



Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und
Umwelt

Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik

Verhalten von Milchkühen bei statischen und dynamischen Fütterungskonzepten in automatisierten Stallsystemen

Rosemarie Oberschätzl-Kopp

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Agrarwissenschaften

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. Wilhelm Windisch

Prüfende der Dissertation: 1. Prof. Dr. Heinz Bernhardt
2. Hon.-Prof. Dr. Klaus Reiter

Die Dissertation wurde am 25.10.2017 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 02.03.2018 angenommen.

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XI
1. Einleitung	15
2. Stand des Wissens	17
2.1 Automatische Fütterungssysteme	17
2.1.1 Verbreitung der Anlagen	17
2.1.2 Techniküberblick	18
2.1.3 Potenziale und Systemgrenzen	20
2.1.3.1 Kapazität	20
2.1.3.2 Management und Steuerung von AFS	21
2.2 Verhalten des Rindes	22
2.2.1 Sozialverhalten	23
2.2.2 Futteraufnahmeverhalten	24
2.2.2.1 Tagesrhythmus und Einflussfaktoren	24
2.2.2.2 Beschreibung des Futteraufnahmeverhaltens	30
2.2.3 Ruhe- und Aktivitätsverhalten	34
2.2.4 Melkverhalten in automatisierten Systemen	39
2.3 Folgerungen aus der Auswertung der Literaturergebnisse	44
3. Problemstellung	47
4. Zielstellung	48
5. Tiere, Material und Methoden	49
5.1 Versuch zum Einfluss der Fütterungsfrequenz	49
5.1.1 Untersuchungsbetrieb und -herde	49
5.1.2 Versuchsdurchführung und Datenerfassung	50
5.1.3 Datenaufbereitung und -auswertung	53
5.2 Versuch zum Einfluss statischer und dynamischer Fütterungs- und Nachschiebezeiten	54
5.2.1 Untersuchungsbetrieb und -herde	54
5.2.1.1 Stallkonzept	54

5.2.1.2	Melken und Füttern.....	56
5.2.1.3	Tiere	58
5.2.2	Versuchsplan.....	59
5.2.3	Versuchsdurchführung.....	65
5.2.3.1	Allgemeine Versuchsparameter	66
5.2.3.2	Datenerfassung	68
5.2.3.3	Ethologische Parameter.....	69
5.2.3.4	Tierindividuelle Parameter	72
5.2.3.5	Futterparameter	73
5.2.3.6	Allgemeine Managementdaten und sonstige Parameter	73
5.3	Datenaufbereitung und –auswertung	75
5.3.1	Auswahl der Tiere und Versuchstage	75
5.3.2	Aufbereitung der Positionsdaten	76
5.3.2.1	Futteraufnahmeverhalten.....	76
5.3.2.2	Liegeverhalten	78
5.3.2.3	Melkverhalten	79
5.3.3	Einteilung der Herde in Untergruppen.....	80
5.3.4	Statistische Auswertung.....	81
6.	Ergebnisse	84
6.1	Versuch zum Einfluss der Fütterungsfrequenz.....	84
6.2	Versuch zum Einfluss statischer und dynamischer Fütterungs- und Nachschiebezeiten	87
6.2.1	Versuchsdurchführung.....	87
6.2.1.1	Fütterungs- und Nachschiebeintervalle	87
6.2.1.2	Futtermengen im Trog und Futterreste	88
6.2.2	Futteraufnahmeverhalten.....	90
6.2.2.1	Anteil der Tiere am Fressplatz im Tagesverlauf	90
6.2.2.2	Zusammenhang zwischen Anteil der Tiere am Fressplatz und Futtermenge im Trog.....	99
6.2.2.3	Anzahl der Aufenthalte am Fressplatz	101
6.2.2.4	Aufenthaltsdauer im Fressbereich	103
6.2.2.5	Einflussfaktoren auf die Anwesenheit im Fressbereich	105
6.2.2.6	Mahlzeiten	108
6.2.3	Liegeverhalten	114
6.2.3.1	Anteil der Tiere im Liegebereich im Tagesverlauf	114
6.2.3.2	Anzahl und Dauer der Aufenthalte im Liegebereich sowie der Liegeperioden.	120
6.2.3.3	Einflussfaktoren auf das Liegeverhalten	123

6.2.4	Melkverhalten	128
6.2.4.1	Verlauf der Melkungen im Tagesverlauf.....	128
6.2.4.2	Melkparameter.....	133
6.2.4.3	Einflussfaktoren auf das Melkverhalten.....	137
7.	Diskussion	140
7.1	Versuch zum Einfluss der Fütterungsfrequenz.....	140
7.1.1	Versuchsdurchführung.....	140
7.1.2	Tierverhalten.....	140
7.1.2.1	Futteraufnahmeverhalten.....	140
7.1.2.2	Liegeverhalten	141
7.1.2.3	Melkverhalten im AMS	142
7.2	Versuch zum Einfluss statischer und dynamischer Fütterungs- und Nachschiebezeiten	142
7.2.1	Versuchsdurchführung.....	142
7.2.1.1	Untersuchungsbetrieb.....	142
7.2.1.2	Versuchsdesign	143
7.2.1.3	Datenerfassung und –aufbereitung.....	143
7.2.1.4	Datenauswertung	145
7.2.2	Tierverhalten.....	146
7.2.2.1	Vergleich der statischen und dynamischen Versuchsphasen.....	146
7.2.2.2	Vergleich der Versuchsphasen mit sieben Fütterungszeiten sowie vier Fütterungszeiten und drei Nachschiebevorgängen	153
7.2.3	Empfehlungen zum Fütterungsmanagement mit einem AFS	158
8.	Schlussfolgerungen	161
9.	Zusammenfassung	165
10.	Summary	168
11.	Literaturverzeichnis.....	171
12.	Anhang	182

