± 37.2
5	695.8 ± 156.4	8.7 ± 2.9	86.0 ± 27.3
6	715.3 ± 187.5	8.6 ± 3.2	92.1 ± 34.4

Die Anzahl an Liegeperioden pro Tag lagen mit 6.6 (Betrieb 1) und 10.9 (Betrieb 3) nah beieinander. Die Anzahl an Liegeperioden variierte insbesondere auf Betrieb 3 sehr stark. Hier traten bei einem Tier bis zu 33 Liegeperioden pro Tag auf. Die maximale Anzahl lag auf den anderen Betrieben zwischen 13 und 20 Liegephasen pro Tag (Abb. 42).

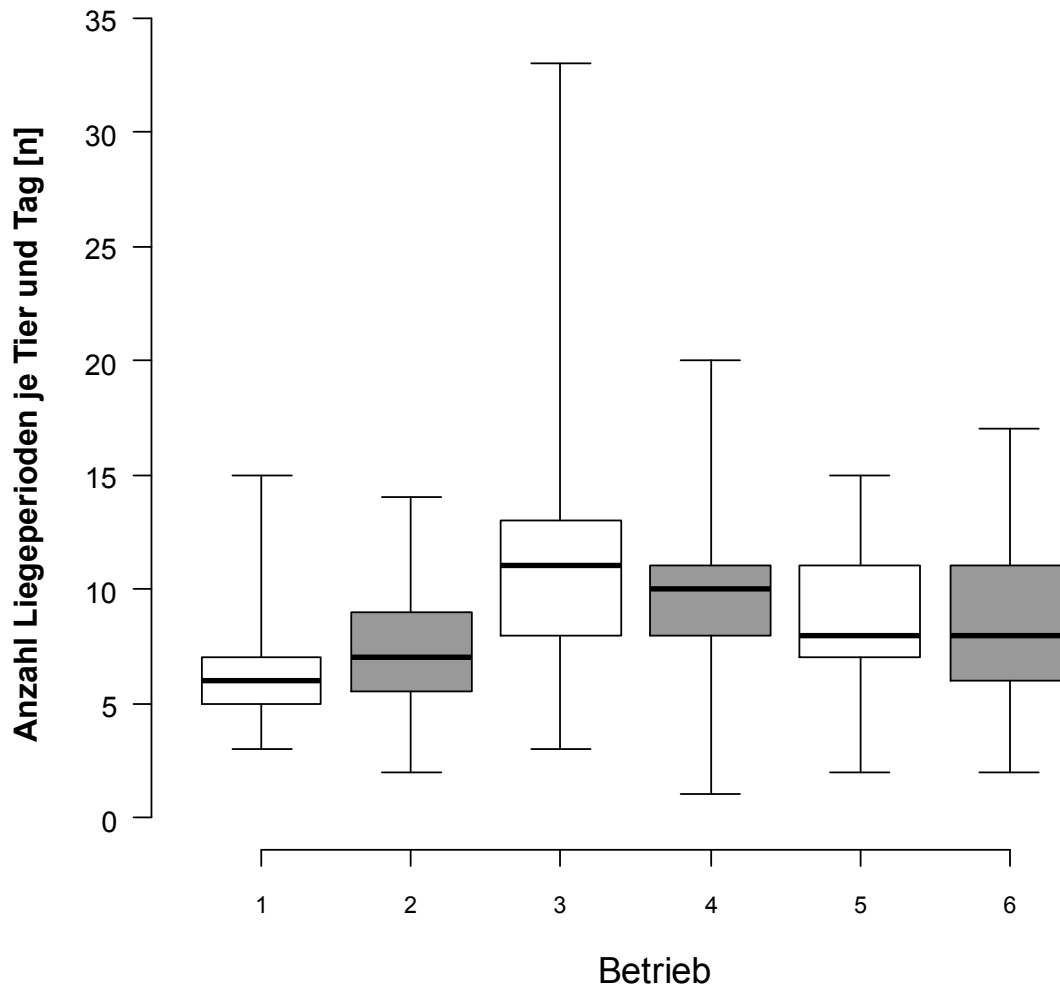


Abb. 42: Durchschnittliche Anzahl an Liegeperioden pro Tag der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Trotz der sehr unterschiedlichen Menge an Liegeperioden pro Tag (Tab. 55), waren die durchschnittlichen Längen der Liegeperioden bei den verschiedenen Praxisbetrieben sehr ähnlich. Mit 81.8 Minuten pro Liegeperiode auf Betrieb 2 und 99.3 Minuten auf Betrieb 1 unterschieden sich die Liegeperioden im Maximum um nur 17.5 Minuten. Insbesondere auf Betrieb 4 variierten die Längen der Liegeperioden zwischen den Tieren zum Teil beträchtlich (Abb. 43). Hier lag ein Tier mit 455.5 Minuten Abstand am längsten ohne Unterbruch. Über alle Betriebe betrachtet schwankten die Dauer der einzelnen Liegeperioden zwischen 23 Minuten und 251 Minuten und waren sowohl tierindividuell aber zum Teil auch stark tagesabhängig.

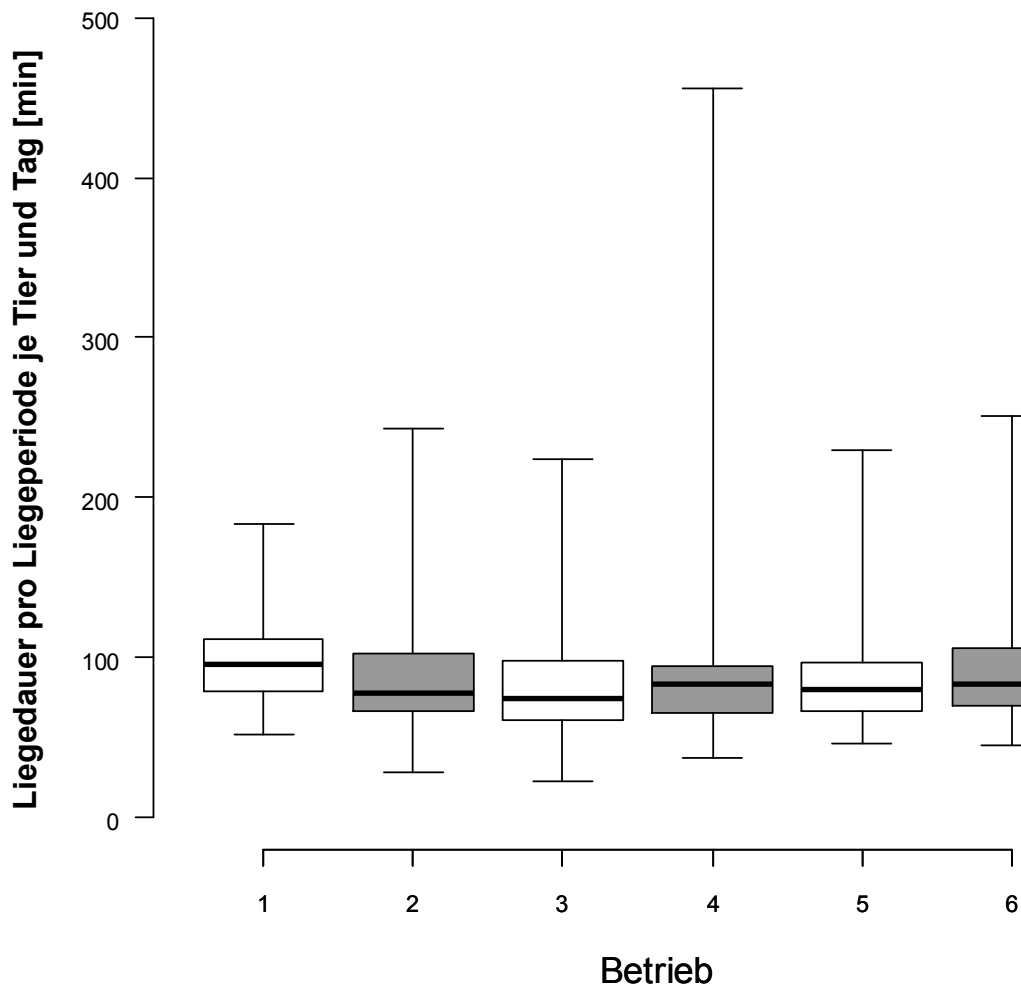


Abb. 43: Durchschnittliche Dauer der Liegeperioden der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

4.3.3 Tieraktivität

In Tab. 56 ist die durchschnittliche Dauer der einzelnen erfassten Tieraktivitäten pro Tag der einzelnen Praxisbetriebe dargestellt. Es ist erkennbar, dass die Fokustiere auf Betrieb 2 im Vergleich viel Zeit mit Stehen und Wiederkauen verbringen. Bei allen anderen Betrieben war die erfasste Dauer in diesem Bereich im Vergleich zu den anderen Tieraktivitäten am geringsten. Insgesamt lag die Dauer auf Betrieb 3 mit 110.5 Minuten am geringsten. Auf den Betrieben 3 bis 6 verbrachten die Fokustiere die meiste Zeit mit „Liegen/Wiederkauen“, gefolgt von „Stehen/Fressen“ oder „Liegen/ Andere Aktivitäten“. Insgesamt variierten die Werte zwischen den Tieren deutlich mehr als zwischen den Betrieben.

Tab. 56: Übersicht der unterschiedlichen Tieraktivitäten je Tier und Tag [min] "Liegen/Andere Aktivitäten", Liegen/Wiederkauen", „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“ auf den einzelnen Praxisbetrieben

Betrieb	Liegen / And. Aktivitäten ¹ [min/Tag]	Liegen / Wiederkauen [min/Tag]	Stehen / And. Aktivitäten ¹ [min/Tag]	Stehen / Wiederkauen [min/Tag]	Stehen / Fressen [min/Tag]
1	369.2 ± 106.8	256.5 ± 102.1	301.5 ± 114.6	242.5 ± 136.9	270.3 ± 69.0
2	237.8 ± 125.7	211.2 ± 106.3	370.9 ± 107.2	270.6 ± 136.7	349.4 ± 97.1
3	342.1 ± 100.6	423.1 ± 92.2	273.1 ± 83.7	110.5 ± 78.3	291.1 ± 56.3
4	315.7 ± 71.1	428.4 ± 95.0	227.4 ± 58.3	149.9 ± 83.9	318.6 ± 67.7
5	325.4 ± 128.8	375.0 ± 155.7	264.4 ± 118.1	154.2 ± 111.1	317.7 ± 87.8
6	333.8 ± 153.2	333.9 ± 164.1	251.6 ± 104.1	218.3 ± 132.5	302.5 ± 79.3

¹ And. Aktivitäten: Andere Aktivitäten (bei der Futteraufnahme)

Der Anteil an „Liegen/Andere Aktivitäten“ lag auf den Betrieben zwischen 17 % (Betrieb 2) und 26 % (Betrieb 1). Während der Anteil an gleichzeitig liegender und wiederkauender Tiere auf Betrieb 2 bei 15 % lag, war der Anteil auf Betrieb 4 mit 30 % doppelt so hoch. Auf allen Betrieben lag der Anteil gleichzeitig fressender Tiere bei ungefähr 20 % (19 % - 24 %). Im Stehen wiederkauende Tiere lag bei Betrieb 6 mit 6 % am niedrigsten während auf Betrieb 2 durchschnittlich 19 % der Fokustiere gleichzeitig im Stehen wiederkauten (Abb. 44).

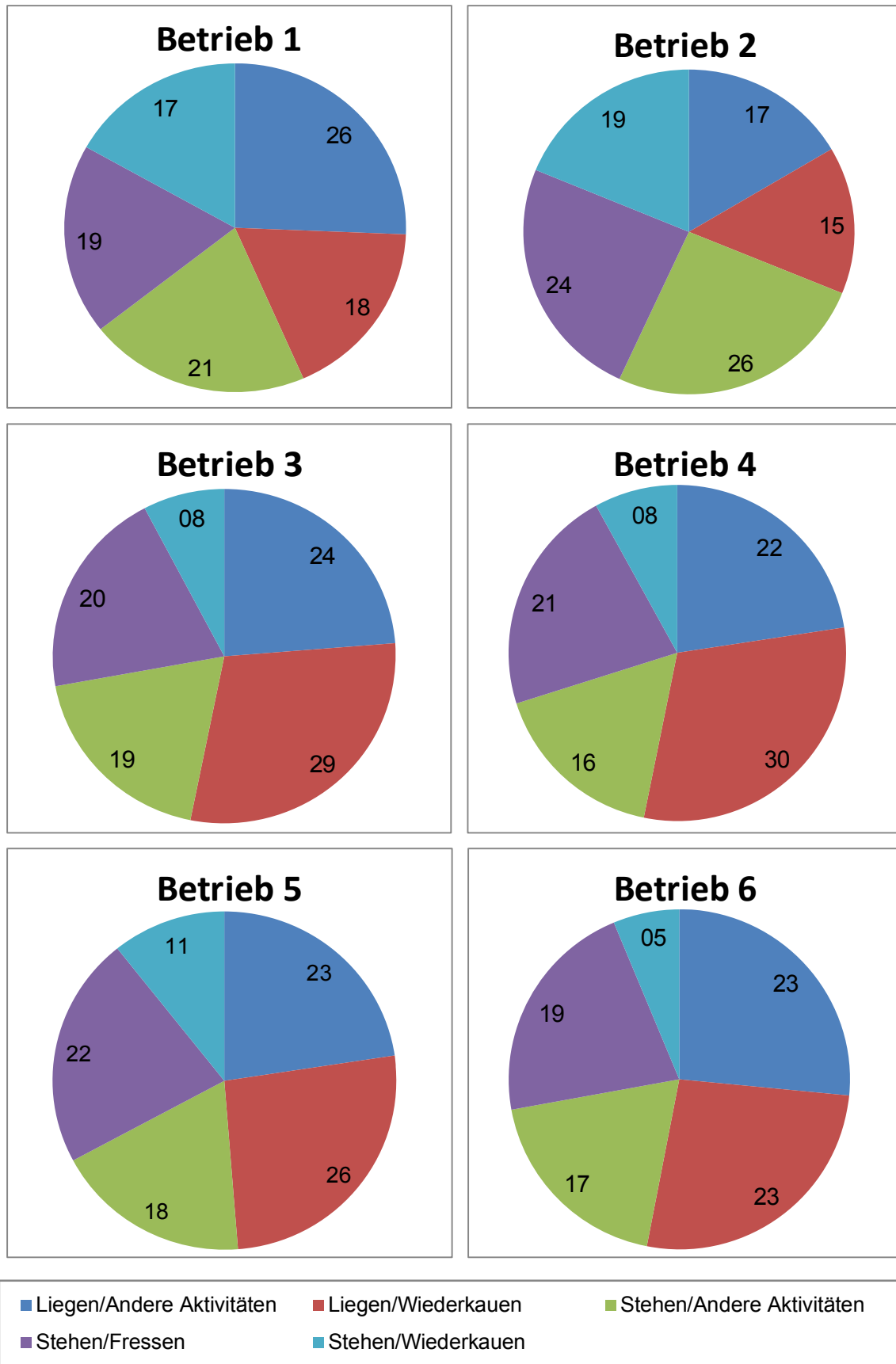


Abb. 44: Übersicht der verschiedenen Tieraktivitäten der Kategorien "Liegen/Andere Aktivitäten", Liegen/Wiederkauen", „Stehen/Andere Aktivitäten“, „Stehen/Fressen“ und „Stehen/Wiederkauen“ je Tier und Tag [%]

4.3.4 Ethogramme

Bei allen Betrieben war ein Einfluss der Futtermvorlage auf den Anteil der fressenden Tiere zu erkennen. Insbesondere auf den Betrieben 2, 4 und 5 waren nach den Vorlagen des Futters die Fressphasen deutlich zu erkennen und der Anteil von gleichzeitig fressenden Tieren stieg zum Teil über 60 % (Betrieb 2: 65.2 %; Betrieb 4: 69.5 %; Betrieb 5: 67.3 %). Bei den Betrieben 1, 3 und 6 fielen die Maxima mit 44.4 % (Betrieb 1), 35.6 % (Betrieb 3) und 38,7 % (Betrieb 6) deutlich geringer aus (Abb. 45 und Abb. 46). Insbesondere die Futtermvorlagen bis 22:00 Uhr wurden von vielen Tieren zur Futteraufnahme genutzt. Dabei fraßen im Durchschnitt auf Betrieb 1 17.6 % (± 9.2), auf Betrieb 2 20.9 % (± 13.5), auf Betrieb 3 10.6 % (± 7.3), auf Betrieb 4 21,7 % (± 12.8 %) auf Betrieb 5 21.3 % ($\pm 15,3$ %) und auf Betrieb 6 19.3 % (± 6.7 %) der Tiere gleichzeitig.

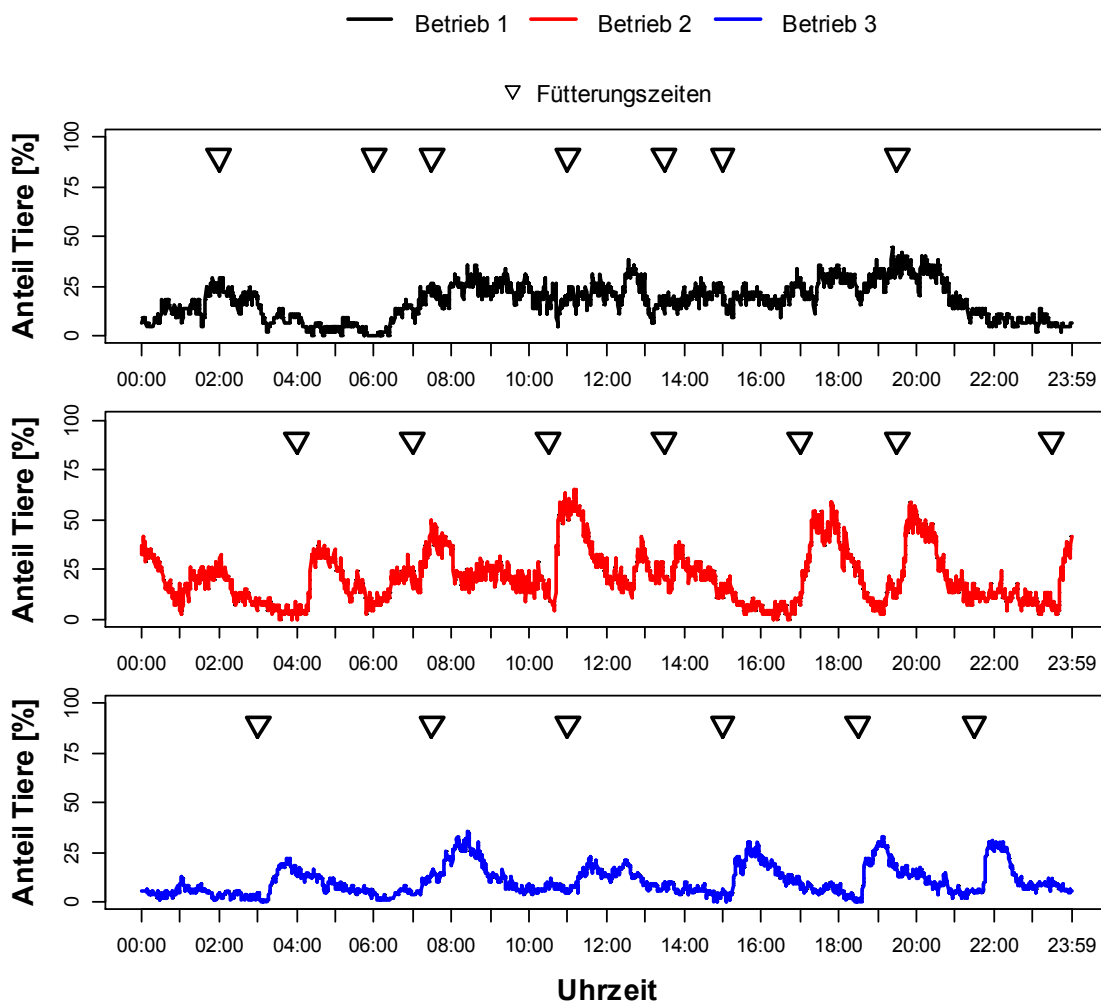


Abb. 45: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf der Betriebe 1, 2 und 3

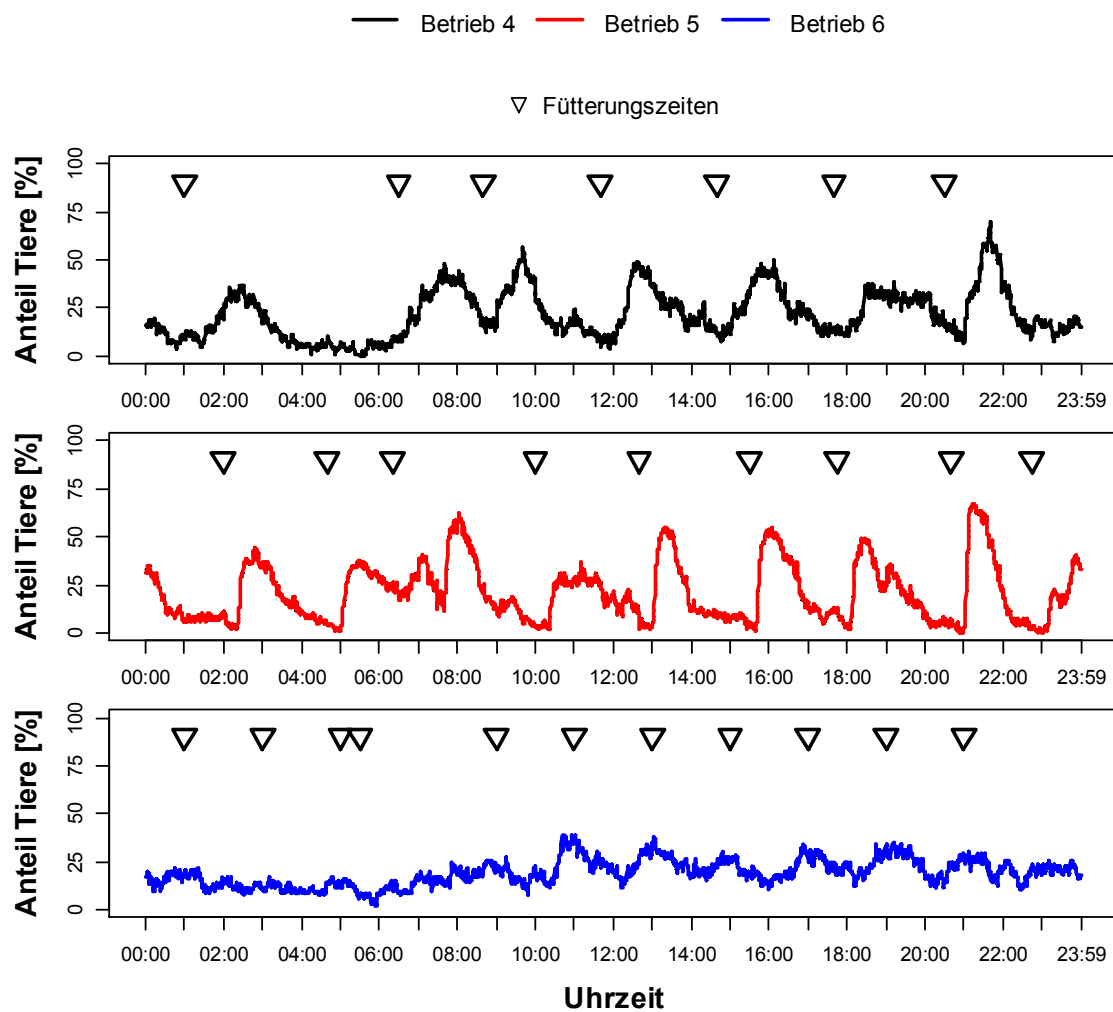


Abb. 46: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Fressen" über den Tagesverlauf der Betriebe 4, 5 und 6

Beim Wiederkauen und Liegen traten bei Betrieb 3 mit 64.4 % im Maximum und 11.5 % im Minimum die meisten Schwankungen auf (Mittelwert: 38.7 % \pm 12.9). Bei allen anderen Betrieben variierte der Anteil über den Tag überwiegend zwischen 15 % und 40 % (Betrieb 1: 16.6 % \pm 7.2; Betrieb 2: 12.9 % \pm 6.6; Betrieb 4: 27.0 % \pm 7.7; Betrieb 5: 25.2 % \pm 8.9, Betrieb 6: 20.3 % \pm 5.8). Nur selten wurde der Anteil an 40 % der Tiere überschritten (Abb. 47 und Abb. 48).

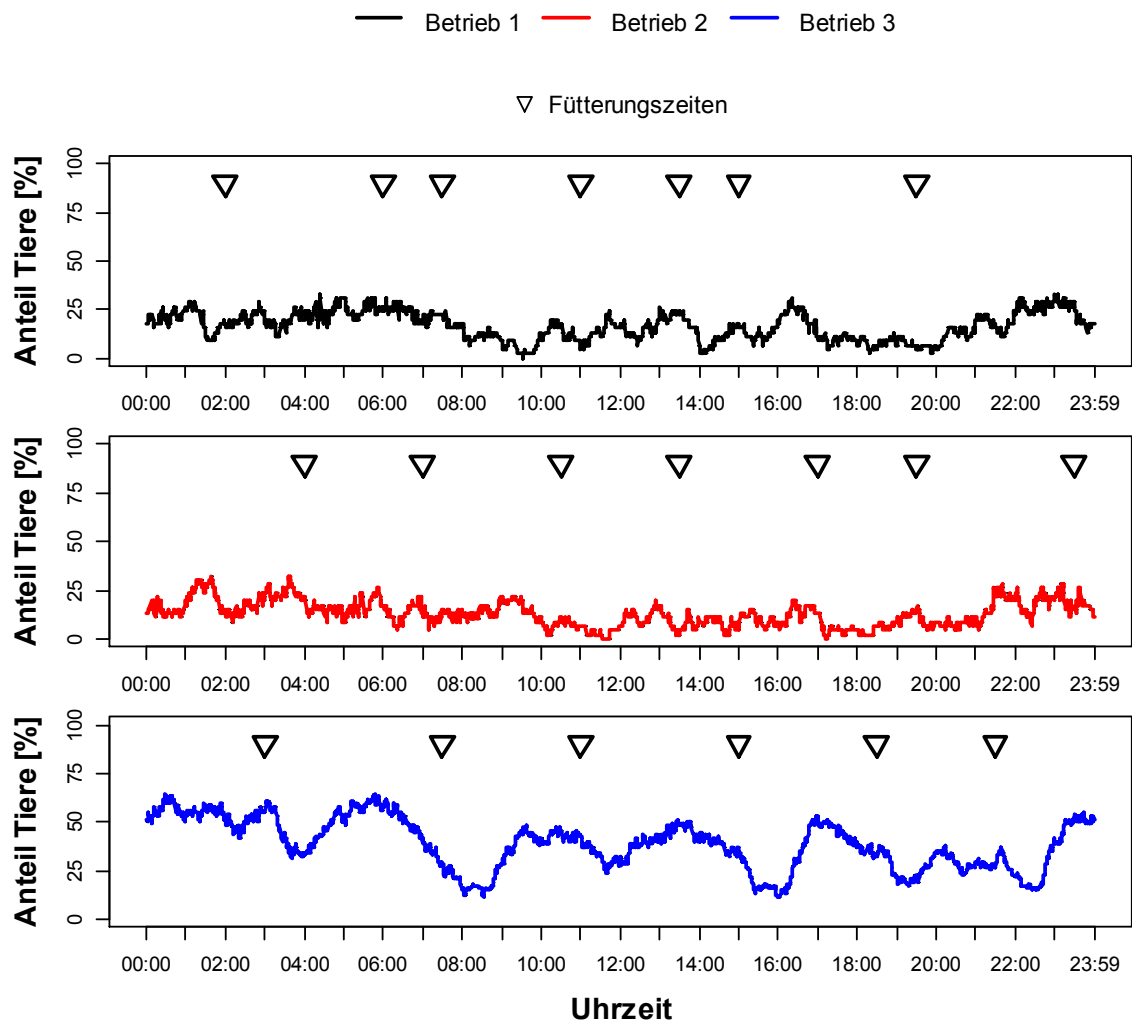


Abb. 47: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Liegen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf der Betriebe 1, 2 und 3

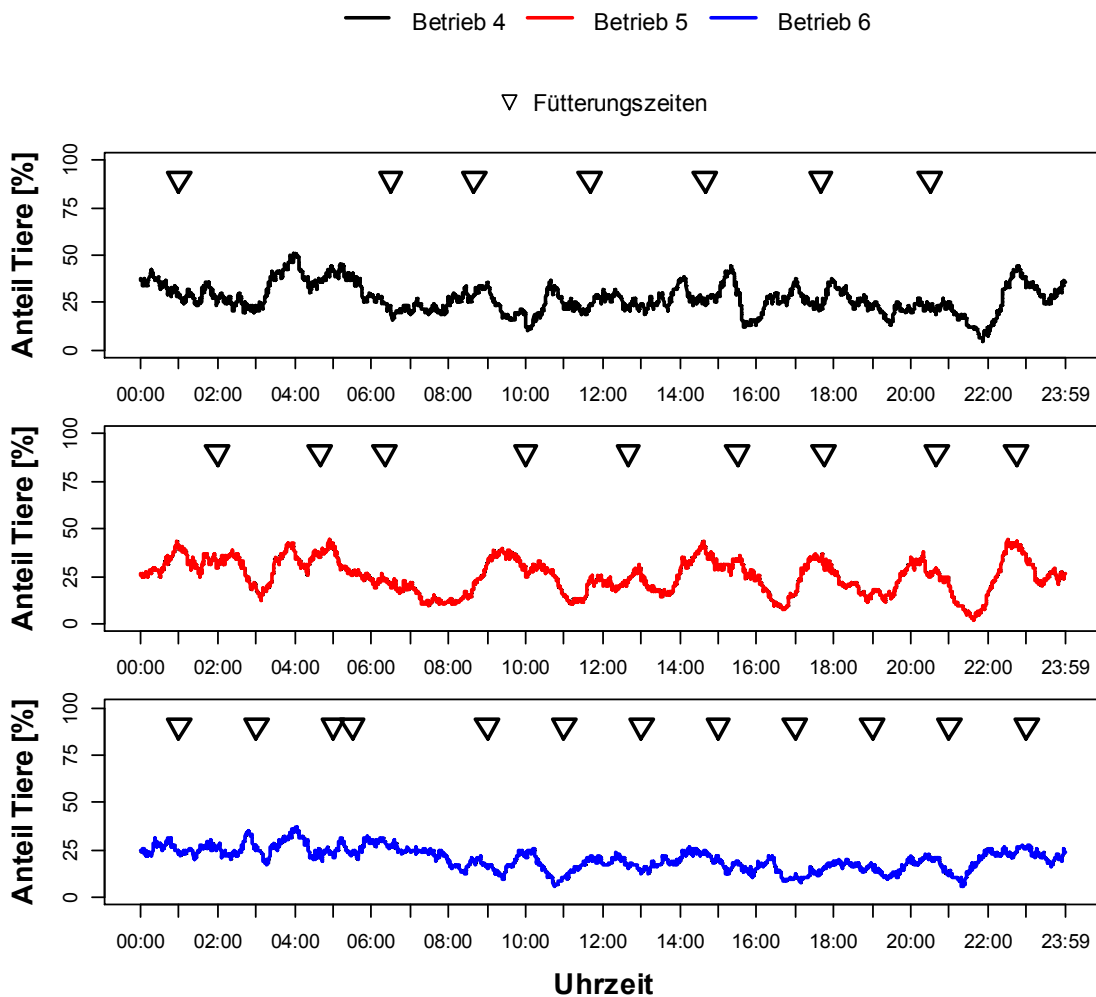


Abb. 48: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Liegen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf der Betriebe 4, 5 und 6

Auf den Betrieben 4-6 stieg der Anteil der gleichzeitig stehenden und wiederkauenden Tiere am höchsten auf Betrieb 5 mit im Maximum 26.9 % (Mittelwerte: Betrieb 4: 10.6 % \pm 4.66; Betrieb 5: 10.3 % \pm 5.2, Betrieb 6: 13.5 % \pm 4.0). Bei den Betrieben 1-3 lag der Anteil im Mittel zwischen 10 % und 16 % (Mittelwerte: Betrieb 1: 15.3 % \pm 5.3; Betrieb 2: 16.1 % \pm 6.6, Betrieb 3: 10.6 % \pm 7.3). Ein Einfluss der Futtevorlagen war nicht zu erkennen. Insgesamt variierte der Anteil auf Betrieb 6 am geringsten (4.2 %-25.4 %) und auf Betrieb 3 am meisten (0 %-35.6 %) (Abb. 49 und Abb. 50).

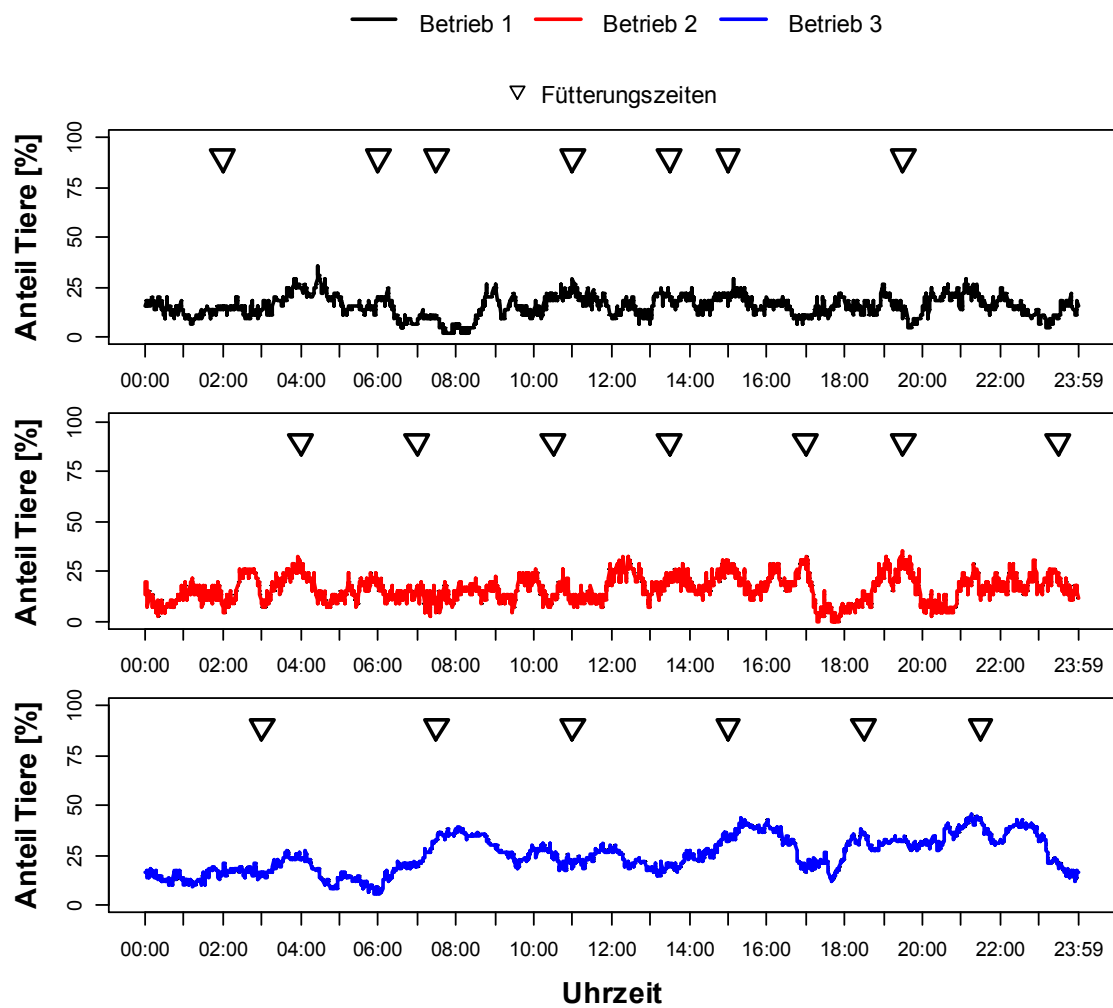


Abb. 49: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf der Betriebe 1, 2 und 3

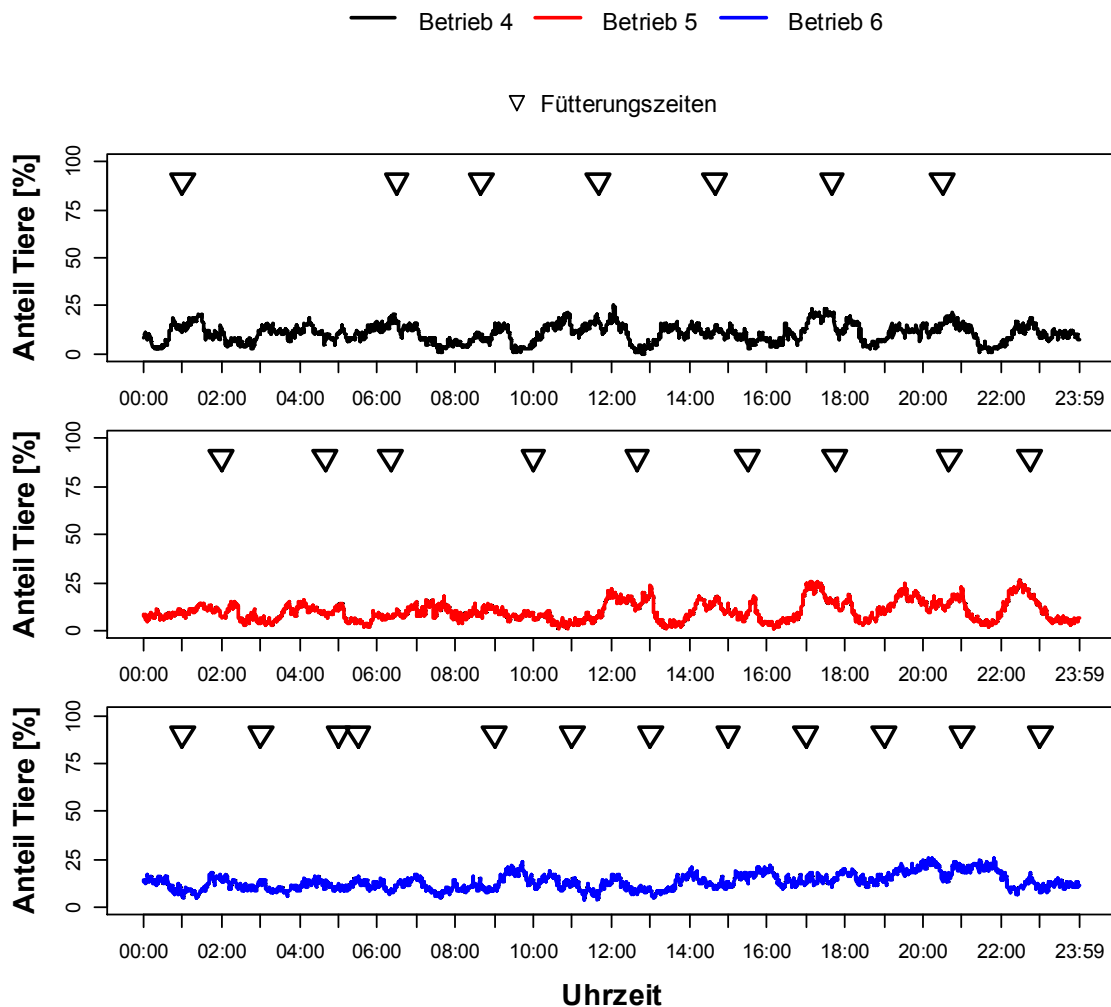


Abb. 50: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Wiederkauen" über den Tagesverlauf der Betriebe 4, 5 und 6

Auch der Anteil der Tiere, die den Tag mit Stehen und anderen Aktivitäten verbrachten war meist sehr gleichmäßig und stieg nur selten über 40 %. Betrieb 3 (Maximum: 26.4; Minimum: 1.1 %) und Betrieb 6 (Maximum: 36.1 %; Minimum: 5.0 %) hatten die geringsten Anteile über den Tag (Abb. 51 und Abb. 52). Betrieb 2 hatte mit maximal 65.2 % den höchsten Anteil. Der prozentuale Anteil der Tiere die stehen und weder fressen noch wiederkauen lag im Mittel auf Betrieb 1 bei 23.7 % \pm 6.8, bei ; Betrieb 2: 28.6 % \pm 10.8, bei Betrieb 3: 11.3 % \pm 4,8, bei Betrieb 4 19.8 Minuten \pm 5.4, bei Betrieb 5 19.8 % \pm 8.2 und auf Betrieb 6 bei 19.4 % \pm 6.7.