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Verbreitung automatischer Fütterungssysteme in Bayern, Deutschland, Europa und weltweit von 2012 - 2015 (Angaben von 8 Herstellern jeweils zu Jahresbeginn) (OBERSCHÄTZL et al., 2015c)	17
Abbildung 2: Techniken in der Prozesskette zur Realisierung verschiedener Automatisierungsstufen der Fütterung (HAIDN et al., 2013)	18
Abbildung 3: Systeme für die automatische Mischfuttermischung (nach WENDL, 2011b)	19
Abbildung 4: Übersicht der Dauer und Häufigkeiten des Schlafverhaltens, der motorischen Aktivität, des Futteraufnahmeverhaltens und des Komfortverhaltens beim Rind (TILGER, 2005)	23
Abbildung 5: Anteil der Tiere am Fressplatz im Tagesverlauf bei sechs bzw. elf Futtermischungen am Tag und den jeweils vorgelegten Anteilen der Ration (%) (n=4 d, n= 93 Kühe) (MATTACHANI et al., 2015)	27
Abbildung 6: Definition von Mahlzeiten bei Rindern (verändert nach TÖLLE et al., 2002)	30
Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der logarithmierten Intervalllängen innerhalb und zwischen den Mahlzeiten und Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion mit drei Verteilungen (nach Abbildung 2c in YEATES et al., 2002)	32
Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung der Zwischenmelkzeiten im AMS (n=35.000) (SPOLDERS, 2002)	39
Abbildung 9: Vier Varianten des Tierumtriebs beim Einsatz automatischer Melksysteme (HARMS und WENDL, 2009)	41
Abbildung 10: Liegebereich und automatisches Fütterungssystem im AMS-Stall der LLA Triesdorf	50
Abbildung 11: Im Stall montierte Kamera und darunter angebrachter Ubisense Series 7000 Sensor, Kuh mit Halsband und befestigtem Transponder einschließlich Kunststoffgehäuse (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a)	51
Abbildung 12: Aufbau des Liegeboxenlaufstalls und Positionierung der Erfassungstechnik in den LLA Triesdorf (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a)	52
Abbildung 13: Selektions-, Warte- und Nachselektionsbereich im Praxisbetrieb	55
Abbildung 14: Vorratsbehälter, Mineralstoffdosierer, Kraftfuttersilo und Futterverteilwagen beim Futterdosieren am stationären Mischer	57
Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung der BCS-Bewertungen der Kühe vor und nach den Untersuchungsperioden eingeteilt in BCS-Gruppen	59
Abbildung 16: Zeitpunkte der Mischungserstellung und Futtermischung des AFS im Praxisbetrieb sowie den resultierenden Zeitfenstern zur Dynamisierung	61
Abbildung 17: Ermittlung der Ausprägung des Futterschwads im Trog und des weggeschobenen Futterrests mit Hilfe einer Messlatte	63
Abbildung 18: Bewertungsbeispiele der prozentualen Trogfüllung von 100 % und 50 % sowie einem weggeschobenen Futterrestanteil von 5 %	63

Abbildung 19:	Veranschaulichung der kumulierten Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz sowie der Tierzahlen einschließlich des Schwellenwerts, der bisherigen Fütterungszeiten sowie der Angabe zu der Verschiebung der Fütterungszeiten an zwei ausgewählten Tagen (25.12. und 26.12.2014).....	64
Abbildung 20:	Verlauf der Stundentemperatur im Mittel der Versuchstage (n=3 d) je Versuchsphase (n=8).....	68
Abbildung 21:	Metallplatte am Transponder, Befestigung mit Sporenriemchen am Halsband, dorsale Positionierung des Transponders über Tauchergewicht und Befestigung des Verschlusses über Panzertape ...	70
Abbildung 22:	Analyse der Positionsbestimmung in einer Kreisbahn beispielhaft im Warteraum und Selektionsbereich im Untersuchungsbetrieb	71
Abbildung 23:	Darstellung der erfassten x- und y-Koordinaten sowie des berechneten Radius der über das RTLS erfassten Kreisbahn im Warteraum während der Validierung der Positionsgenauigkeit	71
Abbildung 24:	Messen der Rückenfettdicke einer Kuh während der BCS-Bewertung durch zwei geschulte Personen	73
Abbildung 25:	Stallgrundriss des Praxisbetriebs und Positionierung der eingesetzten Erfassungstechniken.....	75
Abbildung 26:	Übersicht der Anzahl Positionsdaten vor und nach der Datenverarbeitung mit dem Algorithmus <i>RP_Datenverdichtung</i> während der Hauptuntersuchungen im Praxisbetrieb.....	76
Abbildung 27:	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (grüne Kurve) bestehend aus zwei Gauss- und einer Weibullverteilung (rote Kurven) der beobachteten Häufigkeitsverteilung der \log_e -transformierten Intervalle zwischen den Fressplatzbesuchen (blaue Balken) beispielhaft für ein Tier.....	78
Abbildung 28:	Häufigkeitsverteilung der Intervalle zwischen den Liegebereichsaufenthalten der Tiere exemplarisch zusammenfassend dargestellt für zwei Versuchstage.....	79
Abbildung 29:	Interpretation des Whisker-Boxplots (nach HEDDERICH und SACHS, 2012)	83
Abbildung 30:	Relativer Anteil von Tieren im Fressbereich bei 6x und 2x Füttern nach Videoauswertungen (Versuchsphase 1: n= 46 Kühe; Versuchsphase 2: n=56 Kühe; n= 3 d je Phase) (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a)	85
Abbildung 31:	Tagesverlauf der im Trog vorhandenen Futtermenge und des weggeschobenen Futterrests während eines ausgewählten Tages (06.07.15) in Versuchsphase S-dyn 1	89
Abbildung 32:	Tagesverlauf der im Trog vorhandenen Futtermenge und des weggeschobenen Futterrests während eines ausgewählten Tages (23.07.15) in Versuchsphase S-dyn 2	89
Abbildung 33:	Anteil Tiere am Fressplatz während der Versuchsphasen Winter statisch 1 (n=3 d, n= 79 Kühe) und Winter dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und -untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung	91