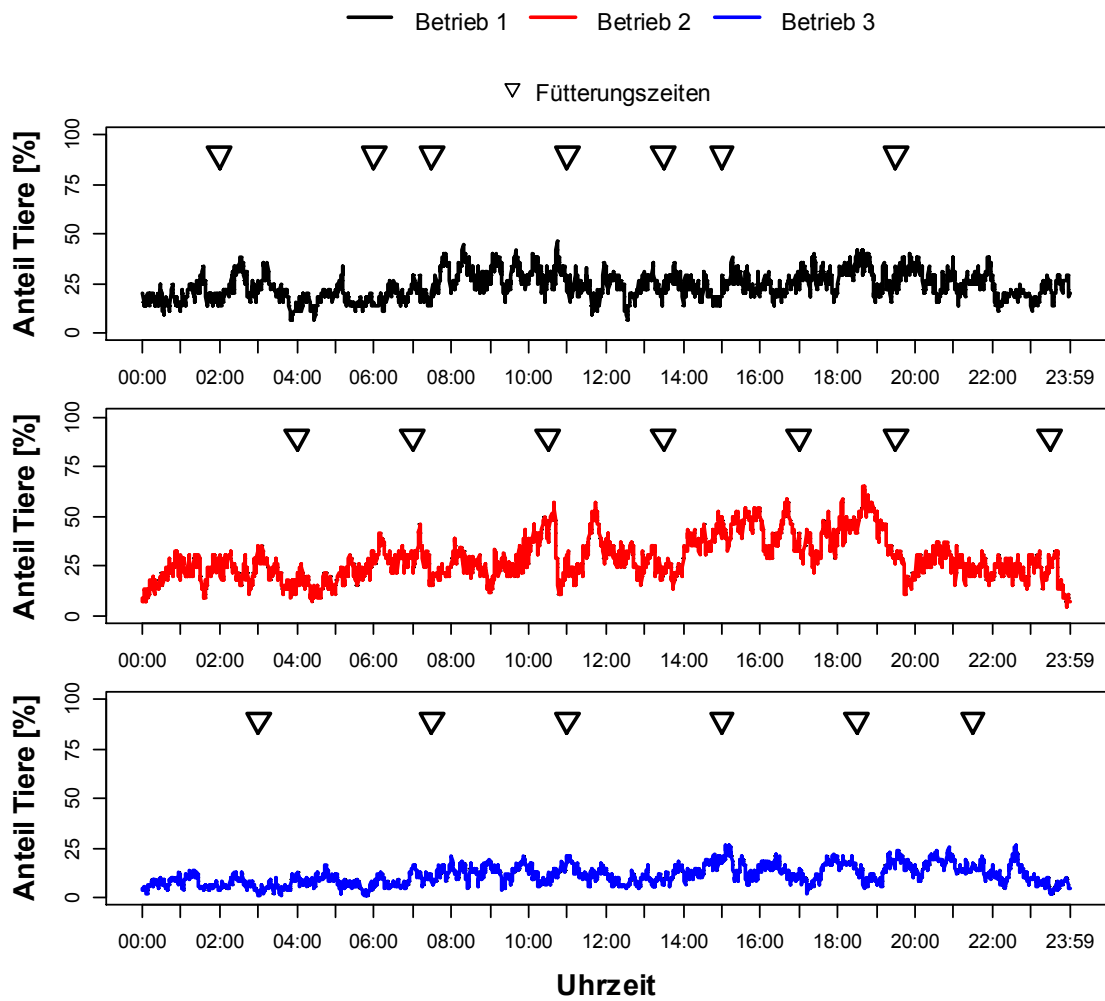


Abb. 51: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Andere Aktivitäten" über den Tagesverlauf der Betriebe 1, 2 und 3

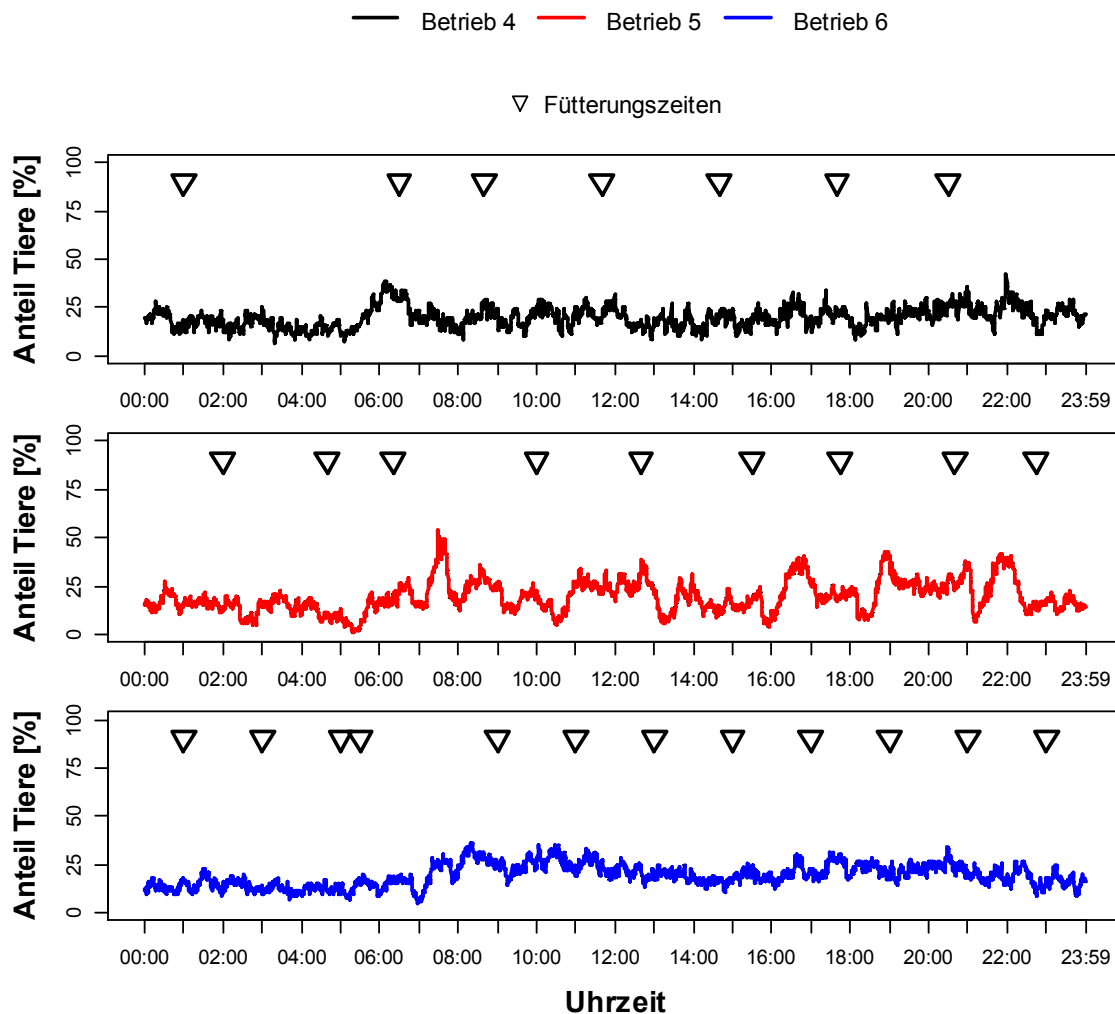


Abb. 52: Relativer Anteil der Fokustiere mit der Verhaltensweise "Stehen/Andere Aktivitäten" über den Tagesverlauf der Betriebe 4, 5 und 6

4.3.5 Milchleistung und Besuche am automatischen Melkverfahren

Die Übersicht der Milchleistungen und der Anzahl erfolgreicher Melkbesuche je Tier und Tag, sowie die durchschnittliche Milchmenge pro Melkvorgang in Tab. 57 beziehen sich nur auf die Versuchstiere und den Versuchszeitraum auf den einzelnen Praxisbetrieben. Erfolgreiche Melkbesuche definieren sich als diejenigen Besuche der Tiere, an denen der Melkvorgang vollständig durchgeführt wurde. Nicht berücksichtigt wurden Besuche am Melkroboter ohne oder vorzeitig abgebrochenen Milchentzug z.B. aufgrund fehlender Berechtigung des Tieres oder durch Fehler beim Ansetzen des Melkgeschirrs. Die Tiere besuchten den Melkroboter zwischen 2.5 (Betrieb 2) und 3.5-mal (Betrieb 4) am Tag. Dabei wurden im Schnitt bei jedem Melkvorgang zwischen 8.3 kg (Betrieb 6) und 11.8 kg (Betrieb 4) Milch ermolken (Tab. 57).

Tab. 57: Ergebnisse der Daten des automatischen Melkverfahrens: Milchmenge, Anzahl erfolgreicher Melkbesuche und durchschnittliche Milchmenge pro Melkvorgang der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben

Betrieb	Milchleistung [kg]	Anzahl erfolgreicher Melkbesuche [n]	Milchmenge / Melkvorgang [kg]
1	29.4 ± 8.4	2.6 ± 0.7	11.4 ± 2.5
2	22.7 ± 9.7	2.5 ± 1.1	9.1 ± 1.9
3	29.5 ± 10.7	2.6 ± 0.8	11.4 ± 3.1
4	37.3 ± 9.8	3.5 ± 0.9	10.8 ± 2.3
5	35.0 ± 10.4	3.2 ± 0.9	11.3 ± 2.8
6	25.5 ± 8.3	3.1 ± 1.0	8.3 ± 2.0

Die Milchleistung der Versuchstiere war während der Versuchsphase zwischen 22.7 kg auf Betrieb 2 und 37.3 kg auf Betrieb 4. In Abb. 53 sind die Milchleistungen der einzelnen Betriebe pro Tag als Boxplot aufgezeigt.

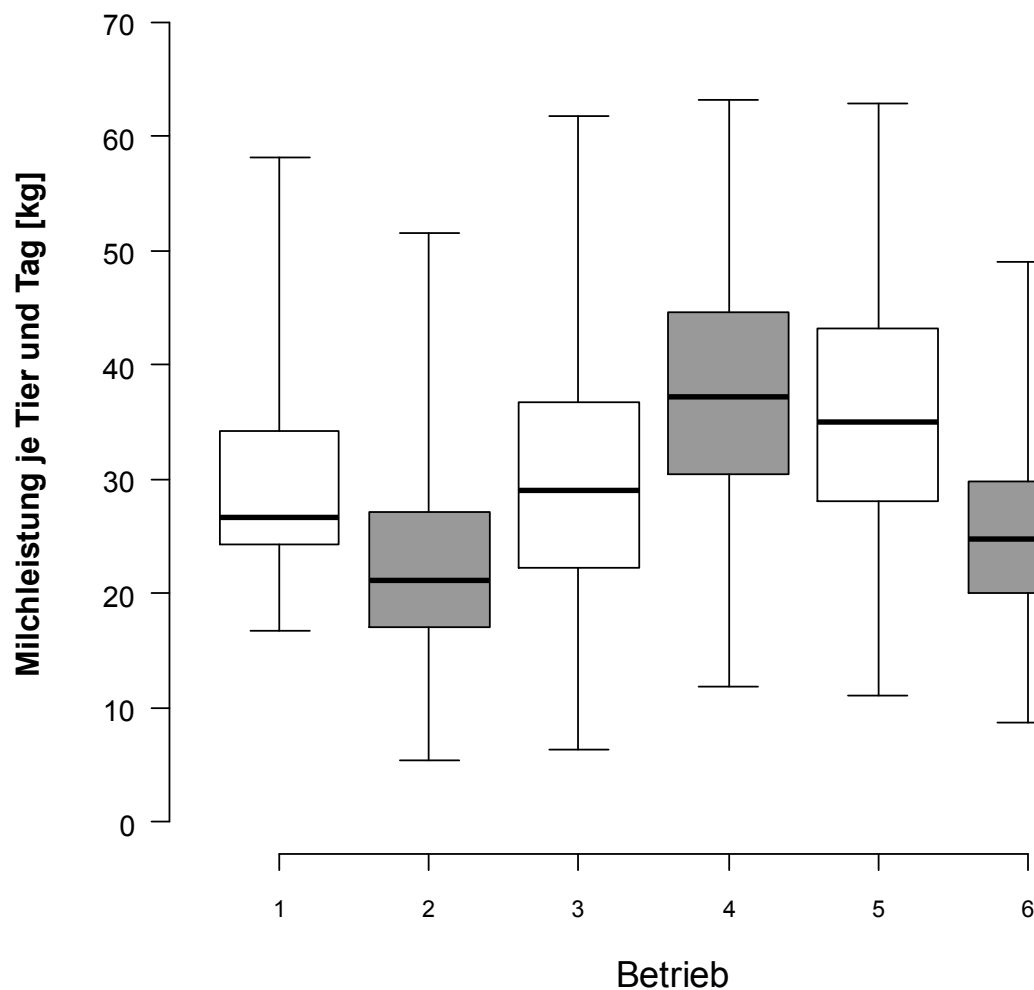


Abb. 53: Durchschnittliche Milchmenge je Tier und Tag der Versuchstiere auf den Praxisbetrieben als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

4.4 Projektteil 3: Futterqualität und -hygiene von Maissilage in Vorratsbehältern von automatischen Fütterungsverfahren

4.4.1 Temperatur und Verdichtung

Die durchschnittliche Außentemperatur während der Versuche lag bei 6.7°C (-6.7 - 21.3°C) im Winter und 20.2°C (11.2°C - 33.0°C) im Sommer. Es trat zwischen den Konservierungsverfahren, der Jahreszeit (Sommer/Winter) und der Befülldauer eine hochsignifikante Dreifachinteraktion ($p = 0.0001$) auf. In Abb. 54 ist der durchschnittliche Temperaturverlauf der Außentemperatur und innerhalb der drei unterschiedlich konservierten Maissilagen über 48 Stunden nach der Befüllung der Vorratsbehälter dargestellt. Die tageszeitlichen Temperaturschwankungen der Außentemperatur sind gut zu erkennen. Dahingegen waren die Temperaturen in der Maissilage bei allen drei Verfahren der Konservierung nahezu stabil. Lediglich am zweiten Tag stieg die Temperatur in allen drei Konservierungsverfahren leicht an. Am größten war die Temperatursteigerung bei der Folienschlauchsilage am Ende der Befülldauer. Die Temperatur der Maissilage des Hochsilos lag im Schnitt mit 6.1°C ($\pm 2.8^\circ\text{C}$) leicht über der Temperatur bei der Quaderballensilage mit 5.1°C ($\pm 4.3^\circ\text{C}$) und der Folienschlauchsilage mit 5.1°C ($\pm 2.3^\circ\text{C}$).

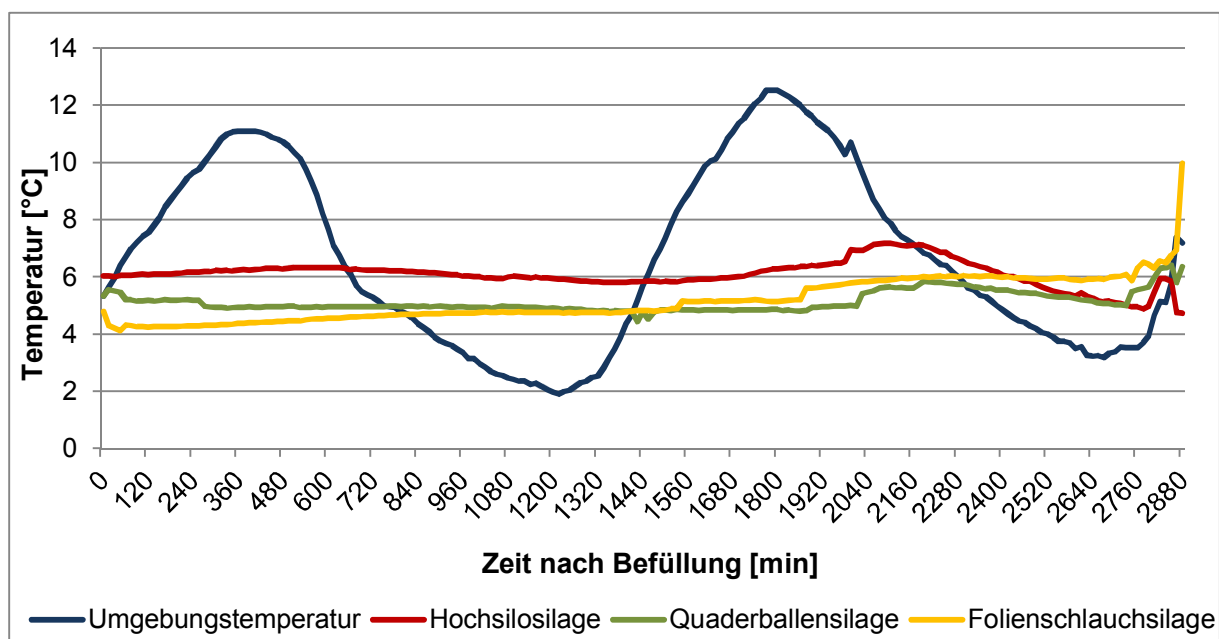


Abb. 54: Durchschnittlicher Verlauf der Außentemperatur und der Temperaturverlauf im Futter bei den drei Konservierungsverfahren der Maissilage im Winterversuch

Im Sommersversuch variierte trotz der höheren Umgebungstemperaturen die Temperatur der Quaderballensilage kaum ($21.4^{\circ}\text{C} \pm 1.82^{\circ}\text{C}$, Abb. 55). Bei der Hochsilosilage stieg die Temperatur schon nach 24 Stunden an (Durchschnitt über 48 h: $23.9^{\circ}\text{C} \pm 7.63^{\circ}\text{C}$), während bei der Folienschlauchsilage schon nach wenigen Stunden ein starker Anstieg der Temperatur zu verzeichnen war (Durchschnitt über 48 h: $34.3^{\circ}\text{C} \pm 9.7^{\circ}\text{C}$). Dabei wurden Temperaturen über 30°C bei der Hochsilosilage und über 40°C bei der Folienschlauchsilage erreicht.

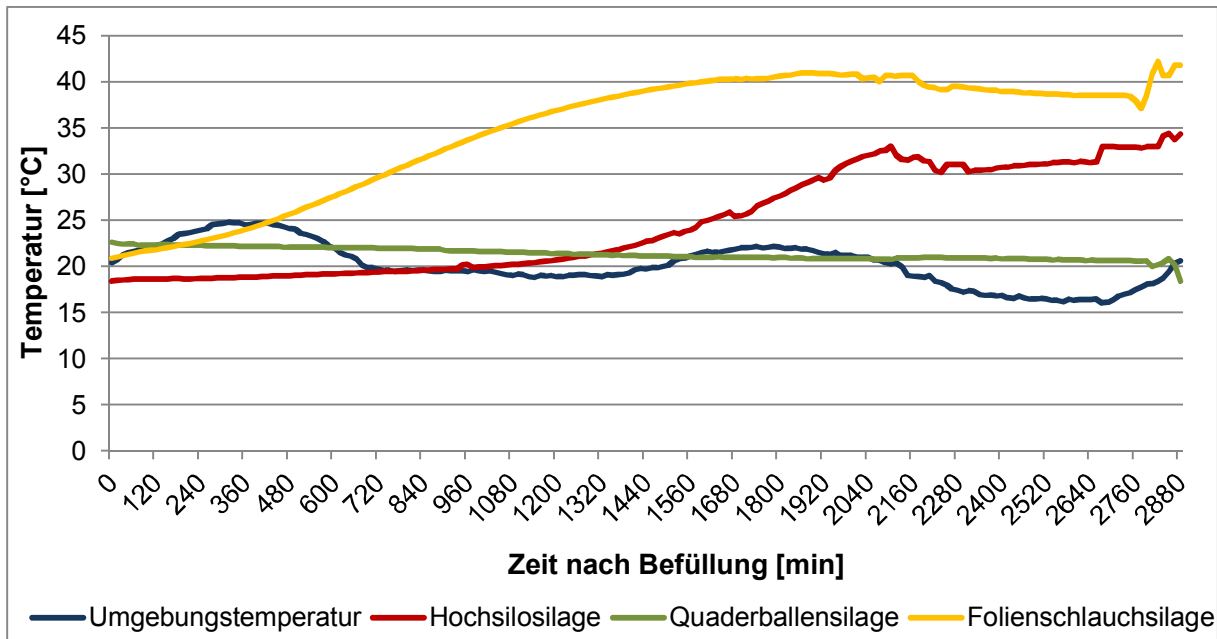


Abb. 55: Durchschnittlicher Verlauf der Außentemperatur und der Temperaturverlauf im Futter bei den drei Konservierungsverfahren der Maissilage im Sommersversuch

Zusätzlich wurden Messungen zur Verdichtung der Maissilage in den Vorratsbehältern durchgeführt. Die Mittelwerte und die Standardabweichungen sind in Tab. 58 dargestellt. Bei der Folienschlauchsilage (FFS) wurde aufgrund der Befüllung mittels Schneidschaufel und der somit sehr heterogenen Verteilung der Verdichtung des Futters zum einen die Verdichtung im vor der Entnahme an der Anschnittfläche (FFS Lager) und dem Futter im Vorratsbehälter unterschieden (FFS Behälter).

Tab. 58: Durchschnittliche Verdichtung der Maissilage innerhalb der verschiedenen Konservierungsverfahren in Kilogramm Trockensubstanz pro Kubikmeter [kg TS/m³]

Versuch	Konservierungsverfahren			
	HS ¹	QB ²	FFS Lager ³	FFS Behälter ⁴
Winter	165.0 ± 27.7	213.9 ± 38.6	211.6 ± 49.8	155.7 ± 37.8
Sommer	179.2 ± 45.8	212.2 ± 42.3	182.4 ± 61.1	156.2 ± 57.7

¹ HS: Hochsilo; ² QB: Quaderballen; ³ FFS: Folienschlauchsilage an Anschnittfläche, ⁴ Folienschlauchsilage im Vorratsbehälter

4.4.2 Futteranalysen, pH-Wert und Gärsäuren

Die einzelnen Analyseergebnisse zur Kontrolle gleichbleibender Qualität der Maissilagen während der Datenerhebung sind in den Tab. 74 bis Tab. 79 aufgeführt. Die Ergebnisse der Futteranalysen sind sowohl nach Versuchszeitpunkt als auch Konservierungsverfahren (KV) unterteilt.

Beim pH-Wert war ein Effekt der Jahreszeit ($p = 0.0019$) und ein Trend beim Konservierungsverfahren ($p = 0.063$) festzustellen. Die Differenzen zwischen der 1. Beprobung direkt nach der Befüllung der Behälter und der 2. Beprobung nach zwei Tagen Lagerung waren im Winter bei allen Konservierungsverfahren höher. Die Konservierungsverfahren unterschieden sich dahingehend, dass bei der Quaderballensilage auch im Sommer nur sehr geringe Unterschiede im pH-Wert zwischen den Probenahmeterminen auftraten. Bei der Hochsilosilage und der Folienschlauchsilage sind die Differenzen grösser.

Tab. 59: Durchschnittliche pH-Werte aufgliedert nach Konservierungsverfahren und Winter- / Sommersversuch

Konservierungsverfahren	Versuch	pH-Wert	
		1. Beprobung	2. Beprobung
HS ¹	Sommer	3.81 ± 0.46	4.64 ± 0.68
	Winter	3.68 ± 0.11	3.69 ± 0.10
QB ²	Sommer	3.83 ± 0.07	3.84 ± 0.12
	Winter	3.86 ± 0.08	3.86 ± 0.11
FSS ³	Sommer	3.96 ± 0.34	4.76 ± 0.61
	Winter	3.86 ± 0.06	3.89 ± 0.08

¹ HS: Hochsilo; ² QB: Quaderballen; ³ FSS: Folienschlauchsilage

Die Ergebnisse der Gärsäureanalysen sind in Tab. 60 dargestellt.

Bei den Essigsäuregehalten wurde zwischen der ersten und zweiten Beprobung ein Trend beim Konservierungsverfahren (KV, $p = 0.07$) und bei der Jahreszeit (JZ,

$p = 0.07$) festgestellt. Die Differenzen zwischen den beiden Probenahmen sind im Sommer grösser als im Winter. Während bei der Quaderballensilage sowohl im Sommer als auch im Winter keine oder nur sehr geringe Unterschiede auftraten, waren die Unterschiede bei der Hochsilosilage, insbesondere im Sommersversuch, grösser. Der Gehalte an Essigsäure sanken im Sommer in der Hochsilosilage von 1.30 % in der Trockensubstanz (i. TS) auf 0.74 % i. TS und bei der Folienschlauchsilage von 1.15 % i. TS. auf 0.40 % i. TS. Die Gehalte an Essigsäure sanken mit Ausnahme der Folienschlauchsilage im Winter. Bei der Folienschlauchsilage war ein mit 1.00 % i. TS. Auf 1.12 % i. TS. leichter Anstieg zu erkennen.

Weder die Konservierungsart noch die Jahreszeit hatten bei der Propionsäure (KV: $p = 0.3$; JZ: $p = 0.33$) und der n-Buttersäure (KV: $p = 0.4$; JZ: $p = 0.33$) einen signifikanten Einfluss.

Bei der iso-Buttersäure jedoch wurde eine signifikante Interaktion zwischen der Konservierungsart und der Jahreszeit ermittelt ($p = 0.019$). Während im Winterversuch die Werte bei beiden Beprobungsterminen unter 0.01 % in der Trockensubstanz lag, stiegen die Werte bei der Hochsilo- und Folienschlauchsilage bei der zweiten Beprobung über die Nachweisgrenze von 0.01 % i. TS.

Bei der iso-Valeriansäure hatte die Jahreszeit einen signifikanten Einfluss ($p = 0.0025$) und beim Konservierungsverfahren ergab sich mit $p = 0.076$ ein Trend. Auch in diesem Fall lagen die Analyseergebnisse im Winter ohne Ausnahme unter der Nachweisgrenze. Im Sommer wurde bei der zweiten Beprobung in der Hochsilo- und Folienschlauchsilage iso-Valeriansäure nachgewiesen.

Die Gehalte von n-Valerian- und Capronsäure in den Maissilagen lagen in allen analysierten Proben unter der Nachweisgrenze von 0.01 % i. TS.

Tab. 60: Mittelwerte der Ergebnisse zur Gärsäureanalyse in Prozent in der Trockensubstanz aufgegliedert nach Konservierungsverfahren und Winter-/Sommerversuch

Parameter	KV ¹	Analyseergebnisse [% i. TS] ⁵			
		Sommer		Winter	
		Beprobung 1	Beprobung 2	Beprobung 1	Beprobung 2
Essigsäure	HS ²	1.30 ± 0.30	0.74 ± 0.38	1.28 ± 0.09	1.16 ± 0.11
	QB ³	1.42 ± 0.17	1.38 ± 0.27	1.30 ± 0.23	1.30 ± 0.19
	FSS ⁴	1.15 ± 0.40	1.04 ± 0.57	1.00 ± 0.16	1.12 ± 0.23
Propionsäure	HS ²	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	QB ³	< 0.01	0.02 ± 0.0	< 0.01	< 0.01
	FSS ⁴	0.55 ± 0.0	0.44 ± 0.0	< 0.01	< 0.01
n-Buttersäure	HS ²	0.03 ± 0.0	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	QB ³	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	FSS ⁴	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
iso-Buttersäure	HS ²	< 0.01	0.04 ± 0.0	< 0.01	< 0.01
	QB ³	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	SW ⁴	< 0.01	0.03 ± 0.0	< 0.01	< 0.01
iso-Valeriansäure	HS ²	< 0.01	0.03 ± 0.01	< 0.01	< 0.01
	QB ³	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	FSS ⁴	< 0.01	0.03 ± 0.01	< 0.01	< 0.01

¹ KV: Konservierungsverfahren; ² HS: Hochsilo; ³ QB: Quaderballen; ⁴ FSS: Folienschlauchsilage;

⁵ % i. TS: Prozent in Trockensubstanz

4.4.3 Aerobe Stabilität (ASTA)

Sowohl das Konservierungsverfahren, als auch der Versuchszeitpunkt hatten einen hoch signifikanten Einfluss auf die aerobe Stabilität der Silagen ($p < 0.0001$). In Tab. 61 sind für alle Beprobungen die durchschnittlichen Werte der ASTA in Stunden aufgegliedert nach Konservierungsverfahren dargestellt. Die Maissilagen aller Konservierungsverfahren waren im Winterversuch (175.2 ± 63.4 Stunden) deutlich länger stabil, als im Sommer (49.7 ± 19.3 Stunden). Es gab aber einen teils erheblichen Unterschied zwischen den Konservierungsverfahren. Im Sommerversuch hatten sowohl die Hochsilosilage mit 43.0 ± 5.2 Stunden als auch die Folienschlauchsilage mit 34.3 ± 5.3 Stunden eine geringere Stabilität als die Quaderballensilage (71.9 ± 17.1). Auch im Winter war die Stabilität bei der Quaderballensilage mit 218.3 ± 62.4 Stunden höher als bei der Hochsilosilage (147.4 ± 33.2) und der Folienschlauchsilage (160.0 ± 67.0).

Tab. 61: Durchschnittliche aerobe Stabilität in Stunden nach Konservierungsverfahren und Winter-/Sommerversuch

Versuch	Nr. der Beprobung	aerobe Stabilität [h]					
		HS ¹		QB ²		FSS ³	
Winter	1	191.2	± 1.3	265.5	± 0.0	259.3	± 8.2
	2	167.5	± 0.9	265.0	± 0.0	104.8	± 1.3
	3	129.7	± 1.0	265.5	± 0.0	182.7	± 71.8
	4	100.8	± 0.3	99.5	± 2.2	202.5	± 18.8
	5	174.5	± 3.9	185.5	± 11.8	89.2	± 1.5
	6	120.7	± 0.3	228.8	± 5.7	121.7	± 1.9
Sommer	7	53.0	± 0.5	55.0	± 3.1	43.0	± 0.9
	8	43.1	± 4.9	100.7	± 0.8	37.8	± 0.3
	9	42.3	± 0.8	76.2	± 8.0	29.7	± 1.4
	10	41.7	± 0.3	68.8	± 13.8	28.0	± 0.5
	11	38.5	± 1.8	75.7	± 2.1	32.0	± 0.9
	12	39.7	± 0.8	55.0	± 6.5	35.2	± 1.8

¹ HS: Hochsilo; ² QB: Quaderballen; ³ FSS: Folienschlauchsilage

4.4.4 Mikrobiologie

Die mikrobiologischen Analysen ergaben bei den aeroben Fremdkeimen weder beim Konservierungsverfahren ($p = 0.27$) noch bei der Jahreszeit ($p = 0.24$) einen signifikanten Unterschied zwischen den Konservierungsverfahren. Ebenso verhielt es sich bei dem Besatz an Schimmelpilzen (KV: $p = 0.12$; JZ: $p = 0.14$). Im Mittel aller Analysen (Tab. 62) lagen in beiden Fällen die Gehalte zwei Tage nach der Befüllung (Beprobung 2) insbesondere bei der Hochsilo- und der Folienschlauchsilage höher als direkt nach der Befüllung (Beprobung 1).

Tab. 62: Durchschnittliche Anzahl koloniebildender Einheiten pro Gramm aerober Fremdkeime, Hefen und Schimmelpilze bei der ersten und zweiten Beprobung und die Differenz unterteilt nach Konservierungsverfahren im Winterversuch

KV ¹	Parameter	Anzahl [KBE/g] ⁶					
		Beprobung 1		Beprobung 2		Differenz	
HS ²	FKZ ⁵	5.550	± 11.576	14.967	± 32.505	9.417	± 20.935
	Hefen	152.567	± 191.744	207.000	± 233.005	54.433	± 55.580
	Schimmelpilze	4.318	± 8.719	9.283	± 20.943	4.965	± 12.303
QB ³	FKZ ⁵	493	± 887	717	± 725	223	± 595
	Hefen	4.900	± 4.574	14.765	± 23.056	9.865	± 22.650
	Schimmelpilze	152	± 174	90	± 24	-62	± 173
FSS ⁴	FKZ ⁵	88	± 29	333	± 361	245	± 357
	Hefen	1.640.833	± 2.278.101	2.427.667	± 1.709.559	786.833	± 1.613.823
	Schimmelpilze	118	± 96	15.418	± 37.517	15.300	± 37.428

¹ KV: Konservierungsverfahren; ² HS: Hochsilo; ³ QB: Quaderballen; ⁴ FSS: Folienschlauchsilage; ⁵ FKZ: aerobe Fremdkeime; ⁶ [KBE/g]: koloniebildende Einheiten pro Gramm

Insbesondere im Sommersversuch stieg die Anzahl koloniebildender Einheiten pro Gramm aerober Fremdkeime, Hefen und Schimmelpilze zwischen den Beprobungen an (Tab. 63).

Tab. 63: Durchschnittliche Anzahl koloniebildender Einheiten pro Gramm aerober Fremdkeime, Hefen und Schimmelpilze bei der ersten und zweiten Beprobung und die Differenz bei unterteilt nach Konservierungsverfahren im Sommersversuch

KV ¹	Parameter	Anzahl [KBE/g] ⁶					
		Beprobung 1		Beprobung 2		Differenz	
HS ²	FKZ ⁵	8'983 ±	10'304	354'983 ±	403'202	346'000 ±	398'652
	Hefen	1'305'000 ±	952.717	64'500'000 ±	45'165'252	63'195'000 ±	45'290'989
	Schimmelpilze	8'800 ±	7'974	20'550 ±	43'940	11'750 ±	47'874
QB ³	FKZ ⁵	133 ±	82	5'357 ±	9'718	5'223 ±	9'735
	Hefen	130'667 ±	182'560	7'375'000 ±	11'225'050	7'244'333 ±	11'215'974
	Schimmelpilze	85 ±	37	983 ±	1'974	898 ±	1'967
FSS ⁴	FKZ ⁵	967.483 ±	2'318'666	58'103'333 ±	119'352'503	57'135'850 ±	11'704'7063
	Hefen	34'166'667 ±	43'502'904	94'266'667 ±	86'749'909	60'100'000 ±	53'213'044
	Schimmelpilze	6'950 ±	11'463	9'319'517 ±	14'389'788	9'312'567 ±	14'378'631

¹ KV: Konservierungsverfahren, ² HS: Hochsilo, ³ QB: Quaderballen, ⁴ FSS: Folienschlauchsilage, ⁵ FKZ: aerobe Fremdkeime, ⁶ [KBE/g]: koloniebildende Einheiten pro Gramm

Beim Besatz an Hefen wurde eine signifikante Interaktion zwischen dem Konservierungsverfahren und der Jahreszeit festgestellt. Bei der Quaderballensilage stieg der Gehalt an Hefen im Vergleich zur Hochsilo- oder Folienschlauchsilage im Sommer nur gering an. Im Winterversuch stieg die Anzahl KBE nur bei der Folienschlauchsilage an. Insgesamt war der Anstieg im Winter bei allen verwendeten Konservierungsverfahren sichtlich geringer als im Sommer (Tab. 62 und Tab. 63). Dies trifft insbesondere für die Hochsilo- und Folienschlauchsilage zu.

4.4.5 Futteraufnahme

Die Futteraufnahme unterscheidet sich im Sommer- als auch im Winterversuch nur um 300 g je Tier und Tag (Tab. 64). Insgesamt wurden 120 Tagesdaten in die Auswertung einbezogen. Es wurden keine signifikanten Unterschiede ($p = 0.54$) gefunden.

Tab. 64 Ergebnisse zur Futteraufnahme pro Gruppe und je Tier bei zweitägiger Befüllung der Vorratsbehälter und verschiedenen Konservierungsverfahren [kg TS/Tag]

Versuch	KV ¹	Futteraufnahme [kg TS / Gruppe / Tag]		Futteraufnahme [kg TS / Tier / Tag]	
Winter	HS ²	269.8	± 17.5	18.0	± 1.2
	QB ³	267.3	± 23.0	17.8	± 1.5
	FSS ⁴	271.5	± 19.7	18.1	± 1.3
Sommer	HS ²	233.0	± 14.5	15.5	± 1.0
	QB ³	228.6	± 14.2	15.2	± 0.9
	FSS ⁴	231.7	± 12.0	15.4	± 0.8

¹ KV: Konservierungsverfahren, ² HS: Hochsilo, ³ QB: Quaderballen, ⁴ FFS: Folienschlauchsilage

4.4.6 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

Die unterschiedlichen Milchleistungen für die zwei Versuche zur Futterqualität und -hygiene sind in Tab. 65 dargestellt. Im Winterversuch unterschieden sich die durchschnittlichen Milchleistungen mit 23.7 kg (QB) und 24.6 kg (HS) um 0.9 kg je Tier und Tag. Im Sommer lag der Unterschied mit 1.1 kg je Tier und Tag noch etwas höher. Bei der ECM lag der durchschnittliche Unterschied im Winter bei 1.0 kg je Tier und Tag und im Sommer 0.9 kg je Tier und Tag.

Tab. 65: Durchschnittliche tägliche Milchleistung und energiekorrigierte Milchleistung (ECM) in den Versuchen zur Futterqualität und -hygiene

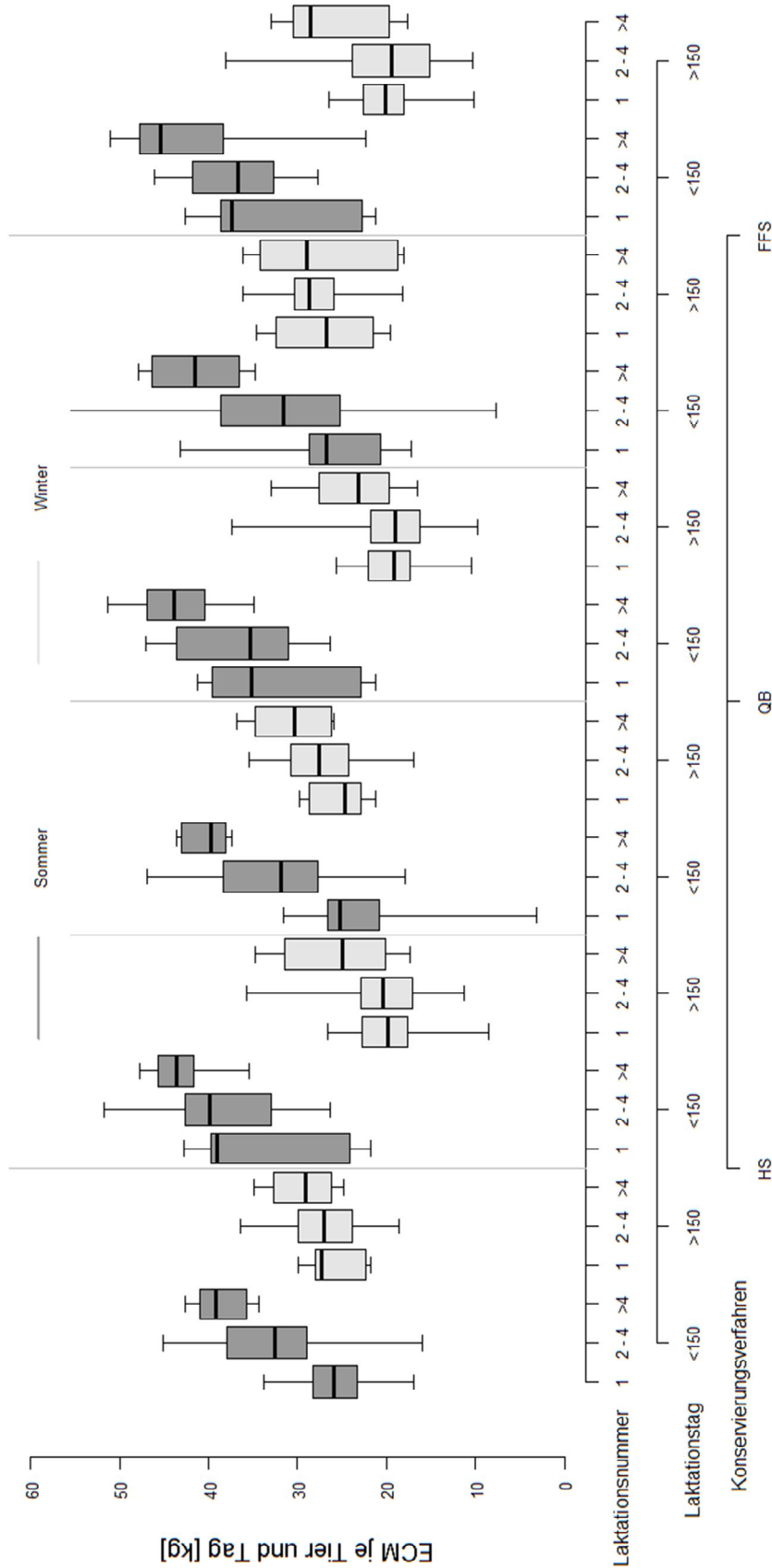
Versuch	KV ¹	Milchleistung [kg]	ECM ⁵ [kg]
Winter	HS ²	24.6 ± 8.9	26.4 ± 10.1
	QB ³	23.7 ± 8.9	25.4 ± 10.2
	FSS ⁴	24.5 ± 8.6	26.2 ± 9.8
Sommer	HS ²	29.0 ± 6.6	29.3 ± 5.9
	QB ³	27.9 ± 7.3	28.8 ± 7.3
	FSS ⁴	28.9 ± 8.1	29.7 ± 7.9

¹ KV: Konservierungsverfahren, ² HS: Hochsilo, ³ QB: Quaderballen, ⁴ FFS: Folienschlauchsilage ⁵ ECM: energiekorrigierte Milchleistung

Die Auswertung der Milchleistungsdaten ergab eine signifikante Vierfachinteraktion zwischen dem Konservierungsverfahren, der Jahreszeit, der Laktationsnummer und dem Laktationstag ($p = 0.003$). Wie in Tab. 66 ersichtlich, war ein zum Teil deutlicher Unterschied zwischen den verschiedenen Laktationen erkennbar. Mit steigender Laktation stieg die Milchleistung bei Tieren unter dem 150. Laktationstag an. Dieser Effekt existierte sowohl im Winter- als auch im Sommersversuch. Im Winterversuch war auch bei den Kühen über dem 150. Laktationstag eine Steigerung der

Milchleistung mit steigender Laktationsnummer erkennbar. Dabei war der Unterschied grösser zwischen der Gruppe der Tiere in der 2.-4. Laktation und der Gruppe der Tiere über der 4. Laktation als zu den Erstlaktierenden. Im Sommer veränderte sich die Leistung zwischen den Tieren über 150 Laktationstage und über die Laktationen kaum.

Bei allen Konservierungsverfahren lag die Milchleistung im Winter bei Tieren über dem 150. Laktationstag zum Teil deutlich tiefer. Dabei macht es keinen Unterschied in welcher Laktation die Tiere waren. Bei den Kühen unter dem 150. Laktationstag war die Milchleistung im Winter höher als im Sommer, aber nur bei den Tieren der ersten und der 2.-4. Laktation. Bei Tieren über der 4. Laktation war die Leistung im Winter geringer als im Sommer. Einzige Ausnahme war bei der Verfütterung von Quaderballensilage. In diesem Fall war auch die Leistung der Kühe über der 4. Laktation im Winter minimal höher als im Sommer. Generell war unabhängig von Laktation, Konservierungsverfahren und Jahreszeit das durchschnittliche Niveau der Leistung der Tiere unter dem 150. Laktationstag höher (Abb. 56).



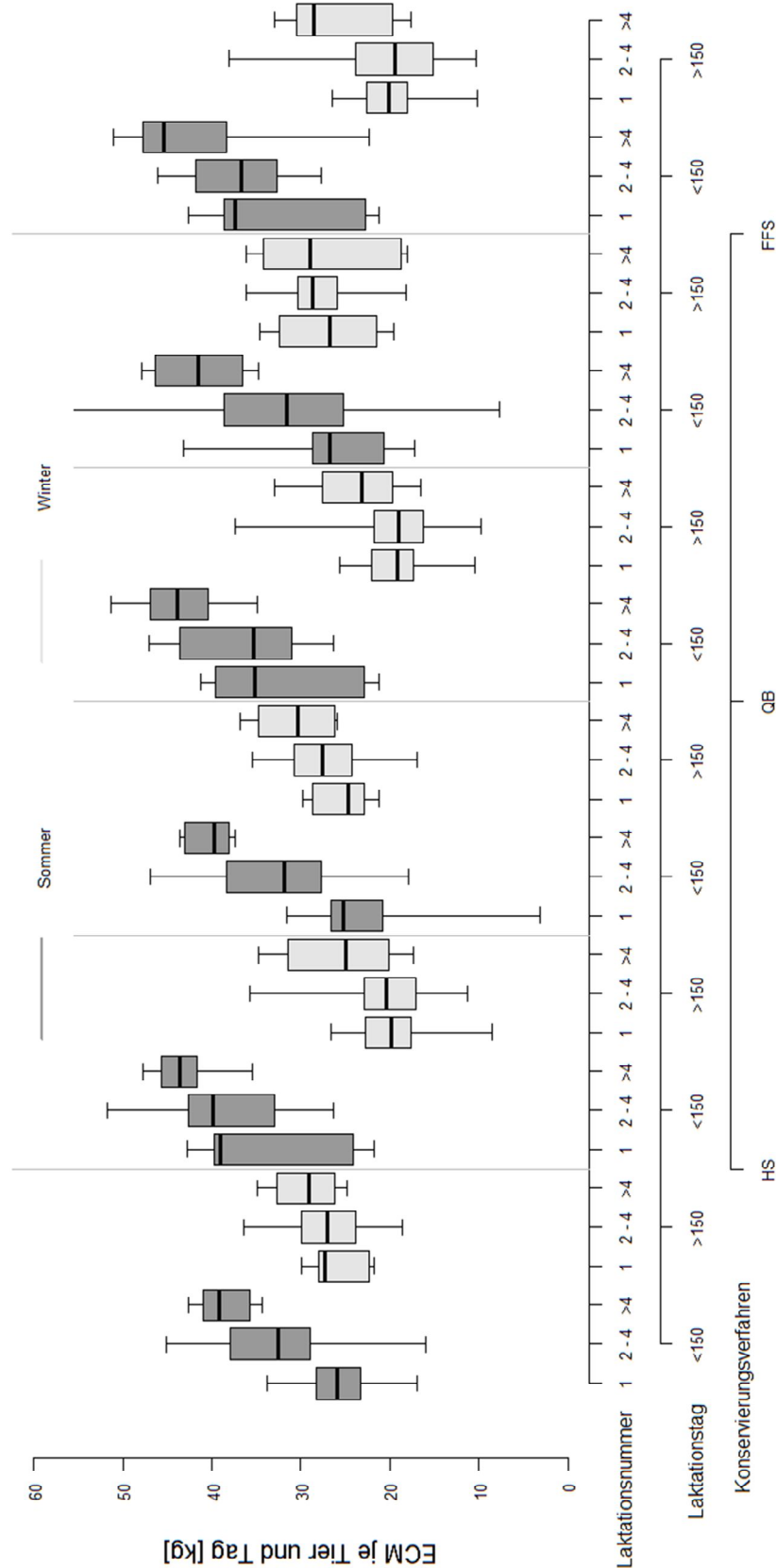
HS: Hochsilosilage, QB: Quaderballensilage, FFS: Folienschlauchsilage

Abb. 56 Interaktion der Milchleistung [kg] zwischen Konservierungsverfahren (HS: Hochsilo, QB: Quaderballen, FFS: Folienschlauchsilage), Jahreszeit, Laktationsnummer und Laktationstag (Boxplot: Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Tab. 66: Durchschnittliche tägliche Milchleistung und energiekorrigierte Milchleistung (ECM) aufgegliedert nach Laktationstagen und Laktationsnummer

Versuch	Laktationsnummer	Milchleistung [kg]		ECM [kg]	
Winter	1. Laktation	20.3	± 5.7	22.4	± 7.4
Winter	2. - 4. Laktation	24.8	± 9.2	26.3	± 10.4
Winter	> 4. Laktation	30.1	± 8.8	32.1	± 10.3
Sommer	1. Laktation	24.7	± 5.3	25.3	± 5.2
Sommer	2. - 4. Laktation	29.0	± 7.0	29.6	± 6.9
Sommer	> 4. Laktation	33.6	± 8.6	34.7	± 7.2
	Laktationstag				
Winter	1. - 150. Tag	34.8	± 5.7	37.8	± 7.1
Winter	≥ 150. Tag	19.5	± 5.0	20.7	± 5.6
Sommer	1. - 150. Tag	31.1	± 8.6	31.1	± 8.5
Sommer	≥ 150. Tag	26.1	± 4.6	27.3	± 4.5

Bei der ECM trat eine signifikante Vierfachinteraktion zwischen dem Konservierungsverfahren, der Jahreszeit, der Laktationsnummer und dem Laktationstag ($p = 0.02$) auf. Es zeigt sich ein erheblicher Einfluss der Laktationsnummer (Tab. 66). Im Winter als auch im Sommer haben die Tiere unter dem 150. Laktationstag mit steigender Laktation eine höhere Leistung. Auch bei den Tieren über dem 150. Laktationstag war dies zu erkennen, jedoch sind die Unterschiede, insbesondere zwischen den Erstlaktierenden und den Tieren in der 2.-4. Laktation geringer. Bei der Vorlage von Folienschlauchsilage waren bei den Tieren über dem 150. Laktationstag im Sommersversuch zwischen den verschiedenen Laktationen nur sehr geringe Unterschiede zu erkennen. Das Leistungsniveau bei den Tieren unter dem 150. Laktationstag lag im Sommer konstant unter demjenigen im Winter, dies unabhängig vom Konservierungsverfahren. Bei den Tieren über dem 150. Laktationstag sind die Leistungen im Sommer bei allen Konservierungsverfahren und Laktationen höher als im Winter. Dabei lagen die Erstlaktierenden mit weniger als 150. Laktationstage im Sommer deutlich unter den Leistungen im Winter. Die Leistungen bei Verfütterung der Quaderballensilage lagen insbesondere bei den Erstlaktierenden unter dem 150. Laktationstag und den Tieren über der 4. Laktation und über 150 Laktationstagen unter denen der anderen Konservierungsverfahren. Im Winter lag die Leistung bei Verfütterung von Quaderballensilage bei den Kühen über 4. Laktationen und unter 150 Laktationstagen im Gegensatz dazu über denen der anderen Konservierungsverfahren. Genauso verhielt es sich bei den Tieren über dem 150. Laktationstag mit mehr als vier Laktationen im Sommersversuch. Die geringste Milchleistung erbrachten die Tiere über der 4. Laktation und unter dem 150. Laktationstag bei der Hochsilosilage und die höchste bei der Folienschlauchsilage (Abb. 57).



HS: Hochsilosilage, QB: Quaderballensilage, FFS: Folienschlauchsilage

Abb. 57: Interaktion der energiekorrigierten Milchleistung (ECM) [kg/Tag] zwischen Konservierungsverfahren (HS: Hochsilo, QB: Quaderballen, FFS: Folienschlauchsilage), Jahreszeit, Laktationsnummer und Laktationstag (Boxplot: Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Eine Zweifachinteraktionen trat zwischen dem Konservierungsverfahren und der Jahreszeit auf ($p = 0.0061$). Der somatische Zellzahlgehalt lag im Winterversuch zwischen 131'700 Zellen/ml bei der Fütterung mit Folienschlauchsilage und 160'200 Zellen/ml bei der Fütterung von Quaderballen. Damit lag der Gehalt somatischer Zellen bei der Nutzung der Quaderballensilage 28'500 Zellen/ml über denen der Folienschlauchsilage. Im Sommer war der Gehalt an somatischen Zellzahlen mit 267'300 Zellen/ml bei der Fütterung mit Folienschlauchsilage am höchsten. Mit 185'900 Zellen/ml war der Gehalt bei den Tieren am niedrigsten, die Quaderballensilage bekamen. Damit lagen die Werte um 81'400 Zellen/ml unter denen bei der Folienschlauchsilage (Tab. 67).

Insgesamt lag das Niveau der Zellzahlgehalte im Sommer höher. Während jedoch bei den Tieren mit der Quaderballensilage in der Ration die Zellzahlgehalte im Vergleich zum Winter nur um 25'700 Zellen/ml stiegen, lagen sie bei der Hochsilosilage um 86'600 Zellen/ml und bei der Folienschlauchsilage um 135'600 Zellen/ml höher.

Tab. 67: Ergebnisse der Milchinhaltsstoffanalyse für die Versuche zur Futterqualität und Futterhygiene (Mittelwerte der wöchentlichen Messung)

Jahreszeit	KV ¹	somatischer Zellzahlgehalt [1000/ml]	Fett [%]	Eiweiss [%]	Laktose [%]	Harnstoff [mg/dl]
Winter	HS ²	134.1 ± 113.0	4.5 ± 0.6	3.5 ± 0.4	4.7 ± 0.2	25.7 ± 4.3
	QB ³	160.2 ± 163.5	4.5 ± 0.5	3.5 ± 0.4	4.7 ± 0.2	29.6 ± 4.8
	FSS ⁴	131.7 ± 115.6	4.5 ± 0.5	3.5 ± 0.4	4.7 ± 0.2	26.2 ± 4.4
Sommer	HS ²	220.7 ± 391.1	4.2 ± 0.5	3.4 ± 0.3	4.7 ± 0.2	21.1 ± 4.3
	QB ³	185.9 ± 387.9	4.3 ± 0.5	3.4 ± 0.3	4.7 ± 0.2	23.0 ± 6.0
	FSS ⁴	267.3 ± 630.3	4.2 ± 0.5	3.4 ± 0.5	4.7 ± 0.3	20.3 ± 4.4

¹ KV: Konservierungsverfahren, ² HS: Hochsilosilage, ³ QB: Quaderballensilage, ⁴ FSS: Folienschlauchsilage

Bei allen drei Konservierungsverfahren lagen die Zellzahlen in der ersten Laktation höher als bei den Tieren der übrigen Laktationen (Tab. 68). Bei der Folienschlauchsilage war die Differenz zwischen den beiden Laktationsgruppen grösser. Bei der Hochsilosilage hatten die Erstlaktierenden im Schnitt 190'700 Zellen/ml und die Tiere der weiteren Laktationen 164'900 Zellen/ml in der Milch. Bei Fütterung der Ration mit Quaderballensilage sind die durchschnittlichen Gehalte für die Erstlaktierenden 207'600 Zellen/ml und 156'000 Zellen/ml bei den Tieren der höheren Laktationen. Bei der Ration mit der Folienschlauchsilage hingegen lag der

durchschnittliche somatische Zellzahlgehalt bei 301'600 Zellen/ml bei den Erstlaktierenden und 146'400 Zellen bei den Tieren ab der 2. Laktation. Diese Interaktion ist signifikant ($p = 0.049$).

Tab. 68: Ergebnisse der Milchinhaltstoffanalyse aufgedgliedert nach Konservierungsverfahren und Nummer der Laktation für die Versuche zur Futterqualität und -hygiene

KV ¹	Laktationsnummer	somatischer Zellzahlgehalt [1000/ml]	Fett [%]	Eiweiss [%]	Laktose [%]	Harnstoff [mg/dl]
HS ²	1. Laktation	190.7 ± 152.9	4.5 ± 0.5	3.6 ± 0.4	4.8 ± 0.2	25.5 ± 4.4
	≥ 2. Laktation	164.9 ± 312.7	4.3 ± 0.6	3.4 ± 0.4	4.7 ± 0.2	22.8 ± 4.8
QB ³	1. Laktation	207.6 ± 211.0	4.4 ± 0.6	3.5 ± 0.4	4.8 ± 0.2	28.4 ± 5.2
	≥ 2. Laktation	156.0 ± 309.3	4.4 ± 0.5	3.4 ± 0.3	4.7 ± 0.2	26.0 ± 6.6
FSS ⁴	1. Laktation	301.6 ± 685.0	4.4 ± 0.6	3.5 ± 0.4	4.7 ± 0.4	24.4 ± 5.5
	≥ 2. Laktation	146.4 ± 247.0	4.4 ± 0.5	3.4 ± 0.4	4.7 ± 0.2	23.3 ± 5.1

¹KV: Konservierungsverfahren, ²HS: Hochsilo, ³QB: Quaderballen, ⁴FSS: Folienschlauchsilage

Die Ergebnisse der Milchanalyse zeigten, dass der Fettgehalt der Milch nicht vom Konservierungsverfahren beeinflusst wurde ($p = 0.67$). Der Fettgehalt lag bei allen Konservierungsverfahren im Winterversuch bei 4.5 %. Im Sommersversuch lag der Fettgehalt im Vergleich dazu etwas tiefer, mit 4.2 % bei Fütterung der Hochsilo- und Folienschlauchsilage und bei 4.3 % bei Verwendung der Quaderballensilage (Tab. 67). Es besteht beim Fettgehalt aber eine signifikante Dreifachinteraktion zwischen der Jahreszeit, der Laktationsnummer und dem Laktationstag der Kühe. Dargestellt ist diese Interaktion in Abb. 58. Es ist ersichtlich, dass bei den Tieren unter der ersten 150 Tagen der Laktation der Fettgehalt der Milch nur bei den Erstlaktierenden im Sommer leicht über dem Gehalt im Winter lag. Bei Tieren ab der zweiten Laktation und allen Tieren über dem 150. Laktationstag war der Fettgehalt im Winterversuch höher als im Sommersversuch. Insbesondere bei den Tieren über dem 150. Laktationstag sind diese Unterschiede zu erkennen. Der Unterschied zwischen dem Sommer- und Winterversuch war bei den erstlaktierenden Kühen über dem 150. Laktationstag am größten.

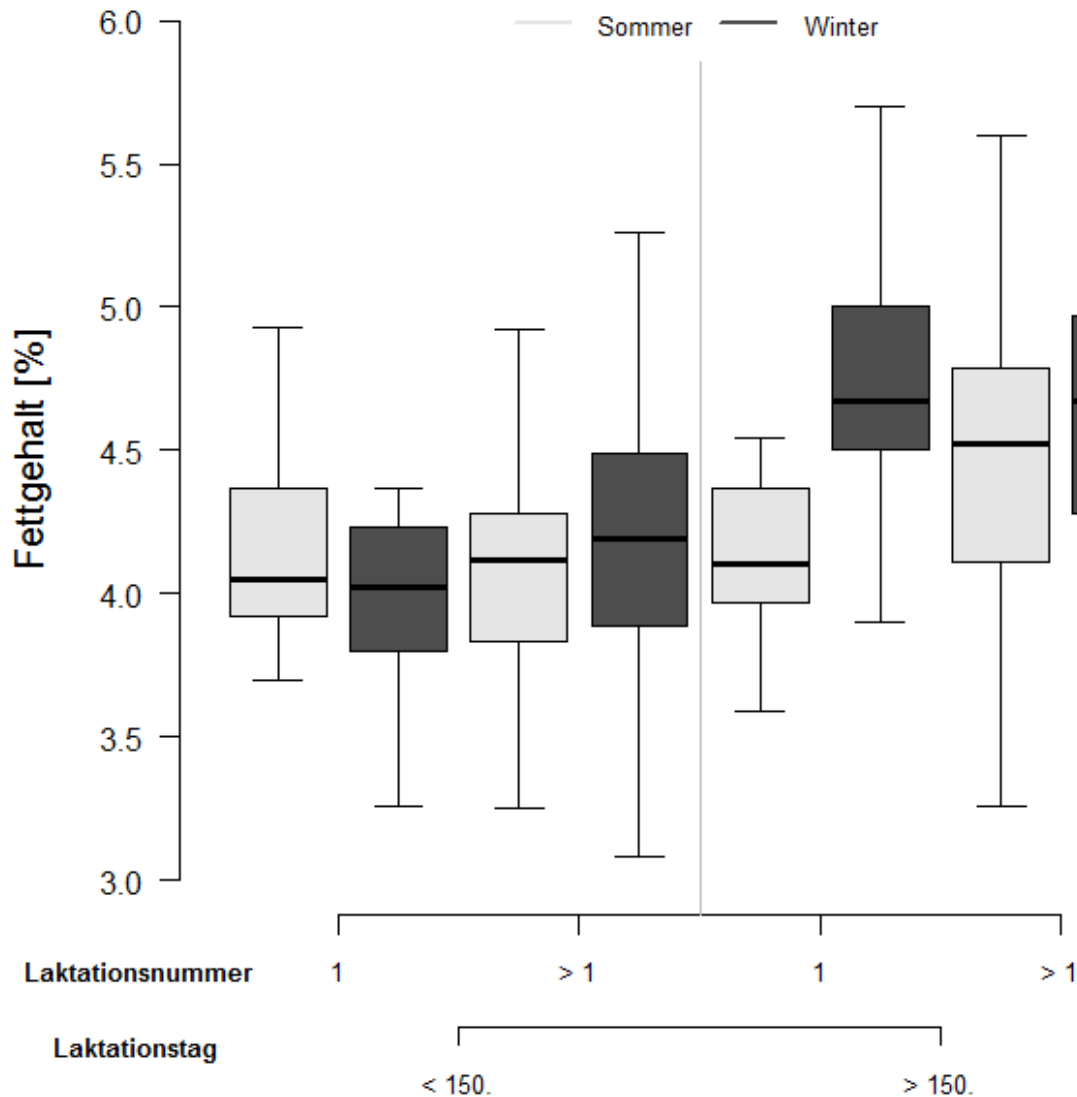
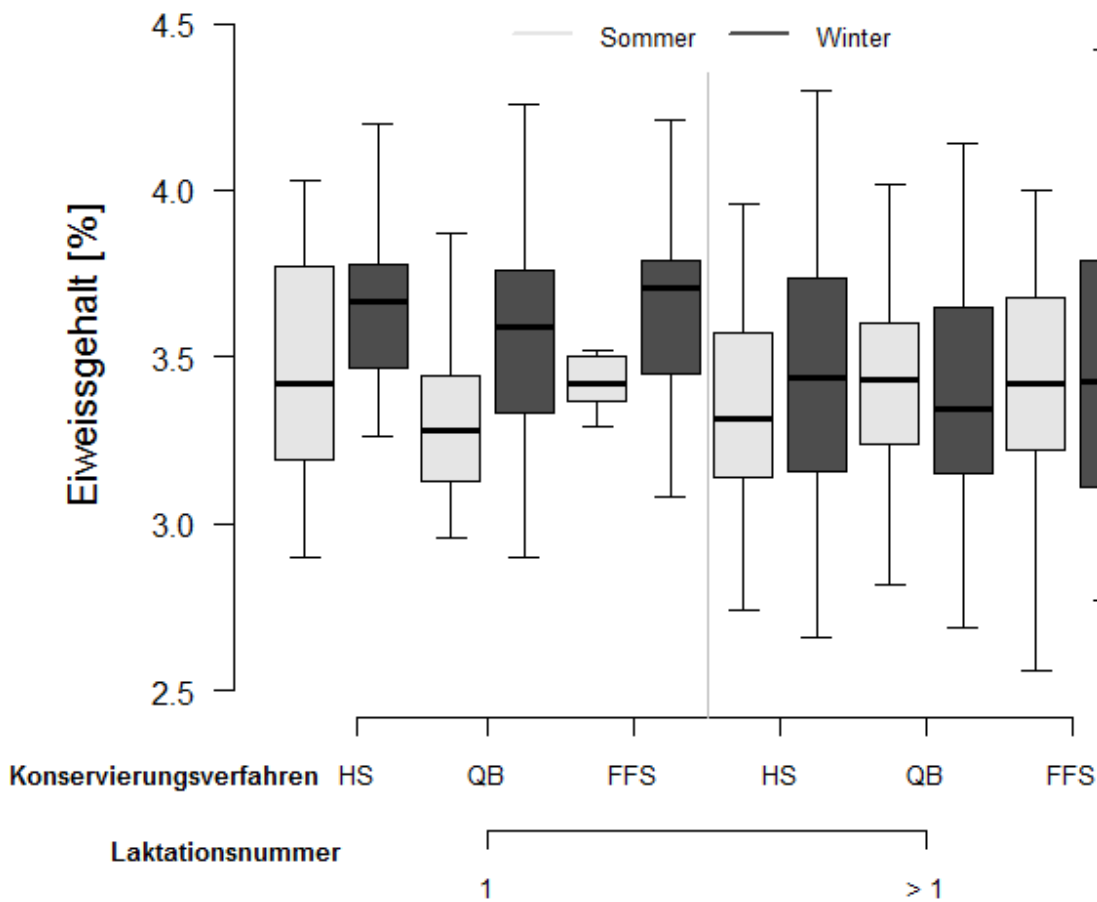


Abb. 58: Dreifachinteraktion beim Fettgehalt der Milch [%] zwischen der Jahreszeit, der Laktationsnummer und dem Laktationstag der Versuchstiere als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Es bestand beim Eiweißgehalt eine signifikante Dreifachinteraktion zwischen der Jahreszeit, dem Konservierungsverfahren und der Laktationsnummer ($p = 0.04$). Bei allen drei Konservierungsverfahren war der Eiweißgehalt bei den Erstlaktierenden im Winter höher als im Sommer. Beim Vergleich der Konservierungsverfahren zeigte sich, dass bei der Verfütterung der Quaderballensilage der Eiweißgehalt sowohl im Sommer und im Winter bei den Erstlaktierenden geringer war, als bei Nutzung der Hochsilo- und der Folienschlauchsilage. Die beiden letzteren lagen im Median auf demselben Niveau. Bei Tieren ab der zweiten Laktation und höher waren nur bei der Fütterung von Hochsilosilage der Eiweißgehalt im Winter höher als im Sommer. Bei der Ration mit Quaderballensilage war der Gehalt an Eiweiß in der Milch im Winter

niedriger und bei Nutzung der Folienschlauchsilage war der Gehalt für beide Jahreszeiten gleich (Abb. 59).



HS: Hochsilosilage, QB: Quaderballensilage, FFS: Folienschlauchsilage

Abb. 59: Dreifachinteraktion beim Eiweißgehalt [%] zwischen dem Konservierungsverfahren, der Jahreszeit und der Laktationsnummer der Versuchstiere als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Bei der Laktose zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen dem Laktationstag und der Laktationsnummer ($p = 0.01$). Bei den Erstlaktierenden war der Gehalt an Laktose bei den Tieren über und unter dem 150. Laktationstag gleich. Bei den Tieren ab der 2. Laktation war der Gehalt bei den Tieren über dem 150. Laktationstag etwas geringer. Insgesamt lag der Gehalt an Laktose bei den älteren Tieren knapp niedriger unter dem der Erstlaktierenden (Abb. 60).

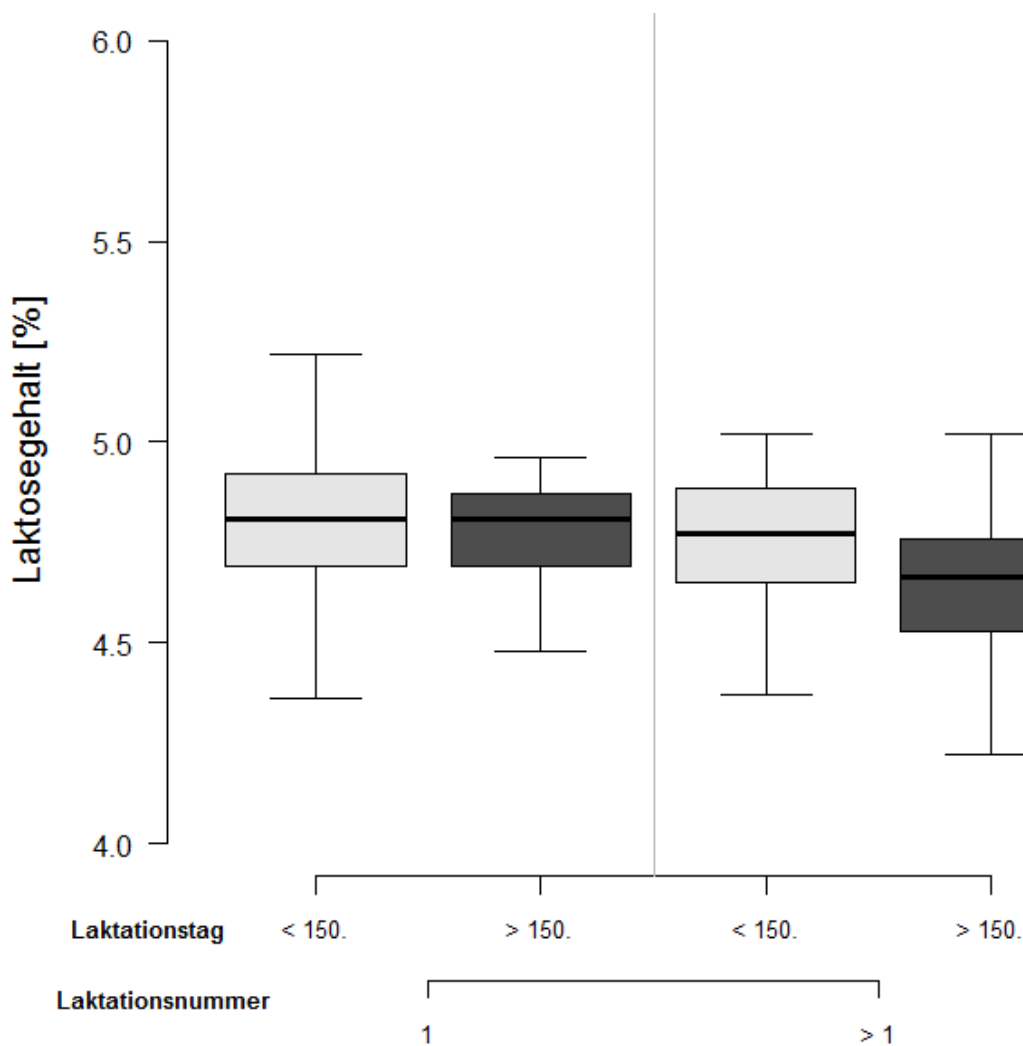


Abb. 60: Interaktion beim Laktosegehalt der Milch [%] zwischen dem Laktationstag und der Laktationsnummer der Versuchstiere als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

Die Ergebnisse der Harnstoffanalysen ergaben eine signifikante Vierfachinteraktion zwischen dem Konservierungsverfahren, der Jahreszeit, der Laktationsnummer und dem Laktationstag ($p = 0.047$). Bei den Tieren unter 150 Laktationstagen mit einer Hochsilo- bzw. Quaderballensilage in der Ration waren die Harnstoffwerte in der Milch unabhängig von der Jahreszeit bei den Erstlaktierenden höher als bei den Tieren mit höherer Laktationsnummer. Generell waren die Harnstoffwerte bei allen Konservierungsverfahren im Sommersversuch niedriger als im Winter. Durch den Einbezug von Laktationstag und die Laktationsnummer ergab sich ein differenzierteres Bild.