Abbildung 34:	Anteil Tiere am Fressplatz während der Versuchsphasen Sommer statisch 1 (n=3 d, n= 78 Kühe) und Sommer dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und –untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung	93
Abbildung 35:	Anteil Tiere am Fressplatz während der Versuchsphasen Winter statisch 2 (n=3 d, n= 80 Kühe) und Winter dynamisch 2 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungs- und Nachschiebezeitpunkte, Sonnenauf- und –untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung	95
Abbildung 36:	Anteil Tiere am Fressplatz während der Versuchsphasen Sommer statisch 2 (n=3 d, n= 78 Kühe) und Sommer dynamisch 2 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 79 Kühe) unter Angabe der Fütterungs- und Nachschiebezeitpunkte, Sonnenauf- und –untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung	96
Abbildung 37:	Anteil der Tiere am Fressplatz einschließlich Standardabweichung in den ersten 60 min nach Fütterungsbeginn (n=7 Fütterungen) während der Versuchsphasen W-stat 1, W-dyn 1, S-stat 1 und S-dyn 1 (n=3 d)	97
Abbildung 38:	Anteil der Tiere am Fressplatz in den ersten 60 min nach Fütterungs- (n=4 Vorgänge) bzw. Nachschiebebeginn (n=3 Vorgänge) während der Versuchsphasen S-stat 2 und S-dyn 2 (n=3 d)	98
Abbildung 39:	Tagesverlauf des Anteils der Tiere am Fressplatz und der im Trog verfügbaren relativen Futtermenge während eines ausgewählten Tages (20.02.15) in Versuchsphase W-dyn 1	100
Abbildung 40:	Tagesverlauf des Anteils der Tiere am Fressplatz und der im Trog verfügbaren relativen Futtermenge während eines ausgewählten Tages (23.07.15) in Versuchsphase S-dyn 2	100
Abbildung 41:	Relative Futtermenge im Trog (%) in Abhängigkeit der kumulierten Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz (min) während der Versuchsphasen dynamisch 1 im Winter und Sommer	101
Abbildung 42:	Übersicht der Anzahl der Aufenthalte am Fressplatz je Kuh und Tag in den einzelnen Versuchsphasen	102
Abbildung 43:	Statistische Kennwerte der Länge der Mahlzeitenkriterien (min) der Kühe in den verschiedenen Versuchsphasen	108
Abbildung 44:	Übersicht der mittleren Mahlzeitenkriterien der jeweiligen Versuchsphasen im Winter und Sommer von 10 zufällig ausgewählten Kühen	109
Abbildung 45:	Anteil Tiere im Liegebereich während der Versuchsphasen Winter statisch 1 (n=3 d, n= 79 Kühe) und Winter dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und –untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung	115
Abbildung 46:	Anteil Tiere im Liegebereich während der Versuchsphasen Sommer statisch 1 (n=3 d, n= 78 Kühe) und Sommer dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der	

	Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und –untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung	117
Abbildung 47:	Anteil Tiere im Liegebereich während der Versuchsphasen Sommer statisch 2 (n=3 d, n= 78 Kühe) und Sommer dynamisch 2 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 79 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und –untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung	119
Abbildung 48:	Tagesverlauf der Anzahl der Melkungen je 30 Minuten-Intervall während der Versuchsphasen Winter statisch 1 (n=3 d, n= 79 Kühe) und Winter dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und –untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung	129
Abbildung 49:	Tagesverlauf der Anzahl der Melkungen je 30 Minuten-Intervall während der Versuchsphasen Sommer statisch 1 (n=3 d, n= 78 Kühe) und Sommer dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und –untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung	130
Abbildung 50:	Tagesverlauf der Anzahl der Melkungen je 30 Minuten-Intervall während der Versuchsphasen Sommer statisch 2 (n=3 d, n= 78 Kühe) und Sommer dynamisch 2 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 79 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und –untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung	132
Abbildung 51:	Schematische Darstellung der Verarbeitung der Positionsdaten zur Ermittlung der tierindividuellen und versuchsphasenbezogenen Mahlzeitenkriterien.....	145
Abbildung 52:	Relativer Anteil der Herde am Fressplatz im Tagesverlauf während der Versuchsphasen mit sieben Fütterungszeiten (7) sowie vier Fütterungszeiten und drei Nachschiebevorgängen (4+3) im Sommer 2015 unter Angabe der Fütterungs- und Nachschiebezeitpunkte (n=3 d; n=78 Kühe in 7; n= 80 Kühe in 4+3) (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2017).....	153
Abbildung 53:	Vorlage des Arbeitstagebuchs für die Betriebsleiter	186
Abbildung 54:	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (grüne Kurve) bestehend aus zwei Gauss- und einer Weibullverteilung (rote Kurven) der beobachteten Häufigkeitsverteilung der \log_e -transformierten Intervalle zwischen den Fressplatzbesuchen (blaue Balken) für die Fokuskühe 292, 379 und 435 während der Winterversuchsphasen (W-stat 1, W-dyn 1, W-stat 2, W-dyn 2) einschließlich der Kennzeichnung des Mahlzeitenkriteriums (grauer Pfeil).....	187
Abbildung 55:	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (grüne Kurve) bestehend aus zwei Gauss- und einer Weibullverteilung (rote Kurven) der beobachteten Häufigkeitsverteilung der \log_e -transformierten Intervalle zwischen den Fressplatzbesuchen (blaue Balken) für die Fokuskühe 292, 379 und 435 während der Sommersversuchsphasen (S-stat 1, S-dyn 1, S-stat 2, S-dyn 2) einschließlich der Kennzeichnung des Mahlzeitenkriteriums (grauer Pfeil).....	188
Abbildung 56:	Anteile der Verhaltensweisen der Herde im Untersuchungsbetrieb während der Winterversuchsphasen W-stat 1, W-dyn 1, W-stat 2 und W-dyn 2	189