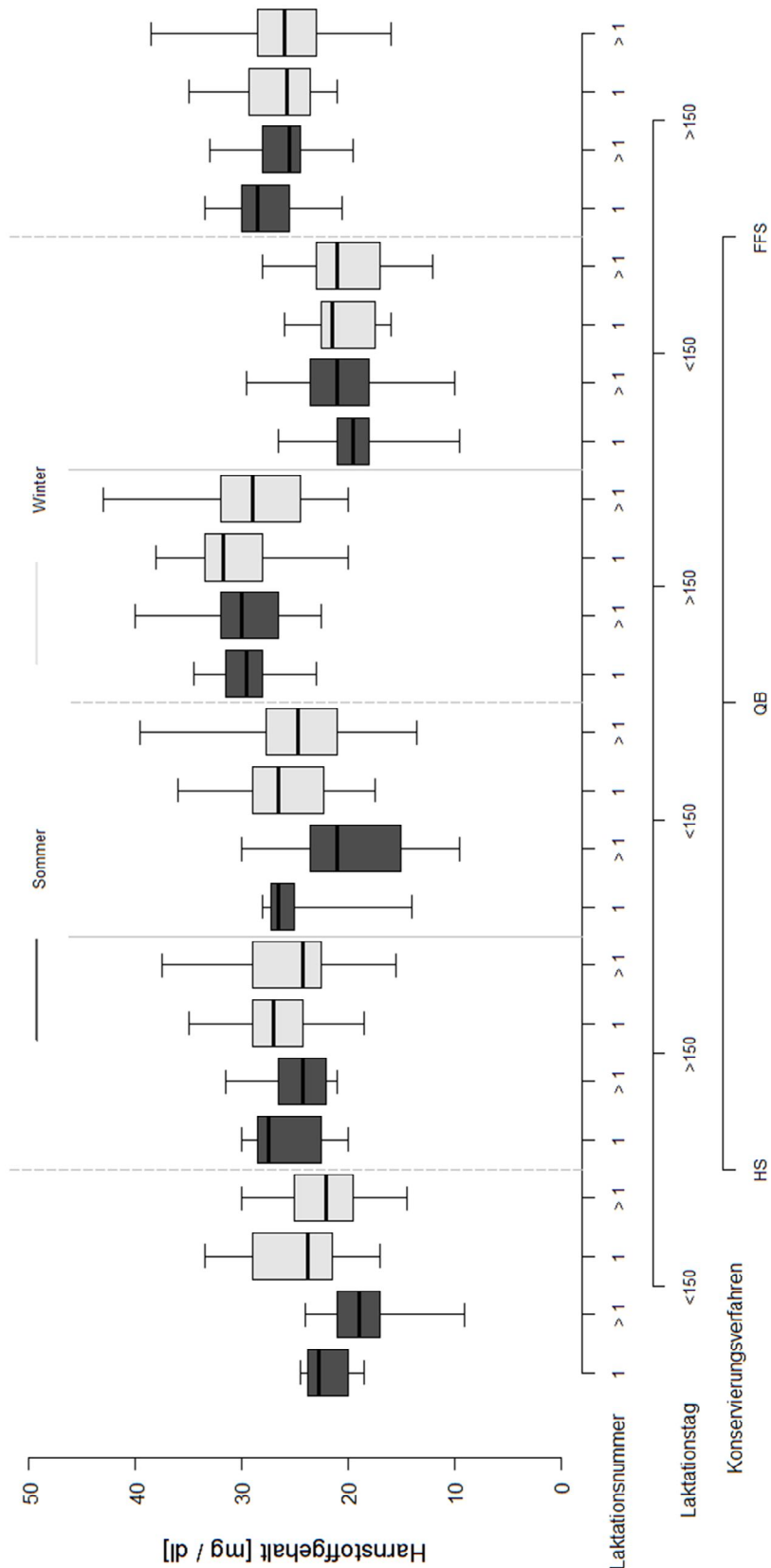
Bei der Verwendung von Folienschlauchsilage waren im Sommer die Werte bei den Tieren mit höheren Laktationen grösser als bei den Erstlaktierenden. Bei den Kühen

über 150 Laktationstage waren die Gehalte an Harnstoff bei Hochsilosilage bei den Erstlaktierenden sowohl im Sommer- als auch im Winterversuch höher. Bei der Verfütterung der Quaderballensilage waren die Gehalte bei den Erstlaktierenden im Sommer niedriger als bei den Tieren in einer höheren Laktation. Bei der Folienschlauchsilage waren die Werte im Winter bei Erstlaktierenden niedriger und im Sommer höher als bei den Kühen ab der 2. Laktation. Bei allen drei Konservierungsverfahren waren die Harnstoffwerte bei den Kühen unter 150 Laktationstage geringer als bei den Tieren über 150 Laktationstage.

Die in der Milch analysierten Harnstoffgehalte waren bei den Erstlaktierenden unter 150 Laktationstage im Sommer bei den Tieren am geringsten, die in der Ration Folienschlauchsilage hatten, gefolgt von Hochsilosilage und Quaderballensilage. Bei Tieren höherer Laktationsnummern waren die Harnstoffwerte bei Verwendung von Hochsilosilage am geringsten und bei Folienschlauchsilage am höchsten. Dieses war die einzige Tierkategorie in der die Quaderballensilage nicht die höchsten Harnstoffwerte verursachte.

Im Winter waren die Werte über alle Laktationen unter 150 Laktationstage bei der Aufnahme von Hochsilosilage am niedrigsten und bei Quaderballensilage am höchsten. Bei den Erstlaktierenden über 150 Laktationstage waren die Harnstoffwerte sowohl im Winter als auch im Sommer bei den Tieren mit Folienschlauchsilage in der Ration am geringsten, gefolgt von Hochsilosilage und Quaderballensilage.

Bei den Tieren ab der 2. Laktation über 150 Laktationstage im Sommer waren die Harnstoffwerte bei Nutzung von Folienschlauchsilage in der Ration am geringsten, gefolgt von Hochsilosilage und Quaderballensilage. Im Winter waren die Werte bei der Verfütterung von Hochsilosilage am geringsten und bei Quaderballensilage am höchsten (Abb. 61).



HS: Hochsilosilage, QB: Quaderballensilage, FFS: Folienschlauchsilage

Abb. 61: Interaktion der Harnstoffgehalte in der Milch [mg/dl] zwischen Konservierungsverfahren (HS: Hochsilo, QB: Quaderballen, FFS: Folienschlauchsilage), Jahreszeit, Laktationsnummer und Laktationstag als Boxplot (Maximum, oberes Quantil, Median, unteres Quantil, Minimum)

5. Diskussion und Schlussfolgerung

5.1 PT 1 und PT 2: Bewertung zum Einfluss verschiedener Futtervorlagetechniken und Futtervorlagehäufigkeiten mit automatischer Fütterung

Ziel der vorliegenden Studie war es, Erkenntnisse über den Einfluss von automatischen Fütterungsverfahren in der Milchviehhaltung in Bezug auf das Tierverhalten, die Leistungsparameter und die Futterqualität und -hygiene zu erhalten. Die Ergebnisse sollen eine Grundlage schaffen, damit der Einsatz dieser Verfahren sowohl für das Tier, als auch für den Landwirt trotz hoher Investitionskosten Entlastung schafft und eine optimale Versorgung der Tiere ermöglicht.

Sowohl im Versuch PT 1a zum Vergleich der Fütterungstechniken und PT 1b zur Bewertung der Futtervorlagehäufigkeiten ist eine steigende Futteraufnahme mit höherer Futtervorlagehäufigkeit festzustellen. Im Versuch PT 1a stieg die Futteraufnahme bei der Nutzung eines automatischen Fütterungsverfahrens um 600 g TS/Tier und Tag an. Im Versuch PT 1b war die Futteraufnahme mit steigender Futtervorlagehäufigkeit um 500 bzw. 800 g TS/Tier und Tag höher. Diese Ergebnisse decken sich mit den von SHABI et al. (1999) ermittelten Ergebnissen, bei denen eine steigende Futteraufnahme bei viermaliger im Vergleich zu zweimal täglicher Futtervorlage auftrat.

Pompe et al. (2007) stellten keinen signifikanten Einfluss auf die Futteraufnahme beim Vergleich von AFV und FMW fest. Die Futteraufnahme bei AFV lag um 200 g TS/Tier und Tag höher im Vergleich zum Futtermischwagen. Bei Mäntysaari et al. (2006) sank die Futteraufnahme um 1 kg TS/Tier und Tag bei FF5 im Vergleich zu FF1. Bava et al. (2012) hingegen konnte keine Veränderungen von höherer Futteraufnahme bei häufigerer Futtervorlage (1-mal vs. 2-mal und 2-mal vs. 3-mal tägliche Futtervorlage) jedoch eine signifikant höhere Milchleistung ermitteln. In Untersuchungen von Ferard et al. (2003) werden die einmalige (FF1) mit dreimaliger (FF3) und achtmaliger (FF8) Futtervorlage verglichen. Trotz der höheren TS-Aufnahme wurde weder die Milchleistung, noch der Fett- und Proteingehalt der Milch beeinflusst. Dadurch lag die Effizienz der Milcherzeugung bei FF8 mit 1.14 etwas

unter derjenigen, mit den geringeren Futtevorlagehäufigkeiten (FF3: 1.18; FF1: 1.22). Die Milchleistung in der vorliegenden Arbeit lag im PT 1a bei AFV um 800 g/Tier und Tag und bei der energiekorrigierten Milch um 600 g/Tier und Tag signifikant höher. Im PT 1b variierte die Milchleistung nur minimal aber signifikant. Die ECM zeigte keine signifikanten Unterschiede. Der Grund für die leicht abweichenden Ergebnisse könnte bei den verschiedenen Versuchslängen liegen, die im PT 1a etwas länger waren, als im PT 1b. In Versuchen von Bava et al. (2012) hatte eine höhere Anzahl Futtevorlagen die Milchleistung positiv beeinflusst (+2.1 % Betrieb mit konventionelles Melken und 4.5 % bei AMS). Nocek & Braund (1985) berichtete ebenfalls von höherer Milchleistung bei gleichzeitig abnehmender Futteraufnahme wenn 4-mal täglich gefüttert wurde anstatt einmal. In beiden Versuchen zeigte sich bei der Milchleistung und der energiekorrigierten Milch eine signifikante Interaktion zwischen dem Laktationstag und der Laktationsnummer. Die Tiere ab der 2. Laktation hatten in den ersten 150. Tagen eine höhere Leistung als in der zweiten Hälfte der Laktation. Dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen. Mäntysaari et al. (2006) fanden bei einmaliger und fünfmaliger Futtevorlage pro Tag keinen Unterschied in der Milchleistung und der Milchzusammensetzung. Im Versuch von Shabi et al. (1999) wurde bei steigender Futtevorlagehäufigkeit eine Steigerung der Gehalte an Eiweiß um 5,4 %, an Fett um 13,2 % und Laktose um 1,7 % festgestellt. Es wurde keine Steigerung der Milchleistung beobachtet, wenn häufiger gefüttert wurde. In der vorliegenden Untersuchung wurde im PT 1a übereinstimmend mit Shabi et al. (1999) ein positiver Einfluss auf den Eiweißgehalt ermittelt. Der Fettgehalt sank jedoch etwas im Vergleich zur einmaligen Vorlage mit Futtermischwagen (PT 1a). Der Gehalt an Laktose wurde nur durch den Laktationstag und die Laktationsnummer der Tiere beeinflusst. Es bestand ein nicht linearer Zusammenhang im Versuch PT 1 zwischen dem Laktosegehalt und der Futtevorlagehäufigkeit. Der Harnstoffgehalt veränderte sich in beiden Versuchen signifikant mit höherer Futtevorlage genauso wie der SCC. Beim Versuch PT 1b ergab sich beim somatischen Zellzahlgehalt eine Dreifachinteraktion zwischen der Futtevorlagehäufigkeit dem Laktationstag und der Laktationsnummer, jedoch übereinstimmend mit Mäntysaari et al. (2006) kein Einfluss der Futtevorlagehäufigkeit auf den Eiweiß oder Fettgehalt. Auch Fregonesi & Leaver (2001) fanden in Ihrem Vergleich von zweimaliger und viermaliger Futtevorlage pro Tag keinen Einfluss auf die Milchleistung und die Milchzusammensetzung. In der vorliegenden

Studie wurde nur bei einer zwölfmaligen Futtervorlage pro Tag ein Gehalt an somatischen Zellzahlen unter 100.000 Zellen/ml festgestellt. Der Einfluss der Haltung, dem Keimdruck der Umgebung oder der Melkroutine, wie sie von WENZ et al. (2007) festgestellt wurde, kann aufgrund der identischen Haltungs- und Melkbedingungen während des Versuchs für alle Tiere ausgeschlossen werden. Als Grund für die geringsten Gehalte an somatischen Zellzahlen bei der höchsten Futtervorlage könnte der ständige Zugang zu frisch vorgelegtem Futter sein. PEELER et al. (2000) schlussfolgerte ihren Untersuchungen dass die Häufigkeit von klinischen Mastitiden am geringsten ist, wenn unter anderem direkt nach dem Melken frisches Futter zur Verfügung steht. Bei einer häufigen Futtervorlage war der Anteil liegender Tiere direkt nach dem Melken am geringsten und der Anteil der Tiere die fraßen am Höchsten. Dies könnte insbesondere bei der zwölfmaligen Futtervorlage im Verhältnis zu den anderen Vorlagehäufigkeiten zu den geringen Gehalten an somatischen Zellzahlen geführt haben.

FRENCH & KENNELLY (1990) fassten Versuche zum Thema Futtervorlagehäufigkeiten zusammen. In vier Untersuchungen hatte eine steigende Vorlage eine höhere Milchleistung zur Folge, bei 24 waren keine Unterschiede zu erkennen und bei sieben sank die Milchleistung. In sieben Versuchen wurde der Fettgehalt erhöht, in 27 Versuchen wurde kein Einfluss festgestellt. Sie berechneten, dass der Effekt einer höheren Futtervorlagehäufigkeit bei 2.7 % höherer Milchleistung und 7.3 % höherem Milchfettgehalt liegt. Eiweiß und Laktose wird nach Aussage der Autoren von der Futtervorlagehäufigkeit nicht beeinflusst. FRENCH & KENNELLY (1990) vermuten, dass der Einfluss der Futtervorlagehäufigkeit insbesondere bei Hochleistungstieren mit höheren Kraffutteraufnahmen einen größeren Einfluss hat als bei niederleistenden Tieren. Außerdem scheint beim Fettgehalt eine höhere Futtervorlagehäufigkeit einen positiven Effekt auszuüben, wenn der Fettgehalt bei zweimaliger Futtervorlage niedrig ist. Die Milchinhaltsstoffe werden durch verschiedenste Faktoren beeinflusst, so dass ein alleiniger Einfluss der Futtervorlagehäufigkeit schwer nachzuweisen ist.

Nach DADO & ALLEN (1994) verbringen Hochleistungskühe bei Haltung im Stall 240-360 Minuten pro Tag mit Fressen. Weitere Untersuchungen mit Erhebungen zur Fress- und Wiederkaudauer bei Milchkühen ergaben 388.3 min je Tier und Tag beim Wiederkauen und 445.4 min je Tier und Tag Fressdauer (BRAUN et al. 2013). SCHNEIDER (2002) ermittelte in den Versuchen Wiederkauzeiten zwischen

400.3 Minuten und 635 Minuten je Tier und Tag (durchschnittlich 524.0 Minuten/Tier/Tag). VASILATOS & WANGSNESS (1980) haben Fresszeiten von 253.6 Minuten pro Kuh und Tag mittels Zeitrafferaufnahmen ermittelt. Mit 386.1 Minuten bis 424.1 Minuten Fressdauer und 465.2 Minuten bis 508.4 Minuten Wiederkaudauer pro Tag sind diese Werte vergleichbar mit anderen Studien aus diesem Bereich (PORZIG & SAMBRAUS 1991; SAMBRAUS 1978; SAMBRAUS et al. 2002). Im PT 1b ist die Wiederkaudauer bei FF6 und FF10 am höchsten und bei FF12 am geringsten.

Im PT 1a war die Fressdauer mehr als 20 Minuten höher bei AFV im Vergleich zum FMW. Dagegen war die Wiederkaudauer annähernd identisch. Die Zeit, die die Tiere mit anderen Aktivitäten verbrachten reduzierte sich bei AFV um fast 30 Minuten und wurde neben der Futtevorlagehäufigkeit auch vom Laktationstag beeinflusst. Im PT 1b war die längste Fressdauer bei FF6 (402.7 Minuten/Tag) und bei FF12 (398.2 Minuten/Tag) zu erkennen. Die höhere Anzahl Futtevorlagen hatte also eine Steigerung der Fresszeiten zur Folge. Dieses deckt sich mit Ergebnissen von MÄNTYSAARI et al. (2006). Sie fanden längere Fresszeiten bei 5-maliger Futtevorlage im Vergleich zur einmaligen Futtevorlage. Die Differenz war wie in dieser Studie klein und nicht signifikant. Außerdem war bei MÄNTYSAARI et al. (2006) nach der neuen Futtevorlage eine erhöhte Futteraufnahme zu verzeichnen. POMPE et al. (2007) ermittelten hingegen eine um 4 % verringerte Fresszeit und um 5 % erhöhte Liegezeit bei Nutzung von automatischen Fütterungsverfahren.

Die Fress- und Wiederkaudauer lagen in allen Versuchen im Versuchsbetrieb und in den Praxisbetrieben nahe beieinander, obschon die Futteraufnahme je Tier und Tag unterschiedlich war. Allerdings sind die Rationen in den Versuchen auch nicht exakt identisch. Die auf Praxisbetrieben erhobenen Daten zeigten übereinstimmende Ergebnisse mit den auf dem Versuchsbetrieb Agroscope erhobenen Daten. Die Variation zwischen den Betrieben ist deutlich geringer, als innerhalb der Betriebe zwischen den Tieren. Dies war bei allen erhobenen Parametern zum Fress- und Wiederkauverhalten zu erkennen. Die Untersuchungen von JILE (2003) ergaben bei den Kauschlägen ebenfalls eine geringe intraindividuelle Variabilität aber erhebliche interindividuelle Unterschiede. Ähnliche Ergebnisse fanden GILL et al. (1966) für die Fresszeiten und Anzahl Boli und METZ (1975) bei der Wiederkaudauer pro Tag. Die

Variation zwischen den Tieren war zum Teil groß während die intraindividuelle Variabilität gering war (DADO & ALLEN 1994; JILE 2003; METZ 1975; SCHNEIDER 2002).

DEVRIES & VON KEYSERLINGK (2005) ermittelten in ihrem Versuch eine verringerte Zeit, die die Tiere mit Warten auf Futter oder Zugang zum Futtertisch verbrachten. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigten ebenfalls einen verringerten Anteil an anderen Aktivitäten, was ebenso auf verringerte Wartezeiten hindeutet.

FRIEND & POLAN (1974) fanden heraus, dass in einer Konkurrenzsituation am Futtertisch die hochrangigen Milchkühe dazu tendieren länger Zeit mit dem Fressen zu verbringen, als Tiere geringeren sozialen Rangs. Diese Situation führt dazu, dass hochrangige Tiere mehr Futter aufnehmen, als Tiere mit mittlerem oder niedrigem sozialem Rang. In dieser Untersuchung konnte kein Hinweis auf eine höhere Fresszeit von älteren, und somit meist höherrangigen Tieren festgestellt werden. Jedoch wurde die Rangfolge in der vorliegenden Studie nicht gesondert betrachtet. KROHN & KONGGAARD (1979) und METZ (1981) zeigten, dass eine erhöhte Konkurrenz um das Futter zu einer geringeren Fresszeit und erhöhten Stehzeiten führte, bei denen die Kühe auf Zugang zum Futter warteten oder sich höhere Liegezeiten ergaben, wenn kein Futter zur Verfügung stand.

Die durchschnittliche Liegedauer in der vorliegenden Untersuchung lag bei den verschiedenen Futtervorlagehäufigkeiten mit 656.3 Minuten bis 733.4 Minuten je Tier und Tag (8.7-10.0 Liegeperioden; 78.0-90.3 Minuten pro Liegeperiode) bei den Versuchen auf dem Versuchsbetrieb Agroscope und 579.8 Minuten bis 760.1 Minuten je Tier und Tag (6.6-10.9 Liegeperioden; 81.8-99.3 Minuten pro Liegeperiode) bei den Praxisbetrieben. Damit stimmen die Ergebnisse mit dem Bereiche überein, den andere Studien zur Ermittlung des Liegeverhaltens bei Rindern feststellten (FREGONESI & LEAVER 2001; ITO et al. 2009; SAMBRAUS 1978; VASSEUR et al. 2012).

Die Ergebnisse dieser Studie ergaben, dass die Anzahl Liegeperioden und die Liegedauer pro Liegeperioden nicht durch die Anzahl der Futtervorlage beeinflusst wurden. Damit decken sich die Ergebnisse mit der Untersuchung von DEVRIES & VON KEYSERLINGK (2005) und DEVRIES et al. (2005). Auch sie fanden kaum Unterschiede bei erhöhter Fütterungshäufigkeit. Im Gegensatz dazu lagen die Tiere bei MÄNTYSAARI et al. (2006) länger bei FF1 als bei FF5. Die Unterschiede bei der

Liegedauer pro Tag waren in dieser Untersuchung gering. Es gab aber eine Interaktion zwischen der Futtermalagehäufigkeit und dem Laktationstag. Während bei den Malagehäufigkeiten FF1 bis FF8 die Tiere unter dem 150 Laktationstag bis zu 45 Minuten kürzer lagen, als die Tiere über dem 150 Laktationstag, verbrachten bei FF10 und FF12 die Tiere über 150 Laktationstagen bis zu 35 Minuten weniger im Liegebereich, als die Tiere in der ersten Laktationshälfte. Die Liegedauer pro Liegeperiode wurde von dem Laktationstag und der Laktationsnummer beeinflusst. Ein Grund für den Einfluss des Laktationsstatus könnten verschiedene Milchleistungen sein. Nach FREGONESI & LEAVER (2001) haben hochleistende Kühe eine geringere Liegedauer und gleichzeitig eine höhere Fressdauer als niedrigleistende Tiere. Wie in dieser und auch anderen Untersuchungen festgestellt wurde, haben der Laktationstag und die Laktationsnummer einen wichtigen Einfluss auf die Milchleistung und somit auf die Liege- und Fressdauer. Dieses deckt sich mit Ergebnissen VASSEUR et al. (2012), die in ihren Versuchen feststellten, dass Frischlaktierende wesentlich länger lagen als altmelkende Kühe. Die Untersuchung von ITO et al. (2009) zeigte, dass der Unterschied zwischen den Tieren größer ist, als die Differenz zwischen den Betrieben. Diese Aussage deckt sich mit den Ergebnissen aus den aktuellen Untersuchungen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Tieren waren größer, als die Differenzen zwischen den Fütterungshäufigkeiten bzw. den Praxisbetrieben.

Nach METZ (1985) und HALEY et al. (2000) war die Dauer und die Frequenz des Liegeverhaltens und der Stehzeiten ohne Fresszeiten ein valider Indikator für das Tierwohl. Da weder das Liegeverhalten maßgeblich beeinflusst wurde noch die Dauer anderer Aktivitäten beim Fressverhalten mit steigender Futtermalagehäufigkeit sanken, kann davon ausgegangen werden, dass eine mehrmalige Futtermalage pro Tag das Wohlbefinden des Tieres nicht negativ sondern eher positiv beeinflusst.

Bei zweimaliger Futtermalage waren deutlich zwei Fressphasen direkt nach den Futtermalagen zu erkennen. Bei einmaliger Futtermalage war zusätzlich noch eine Fressphase am späten Morgen festzustellen. Bei den häufigeren Futtermalagen war die erste Futtermalage nach dem Melken meist am meisten besucht, jedoch waren keine zwei bzw. drei Hauptfressphasen wie bei FF2 bzw. FF1 zu erkennen. Die Futtermalagen erhöhten den Anteil der fressenden Tiere. Insgesamt verteilten sich die Tiere jedoch gleichmäßiger über den Tag. Dieses Verhalten zeigte sich

unabhängig vom Laktationstag. Auch die Ergebnisse der Praxisbetriebe zeigten eine Erhöhung des Anteils an Tieren die nach erneuter Futtervorlage fraßen, jedoch waren auch hier keine eindeutigen Fressphasen wie bei FF2 erkennbar. Diese Resultate decken sich mit den Ergebnissen von PHILLIPS & RIND (2001). Sie fanden eine geringere Variation im Tagesrhythmus bei Tieren die 4-mal täglich gefüttert wurden im Vergleich zur einmal täglichen Futtervorlage. Diese Ergebnisse zeigten sich auch in den Untersuchungen von DEVRIES et al. (2005). Sie identifizierten, dass die Vorlage von frischem Futter einen großen Einfluss auf die Kühe hatte. Auch MÄNTYSAARI et al. (2006) beobachteten bei FF5 eine gleichmäßigere Futteraufnahme über den Tag. Die Futteraufnahme fand überwiegend direkt nach der erneuten Futtervorlage statt. Dagegen traten bei der FF1 zwei Hauptfressphasen am Morgen und am Abend auf. BAVA et al. (2012) hat hingegen bei fistulierten Färsen keinen Einfluss auf das Verhalten feststellen können.

Der relative Anteil an wiederkauenden Tieren sank nach erneuten Futtervorlagen unabhängig von der Futtervorlagehäufigkeit ab. FAUCET et al. (2013) stellten übereinstimmend mit dieser Studie fest, dass nach jeder Futtervorlage ein Anstieg der Fressaktivität und eine Verringerung der Wiederkauaktivität zu verzeichnen ist. Dieses Verhalten ist bei FAUCET et al. (2013) am Nachmittag stärker ausgeprägt als am Vormittag. Die Gesamtzeit der einzelnen Aktivitäten veränderte sich durch die Futtervorlagehäufigkeit nicht. Aufgrund überzähliger Fressplätze wurden nur wenige Auseinandersetzungen am Futtertisch registriert. Tendenziell sind bei einmaliger Futtervorlage diese jedoch häufiger, als bei achtmaliger Futtervorlage. Die Autoren kommen zum Schluss, dass eine häufigere Futtervorlage die Tiere dazu motiviert zum Futtertisch zu gehen, ohne die Gesamtfress- und Wiederkauzeit sowie das Liegeverhalten zu beeinflussen (FAUCET et al. 2013). Dies deckt sich ebenfalls mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie.

Bei VASILATOS & WANGSNESS (1980) lagen 68 % der Fresszeiten zwischen 06:00 Uhr und 18:00 Uhr und stützt damit das Ergebnis dieser Untersuchung, dass ein Großteil der Fresszeiten in diesem Zeitraum lagen. Insgesamt zeigten die Ergebnisse der Versuche auf dem Versuchsbetrieb der Forschungsanstalt in Tänikon und auf den Praxisbetrieben trotz der verschiedenen Melkverfahren dieselben Ergebnisse.

Die durchschnittlichen relativen Zeitanteile der einzelnen Tieraktivitäten variierten zwischen den Tieren stärker als zwischen den Futtervorlagehäufigkeiten. So lag der Anteil von „Liegen/Andere Aktivitäten“ über alle Futtervorlagehäufigkeiten zwischen 22.4 % und 25.5 %, „Liegen/Wiederkauen“ zwischen 23.9 % und 27.7 %, „Stehen/Andere Aktivitäten“ zwischen 15.9 % und 21 %, „Stehen/Fressen“ zwischen 21.3 % und 23.8 % und von „Stehen/Wiederkauen“ zwischen 7.9 % und 11.5 %. Auf den Praxisbetrieben variierten die Anteile der verschiedenen Tieraktivitäten stärker als in den Versuchen auf dem Versuchsbetrieb. Mit Anteilen von „Liegen/Andere Aktivitäten“ zwischen 17 % und 26 %, „Liegen/Wiederkauen“ zwischen 15 % und 30 %, „Stehen/Andere Aktivitäten“ zwischen 16 % und 26 %, „Stehen/Fressen“ zwischen 19 % und 24 % und von „Stehen/Wiederkauen“ zwischen 5 % und 19 % lagen die Anteile aber in einer ähnlichen Größenordnung.

POMPE et al. (2007) ermittelten zwischen 26.4 % (automatische Futtervorlage) und 28.0 % (konventionelle FMW Fütterung) Anteil an „Stehen pro Tag“ und zwischen 49.4 % (konventionelle FMW Fütterung) und 54.6 % (automatische Futtervorlage) an Zeitanteil in den Liegeboxen. Die Tiere verbrachten zwischen 14.8 % (automatische Fütterung) und 18.9 % (konventionelle FMW Fütterung) in den Liegeboxen. Damit lagen diese Ergebnisse in einer ähnlichen Größenordnung wie die Resultate dieser Studie und weichen zwischen den Fütterungsvarianten auch nicht stark voneinander ab.

Die Ergebnisse zeigten, dass automatische Fütterung die Futteraufnahme erhöhen kann, aber weder das durchschnittliche Wiederkauverhalten noch das Fressverhalten stark beeinflusst. Jedoch zeigt sich, dass eine häufigere Futtervorlage die Fresszeiten der Tiere und somit die starke Belegung der Fressplätze entzerren kann. Auf der Weide ist nach SAMBRAUS (1978) ein annähernd synchrones Fressen zu beobachten. Beginnen die ersten Tiere sich zu erheben und sich allmählich von der Herde zu entfernen, ziehen die anderen Tiere der Herde langsam nach. Auf Portionsweiden ist diese Synchronität aber weit weniger zu beobachten. Als Wesentliche Ursache wird die Neigung vermutet, in der Nähe der Herdenmitglieder zu bleiben. Im Stall scheint dies eine geringere Bedeutung zu haben, da bei einer ad libitum Fütterung eine Verringerung der Fressplätze auf ein Tier : Fressplatzverhältnis von 3:1 sich nicht negativ auf die Fresszeit auswirkt (SAMBRAUS 1978). Das Bilden von Produktionsgruppen, hat nach KROHN & KONGGAARD (1979) bei Erstlaktierenden

einen positiven Effekt auf die Fressdauer, die Futteraufnahme und als Resultat auch auf die Milchleistung. Die automatische Fütterung kann hier die Möglichkeit eröffnen Leistungsgruppen zu bilden und die Tiere entsprechend ihrer Leistung zu versorgen. Nach MOREL (2010) kann das Vermeiden von Energiedefiziten in der Fütterung verhindern, dass sich die Milchezusammensetzung verändert.

5.2 Projektteil 3: Futterqualität und -hygiene von Maissilage in Vorratsbehältern von automatischen Fütterungsverfahren

Ziel dieses Projektteils war es, eine Kombination von Parametern zu finden, die eine Aussage über die Futterqualität und -hygiene in Vorratsbehältern von automatischen Fütterungsverfahren zulässt. Die bisher durchgeführten Studien zur Silagequalität konzentrierten sich überwiegend auf die Lagerungsdauer im und Entnahmedauer aus dem Silagelager. Durch die immer weiter voranschreitende Automatisierung der Fütterung hat sich hier aber ein neuer Bereich aufgetan, bei dem es nötig ist, die Qualität und Hygiene der Silage zu beobachten. Darüber hinaus soll diese Untersuchung erste Ergebnisse zur Einschätzung des Einflusses von Temperatur und aeroben Verhältnissen in den Vorratsbehältern auf die Lagerungsdauer ermöglichen.

Die Temperatur allein lässt keine Aussage zur endgültigen Qualität der Silage zu (BORREANI & TABACCO 2010; GREEN et al. 2012). BORREANI & TABACCO (2010) stellen aufgrund Ihrer Resultate fest, dass die Differenz zur Umgebungstemperatur einen Hinweis auf mögliche Nacherwärmung geben kann, wenn die Differenz höher als 5°C ist. Es ist dadurch ein klarer Zusammenhang zur aeroben mikrobiellen Aktivität und zu pH-Änderungen zu erkennen. Auch die vorliegende Studie zeigt, dass die Temperatur ein erster Indikator für beginnenden Verderb darstellen kann, aber als alleiniger Parameter keine genaue Aussage über den Zustand des Futters ermöglicht.

Die Anwesenheit von Sauerstoff hat eine ungünstige Wirkung auf die Silage. Dies wurde unter anderem von Beck & Gross (1964) und Woolford (1990) beschrieben. Sauerstoff ermöglicht verschiedenen aeroben Mikroorganismen, die den Verderb in der anaeroben Phase der Silierung überleben, aktiv zu werden und sich zu vermehren (Borreani & Tabacco 2010; Woolford 1990). Die Ergebnisse dieser Studie

zeigen, dass sowohl der Luftzutritt als auch die Umgebungstemperatur einen wesentlichen Einfluss auf den Zustand der Silage ausüben. Im Winter blieb die Temperatur im Futter für alle drei Maiskonservierungsverfahren konstant. Im Sommer kam es in einigen Fällen bereits nach kurzer Zeit zu einem starken Anstieg der Futtertemperatur in der Hochsilosilage und in der Folienschlauchsilage, während die Temperatur in der Quaderballensilage konstant blieb. Diese Ergebnisse zeigten sich sowohl im pH-Wert als auch in den mikrobiologischen Analysen. Im Sommer stieg die Anzahl an koloniebildenden Einheiten von Hefen, Schimmelpilzen und von aeroben Fremdkeimen im Futter sprunghaft an. Die einzige Ausnahme war die Quaderballensilage. In der Folienschlauchsilage wurde ein starker Anstieg der Hefen sowohl im Sommer als auch im Winter beobachtet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Umgebungstemperatur einen großen Einfluss auf den Zustand des Futters in den Lagerbehältern hat. Schimmelpilze haben ihre optimalen Entwicklungsbedingungen bei 20°C-35°C und einem pH-Wert von 4.5-6.5 (HARRISON ET AL. 1999, zitiert nach BEEKER 2002, KAISER & WEIß 2005). Diese Verhältnisse lagen insbesondere im Sommer vor. Diese Resultate sind deckungsgleich mit denen anderer Studien, die sich mit Futterqualität und -hygiene beschäftigten (BORREANI & TABACCO 2010; WOOLFORD 1990). Bei Messungen von BORREANI & TABACCO (2010) an der Silage war die Temperatur bei schimmlichen Bereichen um 5°C höher als bei der Referenzmessung und hatte einen höheren pH Wert als 4.5. In 93 % der Fälle hatten Proben mit einer Temperaturdifferenz von mehr als 5°C zur Referenz auch eine höhere Hefenkonzentration von mehr als 5 log KBE/g zur Referenz. Damit wird von den Autoren die Temperaturmessung in Kombination mit der optischen Kontrolle als guter Indikator für den Hygienestatus der Silage während der Ausfütterungsphase gesehen (BORREANI & TABACCO 2010).

Auch bei LEURS (2006) wurden Nacherwärmungen festgestellt, wenn es Probleme bei der Verdichtung in Flach- und Folienschlauchsilagen gab. Insbesondere an den Anschnittflächen existierte eine Gefahr von deutlicher Nacherwärmung. Dabei wurde schon während der ASTA Analysen festgestellt, dass die Temperatur von Maissilage in unter 24 Stunden stark anstieg und durch milchsäureassimilierende Hefepilze seinen Höhepunkt erreichte. Letztere sind die ersten Initiatoren des aeroben Verderbs und wachsen besonders stark unter Sauerstoffzufuhr (ZIMMER (1982); zitiert nach BORREANI & TABACCO 2010). WYSS (2000) zeigte darüber hinaus, dass die Verdichtung einen wesentlichen Einfluss auf die aerobe Stabilität besitzt.

Verursacher der Nacherwärmung der Silage sind Hefepilze. Bei Zutritt von Sauerstoff in die Silage können sich die Hefepopulationen explosionsartig vermehren. Durch das Absinken der Gärsäuregehalte, insbesondere dem Abbau von Milchsäure steigen der pH-Wert und die Futtertemperatur an (LINDGREN 1991; MUCK 1988; NUßBAUM 2010; ROUEL & WYSS 1994; SCHMERBAUCH 2000; THAYSEN 2008; WILKINSON 1999; WOOLFORD 1990). Eine hohe Verdichtung und eine rasche Entnahme hilft einer Erwärmung entgegenzuwirken (CAMPLING et al. 1961; NUßBAUM 2010; WOOLFORD 1990)

Der pH-Wert der Proben lag zu Beginn zwischen 3.68 und 3.96. Während sich der Wert bei der Quaderballensilage sowohl im Sommer als auch im Winter kaum änderte, stieg der pH-Wert bei der Hochsilosilage und der Folienschlauchsilage im Sommer über 4.6. Der Trockensubstanzgehalt lag im Winter bei der Hochsilosilage bei 38.8 %, bei der Quaderballensilage bei 37.6 % und bei der Folienschlauchsilage bei 38.7 %. Nach Angaben der DLG (2006) soll der pH-Wert bei diesen Trockensubstanzgehalten bei maximal 4.5 liegen. Die kritischen pH-Werte werden in keinem der Fälle überschritten. Im Sommer sind die TS-Gehalte mit 38.9 % (HS), 39.5 % (QB) und 39.4 % (FFS) im Vergleich zum Winter nur leicht verändert. Nach zwei Tagen Befülldauer der Vorratsbehälter überschritten die pH-Werte der Hochsilosilage und der Folienschlauchsilage mit 4.64 (HS) und 4.76 (FFS) leicht den als kritisch angegebenen Wert.