Abbildung 57: Anteile der Verhaltensweisen der Herde im Untersuchungsbetrieb während der Sommersuchsphasen S-stat 1, S-dyn 1, S-stat 2 und S-dyn 2	190
--	-----

Tabellenverzeichnis

		Seite
Tabelle 1:	Übersicht der Kennzahlen zum Futteraufnahmeverhalten von Milchkühen nach verschiedenen Autoren.....	33
Tabelle 2:	Übersicht der Kennzahlen zum Liegeverhalten von Milchkühen nach verschiedenen Autoren.....	36
Tabelle 3:	Einflussfaktoren auf das Verhalten von Milchkühen bei Laufstallhaltung.....	45
Tabelle 4:	Versuchsphasen, Zeiträume, Fütterungsfrequenzen und Fütterungszeitpunkte der am MGZ-Triesdorf durchgeführten Untersuchungen (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a)	51
Tabelle 5:	Merkmale und Beschreibung des Stallkonzeptes im Praxisbetrieb.....	56
Tabelle 6:	Fütterungszeiten und die jeweils vorgelegten Anteile der gesamten Tagesration der laktierenden Herde.....	58
Tabelle 7:	Versuchsplan zu den Untersuchungen mit statischen und dynamischen Fütterungs- und Nachschiebezeiten.....	60
Tabelle 8:	Versuchsparameter der Winteruntersuchungen im Praxisbetrieb.....	66
Tabelle 9:	Versuchsparameter der Sommeruntersuchungen im Praxisbetrieb.....	67
Tabelle 10:	Überblick der eingesetzten Techniken und Bewertungsschemata sowie der jeweils erfassten Parameter.....	69
Tabelle 11:	Ausschnitt eines Datenbankexports der Positionsdaten zur Ermittlung des Aufenthalts der Tiere am Fressplatz.....	77
Tabelle 12:	Zuordnung der Tiere zu den Laktations-Gruppen (nach HARMS, 2004)	80
Tabelle 13:	Zuordnung der Tiere zu den Laktationsdrittel-Gruppen (nach TÖLLE et al., 2002).....	81
Tabelle 14:	Zuordnung der Tiere zu den Milchleistungs-Gruppen (nach HARMS, 2004)	81
Tabelle 15:	Zuordnung der Tiere zu den BCS-Gruppen (nach LÜPSCHEN, 1997).....	81
Tabelle 16:	Aufenthaltsdauer ausgewählter Kühe (n=20) in den Funktionsbereichen (Fress- und Liegebereich) bei 6x und 2x Füttern nach Auswertungen der Positionsdaten (n=4 d je Versuchsphase) (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a)	86
Tabelle 17:	Übersicht der tierindividuellen Anzahl der Melkungen, der Milchmenge und der Zwischenmelkzeit aller Kühe bei 6x und 2x Füttern nach Auswertungen der AMS-Daten (Versuchsphase 1: n=46 Kühe; Versuchsphase 2: n= 56 Kühe, n=4 d je Versuchsphase) (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a).....	87
Tabelle 18:	Übersicht der Intervalle zwischen den statischen und dynamischen Fütterungs- bzw. Nachschiebezeiten sowie der Differenz der statischen und dynamischen Fütterungs-/Nachschiebeintervalle	88
Tabelle 19:	Relative Futtermenge im Trog (%) und weggeschobener Futterrest (%) im Mittel des Verlaufs der Bewertungsabschnitte (n=9) und der Bewertungen je dynamischer Versuchsphase (n=18)	88

Tabelle 20:	Aufenthaltsdauer (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) der Tiere am Fressplatz und im Fressgang während der Winteruntersuchungen (n=3 d; n= 60 Kühe)	103
Tabelle 21:	Aufenthaltsdauer (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) der Tiere am Fressplatz und im Fressgang während der Sommeruntersuchungen (n=3 d; n= 63 Kühe)	104
Tabelle 22:	Übersicht der versuchs- und tierbezogenen Einflussfaktoren auf die Anwesenheit der Kühe im Fressbereich.....	107
Tabelle 23:	Dauer und Anzahl der Mahlzeiten einschließlich Mahlzeitenkriterien (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) der Kühe während der Winteruntersuchungen (n=3 d; n= 60 Kühe)	110
Tabelle 24:	Dauer und Anzahl der Mahlzeiten einschließlich Mahlzeitenkriterien (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) der Kühe während der Sommeruntersuchungen (n=3 d; n= 63 Kühe)	111
Tabelle 25:	Übersicht der versuchs- und tierbezogenen Einflussfaktoren auf die Mahlzeiten der Kühe	113
Tabelle 26:	Anzahl und Dauer der Aufenthalte im Liegebereich sowie der Liegeperioden der Kühe (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) während der Winteruntersuchungen (n=3 d; n= 60 Kühe)	121
Tabelle 27:	Anzahl und Dauer der Aufenthalte im Liegebereich sowie der Liegeperioden der Kühe (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) während der Sommeruntersuchungen (n=3 d; n= 63 Kühe)	122
Tabelle 28:	Übersicht der versuchs- und tierbezogenen Einflussfaktoren auf die Aufenthalte im Liegebereich.....	126
Tabelle 29:	Übersicht der versuchs- und tierbezogenen Einflussfaktoren auf die Aufenthaltsperioden im Liegebereich	127
Tabelle 30:	Übersicht der tierindividuellen täglichen Anzahl der Melkungen, Anzahl zurückgewiesener Besuche, Zwischenmelkzeit, Aufenthaltsdauer im Warteraum und der Milchleistung (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) während der Winteruntersuchungen (n=3 d; n= 60 Kühe)	134
Tabelle 31:	Übersicht der tierindividuellen täglichen Anzahl der Melkungen, Anzahl zurückgewiesener Besuche, Zwischenmelkzeit, Aufenthaltsdauer im Warteraum und der Milchleistung (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) während der Sommeruntersuchungen (n=3 d; n= 63 Kühe)	136
Tabelle 32:	Übersicht der versuchs- und tierbezogenen Einflussfaktoren auf die Melkparameter	139
Tabelle 33:	Ration der laktierenden Kühe im Praxisbetrieb	182
Tabelle 34:	Übersicht der Laborergebnisse der Mischfutterproben im Praxisbetrieb im Mittel der Winter- und Sommersversuchsphasen	182
Tabelle 35:	Protokoll zur Bewertung der Veränderung der Futtermenge im Trog im Verlauf eines Versuchstages am Beispiel des 22.02.2015 in Versuchsphase W-dyn 1	183

Tabelle 36:	Versuchsprotokoll während der Versuchsphasen W-dyn 1 und S-dyn 1	184
Tabelle 37:	Versuchsprotokoll während der Versuchsphasen W-dyn 2 und S-dyn 2	185

Abkürzungsverzeichnis

ad lib.	ad libitum
AFS	Automatisches Fütterungssystem
AMS	Automatisches Melksystem
AKh	Arbeitskraftstunde
BCS	Body Condition Score
DS	Datensätze
FM	Frischmasse
KF	Krafftutter
LLA	Landwirtschaftliche Lehranstalten
LNR	Laktationsnummer
Max	Maximum
Min	Minimum
min	Minuten
MK	Mahlzeitenkriterium
MM	Milchmenge
NAS	Network Attached Storage
PMR	Partielle Mischration
s	Sekunden
SQL	Structured Query Language
S-dyn 1	Versuchsphase Sommer dynamisch 1
S-dyn 2	Versuchsphase Sommer dynamisch 2
S-stat 1	Versuchsphase Sommer statisch 1
S-stat 2	Versuchsphase Sommer statisch 2
TFV	Tier-Fressplatzverhältnis
TIM	Tage in Milch
TMR	Totale Mischration
TM	Trockenmasse
txt-Datei	Text-Datei
VMS	Voluntary Milking System
vs.	versus
W-dyn 1	Versuchsphase Winter dynamisch 1
W-dyn 2	Versuchsphase Winter dynamisch 2
W-stat 1	Versuchsphase Winter statisch 1
W-stat 2	Versuchsphase Winter statisch 2

1. Einleitung

Mit fast einem Drittel der Verkaufserlöse ist die Milchwirtschaft der bedeutendste Betriebszweig der deutschen Landwirtschaft (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2014). Trotz eines relativ konstanten Bestandes an Milchkühen von etwa 4,2 Mio. Tieren ist ein stetiger Rückgang der Milchviehbetriebe in Deutschland um 51 % von 136.000 im Jahr 2000 auf 67.320 Milchviehbetriebe in 2016 zu beobachten (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017). Der Strukturwandel, welcher selbst durch die Milchquotenregelung nicht aufgehalten werden konnte (GÖBEL, 2014), wird aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Liberalisierung der Agrarmärkte, Internationalisierung des Agrarhandels, Preisvolatilität) nach WENDL und HARMS (2012) weiter voranschreiten. Vor allem die Zahl an Milchviehbetrieben mit mehr als 100 Kühen soll in den nächsten Jahren deutlich ansteigen. Die durchschnittliche Herdengröße wird sich Schätzungen von GÖBEL (2014) zu Folge von bisher 54 auf 90 Kühe entwickeln. Um weiter wettbewerbsfähig zu bleiben, streben Landwirte bei gleichbleibender oder sogar rückläufiger Arbeitskapazität (HAIDN et al., 2013) nach einer Möglichkeit, die Arbeitsproduktivität und Produktionseffizienz zu steigern sowie den zunehmenden Forderungen der Gesellschaft nach tiergerechten Haltings- und Produktionstechniken gerecht werden zu können (WENDL, 2014). Dabei rücken insbesondere die Belange des Einzeltieres sowie das Tierwohl immer mehr in den Fokus des Interesses (HAIDN und LEICHER, 2015).

In der Milchviehhaltung wird deshalb die Automatisierung vor allem der körperlich beanspruchenden und der tierindividuell zu steuernden Bereiche weiter voranschreiten. Das automatische Melken (AMS) hat sich in den letzten 20 Jahren als bewährte Technik etabliert und war Schätzungen zufolge Ende 2015 weltweit schon in etwa 23.000 Betrieben im Einsatz (HARMS, 2016). Nach dem Melken sowie der Kälber- und Jungviehversorgung nimmt das Füttern mit einem Anteil von etwa 16 % am Gesamtarbeitszeitbedarf den drittwichtigsten Arbeitsbereich in der Milchviehhaltung ein. Beim Einsatz herkömmlicher Technik erfordert das Füttern etwa 5–10 AKh je Kuh und Jahr (HAIDN und MACUHOVA, 2009). Somit birgt die Automatisierung der Fütterung nach dem Melken ein weiteres Potenzial, Arbeitszeit zu reduzieren. Der Einsatz automatischer Fütterungssysteme (AFS) gewinnt deshalb insbesondere unter dem Aspekt der Arbeitszeiteinsparung, –erleichterung und –flexibilisierung zunehmend an Bedeutung. Aber auch die Möglichkeit, leistungsgruppenbezogen kontinuierlich mehrmals am Tag Rationen gleicher Zusammensetzung vorlegen zu können und somit den ernährungsphysiologischen Bedürfnissen von Rindern entgegen zu kommen und Schwankungen des Pansen-pH-Wertes zu vermeiden

(GASTEINER, 2015), stellt einen wichtigen Grund für Landwirte dar, in diese Technik zu investieren (OBERSCHÄTZL et. al., 2015a).

Bayernweit arbeiten 65 % jener automatisch fütternden Milchviehhalter auch mit einem AMS (HAIDN und LEICHER, 2017). Dies lässt die Tendenz erkennen, dass insbesondere Landwirte mit einem AMS ebenso den Fütterungsprozess automatisieren möchten. Hierbei stellt sich die Frage, welche Auswirkungen die Automatisierung des Fütterungsprozesses und eine damit einhergehende häufigere Futtevorlage auf das Verhalten von Milchkühen haben können und ob sich aus dem Verhalten der Tiere Rückschlüsse auf die Steuerung dieser Technik ableiten lassen, um den Bedürfnissen der Tiere entsprechend füttern zu können.