Sowohl die Gehalte an Buttersäure und an Essigsäure unterschritten die kritischen Werte von < 0.3 % i. d. TS. bei der Buttersäure (SHINODA & MANDA 1990; zitiert nach THAYSEN 2004) und 0.3 bis 3.0 % i. d. TS bei der Essigsäure (KAISER & WEIß 2005; MAHANNA & CHASE 2003). Es sind zwar Unterschiede zwischen den Konservierungsverfahren und Jahreszeiten zu erkennen, diese waren aber ohne wesentlichen Einfluss. Sie zeigten aber, dass bei den nicht verdichtet gelagerten Silagen im Vergleich zur Quaderballensilage eine höhere Gefahr für einen schnellen Verderb besteht. Diese beiden Konservierungsverfahren wiesen im Sommer auch die deutlich geringere aerobe Stabilität der Maissilage, insbesondere im Vergleich zur Quaderballensilage auf.

Eine Lagerung von nicht verdichteter Maissilage über zwei Tage in den Vorratsbehältern bei warmen Temperaturen führt zu einer Verringerung der

Silagequalität und -hygiene. Dies ergaben die Analysen zum Hygienestatus der verschiedenen Maissilagen. Die Gehalte an aeroben Fremdkeimen und Schimmelpilzen veränderte sich zwar nicht signifikant, jedoch war eindeutig eine Erhöhung der Gehalte insbesondere im Sommer zu erkennen. Im Sommer überschritten die Gehalte an aeroben Fremdkeimen in der Folienschlauchsilage nach zwei Tagen Lagerung in den Vorratsbehältern den von der VDLUFA (2012) herausgegebenen Orientierungswert von 0.4×10^6 KBE/g. Die Ausgangswerte waren in diesem Fall auch höher als die der anderen Silagen und der Versuche im Winter. Grund dafür war der Einfluss von Sauerstoff und Temperaturen an der Anschnittfläche. Hier konnte sich schon vor der Befüllung ein höherer Gehalt an aeroben Fremdkeimen entwickeln. Genauso verhielt es sich bei den Schimmelpilzgehalten. Während im Sommersversuch zwar insbesondere bei der HS und FFS steigende Gehalte an Schimmelpilzen nach zwei Tagen festzustellen waren, überstieg nur der Wert der FFS im Sommer den Orientierungswert der VDLUFA (2012) von 5×10^3 KBE/g.

Bei den Hefepilzen wurde im Sommer ein höherer Ausgangsgehalt bei allen Konservierungsverfahren festgestellt. Bei der FFS lag dieser schon über den von der VDLUFA (2012) herausgegebenen Orientierungswert von 10^6 KBE/g. Nach zweitägiger Lagerung in den Vorratsbehältern lagen auch die Werte der HS über dem Orientierungswert. TABACCO et al. (2011) zeigten, dass die aerobe Stabilität negativ mit der Hefenkonzentration korreliert. Dies zeigte sich auch in der aktuellen Studie, bei der die Werte der aeroben Stabilität im Sommer für alle Konservierungsverfahren deutlich geringer waren im Vergleich zum Winterversuch. Die aerobe Stabilität war im Sommer noch am höchsten bei der Quaderballensilage. Diese zeigte auch die geringsten Gehalte an Hefen, während die FFS mit der höchsten Hefenpopulation auch die geringste aerobe Stabilität aufwies.

Diese Ergebnisse decken sich mit den Resultaten von MAIER et al. (2013). Bei deren Simulierung von automatischer Fütterung mit dem Futtermischwagen zeigte die mehrmalige Erstellung der Ration deutlich bessere Ergebnisse in Bezug auf die Hefegehalte als die einmalige Vorlage. Eine getrennte Lagerung der einzelnen Futterkomponenten, wie sie in diesen Versuchen mit dem automatischen Fütterungsverfahren durchgeführt wurde, scheint somit einen positiven Effekt auf die gemischte Ration zu besitzen.

Dass wie von FÜRLL et al. (2006) festgestellt, verpilzte und toxinhaltige Silagen mit einem unerwünschten Säurespektrum von den Tieren ungern gefressen werden, konnte in dieser Studie trotz einer teils sehr hohen Belastung der Maissilage mit Schimmelpilzen, Hefen und aeroben Fremdkeimen nicht bestätigt werden. Die Futteraufnahme unterschied sich nur sehr gering zwischen den einzelnen Fütterungsvarianten. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie decken sich aber mit den Ergebnissen von Fütterungsversuchen mit Milchkühen an der Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub. Diese zeigten bei Maissilage keine Verringerung der Futteraufnahme trotz eines erhöhten Gehaltes an verderbanzeigenden Pilzen, der auf eine verringerte aerobe Stabilität schließen ließ. Eine Beeinträchtigung der Tiergesundheit konnte in der Studie nicht beobachtet werden (RICHTER 2006). Ein Grund könnte sein, dass Wiederkäuer im Gegensatz zu anderen Tierarten eine große Resistenz gegen Mykotoxine zeigen (HUSSEIN & BRASEL 2001). Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass eine längere Verfütterung des Teils der Maissilage, der mit hohen Gehalten an Pilzen und Fremdkeimen belastet war, gesundheitliche Folgen für die Tiere oder Leistungseinbußen gehabt hätte. Es fand sich zwar eine signifikante Interaktion zwischen dem Laktationstag, der Laktationsnummer, den Konservierungsverfahren und der Jahreszeit, jedoch kann aufgrund des von verschiedenen Futterchargen stammenden Futters kein eindeutiger Rückschluss auf den Einfluss der verschiedenen Konservierungsverfahren gezogen werden. Möglich wäre hier auch ein großer Einfluss der Inhaltsstoffe und der jahreszeitlich bedingten Temperaturunterschiede. Die Gehalte an somatischen Zellzahlen lagen im Sommer bei den Maissilagen am höchsten, die auch die höchsten mikrobiologischen Werte aufwiesen. Im Vergleich zeigt sich, dass die Quaderballensilage im Winter die höchsten SCC aufwies, während diese dann im Sommer deutlich geringere Gehalte zeigte als die Folienschlauchsilage und die Hochsilosilage. Auch in der Gruppe der erstlaktierenden Tiere war der Gehalt an somatischen Zellzahlen bei der Schlauchsilage deutlich höher als bei den Tieren höherer Laktationen. Grund hierfür könnte auch in der deutlich höheren mikrobiologischen Belastung der Hochsilo- und Folienschlauchsilage im Sommer sein.

Basierend auf den Ergebnissen der vorliegenden Versuche, kann die Lagerung von Maissilage über einen Zeitraum von zwei Tagen insbesondere im Sommer nur bedingt empfohlen werden. Die Quaderballensilage zeigte fast keine Veränderungen in Bezug auf die analysierten Parameter und die Temperatur. Gründe dafür war

wahrscheinlich die Lagerung des Futters als Block (Verdichtung), und die Tatsache, dass das Futter vor der Befüllung der Vorratsbehälter nicht der Luft ausgesetzt war. Die Lagerung über zwei Tage im Winter scheint insbesondere bei Quaderballensilage möglich zu sein. Es ist in allen Fällen wichtig zu beachten, dass eine gute Qualität der Silage von entscheidender Bedeutung ist, um sowohl die Lagerstabilität als auch die Tiergesundheit zu gewährleisten. Trotz einer hohen Resistenz von Wiederkäuern gegen Mykotoxine, sollte auf die Qualität und Hygiene des vorgelegten Futters großen Wert gelegt werden, um die Gesundheit der Tiere zu gewährleisten und einen carry-over Effekt auf die Lebensmittel zu vermeiden (HUSSEIN & BRASEL 2001). Auch der Einsatz von Siliermitteln kann positive Effekte wie die Verminderung der Hefen und Schimmelpilze und eine Verlangsamung der Nacherwärmung haben (LATRÉ 2006).

Abschließend ist festzustellen, dass automatische Fütterungsverfahren eine erhöhte Futteraufnahme, eine geringere Anzahl von stark frequentierten Fresszeiten und auch eine höhere Milchleistung ermöglichen können. Bei der Fütterung ist insbesondere im Sommer bei der Maissilage auf die Futterqualität und -hygiene des Futters zu achten. Quaderballen sind in dieser Hinsicht zu empfehlen. Da diese aber nicht weit verbreitet sind, sind Silageblöcke eine gute Alternative. Jedoch sollte auf die Unversehrtheit der Blöcke (Verdichtung) und auch auf die Vermeidung von Nacherwärmung an der Silageanschnittfläche geachtet werden. Auch wenn in dieser Studie trotz erhöhter Futtertemperaturen kein Einfluss auf die Futteraufnahme und Milchleistung ermittelt wurde, sollte ein Verfüttern von nicht einwandfreier Qualität der Silage vermieden werden. Das gilt neben der Maissilage auch für die anderen Grundfutterkomponenten. Im Rahmen der Studie wurde festgestellt, dass sowohl bei den auf dem Versuchsbetrieb eingesetzten Graskonservate, als auch bei denen auf den Praxisbetrieben, im überwiegenden Anteil der Fälle der Rohaschegehalt den Wert von 10 % teils deutlich überschritt. Dabei sollte der Rohaschegehalt für eine gute Qualität unter 10 % liegen (SPIEKERS et al. 2009). Dies ist speziell in Hinblick auf den Eintrag von Buttersäurebildnern zu beachten (JÄNICKE 2011).

In Bezug auf automatische Fütterungsverfahren besteht insbesondere im Bereich von gruppenspezifischer Fütterung von Produktions- oder Laktationsgruppen und der Futterqualität und -hygiene in den Vorratsbehältern weiterer Forschungsbedarf um einen optimalen Einsatz für den Landwirt und das Tier zu ermöglichen.

6. Zusammenfassung

Die automatische Fütterung von aufgewerteten Mischrationen und Totalmischrationen gewinnt in der Milchviehhaltung immer mehr an Bedeutung. Dieses Fütterungsverfahren ermöglicht eine vollautomatische Vorlage der Grundfütterration oder einer Mischration aus Grund- und Kraftfutter mit Hilfe von Futterbändern, schienengeführten oder selbstfahrenden Fütterungsrobotern. Somit sind verschiedene Mischrationen und häufigere Futtervorlagen pro Tag ohne erhöhten Arbeitszeitbedarf und Arbeitsbelastung möglich. Eine häufigere Futtervorlage durch automatische Fütterungsverfahren soll laut Herstellerangaben neben einer deutlichen Arbeitsentlastung, eine bessere Futterhygiene sowie weniger Futterverluste ermöglichen. Darüber hinaus soll es das natürliche Fressverhalten der Tiere unterstützen und somit die Tiergesundheit erhalten.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zum einen verschiedene Futtervorlagehäufigkeiten mit dem automatischen Fütterungsverfahren und deren Einfluss auf Leistungs- und Verhaltensparameter der Tiere untersucht. Verglichen wurde darüber hinaus die automatische Vorlage mit der Futtervorlage durch den Futtermischwagen. Auf dem Versuchsbetrieb der Forschungsanstalt Agroscope in Tänikon wurde der Einfluss auf die Futteraufnahme, das Fress- und Wiederkauverhalten, die Milchleistung und die Milchinhaltsstoffe sowie das Liegeverhalten erfasst. Die Versuche zur Futteraufnahme und zum Liegeverhalten der Tiere wurden durch zusätzliche Datenerhebungen auf sechs Praxisbetrieben ergänzt.

Zum anderen wurde untersucht, wie sich die Futterqualität und Futterhygiene von Maissilage bei einer Lagerung über 48 Stunden in den Vorratsbehältern der Fütterungsanlage bei verschiedenen Temperatureinflüssen entwickeln. Ziel war es, grundlegende, wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse zum Betrieb von automatischen Fütterungsverfahren und Auswirkungen auf das Tier und die Futterqualität zu erlangen. Hierzu wurden sowohl im Winter als auch im Sommer Maissilagen aus drei verschiedenen Konservierungsverfahren (Hochsilo-, Quaderballen- und Folienschlauchsilage) über zwei Tage in den Vorratsbehältern gelagert und die Temperatur im Futter mittels Temperatursensoren erfasst. Darüber hinaus fanden Probenahmen zur Bestimmung der Belastungen mit Hefen, Schimmelpilzen und aeroben Fremdkeimen, der Gehalte an Gärsäuren und zur

Bestimmung des pH-Wertes bei Befüllung und nach zwei Tagen Lagerung statt. Zur Charakterisierung des Ausgangsmaterials wurde die aerobe Stabilität ermittelt. Die gewonnenen Daten ermöglichen es, die Versorgung der Tiere und die Arbeitsplanung des Landwirtes weiter zu optimieren.

In allen Versuchen zur Futtermittelhäufigkeit war eine steigende Futteraufnahme bei steigender Anzahl der Vorlagen festzustellen. Darüber hinaus wies auch eine hohe Anzahl Futtermitteln keinen wesentlichen Einfluss auf das Tierverhalten wie dem Fress- und Wiederkauverhalten und dem Liegeverhalten von Milchkühen auf. Die Fress- und Wiederkaudauer lagen in allen Versuchen im Versuchsbetrieb und in den Praxisbetrieben nahe beieinander, obschon die Futteraufnahme je Tier und Tag unterschiedlich war. Allerdings waren die Rationen in den Versuchen auch nicht identisch. Die Variation zwischen den Betrieben war deutlich geringer, als innerhalb der Betriebe zwischen den Tieren. Dies war bei allen erhobenen Parametern zum Fress- und Wiederkauverhalten und zum Liegeverhalten zu erkennen. In einem Versuch stiegen mit steigender TS-Aufnahme auch die Milchleistungen und die ECM.

Die Ergebnisse der Versuche zu der Futterqualität und -hygiene zeigten, dass die Temperatur ein erster Indikator für beginnenden Verderb darstellen kann, aber als alleiniger Parameter nicht ausreicht. Im Winter blieb die Temperatur im Futter für alle drei Maiskonservierungsverfahren konstant. Im Sommer kam es in einigen Fällen bereits nach kurzer Zeit zu einem starken Anstieg der Futtertemperatur in der Hochsilo- und der Folienschlauchsilage, während in der Quaderballensilage die Temperatur konstant blieb. Diese Ergebnisse spiegelten sich sowohl im pH-Wert als auch in den mikrobiologischen Analysen. Im Sommer stieg die Anzahl an koloniebildenden Einheiten von Hefen, Schimmelpilzen und von aeroben Fremdkörpern im Futter sprunghaft an. Die einzige Ausnahme war die Quaderballensilage. In der Folienschlauchsilage wurde ein starker Anstieg der Hefen sowohl im Sommer als auch im Winter beobachtet. Bei den nicht verdichtet gelagerten Silagen bestand im Vergleich zur Quaderballensilage eine höhere Gefahr für einen schnellen Verderb. Eine Lagerung von nicht verdichteter Maissilage über zwei Tage in den Vorratsbehältern bei warmen Temperaturen führte zu einer Verringerung der Silagequalität und -hygiene. Die mikrobiologischen Ausgangswerte waren in diesem Fall höher als die der anderen Silagen und der Versuche im Winter. Grund dafür war der Einfluss von Sauerstoff und Temperatur an der Anschnittfläche.

Automatische Fütterungsverfahren ermöglichen eine erhöhte Futterraufnahme, eine geringere Anzahl von stark frequentierten Fresszeiten und auch eine höhere Milchleistung. Bei der Futterlagerung üben der Luftzutritt als auch die Umgebungstemperatur einen wesentlichen Einfluss auf den Zustand der Silage aus. Basierend auf den Ergebnissen der vorliegenden Versuche, kann die Lagerung von Maissilage über einen Zeitraum von zwei Tagen insbesondere im Sommer nur bedingt empfohlen werden. Die Lagerung über zwei Tage im Winter ist bei Quaderballensilage möglich. In allen Fällen ist eine gute Silagequalität von entscheidender Bedeutung, um sowohl die Lagerstabilität als auch die Tiergesundheit zu gewährleisten.

7. Summary

Automatic feeding of upgraded mixed rations and total mixed rations is becoming more and more important in dairy farming. This feeding method enables the fully automatic dispensing of the basic feed ration, or a mixed ration consisting of basic ration and concentrate, with the help of fodder conveyor belts and rail-mounted or self-propelled feed robots. In this way, different mixed rations and more-frequent feed provision per day are possible without an increase in either working-time requirement or workload. According to manufacturers' claims, more-frequent feed provision by automatic feeding methods is meant to enable better feed hygiene and less feed loss, besides a significant easing of workload. In addition, it is supposed to encourage the natural feeding behaviour of the animals, thereby maintaining their health.

As part of this project, various feed-provision frequencies with the automatic feed method and their influence on the animals' performance and behaviour parameters were investigated. In addition, automatic provision was compared with feed provision by feed mixer. Influence on feed consumption, feeding and ruminating behaviour, milk yield and constituents, and lying behaviour were recorded on the Agroscope Research Station experimental farm in Tänikon. The experiments on feed consumption and lying behaviour of the animals were supplemented by additional data surveys on six commercial farms.

We also investigated how the feed quality and hygiene of maize silage is affected during 48 hours' storage in the storage containers of the feeding system at different temperatures. The aim was to obtain essential, scientifically substantiated findings on the operation of automatic feeding processes and their effects on the animal and on feed quality. For this, maize silages from three different conservation processes (tower-silo, square-bale and bag-silo silage) were stored in the storage containers for a period of two days in both winter and summer and the temperature in the feed was measured via temperature sensors. In addition, samples were taken to determine the levels of yeasts, moulds and aerobic foreign bacteria, fermentation-acid content, and pH value at the time of filling and after two days' storage. Aerobic stability was determined in order to characterise the raw material. The data obtained enable

further optimisation of feed provision to the animals and of the farmer's work schedule.

In all experiments on feeding frequency, a higher number of feedings was observed to result in higher feed intake. Moreover, a high number of feedings had no significant influence on dairy-cow behaviour such as eating and ruminating behaviour and lying behaviour. In all the experiments conducted on both the experimental farm and on the commercial farms, duration of feeding and rumination were very similar, although feed intake per animal and day were different. Admittedly, the rations in the experiments were not identical either. The variation between farms was significantly smaller than within the individual farms between the animals. This held true for all surveyed parameters regarding eating and ruminating behaviour and lying behaviour. In one experiment, both milk yield and ECM rose along with increasing DM intake.

The results of the feed-quality and hygiene experiments showed that temperature can be a first indicator of the onset of spoilage, but is not sufficient as the sole parameter. In the winter, the temperature in the feed remained constant for all three maize conservation methods. In the summer, even after a short while a sharp rise in feed temperature was found in several cases in the tower-silo and bag-silo silage, whilst the temperature remained constant in the square-bale silage. These results were reflected in both the pH value and the microbiological analyses. In summer, the number of colony-forming units of yeasts, moulds and aerobic foreign bacteria in the feed rose by leaps and bounds. The only exception was the square-bale silage. In the bag-silo silage, a sharp rise in yeasts was observed both in summer and winter. Compared to the square-bale silage, the non-compacted stored silages ran a greater risk of rapid spoilage. Storage of non-compacted maize silage in the storage containers for a period of two days during warm temperatures led to a reduction in silage quality and hygiene. In this instance, the microbiological baselines were higher than those of the other silages and those of the experiments in winter. The reason for this was the influence of oxygen and temperature on the silo face.

Automatic feeding methods enable increased feed intake and a lower number of crowded feeding times, as well as higher milk yield. When feed is stored, both air access and ambient temperature exert a substantial influence on the state of the silage. Based on the results of the experiments described here, storage of maize

silage over a period of two days, especially in the summer, can only be recommended to a limited extent. With square-bale silage, two days' storage in winter is possible. In all cases, good silage quality is of decisive importance for ensuring storage stability as well as animal health.

8. Literatur

- ADESOGAN, A. T., SALAWU, M. B., ROSS, A. B., DAVIES, D. R., BROOKS, A. E. (2003): Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, *Leuconostoc mesenteroides* inoculants, or a Chemical Additive on the Fermentation, Aerobic Stability, and Nutritive Value of Crimped Wheat Grains. *Journal of Dairy Science*, 86, 5, S. 1789-1796.
- ADESOGAN, A. T., KIM, S. C. (2005): Effect of ensiling temperature, delayed sealing and simulated rainfall on the fermentation and aerobic stability of maize silage grown in a sub-tropical climate. In: XIVth International Silage Conference, PARK, R. S., STRONGE, M. D., Wageningen Academic Publishers, Juli 2005, Belfast, Northern Ireland.
- ADLER, A. (2002a): Qualität von Futtermitteln und mikrobielle Kontamination. In: 8. Alpländisches Expertenforum, Bundesanstalt für alpländische Landwirtschaft Gumpenstein, 09. - 10.04.2002, Irnding, S. 17-26.
- ADLER, A. (2002b): Mikrobielle Kontaminanten in Silagen. In: Arbeitstagung landwirtschaftlicher Versuchsanstalten, Jahrestagung 2002, S. 1 - 3.
- ALBRIGHT, J. L. (1993): Feeding Behavior of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 76, S. 485-498.
- ARAGON, Y., RODRIGUES, I., HOFSTETTER, U., BINDER, E. M. (2011): Mycotoxins in Silages: Occurrence and Prevention. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 1, 1, S. 1-10.
- ARNOLD, G. W., DUDZINSKI, M. L. (1978): Ethology of free-ranging domestic animals. Elsevier Scientific Publishing Co.
- ARRIGO, Y. [Hrsg.] (1999): Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. 4. Auflage, Verlag LmZ, Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale.
- ART. 35 TSCHV STEUERVORRICHTUNGEN IN STÄLLEN (2008): Tierschutzverordnung. SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT. Art. 35.
- AUERBACH, H. (1996): Verfahrensgrundlagen zur Senkung des Risikos eines Befalls von Silagen mit *Penicillium roqueforti* und einer Kontamination mit Mykotoxinen dieses Schimmelpilzes. Dissertation, Universität Hohenheim.
- AUERBACH, H. [Hrsg.] (2003): Mould growth and mycotoxin contamination of silages: sources, types and solutions. Nottingham University Press, Nottingham, Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries, 247-265 S.
- BAILE, C. A., DELLA-FERA, M. A. (1981): Nature of Hunger and Satiety Control Systems in Ruminants. *Journal of Dairy Science*, 64, 6, S. 1140-1152.
- BAILEY, C. B., BALCH, C. C. (1961): Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. *British Journal of Nutrition*, 15, 03, S. 371-382.

- BALCH, C. C. (1958): Observations on the act of eating in cattle. *British Journal of Nutrition*, 12, S. 330-345.
- BANEMANN, D. (2010): Einfluss der Silierung und des Verfahrensbaus der Biomassebereitstellung auf den Methanertrag unter Berücksichtigung eines Milchsäurebakteriensilierungsmittels. Dissertation, Universität Rostock.
- BARGO, F., MULLER, L. D., DELAHOY, J. E., CASSIDY, T. W. (2002): Performance of High Producing Dairy Cows with Three Different Feeding Systems Combining Pasture and Total Mixed Rations. *Journal of Dairy Science*, 85, S. 2948-2963.
- BAUMGART, J. (2001): Kapitel III, 1.10 (Keimzählung). *Mikrobiologische Untersuchungen von Lebensmitteln Behr's, Hamburg*.
- BAVA, L., TAMBURINI, A., PENATI, C., RIVA, E., MATTACHINI, G., PROVOLO, G., SANDRUCCI, A. (2012): Effects of feeding frequency and environmental conditions on dry matter intake, milk yield and behaviour of dairy cows milked in conventional or automatic milking systems. *Italian Journal of Animal Science*, 11, 3, S. e42.
- BECK, T., GROSS, F. (1964): Ursachen der unterschiedlichen Haltbarkeit von Gärfutter. *Wirtschaftseigene Futter*, 10, S. 298-312.
- BISAGLIA, C., PIRLO, G., CAPELLETTI, M. (2008): A simulated comparison between investments for a conventional mixer feeder wagon and an automated total mixed ration system. In: *AgEng - International Conference on Agricultural Engineering & Industry Exhibition, Hersonissos, Kreta*.
- BISAGLIA, C., NYDEGGER, F., GROTHMANN, A., POMPE, J. C. A. M. (2010): Automatic and frequency-programmable systems for feeding TMR: state of the art and available technologies. In: *XVII World Congress of the CIGR*, S. 13-17.
- BOCKISCH, F.-J. (1985): Beitrag zum Verhalten von Kühen im Liegeboxenlaufstall und Bedeutung für einige Funktionsbereiche, Selbstverlag im Eigenvertrieb F. Bockisch.
- BØE, K. E., FÆREVIK, G. (2003): Grouping and social preferences in calves, heifers and cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 80, 3, S. 175-190.
- BÖHM, J. (2006): Mycotoxins in the forage and health problems in ruminants. In: *12th International Symposium on Forage Conservation*, 3-5 April 2006, Brno, Czech Republic, S. 33-36.
- BOLSEN, K. K., DICKERSON, J. T., BRENT, B. E., SONON, R. N., DALKE, B. S., LIN, C., BOYER, J. E. (1993): Rate and Extent of Top Spoilage Losses in Horizontal Silos. *Journal of Dairy Science*, 76, 10, S. 2940-2962.
- BOLSEN, K. K. (2002): Bunker Silo Management: Four Important Practices. In: *Tri-State Dairy Nutrition Conference*, S. 153.
- BOLSEN, K. K., POLLARD, G. V. (2004): Feed Bunk Management to Maximize Feed Intake. *Advanced Dairy Technology*, 16, S. 145.

- BORREANI, G., TABACCO, E. (2010): The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. *Journal of Dairy Science*, 93, 6, S. 2620-2629.
- BOTHERAS, N. A. (2007): The Feeding Behavior of Dairy Cows: Considerations to Improve Cow Welfare and Productivity. In: *Tri-State Dairy Nutrition Conference*, 24-25. April 2007.
- BRADE, W. (2002): Verhaltenscharakteristika des Rindes und tiergerechte Rinderhaltung. In: *Praktischer Tierarzt*, S. 8.
- BRAGG, D. S. A., MURPHY, M. R., DAVIS, C. L. (1986): Effect of Source of Carbohydrate and Frequency of Feeding on Rumen Parameters in Dairy Steers. *Journal of Dairy Science*, 69, 2, S. 392-402.
- BRAUN, U., TRÖSCH, L., NYDEGGER, F., HÄSSIG, M. (2013): Evaluation of eating and rumination behaviour in cows using a noseband pressure sensor. *BMC Veterinary Research*, 9, 164.
- BUCHER, E., ANDREAS, B., WOLF, H., STRAUSS, G. (2007): Development and definition of orientation values in silage In: *Meeting of the European Feed Microbiology Organisation (EFMO)*, EUROPEAN FEED MICROBIOLOGY ORGANISATION (EFMO), Grub.
- CAI, Y., BENNO, Y., OGAWA, M., KUMAI, S. (1999): Effect of Applying Lactic Acid Bacteria Isolated from Forage Crops on Fermentation Characteristics and Aerobic Deterioration of Silage. *Journal of Dairy Science*, 82, 3, S. 520-526.
- CAMPBELL, J. R., MERILAN, C. P. (1961): Effects of Frequency of Feeding on Production Characteristics and Feed Utilization in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 44, 4, S. 664-671.
- CAMPLING, R. C., FREER, M., BALCH, C. C. (1961): Factors affecting the voluntary intake of food by cows. *British Journal of Nutrition*, 15, 4, S. 531-540.
- CAMPLING, R. C. (1966): The intake of hay and silage by cows. *Grass and Forage Science*, 21, 1, S. 41-48.
- CAMPLING, R. C., MORGAN, C. A. (1981): Eating behavior of housed dairy cows - a review. *Dairy Science Abstracts*, 43, 2, S. 57-63.
- CECAVA, M. J., MERCHEN, N. R., BERGER, L. L., NELSON, D. R. (1990): Effect of Energy Level and Feeding Frequency on Site of Digestion and Postprandial Nutrient Flows in Steers. *Journal of Dairy Science*, 73, 9, S. 2470-2479.
- COLEMAN, S. W., MOORE, J. E. (2003): Feed quality and animal performance. *Field Crops Research*, 84, 1-2, S. 17-29.
- COPPOCK, C. E., BATH, D. L., HARRIS JR, B. (1981): From feeding to feeding systems. *Journal of Animal Science*, 64, S. 1230-1249.

- COUNOTTE, G. H. M., PRINS, R. A. (1981): Regulation of lactate metabolism in the rumen. *Veterinary Research Communications*, 5, 1, S. 101-115.
- CURTIS, S. E., HOUP, K. A. (1983): Animal Ethology: Its Emergence in Animal Science. *Journal of Animal Science*, 57, Supplement 2, S. 234-247.
- DADO, R. G., ALLEN, M. S. (1994): Variation in and Relationships Among Feeding, Chewing, and Drinking Variables for Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 77, 1, S. 132-144.
- DANIEL, P., HONIG, H., WEISE, F., ZIMMER, E. (1970): Wirkung von Propionsäure bei der Grünfuttersilierung. *Wirtschaftseigene Futtermittel*, 16, S. 239-252
- DAWSON, J. R., KOPLAND, D. V. (1949): Once-a-day versus twice-a-day feeding for dairy cows. 830:1, *USDA Circ.*
- DEVRIES, T. J., VON KEYSERLINGK, M. A. G., WEARY, D. M., BEAUCHEMIN, K. A. (2003): Measuring the Feeding Behavior of Lactating Dairy Cows in Early to Peak Lactation. *Journal of Dairy Science*, 86, S. 3354-3361.
- DEVRIES, T. J., VON KEYSERLINGK, M. A. G. (2005): Time of Feed Delivery Affects the Feeding and Lying Patterns of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 88, 2, S. 625-631.
- DEVRIES, T. J., VON KEYSERLINGK, M. A. G., BEAUCHEMIN, K. A. (2005): Frequency of feed delivery affects the behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88, S. 3553-3562.
- DEVRIES, T. J., VON KEYSERLINGK, M. A. G. (2009): Competition for feed affects the feeding behavior of growing dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 92, 8, S. 3922-3929.
- DEVRIES, T. J. (2010): Review: Behaviour and its role in the nutritional management of the growing dairy heifer. *Canadian Journal of Animal Science*, 90, 3, S. 295-302.
- DLG [Hrsg.] (2006): Grobfutterbewertung, Teil B - DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. *DLG-Information*. 2.
- DLG, E. V. (2000): DLG-Richtlinien für die Prüfung von Siliermitteln auf DLG-Gütezeichenfähigkeit.
- DOHME, F., DEVRIES, T. J., BEAUCHEMIN, K. A. (2008): Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Ruminal pH. *Journal of Dairy Science*, 91, 9, S. 3554-3567.
- DOLUSCHITZ, R. (2003): Precision agriculture- applications, economic considerations, experiences and perspectives. In: *EFITA 2003 Conference*, S. 5-9. July 2003.
- DRIEHUIS, F., OUDE ELFERINK, S. J. W. H., VAN WIKSELAAR, P. G. (2000): Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri* alone and in mixture with *Pediococcus pentosaceus* and *Lactobacillus*

- plantarum. In: Grassland farming: balancing environmental and economic demands: proceedings of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation, Band 5 von Grassland science in Europe, SØEGAARD, K., The Federation, 22. -25. Mai 2000, Aalborg, Denmark.
- DRIEHUIS, F., TE GIFFEL, M., VAN EGMOND, H., FREMY, J., BLÜTHGEN, A. (2010): Feed-associated mycotoxins in the dairy chain: occurrence and control. *Fil-Idf Bulletin: Federation Internationale de Laiterie International Dairy Federation*, 444, S. 25.
- DROCHNER, W. (2004): Tierernährung, Fütterung und Tiergesundheit. In: METHLING, W., BUSCH, W., AMSELGRUBER, W. M.: Tiergesundheits- und Tierkrankheitslehre: 163 Tabellen, Parey Verlag, Stuttgart.
- ELFERINK, S., DRIEHUIS, F., GOTTSCHAL, J. C., SPOELSTRA, S. F. (2000): Silage fermentation processes and their manipulation. *Fao Plant Production and Protection Papers*, S. 17-30.
- ELIZALDE, H. F., MAYNE, C. S. (2009): The effect of degree of competition for feeding space on the silage dry matter intake and feeding behaviour of dairy cows. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41, 1, S. 27-34.
- FAUCET, S., MOUNAIX, B., FERARD, A., CABON, G., PROTIN, P. V., MENARD, J. L. (2013): Effets de la fréquence de distribution d'une ration complète, gérée par un système automatisé, sur le comportement des vaches laitières. *Rencontres Recherches Ruminants*, 20, S. 210.
- FERARD, A., FAUCET, S., PROTIN, P. V., MENARD, J. L., BRUNSWIG, P. (2003): Effet de la fréquence de distribution d'une ration complète, gérée avec un système automatisé, sur les performances de production des vaches laitières. *Rencontres Recherches Ruminants*, 20, S. 109.
- FINK-GREMMELS, J. (2005): Mycotoxins in forages. In: DIAZ, D. E.: *The Mycotoxin Blue Book*, Nottingham University Press, Nottingham, S. 249-268.
- FINK-GREMMELS, J. (2008): The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. *The Veterinary Journal*, 176, 1, S. 84-92.
- FIRKINS, J. L. (2002): Optimizing rumen fermentation. In: *Tri-State Dairy Nutrition Conference*, 16.- 17. April 2002, Fort Wayne, Indiana, S. 39.
- FORBES, J. M. (1996): Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. *Journal of Animal Science*, 74, 12, S. 3029-3035.
- FREGONESI, J. A., LEAVER, J. D. (2001): Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. *Livestock Production Science*, 68, 2-3, S. 205-216.
- FREITAG, H. (1985): Beitrag zum Bemessen und Bewerten von Prozessen der Grünfuttersilierung. Dissertation, Humboldt- Universität zu Berlin.

- FRENCH, N., KENNELLY, J. J. (1990): Effects of feeding frequency on ruminal parameters, plasma insulin, milk yield, and milk composition in holstein cows. *Journal of Dairy Science* 73, S. 1857-1863.
- FRIEND, T. H., POLAN, C. E. (1974): Social Rank, Feeding Behavior, and Free Stall Utilization by Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 57, 10, S. 1214-1220.
- FRIEND, T. H., POLAN, C. E., MCGILLIARD, M. L. (1977): Free Stall and Feed Bunk Requirements Relative to Behavior, Production and Individual Feed Intake in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 60, 1, S. 108-116.
- FÜRLI, C., SCHMERBAUCH, K. J., KAISER, E., IDLER, C. (2006): Einflüsse durch das Verdichten und den äußeren Luftabschluss auf die Qualität von Grassilagen - Ergebnisse und Anforderungen. *Agrartechnische Forschung*, 12, S. 19-29.
- FUTTERMITTELGESETZ (1999): Futtermittelgesetz konsolidierte Fassung. 1. Teil: Allgemeine Bestimmungen, § 3 u. 4 Allgemeine Anforderungen.
- GAFNER, J. (2012): Mikrobiologische Qualität von Futtermitteln. *Agrarforschung Schweiz*, 3, 5, S. 252-257.
- GALINDO, F., BROOM, D. M. (2000): The relationships between social behaviour of dairy cows and the occurrence of lameness in three herds. *Research in Veterinary Science*, 69, 1, S. 75-79.
- GALVANO, F., RITIENI, A., PIVA, G., PIETRI, A. (2005): Mycotoxins in the human food chain. In: DIAZ, D. E.: *The Mycotoxin Blue Book*, Nottingham University Press, S. 187-224.
- GEDEK, B. (1973): Futtermittelverderb durch Bakterien und Pilze und seine nachteiligen Folgen. *Übersicht zur Tierernährung*, 1, S. 45-56.
- GIBSON, J. P. (1984): The effects of frequency of feeding on milk production of dairy cattle: an analysis of published results. *Animal Science*, 38, 2, S. 181-189.
- GILL, J., CAMPLING, R. C., WESTGARTH, D. R. (1966): A study of chewing during eating in the cow. *British Journal of Nutrition*, 20, 1, S. 13-23.
- GJØDESEN, M. U. (2007): Automatiske foderanlæg - Afsluttet FarmTest. *FarmTest Kvæg* - 39, *FarmTest Kvæg* - 39.
- GOERING, H. K., VAN SOEST, P. J., HEMKEN, R. W. (1973): Relative Susceptibility of Forages to Heat Damage as Affected by Moisture, Temperature, and pH. *Journal of Dairy Science*, 56, 1, S. 137-143.
- GRANT, R. J., ALBRIGHT, J. L. (2001): Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 84 (E. Suppl.), S. E156-E163.
- GREEN, O., BARTZANAS, T., LØKKE, M. M., BOCHTIS, D. D., SØRENSEN, C. G., JØRGENSEN, O. J., TORTAJADA, V. G. (2012): Spatial and temporal variation of temperature and oxygen concentration inside silage stacks. *Biosystems Engineering*, 111, 2, S. 155-165.

- GREENOUGH, P. R., VERMUNT, J. J. (1991): Evaluation of subclinical laminitis in a dairy herd and observations on associated nutritional and management factors. *Veterinary Record*, 128, 1, S. 11-17.
- GROB, F. (1982): Einflüsse auf Gärqualität und Nährstoffverluste. *KTBL Schrift*, 247, S. 45-57.
- GROTHMANN, A. (2009): Erhebung zum Stand der Technik bei Systemen zur automatischen Futtevorlage (Grundfutter und Mischration) in Milchviehbetrieben, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 125 S.
- GROTHMANN, A., NYDEGGER, F. (2009): Automatische Fütterung von Rindvieh - Ergebnisse einer Erhebung zum Stand der Technik. Tagungsband. In: 9. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2009, *KTBL*, 21.-23.09.2009, Berlin, S. 280-285.
- GROTHMANN, A., NYDEGGER, F., SCHICK, M., BISAGLIA, C. (2011): Arbeitswirtschaftliche Optimierung von Fütterungsverfahren. 17. Arbeitswirtschaftliches Kolloquium, Hrsg. Heinz Bernhardt, Alexander Höldrich, Freising-Weihenstephan: 102-110.
- GROTHMANN, A., MOSER, L., ZÄHNER, M., F., N., STEINER, A. (2012a): Einfluss verschiedener Futtevorlagehäufigkeiten auf das Wiederkau- und Liegeverhalten von Milchkühen. Tagungsband der Fachtagung „Feed for Health“. *ETH Zürich, ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung*: 92-95.
- GROTHMANN, A., NYDEGGER, F., WAGNER, A. (2012b): Influence of seasonal temperature differences on maximum storage time of maize silage by using automatic feeding systems (AFS) in dairy cattle - first results. In: *International Conference of Agricultural Engineering, EUROPEAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, Valencia, Spanien*.
- HALEY, D. B., RUSHEN, J., PASSILLÉ, A. M. D. (2000): Behavioural indicators of cow comfort: activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Canadian Journal of Animal Science*, 80, 2, S. 257-263.
- HANCOCK, J. (1954): Studies of grazing behaviour in relation to grassland management. 1. Variation in grazing habits of dairy cattle. *Journal of Animal Science*, 44, S. 420-433.
- HART, I. C., BINES, J. A., MORANT, S. V. (1979): Endocrine Control of Energy Metabolism in the Cow: Correlations of Hormones and Metabolites in High and Low Yielding Cows for Stages of Lactation. *Journal of Dairy Science*, 62, 2, S. 270-277.
- HEANEY, D. P. (1970): Voluntary intake as a component of an index to forage quality. In: *National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization*, BARNES, R. F., CLANTON, D. C., GORDON, C. H., KLOPFENSTEIN, T. J., WALDO, D. R., Lincoln, NE, S. C1-C10.
- HEDLUND, L., ROLLS, J. (1977): Behavior of Lactating Dairy Cows during Total Confinement. *Journal of Dairy Science*, 60, 11, S. 1807-1812.

- HELMREICH, S., WECHSLER, B., JUNGBLUTH, T., HAUSER, R. (2009): Validation of a novel data logger for recording lying behaviour of dairy cows and its application on robotic milking farms. In: 43rd Congress of the International Society for Applied Ethology, ISAE, 6-10 July 2009, Cairns, Australia, S. 47.
- HENDERSON, A. R., MATTHEW EWART, J., ROBERTSON, G. M. (1979): Studies on the aerobic stability of commercial silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 30, 3, S. 223-228.
- HONIG, H. (1974): Umsetzungen und Verluste bei der Nachgärung. *Das wirtschaftseigene Futter*, 21, S. 25-32.
- HONIG, H., WOOLFORD, M. K. (1980): Changes in silage on exposure to air. In: *Forage Conservation in the 80s*, THOMAS, C., 1979, Brighton, S. 76-87.
- HONIG, H. (1982): Feldverluste bei der Futterkonservierung. *KTBL-Schrift*, 247, S. 39-44.
- HONIG, H. (1986a): Evaluation of aerobic stability. In: *Proceedings of the EUROBAC Conference 1986*, LINDGREN, S., LUNDEN PETERSON, K., *Grovfoder Grass and Forage Reports*, 12.-16. August 1986, Uppsala, S. 76-82.
- HONIG, H. (1986b): Silage quality and losses. In: *Proceedings of the EUROBAC Conference 1986*, LINDGREN, S., LUNDEN PETERSON, K., *Grovfoder Grass and Forage Reports*, 12.-16. August 1986, Uppsala, S. 61-65.
- HONIG, H. (1987a): Influence of forage type and consolidation on gas exchange and losses in silo. In: *8th. Silage Conference, 1987*, Hurley (UK), S. 51-52.
- HONIG, H. (1987b): Gärbiologische Voraussetzungen zur Gewinnung qualitätsreicher Anwelksilage. *Grünfütterernte und -konservierung*, *KTBL-Schrift Nr. 318*, S. 47-58.
- HONIG, H. (1991): Reducing losses during storage and unloading of silage. S. 116-128.
- HUSSEIN, H. S., BRASEL, J. M. (2001): Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, 167, 2, S. 101-134.
- ILLEK, J. (2006): Health Risks Posed by Feeding Low Quality Silage. In: *12th International Symposium on Forage Conservation*, Brno, Czech Republic, S. 129-130.
- ITO, K., WEARY, D. M., VON KEYSERLINGK, M. A. G. (2009): Lying behavior: Assessing within- and between-herd variation in free-stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92, 9, S. 4412-4420.
- JÄNICKE, H. (2011): Grobfutter- und Substraterzeugung. In: DLG, E. V.: *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung 8. vollständig überarbeitete Auflage*, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, S. 23-54.
- JEROCH, H., DROCHNER, W., SIMON, O. (1999): *Ernahrung landwirtschaftlicher Nutztiere. 2., überarbeitete Auflage*, Ulmer, Stuttgart.

- JEZIERSKI, T. A., PODLUŻNY, M. (1984): A quantitative analysis of social behaviour of different crossbreds of dairy cattle kept in loose housing and its relationship to productivity. *Applied Animal Behaviour Science*, 13, 1–2, S. 31-40.
- JILE, Y. H. (2003): Untersuchung zur Bedeutung der Frequenz der Kieferschläge während des Wiederkauens für die Einschätzung der Wiederkauaktivität von Milchkühen. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- JOUANY, J. P. (2005): Effects of mycotoxins in ruminants. In: DIAZ, D. E.: *The Mycotoxin Blue Book*, Nottingham University Press, Nottingham, S. 295-321.
- JOUANY, J. P. (2007): Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 137, 3, S. 342-362.
- JOURNET, M., REMOND, B. (1976): Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows: A review. *Livestock Production Science*, 3, 2, S. 129-146.
- KAISER, E., WEIß, K. (2005): A new system for the evaluation of the fermentation quality of silages. In: XIVth International Silage Conference, PARK, R. S., STRONGE, M. D., Wageningen Academic Publishers, Juli 2005, Belfast, Northern Ireland.
- KALZENDORF, C. (2001): Silieren ohne Schimmel? Neuentwicklung auf den Siliermittelmarkt- Einsatzzweck und Wirkungsweisen. *Mais* 29, 4, S. 152-155.
- KAUFMANN, W. (1976): Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed in-take in ruminants. *Livestock Production Science*, 3, 2, S. 103-114.
- KENWRIGHT, A. D., FORBES, J. M. (1993): Relationships between social dominance and feeding behaviour in lactating heifers during periods of heavy competition. *Animal Production*, 56, S. 457.
- KIRCHGESSNER, M., SCHWARZ, F. J., LINDNER, H. P. (1980): Zur Häufigkeit der Futtevorlage bei Milchkühen. *Zeitschrift für Tierphysiologie Tierernährung und Futtermittelkunde*, 44, 1-5, S. 145-155.
- KLUSMEYER, T. H., CAMERON, M. R., MCCOY, G. C., CLARK, J. H. (1990): Effects of Feed Processing and Frequency of Feeding on Ruminal Fermentation, Milk Production, and Milk Composition. *Journal of Dairy Science*, 73, 12, S. 3538-3543.
- KONDO, S., SEKINE, J., OKUBO, M., ASAHIDA, Y. (1989): The effect of group size and space allowance on the agonistic and spacing behavior of cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 24, 2, S. 127-135.
- KRAUSE, K. M., OETZEL, G. R. (2006): Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126, 3–4, S. 215-236.
- KROHN, C. C., KONGGAARD, S. P. (1979): Effects of isolating first-lactation cows from older cows. *Livestock Production Science*, 6, 2, S. 137-146.

- KULDAU, G. A., WOLOSHUK, C. P. (2002): Screening for Mycotoxins in Silage. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference, 16.-17. April 2002, Fort Wayne, Indiana, USA, S. 35.
- LATRÉ, J. (2006): Die Arbeitsweise von Erwärmungshemmern bei Maissilage. In: Landbouw & Techniek, 18.08.2006.
- LATSCH, R., SAUTER, J. (2011): Comparison of five measurement methods to determine the density of grass silage. In: XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011, 29.06-01.07.2011, Wien.
- LE LIBOUX, S., PEYRAUD, J. L. (1999): Effect of forage particle size and feeding frequency on fermentation patterns and sites and extent of digestion in dairy cows fed mixed diets. *Animal Feed Science and Technology*, 76, 3–4, S. 297-319.
- LEBERL, P., FISCHER, M., HARTUNG, K., SCHENKEL, H. (2012): Untersuchungen zur Durchführung der Probenahme von Grassilage bei Rund- und Quaderballen. In: 124. VDLUFA-KONGRESS Nachhaltigkeitsindikatoren für die Landwirtschaft : Bestimmung und Eignung, Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. VDLUFA, Universität Passau, S. 120.
- LEURS, K. (2006): Einfluss von Häcksellänge, Aufbereitungsgrad und Sorte auf die Siliereigenschaften von Mais Dissertation Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Verfahrenstechnik in der tierischen Erzeugung
- LINDGREN, S. (1986): Microbial dynamics during silage fermentation. In: Proceedings of the EUROBAC Conference 1986, LINDGREN, S., LUNDEN PETERSON, K., 3, Grovfoder Grass and Forage Reports, 12.-16. August 1986, Uppsala, S. 135-145.
- LINDGREN, S. (1991): Hygienic problems in conserved forage. *Landbauforschung Voelkenrode*. Sonderheft.
- MAACK, G. C. (2010): Untersuchungen zur Lagerungsdichte bei der Futterkonservierung in Folienschläuchen. Dissertation, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn, 138 S.
- MAHANNA, B., CHASE, L. E. (2003): Practical Applications and Solutions to Silage Problems. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, I., CROP SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, I., SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, I.: *Silage Science and Technology*. 42, Madison, Wisconsin, USA, S. 855-895.
- MAIER, S., OSTERTAG, J., HAIDN, B. (2013): Futterqualität und -hygiene bei automatischen Fütterungssystemen für Milchkühe. *Landtechnik*, 68, 6, S. 406-410.
- MANSON, F. J., APPLEBY, M. C. (1990): Spacing of dairy cows at a food trough. *Applied Animal Behaviour Science*, 26, 1–2, S. 69-81.
- MÄNTYSAARI, P., KHALILI, H., SARIOLA, J. (2006): Effect of feeding frequency of a total mixed ration on the performance of high-yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89, S. 4312-4320.

- MARTENS, S. (2006): An In-Vitro Study of Aerobic Changes in Silages - Effects of microbial activities and impact factors. Dissertation, Universität Rostock.
- MCDONALD, P., HENDERSON, A. R., HERON, S. J. E. (1991): The Biochemistry of Silage. Second Edition, Chalcombe Publications.
- METZ, J. H. M. (1975): Time patterns of feeding and rumination in domestic cattle. Dissertation, Veenman.
- METZ, J. H. M. (1981): Social reactions of cows when crowded. *Applied Animal Ethology*, 7, 4, S. 384-385.
- METZ, J. H. M. (1985): The reaction of cows to a short-term deprivation of lying. *Applied Animal Behaviour Science*, 13, 4, S. 301-307.
- MILLER, K., WOOD-GUSH, D. G. M. (1991): Some effects of housing on the social behaviour of dairy cows. *Animal Science*, 53, 03, S. 271-278.
- MILTON, T. (1998): Feed bunk and feed ingredient management: Perspectives from the beef feedlot industry. In: Proc. Dairy Feeding Systems Management, Components, and Nutrition, Conference Camp Hill, PA. NRAES-116. National Resources, Agriculture, and Engineering Serv., Coop. Ext., Ithaca, NY, S. 222-229.
- MOREL, I. (2010): Einfluss eines Energiedefizits auf die Zusammensetzung der Milch. *Agrarforschung Schweiz*, 2, S. 8.
- MOSER, L. (2011): Fütterungsfrequenzen für Milchkühe - Einfluss hoher Fütterungsfrequenzen auf das Verhalten von Milchkühen bei Benutzung eines Automatischen Fütterungssystems. Masterarbeit, Universität Bern.
- MOTT, G. O., MOORE, J. E. (1970): Forage evaluation techniques in perspective. In: First National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization, BARNES, R. F., CLANTON, D. C., GORDON, C. H., KLOPFENSTEIN, T. J., WALDO, D. R., Lincoln, NE, USA, S. L1-L10.
- MUCK, R. (2013): Recent advances in silage microbiology. *Agricultural and Food Science* 22, 1, S. 3-15.
- MUCK, R. E. (1988): Factors Influencing Silage Quality and Their Implications for Management. *Journal of Dairy Science*, 71, 11, S. 2992-3002.
- MÜLLER, W., SCHLENKER, G. (2007): Kompendium der Tierhygiene- Gesundheits-, Tier-, Umwelt- und Verbraucherschutz. 3. vollst. überarb. und erw. Auflage, Lehmanns Media, Berlin.
- MUNKSGAARD, L., LØVENDAHL, P. (1993): Effects of social and physical stressors on growth hormone levels in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 73, 4, S. 847-853.
- NEUMANN, M. (2006): Erstellung eines Konzepts für ein dynamisches Qualitätssicherungssystem im Kontrollbereich Klauen-/Gliedermaßengesundheit in

- Milcherzeugerbetrieben sowie in Rindermastbetrieben. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität
- NIKKHAH, A., FUREDI, C. J., KENNEDY, A. D., CROW, G. H., PLAIZIER, J. C. (2008): Effects of Feed Delivery Time on Feed Intake, Milk Production, and Blood Metabolites of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 91, S. 4249-4260.
- NOCEK, J. E., BRAUND, D. G. (1985): Effect of Feeding Frequency on Diurnal Dry Matter and Water Consumption, Liquid Dilution Rate, and Milk Yield in First Lactation. *Journal of Dairy Science* 68, S. 2238-2247.
- NOCEK, J. E. (1997): Bovine Acidosis: Implications on Laminitis. *Journal of Dairy Science*, 80, 5, S. 1005-1028.
- NOUT, M. J. R., BOUWMEESTER, H. M., HAAKSMA, J., VAN DIJK, H. (1993): Fungal growth in silages of sugarbeet press pulp and maize. *The Journal of Agricultural Science*, 121, 03, S. 323-326.
- NUßBAUM, H. (2010): Stabilisierung der Anschnittfläche bei Maissilage im Sommer. *Infodienst Landwirtschaft - Ernährung - Ländlicher Raum*, S. 1-5.
- NUßBAUM, H. (2011): Umgang mit Qualitätsminderung bei Silage. In: DLG, E. V.: *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung* 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- NYDEGGER, F., GYGAX, L., EGLI, W. (2010): Automatic measurement of rumination and feeding activity using a pressure sensor. In: *Conference AgEng 2010, European Society of Agricultural Engineers*, September 6-8, 2010, Clermont-Ferrand, France, S. 1-8.
- OLOFSSON, J. (2000): Feed availability and its effects on intake, production and behaviour in dairy cows. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae - Agraria*, 221
- OOSTRA, H., STEFANOWSKA, J., SÄLLVIK, K. (2005): The effects of feeding frequency on waiting time, milking frequency, cubicle and feeding fence utilization for cows in an automatic milking system. *Acta Agriculturae Scand Section A*, 55, 4, S. 158-165.
- ØSTERGAARD, S., THOMSEN, P. T., BUROW, E. (2010): Separate housing for one month after calving improves production and health in primiparous cows but not in multiparous cows. *Journal of Dairy Science*, 93, 8, S. 3533-3541.
- OVER, R., SPIEKERS, H., NUßBAUM, H. (2011): Grobfutterkosten: Schlüssel zum Erfolg. In: DLG, E. V.: *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung* 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- OWENS, F., SECRIST, D., HILL, W., GILL, D. (1998): Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science*, 76, 1, S. 275-286.
- PAHLOW, G., MUCK, R. E., DRIEHUIS, F., OUDE ELFERINK, S., SPOELSTRA, S. (2003): Microbiology of Ensiling. In: *AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, I., CROP SCIENCE*

- SOCIETY OF AMERICA, I., SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, I.: Silage Science and Technology. 42, Madison, Wisconsin, USA, S. 31-93.
- PAHLOW, G., HÜNTING, K. (2011): Silierung- Gärungsbiologische Grundlagen und biochemische Prozesse der Silagebereitung. In: BUNDESARBEITSKREIS FUTTERKONSERVIERUNG: Praxishandbuch Futter- und Substratkonversierung, 8, DLG Verlag, Frankfurt am Main.
- PEELER, E. J., GREEN, M. J., FITZPATRICK, J. L., MORGAN, K. L., GREEN, L. E. (2000): Risk Factors Associated with Clinical Mastitis in Low Somatic Cell Count British Dairy Herds. *Journal of Dairy Science*, 83, 11, S. 2464-2472.
- PELHATE, J. (1977): Maize silage: incidence of moulds during conservation. *Folia veterinaria latina*, 7, 1, S. 1.
- PEPYS, J. (1969): Hypersensitivity diseases of the lungs due to fungi and organic dusts. KARGER, S., 4, Basel.
- PHILLIPS, C. J. C., RIND, M. I. (2001): The Effects of Frequency of Feeding a Total Mixed Ration on the Production and Behavior of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 84, S. 1979-1987.
- PIRKELMANN, H. (1992): Feeding strategies and automatic milking. In: Int. Symp. Prospects Automatic Milking, PROD, E. A. A., Wageningen, The Netherlands, S. 289.
- POMPE, J. C. A. M., ALDERS, D. H. J., HEUTINCK, L., LOKHORST, C. (2007): Automatic individual feeding systems for dairy cows: observations of facility utilization. In: Precision Livestock Farming 2007, COX, S., Wageningen Academic Publishers, Netherlands, Skiathos, Greece, S. 45-51.
- PORZIG, E., SAMBRAUS, H. H. (1991): Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Berlin, Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- RAGSDALE, A. C., THOMPSON, H. J., WORSTELL, D. M., BRODY, S. (1950): Environmental physiology with special reference to domestic animals. Milk production and feed and water consumption responses of Brahman, Jersey, and Holstein cow to changes in temperature, 50° to 105°F and 50 to 8°F. Missouri University Agricultural Experiment Station Research Bulletin.
- RAKES, A. H., HARDISON, W. A., ALBERT, J., MOORE, W. E. C., GRAF, G. C. (1957a): Response of Growing Dairy Heifers to Frequency of Feeding. *Journal of Dairy Science*, 40, 12, S. 1621-1627.
- RAKES, A. H., HARISON, W. A., ALBERT, J., MOORE, W. E. C., GRAF, G. C. (1957b): Effect of frequency of feeding on animal response, feed digestibility, and rumen activity. *Journal of Dairy Science*, 40, 6, S. 633.
- RAUSSI, S., JAUHAINEN, L., SAASTAMOINEN, S., SIIVONEN, J., HEPOLA, H., VEISSIER, I. (2011): A note on overdispersion as an index of behavioural synchrony: a pilot study in dairy cows. *Animal*, 5, 03, S. 428-432.

- RAYMOND, W. F. (1969): The Nutritive Value Of Forage Crops. In: BRADY, N. C.: Advances in Agronomy. Volume 21, Academic Press, S. 1-108.
- REDBO, I., EMANUELSON, M., LUNDBERG, K., OREDSSON, N. (1996): Feeding level and oral stereotypies in dairy cows. *Animal Science*, 62, 02, S. 199-206.
- REINBRECHT, L. (1969): Untersuchungen zum Verhalten von Milchkuhen im Anbindestall und im Laufstall. *Kuehn Arch*, 1969.
- RICHTER, T. [Hrsg.] (2006): Krankheitsursache Haltung - Beurteilung von Nutztierställen- Ein tierärztlicher Leitfaden. Enke Verlag, Stuttgart.
- RICHTER, W. (2004): Gärqualität und aerobe Stabilität von trockenheitsgeschädigtem Silomais bei hohen Fermentationstemperaturen. In: VDLUFA Kongress VDLUFA, VDLUFA Verlag, VDLUFA-Schriftenreihe, 13.- 17.09.2004, Rostock, S. 347-358.
- ROBINSON, P. H., SNIFFEN, C. J. (1985): Forestomach and Whole Tract Digestibility for Lactating Dairy Cows as Influenced by Feeding Frequency. *Journal of Dairy Science*, 68, 4, S. 857-867.
- ROBINSON, P. H., MCNIVEN, M. A. (1994): Influence of Flame Roasting and Feeding Frequency of Barley on Performance of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 77, 12, S. 3631-3643.
- ROBLES, V., GONZÁLEZ, L. A., FERRET, A., MANTECA, X., CALSAMIGLIA, S. (2007): Effects of feeding frequency on intake, ruminal fermentation, and feeding behavior in heifers fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 85, 10, S. 2538-2547.
- ROUEL, M., WYSS, U. (1994): Aerobe Stabilität von Maissilagen. *Agrarforschung Schweiz*, 1, 9, S. 393-396.
- RUIZ, A., MOWAT, D. N. (1987): Effect of feeding frequency on the utilisation of high-forage diets by cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 67, 4, S. 1067-1074.
- RUPPEL, K. A., PITT, R. E., CHASE, L. E., GALTON, D. M. (1995): Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 78, 1, S. 141-153.
- RUSSELL, J. B., HESPELL, R. B. (1981): Microbial Rumen Fermentation. *Journal of Dairy Science*, 64, 6, S. 1153-1169.
- SAMBRAUS, H. H. (1978): *Nutztierethologie*. 1. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin.
- SAMBRAUS, H. H., SCHÖN, H., B., H. (2002): Tiergerechte Haltung von Rindern. In: METHLING, W., UNSHELM, J.: *Umwelt- und tiergerechte Haltung von Nutz-, Heim- und Begleittieren*, Parey.
- SCHEIN, M. W., FOHRMAN, M. H. (1955): Social dominance relationships in a herd of dairy cattle. *The British Journal of Animal Behaviour*, 3, 2, S. 45-55.

- SCHICK, M. (2006): Dynamische Modellierung landwirtschaftlicher Arbeit unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitsplanung. Habilitationsschrift.
- SCHMERBAUCH, K. J. (2000): Gärqualität und Schimmelpilzwachstum in Silagen in Abhängigkeit von Lagerungsdichte und äußerem Luftabschluß. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin, 135 S.
- SCHMIDT, H. L. (1968): Zur Mikrobiologie der Handelsfuttermittel. Landwirtschaftliche Forschung 2A, S. 1-15.
- SCHNEIDER, C. (2002): Entwicklung und Anwendung von Methoden zur vergleichenden Beschreibung des individuellen Wiederkauverhaltens von Milchkühen, Universität Rostock.
- SCHNEWEIS, I., MEYER, K., HÖRMANSDORFER, S., BAUER, J. (2000): Mycophenolic acid in silage. Applied and environmental microbiology, 66, 8, S. 3639-3641.
- SCHULTZ, T. A. (1992): Animal behavior related to physical facilities. In: Proceedings: Large Dairy Herd Management Symp, Univerität Florida, Gainesville, S. 67.
- SCHUMACHER, U. (2005): Ausgewählte Hygienemaßnahmen. In: STRIEZEL, A.: Leitfaden der Nutztiergesundheit: ganzheitliche Prophylaxe und Therapie, Sonntag Verlag, Stuttgart.
- SCHWARZ, F. J. (2004): Futteraufnahme wachsender Rinder bei unterschiedlichen Milchsäure- und Essigsäuregehalten in Silagen. In: VDLUFA Kongress „Qualitätssicherung in landwirtschaftlichen Produktionssystemen“, VDLUFA, VDLUFA Verlag, 13.-17.09.2004, Rostock, S. 105.
- SCHWEIZERISCHES LEBENSMITTELBUCH (2000): Kapitel 56: Mikrobiologie, E 7.03. In: BUNDESAMT FÜR GESUNDHEIT, A. L.: Mikrobiologie: Keimzählung Aerobe Fremdkeime FKZ, Bern.
- SCOTT, J. P. (1962): Introduction to animal behaviour. 1, Williams & Wilkins Co., Baltimore. MD, 10 S.
- SEALE, D. R., PAHLOW, G., SPOELSTRA, S. F., LINDGREN, S., DELLAGLIO, F., LOWE, J. F. (1986): Methods for the microbiological analysis of silage. In: Proceedings of the EUROBAC Conference 1986, LINDGREN, S., LUNDEN PETERSON, K., Grovfoder Grass and Forage Reports, 12. -16. August 1986, Uppsala, S. 147-165.
- SHABI, Z., ARIELI, A., BRUCKENTAL, I., AHARONI, Y., ZAMWEL, S., BOR, A., TAGARI, H. (1998): Effect of the Synchronization of the Degradation of Dietary Crude Protein and Organic Matter and Feeding Frequency on Ruminal Fermentation and Flow of Digesta in the Abomasum of Dairy Cows. Journal of Dairy Science, 81, 7, S. 1991-2000.
- SHABI, Z., BRUCKENTAL, I., ZAMWEL, S., TAGARI, H., ARIELI, A. (1999): Effects of Extrusion of Grain and Feeding Frequency on Rumen Fermentation, Nutrient Digestibility, and Milk Yield and Composition in Dairy Cows. Journal of Dairy Science, 82, 6, S. 1252-1260.

- SHABI, Z., MURPHY, M. R., MOALLEM, U. (2005): Within-Day Feeding Behavior of Lactating Dairy Cows Measured Using a Real-Time Control System. *Journal of Dairy Science*, 88, 5, S. 1848-1854.
- SHAVER, R. D. (1997): Nutritional Risk Factors in the Etiology of Left Displaced Abomasum in Dairy Cows: A Review. *Journal of Dairy Science*, 80, 10, S. 2449-2453.
- SHAVER, R. D. (2002): Rumen acidosis in dairy cattle: Bunk management considerations. *Advanced Dairy Technology*, 14, S. 241-249.
- SHINODA, M., MANDA, T. (1990): Effect of butyrate silage feed on ruminal fermentation, blood metabolism, and liver function of dairy cows. *Research Bulletin of the Hokkaido Agricultural Experiment Station*, 153, S. 41-51.
- SMITH, N. E., UFFORD, G. R., COPPOCK, C. E., MERRILL, W. G. (1978): One Group Versus Two Group System for Lactating Cows Fed Complete Rations. *Journal of Dairy Science*, 61, 8, S. 1138-1145.
- SOLYAKOV, A., PAULY, T. (2005): Determination of toxic activity of mould- damaged silage with an in vitro method. In: XIVth International Silage Conference, PARK, R. S., STRONGE, M. D., Wageningen Academic Publishers, July 2005, Belfast, Northern Ireland.
- SOP P21-4-079 (2006): Standardarbeitsanweisung: Bestimmung des pH-Wertes in Silagen LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE CHEMIE UNIVERSITÄT HOHENHEIM, Qualitätsmanagement-Handbuch Teil B.
- SOP P23-4-012 (2006): Standardarbeitsanweisung: Untersuchungen auf Gärsäuren LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE CHEMIE UNIVERSITÄT HOHENHEIM, Qualitätsmanagement-Handbuch Teil B.
- SOZIALVERSICHERUNG FÜR LANDWIRTSCHAFT FORSTEN UND GARTENBAU (2008): Unfallverhütungsvorschrift - Technische Arbeitsmittel, 1. Januar 2000 in der Fassung vom 27. Mai 2008. SOZIALVERSICHERUNG FÜR LANDWIRTSCHAFT FORSTEN UND GARTENBAU. VSG 3.1.
- SPIEKERS, H., NUSSBAUM, H., POTTHAST, V. (2009): Erfolgreiche Milchviehfütterung. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- SPIEKERS, H. (2011a): Siliersicherheit. In: DLG, E. V.: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- SPIEKERS, H. (2011b): Ziele- in der Wiederkäuerfütterung. In: DLG, E. V.: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung 8. vollständig überarbeitete Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- SR 916.020.1 VHyPrP ART. 2 ABS.8 (2005): Verordnung des WBF über die Hygiene bei der Primärproduktion (VHyPrP). VERORDNUNG DES EIDGENÖSSISCHE DEPARTEMENT FÜR WIRTSCHAFT BILDUNG UND FORSCHUNG. Schweizer Recht SR 916.020.1.

- STANLEY, R. W., MORITA, K. (1967): Effect of Frequency and Method of Feeding on Performance of Lactating Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 50, 4, S. 585-586.
- SÜSS, M., ANDREA, U. (1984): Rind. In: BOGNER, H., GRAUVOGL, A.: Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart, S. 149-245.
- SUTTON, J., HART, I., BROSTER, W., ELLIOTT, R. J., SCHULLER, E. (1986): Feeding frequency for lactating cows: effects on rumen fermentation and blood metabolites and hormones. *British Journal of Nutrition*, 56, S. 181-192.
- SUZUKI, S., FUJITA, H., SHINDE, Y. (1969): Change in the rate of eating during a meal and the effect of the interval between meals on the rate at which cows eat roughages. *Animal Science*, 11, 1, S. 29-41.
- TABACCO, E., PIANO, S., REVELLO-CHION, A., BORREANI, G. (2011): Effect of *Lactobacillus buchneri* LN4637 and *Lactobacillus buchneri* LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions. *Journal of Dairy Science*, 94, 11, S. 5589-5598.
- THAYSEN, J. (2003): Wer bezahlt, bestimmt. Lohnunternehmen, 9, S. 16-20.
- THAYSEN, J. (2004): Die Produktion von qualitativ hochwertigen Grassilagen. In: DLG: Übersichten zur Tierernährung. 32, DLG Verlag, Frankfurt am Main, S. 57-102.
- THAYSEN, J. (2008): Dichte Controlling- Bedeutung und Instrumente. In: 9. Jahrestagung-Futterkamp, 17./18.09.2008, Futterkamp, S. 48-53.
- THIAGO, L. R. L., GILL, M., DHANOA, M. S. (1992): Studies of method of conserving grass herbage and frequency of feeding in cattle. *British Journal of Nutrition*, 67, 03, S. 305-318.
- THIVIERGE, M. C., BERNIER, J. F., LAPIERRE, H. (2002): Effects of supplemental protein and energy and feeding frequency on the performance of lactating dairy cows fed a protein deficient diet. *Canadian Journal of Animal Science*, 82, 2, S. 225-231.
- TYLER, J. W., FOX, L. K., PARISH, S. M., SWAIN, J., JOHNSON, D. L., GRASSESCHI, H. A., GANT, R. (1997): Effect of feed availability on post-milking standing time in dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 64, 4, S. 617-620.
- VASILATOS, R., WANGSNES, P. (1980): Feeding behaviour of lactating dairy cows as measured by time-lapse photography. *Journal of Dairy Science*, 63, 3, S. 412-416.
- VASSEUR, E., RUSHEN, J., HALEY, D. B., DE PASSILLÉ, A. M. (2012): Sampling cows to assess lying time for on-farm animal welfare assessment. *Journal of Dairy Science*, 95, 9, S. 4968-4977.
- VDLUFA (1983): Einführung zu den amtlichen Analysemethoden, Kapitel C. In: VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN E.V. VDLUFA: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Methodenbuch Band III, Die chemische Untersuchung von

- Futtermitteln, 1. Ergänzungslieferung 1983, 3. Auflage 1976, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VDLUFA (1988): Probenahme - Empfehlungen zur Durchführung der Probenahme bei wirtschaftseigenen Futtermitteln, Kapitel 1. In: VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN E.V. VDLUFA: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Methodenbuch Band III, Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 2. Ergänzungslieferung 1988, 3. Auflage 1976, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VDLUFA (2004): Untersuchung von Silage (Gras-, Mais-) mittels Nahinfrarotspektroskopie im VDLUFA-Netzwerk Kapitel 31.2. In: VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN E.V. VDLUFA: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Methodenbuch Band III, Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 5. Ergänzungslieferung 2004, 3. Auflage 1976, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VDLUFA (2012): Mikrobiologische Qualitätsbeurteilung Kapitel 28.1.4. In: VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN E.V. VDLUFA: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Methodenbuch Band III, Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 5. Ergänzungslieferung 2004. 8. Ergänzung 2012, 3. Auflage 1976, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VERORDNUNG (EG) NR. 183/2005: FUTTERMITTELHYGIENEVERORDNUNG (2005): Futtermittelhygieneverordnung.
- VO (EG) NR. 152/2009 (2009): Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Untersuchung von Futtermitteln. KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, Amtsblatt der Europäischen Union. VO (EG) Nr. 152/2009.
- VON LENGERKEN, J., ZIMMERMANN, K. (1991): Gaschromatographische Bestimmung der Gärsäuren (ohne Milchsäure). Handbuch Futtermittelprüfung, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, Berlin, S. 407-414.
- WAGNER, A. (2005): Qualitätsmanagement bei der Futterernte: Einflüsse der Erntetechnik auf den Qualitätsparameter "Langzeitstabilität" von Silagen. Habilitation, Selbstverlag.
- WEBB, F. M., COLENBRANDER, V. F., BLOSSER, T. H., WALDERN, D. E. (1963): Eating Habits of Dairy Cows under Drylot Conditions. Journal of Dairy Science, 46, 12, S. 1433-1435.
- WEBER, U., KAISER, E., STEINHÖFEL, O. (2004): Untersuchungen zu Temperaturverlauf und Verlusten bei der Silierung von Zuckerrübenpressschnitzeln in Folienschläuchen. In: VDLUFA Kongress VDLUFA, VDLUFA Verlag, VDLUFA-Schriftenreihe, 13.-17.09.2004, Rostock, S. 460- 466.

- WECHSLER, B., SCHAUB, J., FRIEDLI, K., HAUSER, R. (2000): Behaviour and leg injuries in dairy cows kept in cubicle systems with straw bedding or soft lying mats. *Applied Animal Behaviour Science*, 69, 3, S. 189-197.
- WEIßBACH, F. (2000): Qualitätssilagen als Voraussetzung für die Ernährung von Hochleistungskühen. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 43, Sonderheft, S. 71-76.
- WEIßBACH, F. (2002): Grundlagen und Praxis der Produktion guter Grassilagen. In: Bericht zum Alpenländisches Expertenforum 2002 - Zeitgemäße Futtermittelkonservierung, BUNDESANSTALT FÜR ALPENLÄNDISCHE LANDWIRTSCHAFT GUMPENSTEIN, Gumpenstein, S. 1-5.
- WENDL, G. [Hrsg.] (2011): Tierhaltung in Bayern - Quo vadis ? Landtechnisch- bauliche Jahrestagung, 1. Auflage, Grub.
- WENZ, J. R., JENSEN, S. M., LOMBARD, J. E., WAGNER, B. A., DINSMORE, R. P. (2007): Herd Management Practices and Their Association with Bulk Tank Somatic Cell Count on United States Dairy Operations. *Journal of Dairy Science*, 90, 8, S. 3652-3659.
- WHITLOCK, L., WISTUBA, T., SIEFERS, M., POPE, R., BRENT, B., BOLSEN, K. (2010): Effect of level of surface-spoiled silage on the nutritive value of corn silage-based rations. Report of progress (Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service); 850.
- WHITLOW, L. W., HAGLER JR, W. M. (2002): Mycotoxins in feeds. *Feedstuffs*, 74, 28, S. 68-78.
- WIEDNER, G. (2008): Futterhygiene bei Grund- und Kraftfuttermitteln- Erfahrungen aus der Praxis, LFZ Raumberg- Gumpenstein.
- WIEDNER, G. (2009): Hygienestatus von Grundfuttermitteln- Erfahrungen eines Praxislabors. 15. Alpenländisches Expertenforum 26.03.2009, Vortrag, LFZ Raumberg- Gumpenstein.
- WIERENGA, H. K. (1990): Social dominance in dairy cattle and the influences of housing and management. *Applied Animal Behaviour Science*, 27, 3, S. 201-229.
- WIERENGA, H. K., HOPSTER, H. (1991): Behaviour of dairy cows when fed concentrates with an automatic feeding system. *Applied Animal Behaviour Science*, 30, 3, S. 223-246.
- WILKINSON, J. M. (1999): Silage and Animal Health. *Natural Toxins*, 7 S. 221-232.
- WOOD, B. J. B. [Hrsg.] (1998): Microbiology of fermented foods. Vol. 1, Second Edition, Blackie Academic and Professional, London.
- WOOLFORD, J. A., SATTER, L. D., STROZINSKI, L. L. (1986): Effect of feeding frequency and silage moisture content on performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 69, Suppl. 1, S. 182.