2. Stand des Wissens

2.1 Automatische Fütterungssysteme

2.1.1 Verbreitung der Anlagen

AFS erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. So wurde im Rahmen einer eigenen Umfrage bei acht Herstellern ein Anstieg der Anzahl von AFS weltweit von ca. 300 Anlagen im Jahr 2012 bis auf etwa 1300 AFS im Jahr 2015 ermittelt (Abbildung 1) (OBERSCHÄTZL et al., 2015c). Es ist darauf hinzuweisen, dass nicht alle Hersteller zu jedem Zeitpunkt vollständige Angaben machen konnten. Deshalb wird davon ausgegangen, dass die tatsächliche Anzahl von AFS auf einem höheren Niveau liegt. Für Deutschland sind die Zahlen verlässlicher. Demnach ist die Anzahl dieser Anlagen von 51 im Jahr 2012 auf 207 im Jahr 2015 angestiegen. Etwa die Hälfte der AFS in Deutschland wird in Bayern eingesetzt. Hier wurden im Januar 2017 146 Betriebe gezählt (HAIDN und LEICHER, 2017), in welchen automatisch gefüttert wird. Außerdem finden sich in Europa Einsatzschwerpunkte dieser Technik im ähnlich strukturierten Österreich und in den skandinavischen Ländern. In diesen Regionen ist vor allem die Ressource Arbeitszeit knapp und teuer. Dies gilt auch für die neuen Bundesländer in Bezug auf die Lohnarbeitskräfte, weshalb hier bereits früher in den Großbetrieben automatisierte Bandfütterungsanlagen eingesetzt wurden (BONSELS et al., 2013).

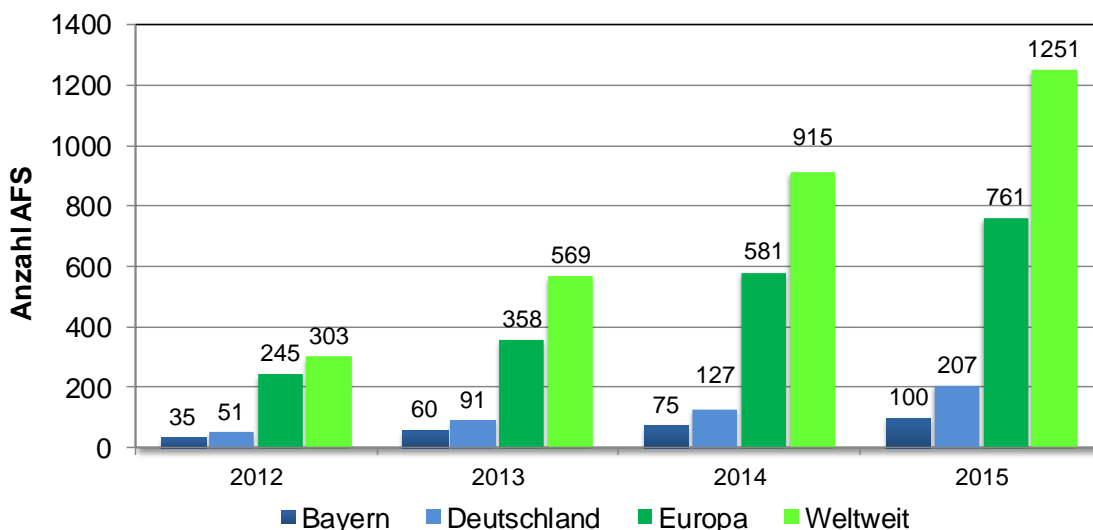


Abbildung 1: Verbreitung automatischer Fütterungssysteme in Bayern, Deutschland, Europa und weltweit von 2012 - 2015 (Angaben von 8 Herstellern jeweils zu Jahresbeginn) (OBERSCHÄTZL et al., 2015c)

2.1.2 Techniküberblick

Die Vielfalt der auf dem Markt angebotenen automatischen Fütterungssysteme lässt sich derzeit in drei Automatisierungsstufen unterteilen (HAIDN et al., 2013).

Stufe I: Mischen – Verteilen – (Nachschieben)

Stufe II: Mischer Befüllen – Mischen – Verteilen – (Nachschieben)

Stufe III: Entnahme und Transport – Mischer Befüllen – Mischen – Verteilen – (Nachschieben)

Bei Automatisierungsstufe I ist ein stationärer Futtermischer durch mobile Geräte aus Flachsilos personengebunden zu beladen. Hierbei kann eine Leistungsgruppe automatisiert mehrmals täglich gefüttert werden, obwohl die Befüllung des Futtermischers nach wie vor Zeit in Anspruch nimmt und hinsichtlich der Tageszeit wenig Flexibilität zulässt. Die Automatisierung des Fütterungsprozesses nach Stufe II bietet den Vorteil, dass alle Leistungsgruppen mehrmals am Tag gefüttert werden können und der Landwirt nicht mehr an feste Bevorratungs- und Fütterungszeiten gebunden ist. Eine vollautomatische Fütterung der Stufe III kann einerseits in Verbindung mit Hoch- oder Tiefsilos erfolgen, welche jedoch hinsichtlich Investitionsbedarf und Energieverbrauch im Verhältnis höher (OBERSCHÄTZL et al., 2015b) einzustufen sind. Abbildung 2 zeigt eine Übersicht über die vorhandenen Techniken in der Prozesskette zur Realisierung der verschiedenen Automatisierungsstufen (OBERSCHÄTZL et al., 2015a).