- WOOLFORD, M. K., HONIG, H., FENLON, J. S. (1978): Mikrobiologische, physikalische und chemische Veränderungen während des aeroben Abbaus von Maissilage. *Wirtschaftseigene Futter*, 24, 2, S. 125-139.
- WOOLFORD, M. K. (1984): *The Silage Fermentation*. Marcel Dekker Inc.
- WOOLFORD, M. K., WILKIE, A. C. (1984): Investigations into the role of specific microorganisms in the aerobic deterioration of maize silage. *The Journal of Agricultural Science*, 102, 1, S. 97-104.
- WOOLFORD, M. K. (1990): The detrimental effects of air on silage. *Journal of Applied Microbiology*, 68, 2, S. 101-116.
- WYATT, R. D. (2005): Mycotoxin interactions. In: DIAZ, D. E.: *The Mycotoxin Blue book*, Nottingham University Press, Nottingham, S. 269-278.
- WYSS, U. (1995): Gute Silagen sind anfälliger für Nachgärung *Agrarforschung*, 2, 6, S. 248-251.
- WYSS, U. (2000): Grassilagen: TS- Gehalt beeinflusst Gärung und aerobe Stabilität. *Agrarforschung*, 7, 4, S. 170-175.
- YAMASHITA, Y., YAMAZAKI, A. (1975): The conditions for the occurrence of secondary fermentation on wilted silage. *Research Bulletin of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station Research Bulletin*, 110.
- YANG, C. M. J., VARGA, G. A. (1989): Effect of Three Concentrate Feeding Frequencies on Rumen Protozoa, Rumen Digesta Kinetics, and Milk Yield in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 72, 4, S. 950-957.
- ZEHNER, N., NIEDERHAUSER, J. J., NYDEGGER, F., GROTHMANN, A., KELLER, M., HOCH, M., HÄUSSERMANN, A., SCHICK, M. (2012): Validation of a new health monitoring system (RumiWatch) for combined automatic measurement of rumination, feed intake, water intake and locomotion in dairy cows. In: *International Conference of Agricultural Engineering CIGR-AGENG*, 8. - 12. Juli 2012, Valencia, Spanien.
- ZIMMER, E. (1969): Biochemische Grundlagen der Einsäuerung. In: *DLG: Crop conservation and grassland: proceedings of the 3rd General Meeting of the European Grassland Federation*, DLG Verlag, Frankfurt am Main, S. 113-125.
- ZIMMER, E. (1982): Erzeugung, Konservierung und Verwertung von Grundfutter – Forderungen an die Technik. *KTBL-Schrift*, 247, S. 13–26.

9. Anhang

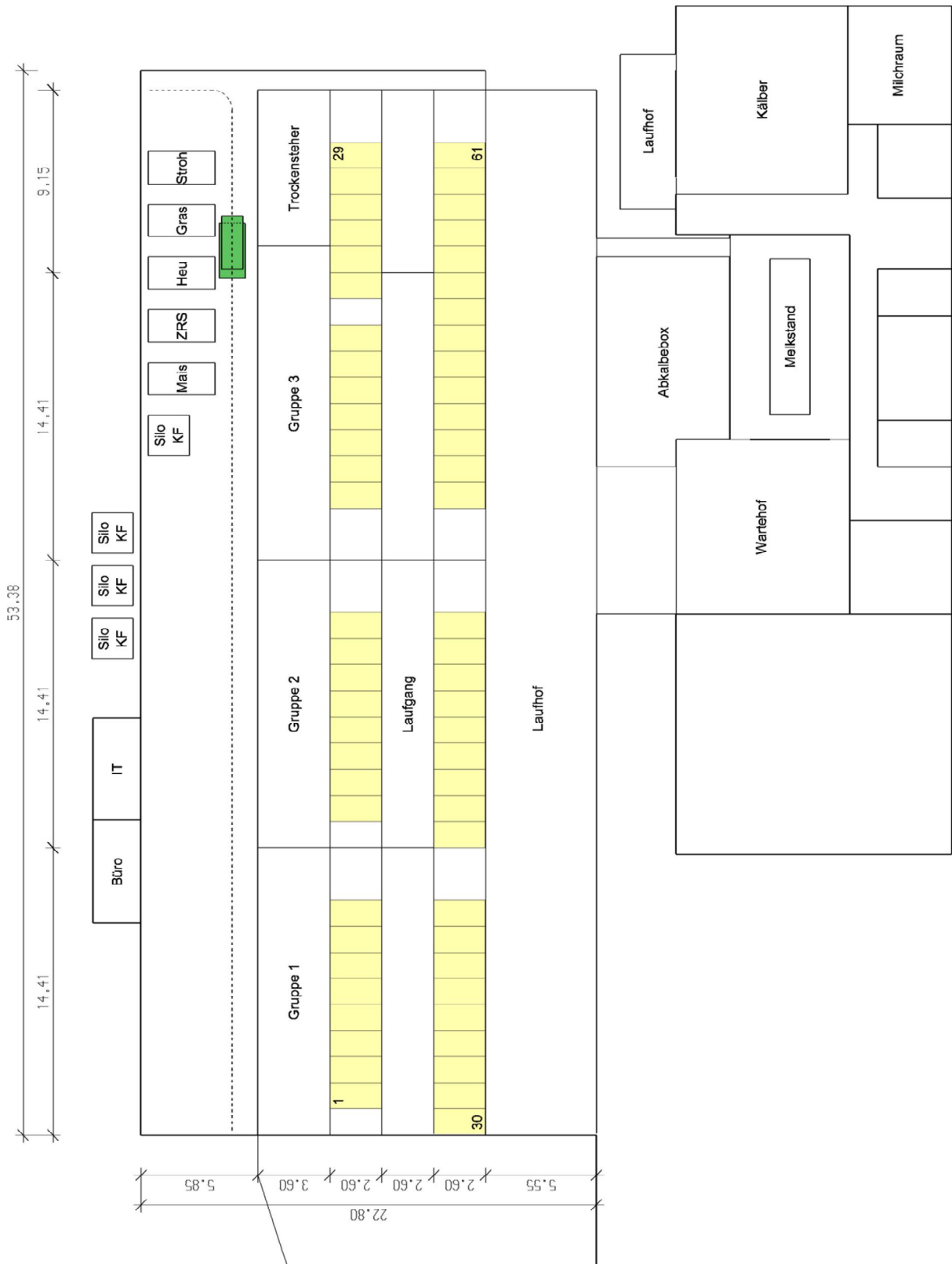


Abb. 62: Stallgrundriss Versuchsstall der Forschungsanstalt Tänikon, Schweiz (KF: Kraftfutter, ZRS: Zuckerrübenasschnitt)

Tab. 69: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP, Posieux, Schweiz) der im Versuche PT1a "Vergleich Futtermischwagen/automatische Fütterung" verwendeten Grundfutterkomponenten

Jahr	Versuch	Versuchsblock	Futterkomponente	Untersuchungsparameter													
				Wasser berechnet aus TS	TS ²	Rohasche (LECO)	Rohprotein nach Dumas	Rohfaser	Saure Detergentfaser	Neutrale Detergentfaser	pH-Wert	NEL ³	NEV ⁴	Absorbierbares Protein Darm	Absorbierbares Protein aus dem abbaubaren Rohprotein		
				g/kg FS ¹	g/kg FS ¹	g/kg TS ²	Thermogravimetrie	Verbrennung, Wärmeleitfähigkeit	Auflösung, Gravimetrie	Ankom	Ankom	Ankom	Volllametrie	MJ/kg	MJ/kg	g/kg	g/kg
2011	Vergleich Futtermisch- wagen / automatische Fütterung	1	Heu	110.5	889.5	125.7		148	253	288	481			5.3	5.2	89	94
			Grassilage	625	375	86.8	130	238	259	442	4.5	6.1	6.3	73	81		
	2	Heu	90.1	909.9	89.3	126	244	269	444	3.8	6.4	6.6	63	40			
		Grassilage	599	401	99	153	219	241	404	4.6	5.9	6.1	80	97			
			Maissilage	668	332	32.9	66	192	214	401	401	3.8	6.3	6.5	60	41	

¹FS: Frischsubstanz; ²TS: Trockensubstanz; ³NEL: Nettoenergie Laktation; ⁴NEV: Nettoenergie Wachstum

Tab. 70: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP, Posieux, Schweiz)) der in den Versuchen PT 1b "Futtermittelhäufigkeiten" verwendeten Grundfutterkomponenten;

Jahr	Versuch	Versuchsblock	Futterkomponente	Untersuchungsparameter														
				Wasser berechnet aus TS	TS ³	Rohasche (LECO)	Rohprotein nach Dumas	Rohfaser	Saure Detergentien faser		Neutrale Detergentien faser		Stärke	pH-Wert	NEL ⁴		NEV ⁵	Absorbierbares Protein aus dem abbaubaren Rohprotein
									g/kg TS ³	g/kg TS ³	g/kg TS ³	g/kg TS ³			g/kg TS ³	g/kg TS ³		
2010	Futtermittelhäufigkeit	1	Heu	22.1	977.9	83.4	121	239	283	497	-	-	5.4	5.4	85	77		
			Grassilage	683	308	118.8	138	300	316	512	-	4.9	5.0	4.9	69	87		
			Maissilage	646	354	30	64	194	213	394	384	3.6	6.3	6.5	61	40		
			ZRS ¹	780	220	77	88	191	225	365	-	4.0	7.0	7.4	93	58		
			Heu	110.4	889.6	92.7	137	226	236	427	-	-	5.6	5.6	90	87		
	Futtermittelhäufigkeit	2	Grassilage	681	319	101.3	125	289	313	491	-	4.5	5.2	5.1	70	79		
			Maissilage	633	367	29.1	65	177	200	370	409	3.6	6.4	6.6	61	40		
			ZRS ¹	766	234	78.7	89	190	222	369	-	3.9	7.1	7.7	97	59		
			Heu	105.7	894.4	109	137	253	274	446	-	-	5.3	5.3	88.0	87		
			Grassilage	673	327	99.7	127	325	505	279	-	4.7	5.3	5.2	71	81		
2011	Futtermittelhäufigkeit	1	ZRS ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			Heu	768	232	76.4	94	181	220	356	-	3.8	7.1	7.6	99.0	63		
			Grassilage	679	326	276.7	169	177	225	318	447	-	5.4	5.4	86	78		
			Maissilage	682	318	33.3	68	203	228	397	-	4.5	5.1	5.3	66	106		
			ZRS ¹	762	238	64.8	88	198	226	427	-	4	6.3	6.4	62	42		
	Futtermittelhäufigkeit	2	Heu	81.6	918.4	97.7	118	244	264	438	-	-	5.4	5.4	84	75		
			Grassilage	686	305	219.9	182	200	243	335	-	4.5	5.4	5.6	81	114		
			Maissilage	689	311	33.7	70	221	237	396	-	4.1	6.2	6.3	62	44		
			ZRS ¹	760	241	57.5	90	200	222	453	-	3.8	7.3	7.8	99	59		
			Heu	86.7	913.3	104.3	132	269	421	227	-	-	5.5	5.5	88	84		
Futtermittelhäufigkeit	3	Grassilage	676	324	167.6	184	223	270	375	-	4.6	5.7	5.8	76	37			
		Maissilage	637	363	29.8	71	169	197	375	-	3.7	6.5	6.7	65	44			
		ZRS ¹	757	243	62.4	89	195	231	453	-	3.9	7.2	7.7	98	59			

¹ZRS: Zuckerrübensilage; ²F-S: Frischsubstanz; ³TS: Trockensubstanz; ⁴NEL: Nettoenergie Laktation; ⁵NEV: Nettoenergie Wachstum

Tab. 71: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie (LA Chemie, Hohenheim, Deutschland) der in den Versuchen PT 2 "Praxisbetriebe" verwendeten Grundfutterkomponenten

Betrieb	Futterkomponente	Untersuchungsparameter und verwendete Analysemethoden													
		TS	Rohasche	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Saure Detergent-faser (ADFom)	Neutrale Detergent-faser (aNDFom)	ME	NEL	unabbaubares Rohprotein (UDP)	nutzbares Rohprotein (nXP)	ruminale N-Bilanz (RNB)		
		VO (EG) Nr. 152/2009 III A g/kg FS	VO (EG) Nr. 152/2009 III M g/kg TS	VO (EG) Nr. 152/2009 III C g/kg TS	VO (EG) Nr. 152/2009 III H g/kg TS	VO (EG) Nr. 152/2009 III I g/kg TS	VDLUFAMB III 6.5.2 g/kg TS	VDLUFAMB III 6.5.1 g/kg TS	MJ/kg TS	MJ/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	Schätzung auf Grundlage DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (1997) g/kg TS	
1	Heucobs	895	94	125	25	258	295	-	9,9	5,9	-	-	-		
	Grassilage 2. Schnitt	400	100	133	33	265	295	-	9,7	5,7	-	-	-		
	Maissilage	353	28	65	34	178	-	360	11,8	7,2	-	-	-		
	Stroh	911	47	33	13	462	-	-	6,9	3,8	-	-	-		
2	Wiesengrasheu 3. Schnitt	885	122	147	35	209	251	-	10,7	6,5	-	-	-		
	Grassilage 2. Schnitt	328	101	143	37	256	290	-	9,7	5,7	-	-	-		
	Grascops	930	157	157	39	210	-	-	10,0	6,0	-	-	-		
	Maissilage	295	34	68	24	234	-	451	10,6	6,3	-	-	-		
	Körnermais	870	14	87	51	23	-	-	13,4	8,4	-	-	-		
	Biertreber, siliert	228	36	293	98	136	-	-	11,7	7,0	-	-	-		
	Stroh	922	55	31	12	450	-	-	6,8	3,8	-	-	-		
3	Luzerneheu	885	124	187	24	380	451	566	7,6	4,3	56	133	9		
	Grassilage 4. Schnitt	252	210	135	32	222	290	437	8,0	4,7	20	107	5		
	Maissilage	312	32	77	32	183	202	378	11,2	6,8	19	134	-9		
	Grassilage 3. Schnitt	408	125	204	42	216	236	392	11,0	6,7	31	152	8		
4	Maissilage	347	52	72	32	187	202	380	11,1	6,7	18	132	-10		
	Grassilage 2. Schnitt	419	91	153	41	255	279	515	10,4	6,2	23	137	3		
	Maissilage	320	34	81	34	209	234	419	11,1	6,7	20	134	-8		
5	Grassilage 1. Schnitt	222	78	159	42	313	344	556	9,1	5,6	24	124	6		
	Grassilage 2. Schnitt	345	91	147	35	303	333	515	9,4	5,5	22	125	4		
	Grassilage 3. Schnitt	446	104	133	33	306	345	563	9,1	5,3	20	120	2		
	Maissilage	344	35	78	29	195	203	398	11,3	6,9	20	136	-9		
6	Zuckerrübenmasschnittzel, siliert	268	71	82	7	194	220	459	11,5	7,2	25	140	-9		

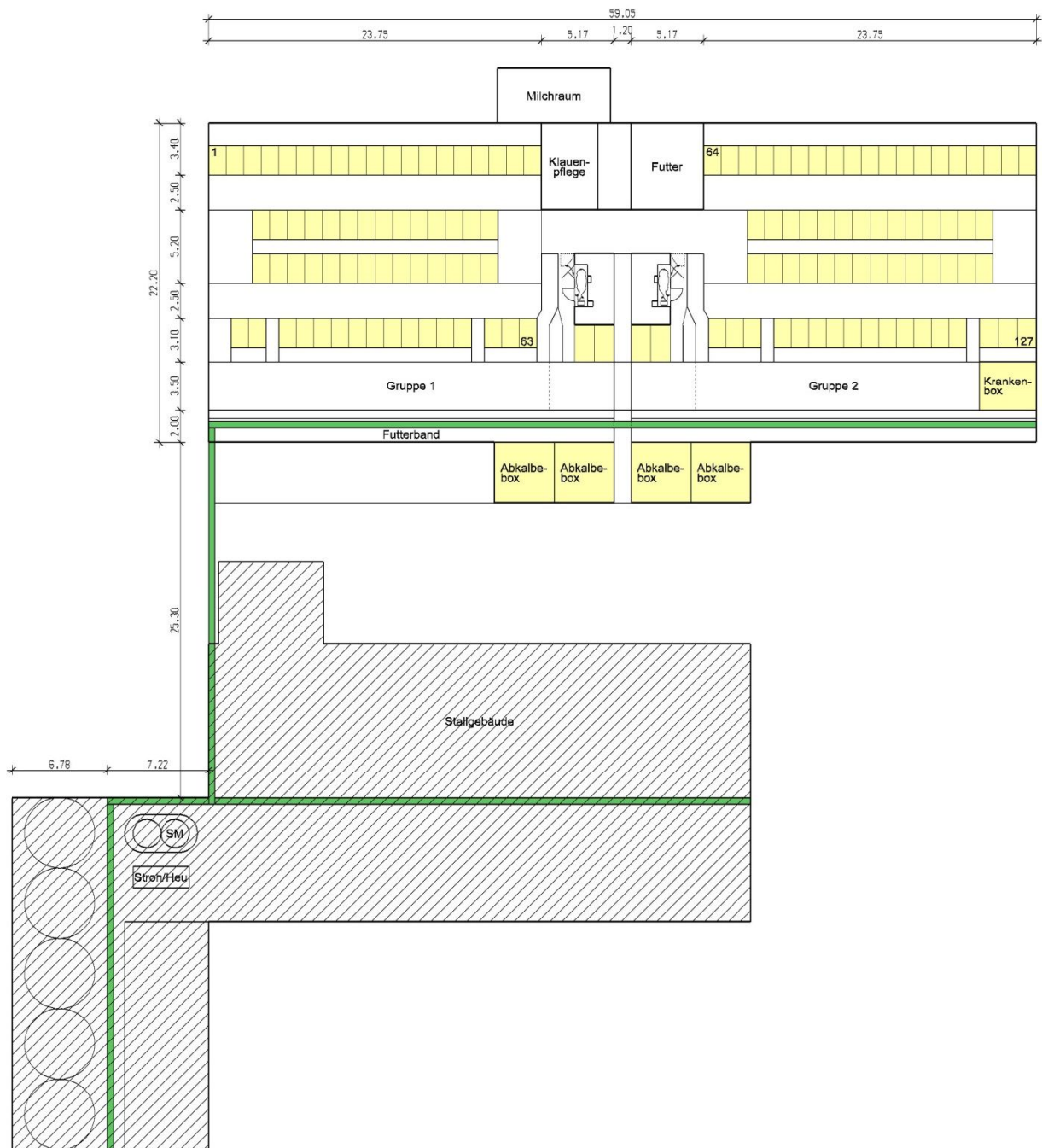


Abb. 63: Übersicht Stallgebäude und automatisches Fütterungsverfahren Betrieb 1 (SM: stationärer Mischer)

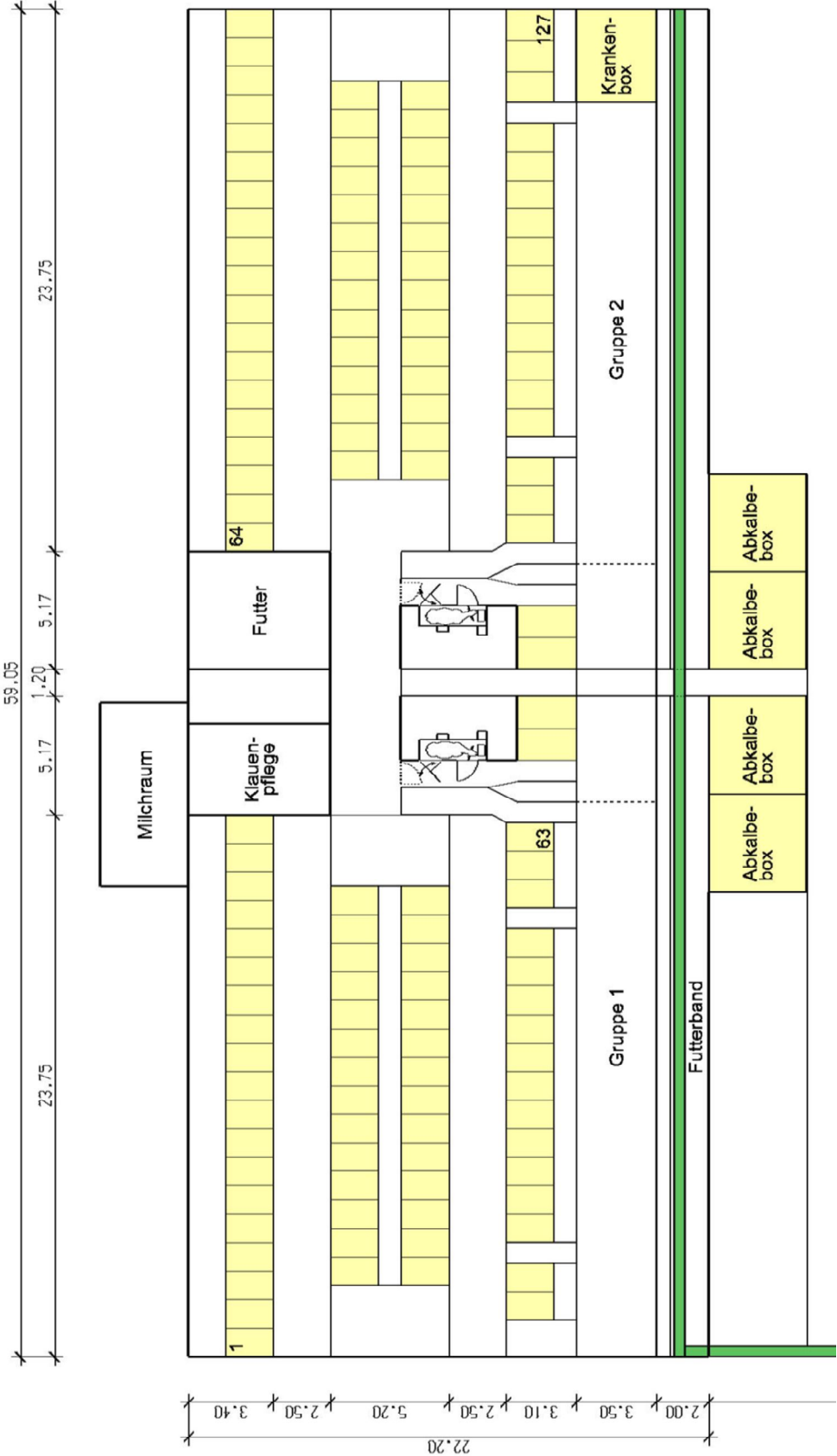


Abb. 64: Stallgrundriss Betrieb 1

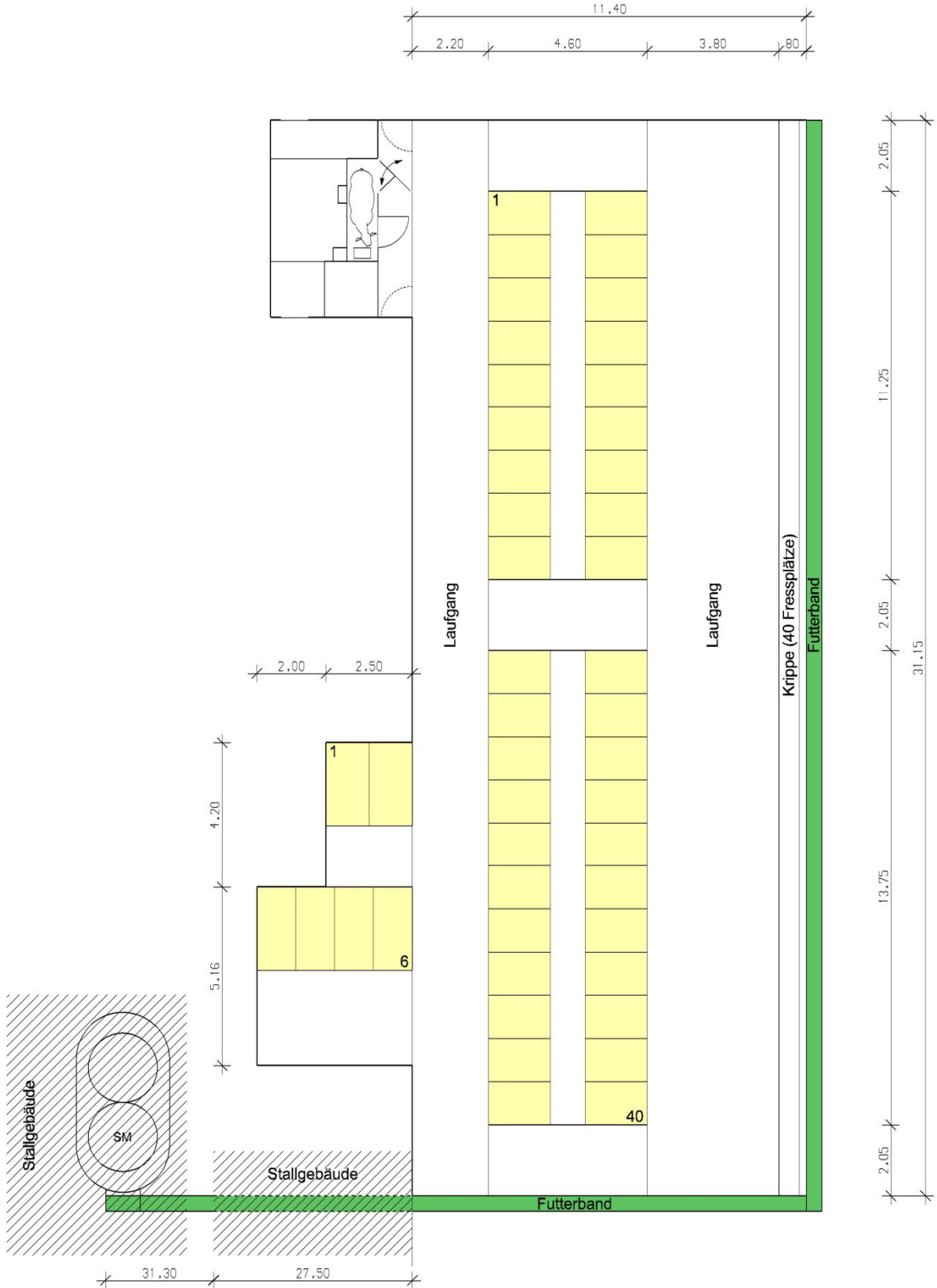


Abb. 65: Stallgrundriss Betrieb 2 (SM: stationärer Mischer)

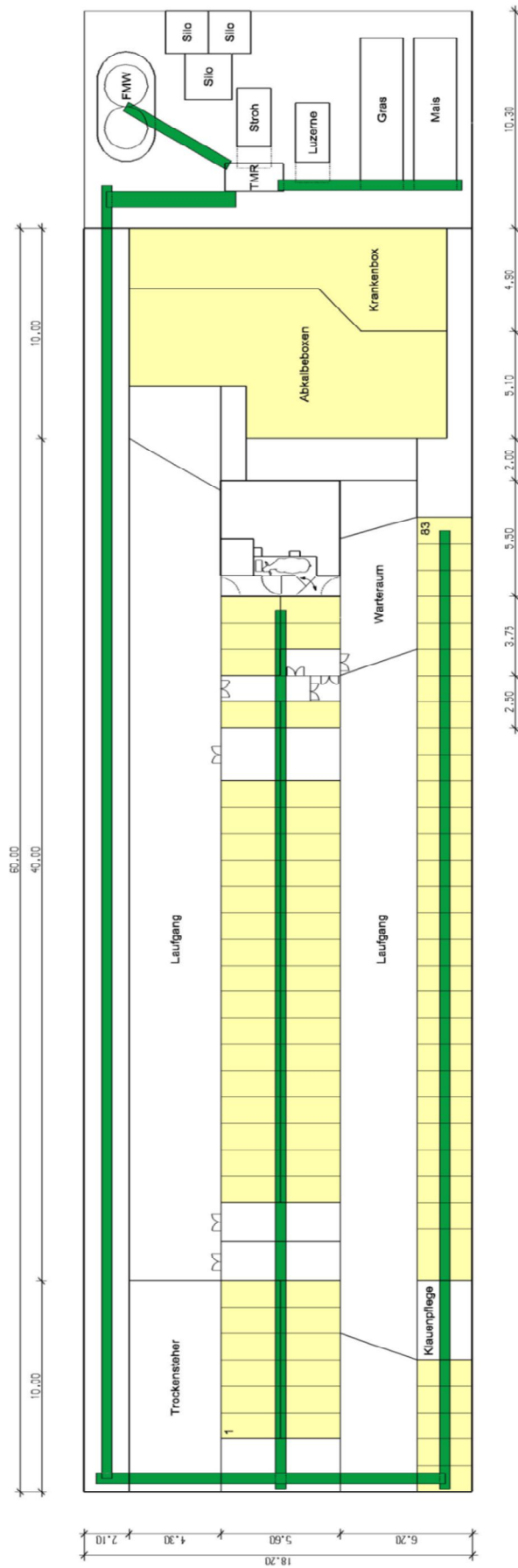


Abb. 66: Stallgrundriss Betrieb 3 (TMR: stationärer Mischer, hier: Pellon TMR Roboter)

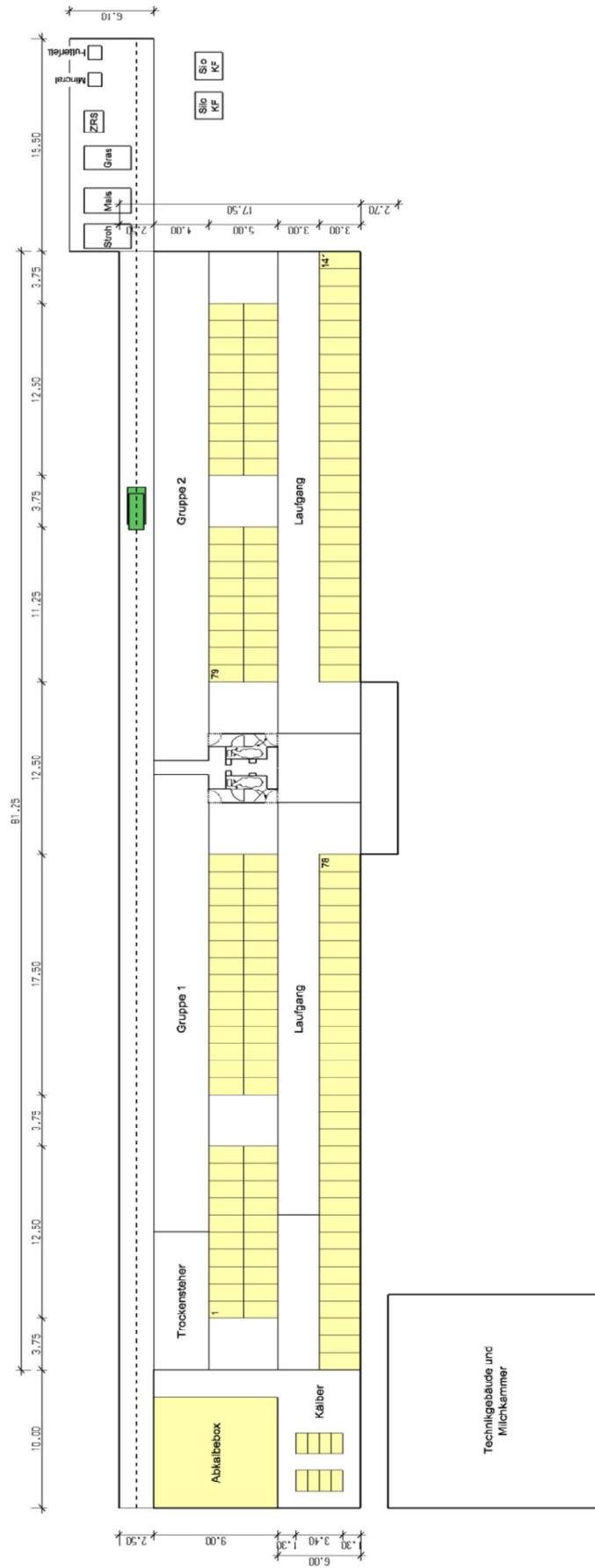


Abb. 67: Stallgrundriss Betrieb 4 (ZRS: Zuckerrübenschnitzel, siliert, KF: Krafffutter)

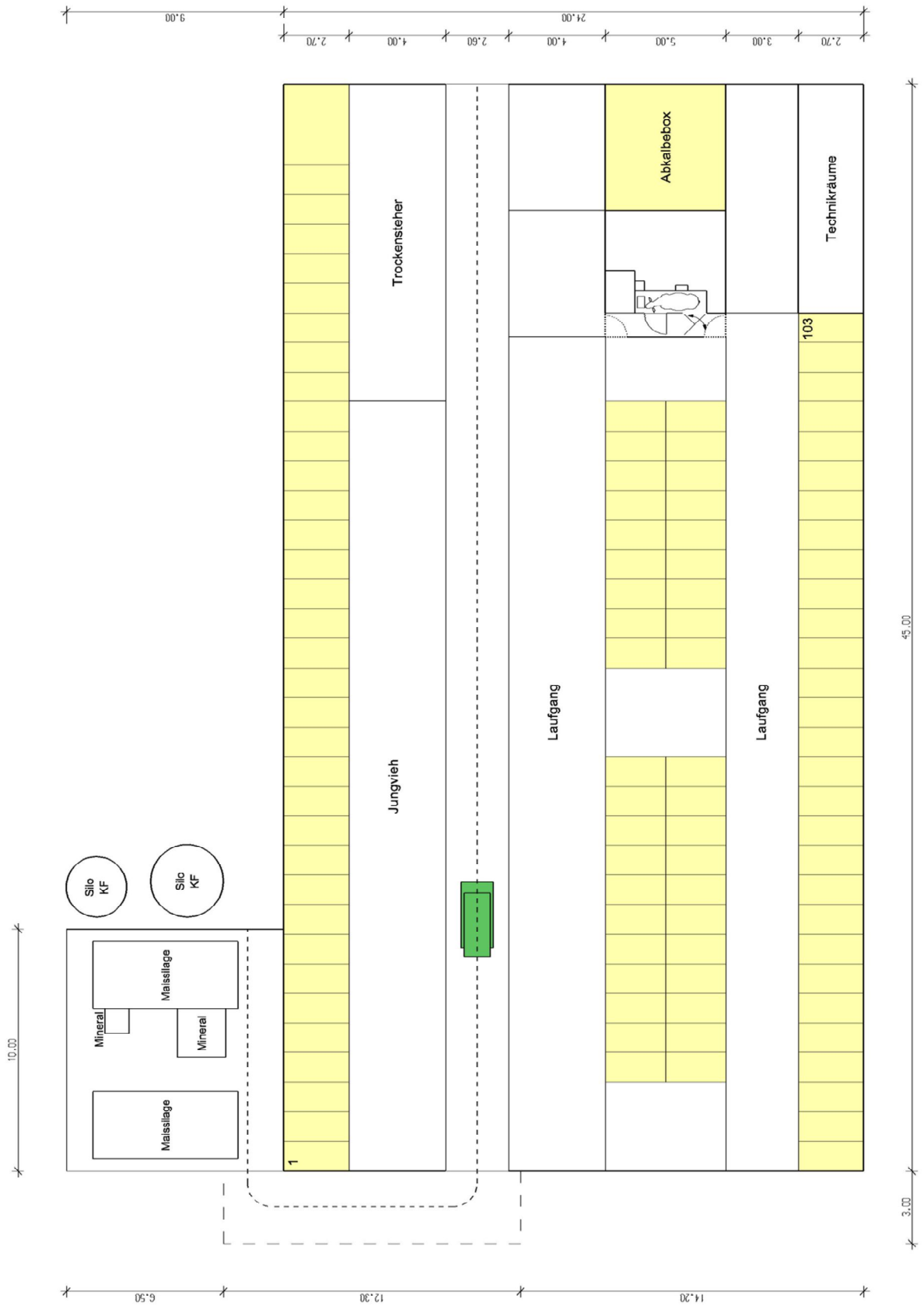


Abb. 68: Stallgrundriss Betrieb 5 (KF: Krafffutter)

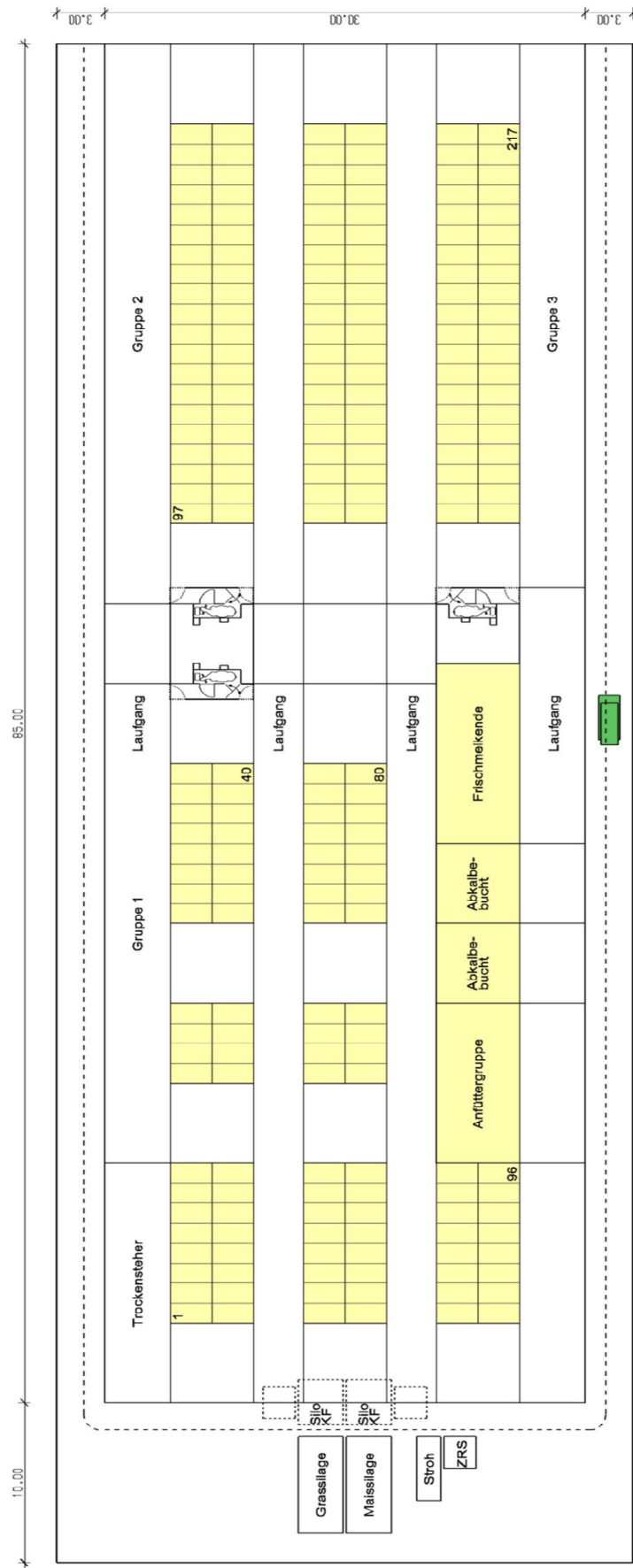


Abb. 69: Stallgrundriss Betrieb 6 (KF: Kraftfutter, ZRS: Zuckerrübenasschnitzel, siliert)

Tab. 72: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP, Posieux, Schweiz) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Winter“ verwendeten Grundfutterkomponenten

Jahr	Versuch	Versuchsblock	Futterkomponente	Untersuchungsparameter																	
				Wasser	TS ⁵	Rohasche (LECO)	Rohprotein nach Kjeldahl	Rohfaser	Saure Detergentfaser	Neutrale Detergentfaser	Stärke	pH-Wert	NEL ⁶	NEV ⁷	Absorbierbares Protein Darm	Absorbierbares Protein aus dem abbaubaren Rohprotein					
				berechnet aus TS	g/kg FS ⁴	g/kg TS ⁵	Thermo-gravimetrie	Kjeldahl	Auflösung, Gravimetrie	g/kg TS ⁵	g/kg TS ⁵	g/kg TS ⁵	Ankom	Extraktion, Polarimetrie	Voltametrie	MJ/kg TS	MJ/kg TS	g/kg	g/kg		
2012	Futterqualität und-hygiene Winter	1	Heu	83	917	103.4	123	235	273	465	-	-	-	-	-	-	5.4	5.4	86	78	
			Grassilage	689	311	180.2	173	234	281	422	-	-	4.4	5.4	5.4	73	109				
			Maissilage-QB ¹	670	330	30	67	226	275	462	329	4.0	6.1	6.2	6.1	41	41				
			Maissilage-HS ²	628	372	33.3	73	188	221	404	356	3.8	6.4	6.6	6.4	45	45				
			Maissilage-FSS ³	614	386	30	68	183	218	398	387	3.9	6.4	6.6	6.3	42	42				
		2	Heu	92.4	907.6	103.2	127	226	281	455	-	-	-	-	-	-	-	5.5	5.5	87	81
			Grassilage	679	321	253.7	158	195	257	375	-	-	4.7	5.1	5.2	67	99				
			Maissilage-QB ¹	634	366	29.6	69	197	254	431	355	3.9	6.3	6.5	6.3	43	43				
			Maissilage-HS ²	615	385	29	69	173	208	373	375	3.8	6.5	6.7	6.4	43	43				
			Maissilage-FSS ³	648	352	33.8	72	169	211	365	366	1.0	6.5	6.7	6.4	45	45				

¹QB: Quaderballen; ²HS: Hochsilio; ³FSS: Folienschlauchsilage; ⁴FS: Frischsubstanz; ⁵TS: Trockensubstanz; ⁶NEL: Nettoenergie Laktation; ⁷NEV: Nettoenergie Wachstum

Tab. 73: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP, Posieux, Schweiz) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Sommer“ verwendeten Grundfutterkomponenten

Jahr	Versuch	Versuchsblock	Futterkomponenten	Untersuchungsparameter											
				Wasser g/kg FS ⁴	TS ⁵ g/kg FS ⁴	Rohasche g/kg TS ⁵	Rohprotein nach Dumas g/kg TS ⁵	Zucker g/kg TS ⁵	Saure Deter- gentien- faser g/kg TS ⁵	Neutrale Deter- gentien- faser g/kg TS ⁵	pH-Wert	NEL ⁶ MJ/kg	NEV ⁷ MJ/kg	Absorbier- bares Protein aus dem abbaubaren Rohprotein g/kg	Absorbier- bares Protein Darm g/kg
2012	Futterqualität und-hygiene Sommer	1	Heu Grassilage Maissilage-QB ¹ Maissilage-HS ² Maissilage-FSS ³	berechnet aus TS			NIR-Büchi				Voltametrie		berechnet		
				91	909	85	141	120	259	468	-	5.7	5.7	92	89
				687	314	96	156	84	250	405	4.5	6.1	6.2	80	99
				621	379	37	74	9	258	435	3.9	6.0	6.1	61	46
				625	375	30	69	13	211	370	3.8	6.3	6.4	63	42
				634	366	31	72	-	209	376	4	6.3	6.5	64	44

¹QB: Quaderballen; ²HS: Hochsilo; ³FSS: Follenschlauchsilage; ⁴FS: Frischsubstanz; ⁵TS: Trockensubstanz; ⁶NEL: Nettoenergie Laktation; ⁷NEV: Nettoenergie Wachstum

Tab. 74: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Chemie (Stuttgart, Deutschland) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Winter“ verwendete Maissilage aus dem Hochsilo für die einzelnen Messdurchgänge und Probenahmen bei der Befüllung (1) und nach 2 Tagen (2)

Untersuchungsparameter	Analyse- methode	Probe- nahme	Messdurchgang																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trockensubstanz [%]	VDLUFA MB III 31.2	1	37.9	37.8	37.5	38.8	38.3	38.1	38.8	38.4	38.5	38.3	39.2	38.8	39.0	38.2	38.6	38.9	39.2	38.7
		2	39.0	38.6	38.0	39.1	39.0	38.8	39.4	38.6	38.1	39.5	39.5	39.5	39.5	38.5	39.3	39.2	39.3	39.4
Rohasche [% TM]	VO (EG) Nr. 152/2009 III M	1	3.4	3.5	3.4	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.2	3.2	3.2	3.1
		2	3.3	3.7	3.3	3.2	3.2	3.3	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.1	3.2	3.4	3.2
Rohprotein [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	7.3	7.2	7.4	7.1	7.3	7.4	7.1	7.3	7.2	7.3	7.1	7.1	7.2	7.4	7.3	7.1	7.2	7.1
		2	7.1	7.5	7.4	7.0	7.3	7.4	7.1	7.3	7.3	7.2	7.1	7.1	7.1	7.2	7.4	7.4	7.1	7.2
Rohfaser [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	18.2	17.9	17.3	18.8	16.7	16.6	17.6	16.9	16.8	16.8	16.9	18.2	16.8	16.6	17.1	17.8	16.7	17.3
		2	17.4	18.5	17.5	17.5	16.8	18.0	17.7	17.7	17.5	16.5	17.4	18.0	17.7	16.7	17.8	17.7	17.5	17.3
Rohfett [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	2.7	2.8	2.9	2.7	2.9	3.0	2.8	2.9	2.8	2.8	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9
		2	2.8	2.8	2.9	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.8	3.0	2.9	2.8	2.8	2.9	2.8	2.8	3.0
Stärke [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	34.3	35.0	35.7	33.2	36.7	37.1	35.7	36.1	36.7	36.5	36.7	33.8	36.6	36.4	35.8	34.7	36.6	35.6
		2	36.1	33.2	35.3	36.2	36.8	33.9	36.0	34.6	34.9	37.2	35.8	34.3	34.7	36.7	33.8	35.0	34.4	35.4
neutrale Detergenzienfaser (oNDF) [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	36.9	37.0	36.1	38.4	35.0	34.7	36.4	35.1	35.2	34.8	34.7	36.9	34.4	34.8	35.0	36.1	34.1	35.8
		2	36.4	37.9	36.7	36.6	35.0	37.3	36.2	36.1	35.9	34.4	35.5	37.0	35.7	34.4	36.2	35.9	35.8	35.4
saure Detergenzienfaser (oADF) [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	20.1	19.7	19.2	20.7	18.5	18.5	19.2	18.5	18.3	18.3	18.3	19.7	18.5	17.8	18.6	19.4	18.1	19.0
		2	19.2	20.4	19.6	19.3	18.5	19.8	19.1	19.5	19.3	18.2	18.9	19.6	19.1	18.3	19.3	19.1	19.1	18.8
ELOS ¹ [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	70.8	71.9	72.1	70.6	72.9	73.0	72.8	73.1	73.5	72.8	73.5	71.2	72.6	73.3	73.0	72.5	72.9	72.6
		2	73.0	70.1	72.3	72.3	72.7	72.2	72.8	71.8	72.2	73.2	72.8	72.1	71.7	73.6	72.1	72.4	71.9	72.7
Umsetzbare Energie (ME) [% TM]		1	11.2	11.3	11.3	11.1	11.4	11.4	11.3	11.4	11.4	11.4	11.4	11.2	11.4	11.4	11.4	11.3	11.4	11.4
		2	11.3	11.1	11.3	11.3	11.4	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.5	11.4	11.3	11.3	11.5	11.3	11.3	11.4
Nettoenergie Laktation (NEL) [% TM]		1	6.8	6.8	6.9	6.7	6.9	7.0	6.9	6.9	6.9	6.9	7.0	6.8	6.9	6.9	6.9	6.9	7.0	6.9
		2	6.9	6.7	6.9	6.8	6.9	6.8	6.9	6.8	6.9	6.8	6.9	7.0	6.8	6.8	7.0	6.9	6.9	6.9

¹ ELOS: enzymlösliche organische Masse

Tab. 75: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Chemie (Stuttgart, Deutschland) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Winter“ verwendete Quaderballenmaissilage für die einzelnen Messdurchgänge und Probenahmen bei der Befüllung (1) und nach 2 Tagen (2)

Untersuchungsparameter	Analyse- methode	Probe nahme	Messdurchgang																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trockensubstanz [%]	VDLUFAMB III 31.2	1	41.9	34.1	39.0	39.4	35.4	38.3	38.0	35.4	32.6	29.6	38.3	41.4	43.8	36.1	39.2	37.7	38.2	39.0
		2	42.5	35.6	36.5	37.1	33.4	36.3	36.6	34.4	37.3	36.9	36.3	41.6	43.6	36.1	37.7	36.1	37.6	39.0
Rohasche [% TM]	VO (EG) Nr. 152/2009 III M	1	3.2	3.3	3.1	2.9	3.2	3.1	3.2	3.4	3.7	3.9	3.1	3.2	3.1	3.2	2.8	3.0	2.9	3.1
		2	3.3	3.2	3.2	3.2	3.3	3.4	3.6	3.5	3.0	3.2	3.2	3.3	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1
Rohprotein [% TM]	VDLUFAMB III 31.2	1	7.2	7.0	7.1	6.7	6.8	6.9	6.9	7.1	7.4	7.6	7.2	7.1	7.2	7.0	6.8	6.8	6.7	7.0
		2	7.0	7.1	7.4	6.9	6.8	6.9	6.8	7.2	6.8	7.0	7.3	7.3	7.3	7.3	7.2	7.1	7.1	7.0
Rohfaser [% TM]	VDLUFAMB III 31.2	1	19.8	19.1	19.4	19.1	20.8	21.4	21.2	20.0	18.9	19.2	20.9	21.2	20.0	22.9	21.8	21.1	20.5	20.8
		2	20.5	19.5	19.3	20.5	20.1	20.2	18.4	19.3	21.8	21.8	19.6	20.3	20.4	20.1	21.7	20.1	21.4	21.2
Rohfett [% TM]	VDLUFAMB III 31.2	1	2.9	2.8	2.9	2.8	2.7	2.7	2.5	2.8	2.7	2.8	2.7	2.7	2.9	2.4	2.6	2.9	2.8	2.8
		2	2.8	3.0	2.7	2.6	2.6	2.8	2.8	2.6	2.8	2.9	2.5	2.6	2.9	2.9	3.0	2.8	2.8	2.6
Stärke [% TM]	VDLUFAMB III 31.2	1	35.2	35.9	36.0	37.4	33.3	32.8	33.4	33.1	34.2	32.1	32.1	32.8	35.3	28.9	32.9	32.6	34.3	33.1
		2	34.2	35.0	34.7	33.6	33.0	34.4	33.5	36.1	36.5	31.7	34.9	33.4	34.5	33.2	30.9	33.6	31.8	31.3
neutrale Detergenzienfaser (oNDF) [% TM]	VDLUFAMB III 31.2	1	42.5	41.1	41.4	41.5	44.0	44.4	44.0	42.4	40.1	39.5	43.4	44.5	42.2	46.7	45.4	43.8	43.3	43.6
		2	43.7	41.4	40.7	43.1	41.2	42.0	42.1	39.4	41.7	45.5	41.8	42.3	42.6	42.6	45.0	42.3	43.4	44.0
saure Detergenzienfaser (oADF) [% TM]	VDLUFAMB III 31.2	1	23.0	22.4	22.7	22.2	24.5	24.8	24.2	23.0	21.6	21.7	24.0	24.3	22.9	26.3	25.0	24.4	23.7	23.8
		2	23.8	22.7	22.1	23.7	23.0	23.2	23.1	21.4	22.5	25.1	22.7	23.1	23.4	23.3	25.0	23.0	24.1	23.8
ELOS ¹ [% TM]	VDLUFAMB III 31.2	1	68.2	67.6	68.9	69.6	65.8	65.9	66.6	68.0	67.9	66.9	66.7	66.6	68.3	64.4	65.7	65.6	67.4	67.6
		2	66.9	67.6	68.8	67.4	66.4	67.3	67.1	69.1	68.8	65.5	68.4	67.6	67.8	67.7	65.8	68.2	66.2	66.9
Umsetzbare Energie (ME) [% TM]		1	10.9	10.9	11.0	11.0	10.7	10.7	10.7	10.9	10.9	10.9	10.8	10.7	10.9	10.4	10.6	10.7	10.8	10.8
		2	10.8	11.0	11.0	10.8	10.7	10.8	10.8	11.0	11.0	11.0	10.6	10.9	10.9	10.9	10.9	10.7	10.9	10.7
Nettoenergie Laktation (NEL) [% TM]		1	6.6	6.6	6.6	6.6	6.4	6.4	6.4	6.4	6.5	6.6	6.6	6.4	6.4	6.6	6.2	6.3	6.4	6.5
		2	6.5	6.6	6.6	6.4	6.4	6.5	6.5	6.7	6.6	6.6	6.3	6.5	6.5	6.5	6.6	6.4	6.5	6.4

¹ ELOS: enzymlösliche organische Masse

Tab. 76: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Chemie (Stuttgart, Deutschland) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Winter“ verwendete Folienschlauchsilage für die einzelnen Messdurchgänge und Probenahmen bei der Befüllung (1) und nach 2 Tagen (2)

Untersuchungsparameter	Analyse- methode	Probe- nahme	Messdurchgang																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trockensubstanz [%]	VDLUFA MB III 31.2	1	39.5	-	39.3	38.1	38.3	38.7	39.6	38.3	37.2	40.0	40.1	37.8	36.4	39.2	37.9	41.6	39.7	39.3
		2	38.4	-	38.8	38.8	37.7	37.8	36.6	39.0	40.5	38.2	38.9	38.4	37.5	38.8	35.8	41.3	36.3	39.9
Rohasche [% TM]	VO (EG) Nr. 152/2009 III M	1	3.4	-	3.1	3.2	3.2	3.1	3.1	3.2	3.4	3.2	3.1	3.2	3.2	3.0	3.2	3.1	3.2	3.3
		2	3.3	-	3.3	3.2	3.9	3.3	3.6	3.2	3.1	3.4	3.2	3.3	3.2	3.2	3.5	3.4	3.7	3.4
Rohprotein [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	7.1	-	7.1	7.5	7.1	7.3	7.1	7.2	7.0	7.0	7.1	7.3	7.4	6.8	7.2	6.9	7.1	7.1
		2	7.0	-	7.2	7.3	7.5	7.5	7.6	7.3	7.3	7.2	7.4	7.4	7.4	6.8	7.2	7.1	7.9	7.0
Rohfaser [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	17.2	-	17.2	16.1	17.7	17.1	17.1	17.9	20.1	17.7	17.8	18.4	17.0	17.1	18.1	17.4	17.0	18.4
		2	18.8	-	18.1	17.0	18.0	17.4	17.3	18.3	16.3	18.2	18.0	17.5	17.4	18.8	18.9	19.1	16.6	19.3
Rohfett [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	3.2	-	3.2	3.2	3.1	3.2	3.1	3.0	3.0	3.3	3.2	3.4	3.1	3.2	3.1	3.2	3.2	3.2
		2	3.0	-	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2	3.2	3.3	3.2	3.1	3.3	3.2	3.1	3.0	3.2	3.3	3.1
Stärke [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	37.5	-	38.5	39.5	37.4	37.9	39.2	36.2	31.8	37.8	37.9	35.3	37.9	39.2	36.6	38.4	38.7	36.0
		2	35.0	-	36.0	38.2	35.3	36.4	36.4	35.3	40.1	35.9	36.5	36.9	37.4	35.1	33.6	34.4	37.2	33.8
neutrale Detergenzienfaser (oNDF) [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	38.0	-	37.6	35.6	37.7	37.5	36.6	37.6	42.7	37.9	37.9	38.9	35.7	36.8	39.0	37.5	37.1	38.6
		2	40.4	-	38.4	36.6	38.4	37.1	37.3	39.8	36.0	38.8	38.7	37.4	36.7	40.1	39.4	39.9	35.9	40.6
saure Detergenzienfaser (oADF) [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	20.1	-	20.1	18.8	20.4	19.9	19.9	20.4	23.4	20.7	20.6	21.4	19.3	19.6	20.9	20.1	19.5	20.9
		2	21.8	-	21.0	19.7	20.6	20.1	20.0	21.6	19.1	21.2	21.1	20.2	20.0	21.5	21.5	21.9	19.0	22.1
ELOS ¹ [% TM]	VDLUFA MB III 31.2	1	72.7	-	72.0	72.7	71.0	71.9	71.8	69.4	68.5	71.2	71.2	69.8	71.4	71.8	70.7	71.5	71.7	70.4
		2	70.0	-	70.2	71.5	70.2	70.9	70.6	69.9	72.3	70.1	71.0	70.6	70.7	69.4	68.8	69.8	71.2	68.9
Umsetzbare Energie (ME) [% TM]		1	11.4	-	11.4	11.5	11.3	11.4	11.4	11.2	11.0	11.4	11.3	11.3	11.4	11.4	11.2	11.4	11.4	11.3
		2	11.1	-	11.3	11.4	11.3	11.3	11.3	11.2	11.5	11.2	11.3	11.4	11.4	11.1	11.1	11.2	11.4	11.1
Nettoenergie Laktation (NEL) [% TM]		1	6.9	-	6.9	7.0	6.8	6.9	6.9	6.8	6.6	6.9	6.9	6.8	6.9	6.9	6.8	6.9	6.9	6.8
		2	6.7	-	6.8	6.9	6.8	6.9	6.9	6.8	7.0	6.8	6.8	6.9	6.9	6.7	6.7	6.8	6.9	6.7

¹ ELOS: enzymlösliche organische Masse

Tab. 77: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Chemie (Stuttgart, Deutschland) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Sommer“ verwendete Maissilage aus dem Hochsilo für die einzelnen Messdurchgänge und Probenahmen bei der Befüllung (1) und nach 2 Tagen (2)

Untersuchungsparameter	Analyse- methode	Probe- nahme	Messdurchgang																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trockensubstanz [%]	VDLUF MB III 31.2	1	37.8	37.8	37.5	37.9	38.2	38.3	37.5	38.0	40.8	38.5	38.4	37.9	37.9	38.4	37.5	37.6	37.0	37.3
		2	39.0	38.1	38.8	40.4	41.2	41.9	38.6	38.0	39.3	38.8	39.9	39.5	38.9	40.9	39.4	42.3	39.0	41.2
Rohasche [% TM]	VO (EG) Nr. 152/2009 III M	1	3.2	3.2	3.3	3.2	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.1	3.3	3.3
		2	3.2	3.3	3.4	3.2	3.3	3.3	3.4	3.2	3.3	3.4	3.2	3.3	3.2	3.4	3.3	3.3	3.4	3.3
Rohprotein [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	7.4	7.5	7.4	7.4	7.3	7.1	7.3	7.2	7.1	7.2	7.2	7.1	7.0	7.0	7.2	7.1	7.0	7.2
		2	7.5	7.7	7.5	7.3	7.3	7.2	7.2	7.2	7.3	7.1	7.2	7.0	7.1	7.0	7.0	7.1	7.1	7.2
Rohfaser [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	16.8	17.1	16.7	16.3	16.7	17.1	17.8	16.5	17.0	15.3	16.5	17.2	17.1	16.9	16.3	16.1	15.3	15.9
		2	15.8	16.6	17.4	16.4	17.0	16.7	18.1	15.8	16.2	16.0	16.5	16.2	16.8	17.7	16.4	16.9	15.8	16.6
Rohfett [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	2.9	2.8	2.8	2.9	3.0	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	2.8	2.8	3.0	2.9	3.0	3.1	3.0	3.0
		2	2.9	2.9	2.9	3.0	2.9	3.1	2.9	3.0	2.9	3.0	2.9	3.0	3.1	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2
Stärke [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	37.1	36.3	37.4	38.2	37.4	37.4	35.2	38.3	40.5	41.0	38.4	36.7	37.2	37.7	38.5	39.0	40.5	39.2
		2	39.6	37.4	36.8	41.1	40.3	40.4	38.0	39.6	41.3	41.8	41.1	40.5	38.5	39.1	39.0	40.0	41.2	40.6
neutrale Detergenzienfaser (oNDF) [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	34.5	35.4	34.5	33.4	34.5	35.0	35.8	34.1	36.1	32.3	34.9	35.4	35.0	34.6	33.8	33.2	31.6	32.8
		2	32.9	34.5	35.8	34.9	36.5	36.0	38.0	32.9	35.1	34.4	36.1	34.9	35.1	37.4	33.9	35.9	34.3	35.3
saure Detergenzienfaser (oADF) [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	18.3	18.8	18.2	17.8	18.6	18.9	19.5	18.3	19.5	16.9	17.9	18.8	19.0	18.5	18.0	17.9	16.8	17.5
		2	17.4	18.2	19.5	18.7	19.5	19.3	20.6	17.5	18.4	18.1	18.9	18.5	19.2	20.5	18.3	19.4	18.2	19.0
ELOS ¹ [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	73.4	73.0	73.3	74.2	73.2	73.5	72.8	73.9	72.2	75.0	74.2	73.0	73.0	73.4	73.7	73.7	74.3	73.8
		2	74.5	73.6	72.8	74.2	72.7	73.5	71.4	74.5	73.4	73.1	73.6	73.1	72.9	71.5	73.3	73.2	73.6	72.4
Umsetzbare Energie (ME) [% TM]		1	11.5	11.4	11.4	11.5	11.5	11.4	11.4	11.5	11.4	11.7	11.5	11.4	11.4	11.5	11.5	11.5	11.6	11.6
		2	11.6	11.5	11.4	11.5	11.4	11.5	11.2	11.6	11.4	11.4	11.5	11.4	11.5	11.3	11.5	11.5	11.5	11.4
Nettoenergie Lakation (NEL) [% TM]		1	6.9	6.9	6.9	7.0	6.9	6.9	6.8	7.0	6.8	7.1	6.9	6.9	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0
		2	7.0	6.9	6.9	7.0	6.9	6.9	6.7	7.0	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.8	7.0	6.9	7.0	6.9

¹ ELOS: enzymlösliche organische Masse

Tab. 78: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Chemie (Stuttgart, Deutschland) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Sommer“ verwendete Quaderballenmaissilage für die einzelnen Messdurchgänge und Probenahmen bei der Befüllung (1) und nach 2 Tagen (2)

Untersuchungsparameter	Analyse- methode	Probe- nahme	Messdurchgang																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trockensubstanz [%]	VDLUF MB III 31.2	1	41.4	42.5	42.8	36.0	38.6	37.7	40.7	40.6	38.2	40.8	41.1	42.0	39.0	37.9	40.0	36.8	36.9	38.4
		2	41.1	43.2	44.5	40.1	35.8	34.8	42.8	37.9	39.0	39.2	41.1	41.3	-	41.0	34.2	-	37.3	38.4
Rohasche [% TM]	VO (EG) Nr. 152/2009 III M	1	3.2	3.1	3.3	3.4	3.3	3.0	3.2	3.0	3.4	2.8	2.8	2.7	3.3	3.1	2.9	3.6	3.3	3.3
		2	3.4	3.1	3.1	3.2	3.6	3.4	3.2	3.2	3.3	3.0	3.0	2.8	3.0	-	3.3	3.4	-	3.3
Rohprotein [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	7.7	7.3	7.6	7.8	6.4	7.3	7.0	6.9	7.4	7.0	7.0	6.5	7.0	7.0	6.7	7.5	7.6	7.3
		2	7.7	7.6	7.3	6.7	6.7	7.5	7.3	7.5	7.1	7.3	7.0	6.8	-	7.2	7.6	-	7.3	7.3
Rohfaser [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	20.8	20.4	21.0	16.8	20.6	20.2	22.4	19.1	21.7	19.5	18.9	19.3	21.8	19.9	20.5	23.4	16.1	21.0
		2	22.2	19.6	19.0	19.4	18.0	17.8	19.0	16.6	21.5	18.5	19.0	21.3	-	21.3	20.6	-	19.3	20.8
Rohfett [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	3.0	2.9	2.9	3.2	3.0	2.9	2.8	3.0	2.7	2.7	2.6	2.7	2.5	2.8	2.7	2.6	3.3	2.7
		2	2.7	3.0	3.0	3.1	3.1	2.9	3.0	3.3	2.4	2.6	2.6	2.4	-	2.7	2.6	-	2.8	2.6
Stärke [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	32.0	33.6	31.9	38.1	35.1	34.7	29.5	37.6	32.0	35.5	36.9	36.1	32.3	34.0	33.5	29.3	38.0	33.6
		2	29.3	34.9	36.5	37.1	38.8	37.7	36.2	39.1	31.9	36.1	36.3	31.1	-	33.3	32.1	-	35.2	32.8
neutrale Detergenzienfaser (oNDF) [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	43.3	43.0	43.8	36.0	43.1	41.9	45.4	40.5	44.0	41.3	40.8	42.3	44.6	41.9	43.1	47.6	34.2	42.6
		2	45.6	40.9	39.8	40.2	37.8	37.8	39.5	35.9	44.1	39.8	40.6	44.5	-	43.8	42.0	-	39.7	42.7
saure Detergenzienfaser (oADF) [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	23.8	23.6	24.4	19.5	23.8	23.5	25.8	22.6	25.1	22.2	21.9	22.2	25.0	22.8	23.8	26.8	18.4	24.3
		2	25.4	22.6	21.7	22.4	20.4	20.6	21.8	19.2	24.5	21.2	22.0	24.1	-	24.5	23.1	-	22.1	23.8
ELOS ¹ [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	66.5	67.2	64.9	70.2	66.4	66.6	63.9	69.1	63.2	68.7	69.4	69.3	64.4	67.9	66.9	61.8	72.6	64.7
		2	64.4	67.9	68.7	68.3	69.9	69.1	68.5	72.3	65.2	69.8	68.6	67.1	-	65.1	65.9	-	67.3	65.3
Umsetzbare Energie (ME) [% TM]		1	10.8	10.9	10.7	11.3	10.8	10.9	10.6	11.1	10.5	10.9	10.9	10.9	10.5	10.9	10.8	10.3	11.6	10.6
		2	10.6	11.0	11.1	11.1	11.2	11.1	11.1	11.1	11.5	10.5	11.0	10.9	10.6	-	10.6	10.7	-	10.9
Nettoenergie Laktation (NEL) [% TM]		1	6.5	6.5	6.4	6.8	6.4	6.5	6.2	6.6	6.2	6.5	6.5	6.5	6.2	6.5	6.4	6.1	7.0	6.3
		2	6.3	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.6	6.9	6.2	6.6	6.6	6.5	6.3	-	6.3	6.3	-	6.5

¹ ELOS: enzymlösliche organische Masse

Tab. 79: Übersicht der Analyseergebnisse vom Labor der Landesanstalt für Chemie (Stuttgart, Deutschland) der im Versuch PT 3 „Futterqualität und -hygiene Sommer“ verwendete Folienschlauchmaissilage für die einzelnen Messdurchgänge und Probenahmen bei der Befüllung (1) und nach 2 Tagen (2)

Untersuchungsparameter	Analyse- methode	Probe- nahme	Messdurchgang																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trockensubstanz [%]	VDLUF MB III 31.2	1	39.0	38.0	38.2	37.9	39.2	38.1	37.6	39.4	42.7	39.2	39.3	36.8	36.6	39.0	39.3	38.7	36.7	40.6
		2	38.0	38.7	41.8	38.3	40.6	41.3	39.9	-	38.1	40.1	38.7	40.1	37.3	41.2	41.3	40.9	40.6	44.5
Rohasche [% TM]	VO (EG) Nr. 152/2009 III M	1	3.1	3.1	3.2	3.3	3.2	3.3	3.3	3.4	-	3.5	3.3	3.2	3.4	3.2	3.1	2.9	3.4	3.0
		2	3.3	3.3	3.5	3.3	3.3	3.4	3.4	-	3.5	3.3	3.4	3.6	3.5	3.3	3.6	3.4	3.3	3.4
Rohprotein [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	7.6	7.5	7.5	6.8	7.3	7.4	7.3	7.3	7.6	7.3	7.2	7.7	7.6	7.3	7.5	6.7	7.4	7.2
		2	7.9	7.6	7.4	7.4	7.4	7.2	7.4	-	7.6	7.5	7.0	7.9	7.6	7.3	7.3	7.4	7.0	7.3
Rohfaser [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	18.0	16.6	17.2	20.0	17.0	16.4	18.8	17.1	17.3	16.7	17.3	15.7	18.2	16.9	17.5	17.2	21.4	17.0
		2	16.5	17.6	19.0	16.9	17.6	18.2	18.0	-	16.8	18.8	18.8	16.8	16.8	17.3	18.3	20.4	18.3	19.6
Rohfett [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	3.2	3.3	3.1	3.0	3.3	3.2	3.1	3.4	3.2	3.1	3.2	3.4	3.2	3.3	3.4	3.3	2.7	3.3
		2	3.4	3.4	3.1	3.3	3.3	3.2	3.3	-	3.2	3.2	3.0	3.1	3.4	3.2	3.1	3.2	3.2	3.3
Stärke [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	36.4	39.3	37.9	35.6	39.0	39.7	35.0	38.4	39.7	40.3	39.4	40.2	35.5	38.5	37.3	40.1	30.9	38.7
		2	38.8	38.0	37.5	39.3	38.4	38.9	38.3	-	39.2	35.2	38.0	40.2	38.3	37.6	34.0	37.0	35.1	36.7
neutrale Detergenzienfaser (oNDF) [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	38.6	35.8	37.7	41.5	36.1	35.2	38.9	36.7	38.0	36.1	37.3	34.9	38.4	36.3	37.2	37.3	43.7	36.6
		2	36.6	38.4	41.1	36.7	37.6	40.0	39.2	-	36.9	40.3	40.5	37.6	37.6	38.9	43.1	39.6	42.1	41.5
saure Detergenzienfaser (oADF) [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	20.9	19.3	19.9	23.1	19.7	18.9	21.5	20.1	20.5	19.1	20.1	18.4	21.0	19.7	20.3	20.2	24.6	19.6
		2	19.5	21.0	22.6	19.9	20.7	21.8	21.5	-	19.7	22.0	21.7	19.7	20.6	21.6	23.9	21.6	22.9	22.4
ELOS ¹ [% TM]	VDLUF MB III 31.2	1	69.9	72.1	71.7	67.4	72.1	72.6	69.6	71.5	70.4	72.2	71.5	72.9	70.1	71.7	71.3	70.9	64.3	71.7
		2	71.4	70.6	68.4	70.9	71.3	69.3	69.3	-	70.3	68.8	68.6	69.9	70.0	69.7	66.4	68.8	68.3	68.8
Umsetzbare Energie (ME) [% TM]		1	11.2	11.5	11.3	10.9	11.5	11.2	11.4	11.4	11.3	11.4	11.4	11.6	11.3	11.4	11.4	11.4	10.6	11.4
		2	-	11.3	11.0	11.4	11.4	11.2	11.2	-	11.3	11.1	11.0	11.2	11.3	11.2	10.9	11.1	11.0	11.1
Nettoenergie Laktation (NEL) [% TM]		1	6.8	6.9	6.8	6.5	6.9	7.0	6.7	6.9	6.8	6.9	6.8	7.0	6.8	6.9	6.9	6.9	6.3	6.9
		2	6.9	6.8	6.6	6.9	6.9	6.7	6.7	-	6.8	6.7	6.6	6.8	6.8	6.7	6.5	6.7	6.6	6.7

¹ELOS: enzymlösliche organische Masse

Lebenslauf

Anne Grothmann

Persönliches

Geboren am 30. Juli 1985
in Stade, Deutschland
Ledig

Berufliche Tätigkeiten

- Seit 05/2014 **Referentin**
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
53179 Bonn
Projekträger BLE, Referat Innovationsförderung
- 04/2010 – 03/2014 **Doktorandin**
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon,
CH-8356 Ettenhausen
Fachbereich „Bau, Tier und Arbeit“
Thema: „Einflüsse automatischer Fütterungssysteme in der Milchviehhaltung auf Tier und Mensch“
- 06/2009 – 03/2010 **Nachdiplompraktikantin**
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz- Tänikon,
CH-8356 Ettenhausen
Fachbereich „Bau, Tier und Arbeit“
Projekt „Optimierung Tierhaltung“ und „Arbeitswirtschaft“

Studium und Ausbildung

- 10/2007 – 05/2009 **Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**
Agrarwissenschaften, Fachrichtung Nutztierwissenschaften,
Schwerpunkt Milcherzeugung
Masterarbeit: „Erhebung zum Stand der Technik bei Systemen zur automatischen Futtervorlage (Grundfutter und Mischrationen) in Milchviehbetrieben“
- 10/2004 – 09/2007 **Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**
Agrarwissenschaften, Fachrichtung Nutztierwissenschaften
Bachelorarbeit: „Milchinhaltstoffe – Exogene Einflüsse und Analyseverfahren“
- 1997 – 2004 **Gymnasium Warstade, Hemmoor**
- 1995 - 1997 **Orientierungsstufe Freiburg/Elbe**
- 1991 - 1995 **Grundschule Balje**

studienbegleitende Tätigkeiten

- 09/2008 – 12/2008 **Praktikum**
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz- Tänikon,
CH-8356 Ettenhausen
Fachbereich „Bau, Tier und Arbeit“, Projekt „Optimierung Tierhaltung“
- 01/2008 – 06/2008 **Studentische Hilfskraft**
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Projekt „Biogas Expert“
- 09/2007 **Praktikum**
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Bezirksstelle Bremervörde, Fachgruppe Tierhaltung
- 02/2007 **Ausbildereignungsprüfung Landwirtschaft**
- 10/2004 – 05/2009 **gewähltes Mitglied der Fachschaft der Agrar- und**
Ernährungswissenschaftlichen Fakultät

Bonn, den 29.01.2015