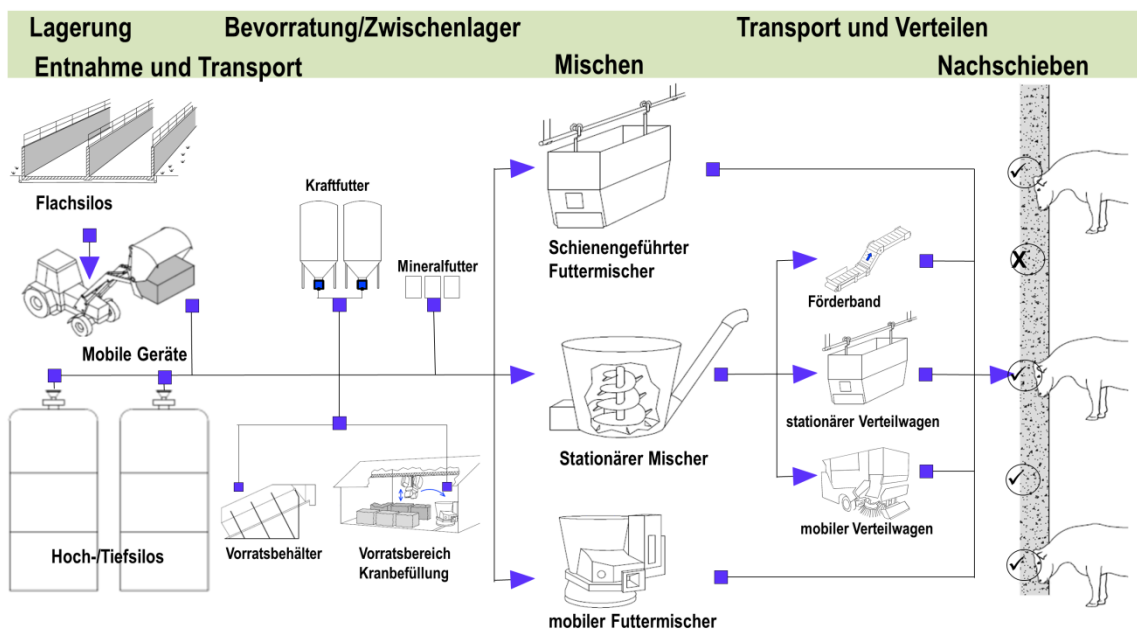


Abbildung 2: Techniken in der Prozesskette zur Realisierung verschiedener Automatisierungsstufen der Fütterung (HAIDN et al., 2013)

Für die automatische Fütterung von Rindern wurden in den vergangenen Jahren verschiedene technische Ansätze entwickelt (Abbildung 3). Nach einer nicht mehr weiterverfolgten *einzel-tierbezogenen Fütterung* in Form eines Prototyps einer *Mischfutterabrufstation* (System *Atlantis* der Firma Lely) werden derzeit ausschließlich *gruppenbezogene Fütterungssysteme* angeboten und eingesetzt. Mit diesen Verfahren wird einer Tiergruppe mehrmals am Tag die gleiche Ration im Trog vorgelegt (WENDL und HARMS, 2007).

Jene *gruppenbezogenen* Anlagen können in *stationäre* und *mobile Systeme* unterteilt werden. Diese beiden Systemvarianten sind im Wesentlichen durch die Bevorratung des Futters und ihr Mischsystem zu unterscheiden. Auch die Ausbringung der Ration (Futterband, schienengeführter Verteil- bzw. Mischwagen, selbstfahrender Futterverteiler bzw. Futtermischwagen) und das Antriebssystem (Stromschleppkabel, Stromschienen, Batterie, Verbrennungsmotor) sind als weitere Unterscheidungsmerkmale zu nennen (WENDL, 2011a).

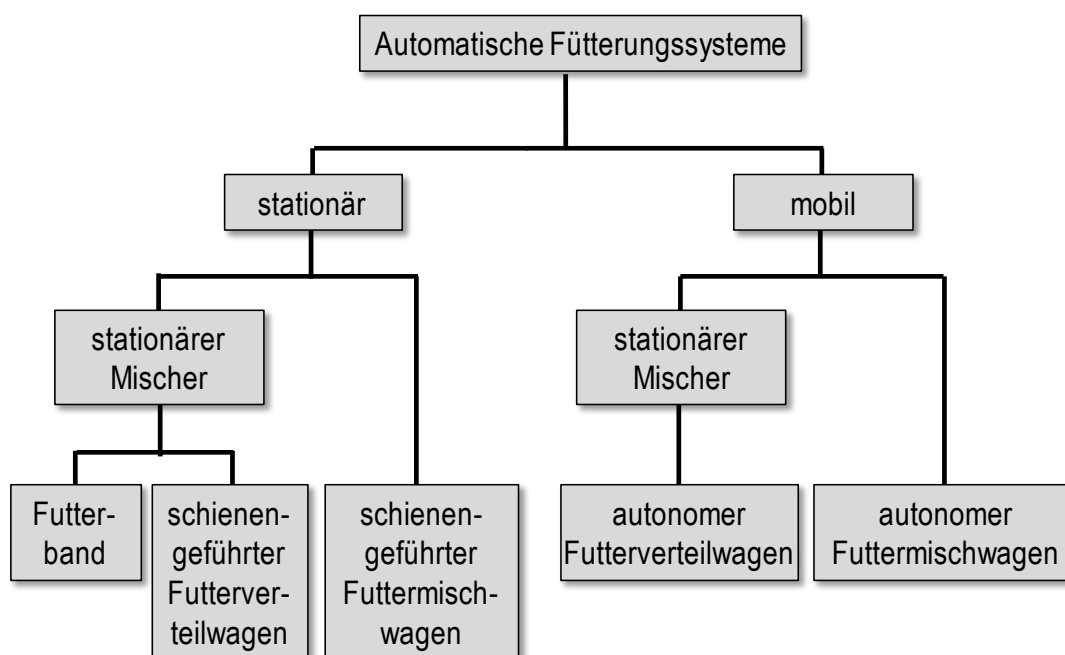


Abbildung 3: Systeme für die automatische Mischfuttermischnahme (nach WENDL, 2011b)

Stationäre Systeme sind als ortsfest zu beschreiben. Hier wird das Futter von einem stationären Mischbehälter weitergefördert, ohne dass sich die Anlage selbst zum Zielort bewegt (HEBER, 2011; WENDL und HARMS, 2007). Dieser stationäre Mischer kann mit einem Futterband oder einem Verteilerwagen als Verteilgerät kombiniert werden. Sofern der Mischer personengebunden befüllt werden muss, ist die Anzahl der maximal möglichen Rationen durch die Zahl der Rationsmischungen, die von einer Person innerhalb eines sinnvollen

zeitlichen Rahmens zusammengestellt werden können, begrenzt (Stufe I). Wird der Mischer jedoch automatisch und ohne die Notwendigkeit der Anwesenheit einer Bedienperson befüllt (Stufe II+III), können je nach Kapazität der technischen Komponenten viele und leistungsbezogene Rationen gemischt und verteilt werden (OBERSCHÄTZL et al., 2015a).

In der Praxis werden vor allem *stationäre Systeme* mit einem *schienengeführten Futtermisch- und Verteilwagen* eingesetzt (HAIDN und LEICHER, 2017). Der Wagen wird automatisch mit den einzelnen Komponenten aus Vorratsbehältern befüllt, die Ration wird gemischt und anschließend der gewünschten Tiergruppe vorgelegt (Stufe II) (OBERSCHÄTZL et al., 2015a).

Eine Besonderheit stellen *mobile Systeme* dar. Hierbei lassen sich zwei Varianten unterscheiden: der *mobile autonom fahrende Futtermischwagen* mit einem oder mehreren vorangestellten stationären Mixern und der *mobile autonom fahrende Futtermischwagen* jeweils mit oder ohne einer automatischen Befüllung. Ersteres Gerät kann den Automatisierungsstufen I oder II zugeordnet werden. Bei den mobil autonom fahrenden Futtermischwagen sind derzeit zwei Systeme am Markt verfügbar. Als ein Beispiel ist der selbstfahrende batteriebetriebene Mischwagen des Systems Vector der Firma Lely zu nennen (Stufe II). Dieser kann über einen Futterhöfensensor die Restmengen im Trog erfassen und entsprechend dem Bedarf der Tiere frisches Futter nachlegen (MÜLLER, 2013). Der Innovado der Firma Schuitemaker soll demgegenüber in der Lage sein, gemäß der Automatisierungsstufe III verschiedene Komponenten vom Silo zu entnehmen, diese zu mischen und im Stall verschiedenen Tiergruppen vorzulegen (HEBER, 2011; WENDL, 2011b). Derzeitigen Bestrebungen zufolge, soll auch ein konventioneller selbstfahrender Futtermischwagen der Firma Hirl zu einem autonom fahrenden Futtermischgerät im Stall (Automatisierungsstufe I) entwickelt werden (ADEILI et al., 2015).

2.1.3 Potenziale und Systemgrenzen

2.1.3.1 Kapazität

Je nach Ausstattung des Fütterungssystems - ob der Mischer personengebunden befüllt werden muss, Vorratsbehälter vorhanden sind oder die Entnahme der Komponenten unmittelbar vom Lagerort erfolgen kann - ist ein unterschiedliches Ergebnis bezüglich der möglichen Anzahl Futtermischungen und der Frequenz der Futtervorlagen zu erwarten. Fütterungssysteme mit einem stationären Mischer und einem separaten Verteilgerät haben hinsichtlich der zu versorgenden Tierzahl und der Bildung von Leistungsgruppen eine höhere Kapazität als ein System mit einem kombinierten Misch- und Verteilwagen. Denn während eine Ration verteilt wird, ist mit dem stationären Mischer bereits die Erstellung einer

weiteren Futtermischung möglich. Herstellerangaben zufolge können mit diesen Systemen bis zu 1000 Kühe versorgt werden (BONSELS, 2015). Folgende weitere Faktoren entscheiden über die Kapazität der Systeme (OBERSCHÄTZL et al., 2015a):

- Füllvolumen Vorratsbehälter (BONSELS et al., 2013)
- Antriebssystem (Akkuladezeiten)
- Entfernung zwischen Futterküche und den zu fütternden Gruppen sowie einzelnen Stallgebäuden
- Anzahl zu fütternder Rationsgruppen
- Häufigkeit der Futtevorlage pro Tag
- systembedingte Einstellungen

Mit Anlagen der Stufe II, bei welchen Mischen und Dosieren der Ration mit demselben Gerät erfolgen, können laut verschiedener Hersteller etwa bis zu 300 Kühe gefüttert werden, wenn maximal 15 Gruppen und nicht mehr als 10 Komponenten in einer Ration vorgesehen sind. Jene Aussagen basieren auf theoretischen Berechnungen und sind kritisch zu hinterfragen. Bei der Planung sind immer jeweils die betriebsindividuellen Verhältnisse zu prüfen (OBERSCHÄTZL et al., 2015a).

2.1.3.2 Management und Steuerung von AFS

Es liegen Unterschiede in der Ausstattung und den Fähigkeiten der Fütterungssysteme verschiedener Hersteller vor (BONSELS, 2015). Systembedingt werden herstellerindividuell verschiedene Softwarelösungen mit den Anlagen angeboten. Die Mehrheit der Eingabedispays am Verteilgerät eines AFS ermöglicht die Einstellung von Rationen, Fütterungsfrequenzen und -zeiten sowie Gruppeneinteilungen. Des Weiteren wird die Kopplung mit Futtermanagementsoftware und Stallrechnern ebenso wie der Zugriff auf die Systeme über Smartphones angeboten (OBERSCHÄTZL et al., 2015a). Doch wäre eine umfassende Umsetzung ISOagriNET kompatibler Systeme erforderlich. Dadurch soll ein herstellerübergreifender Datentransfer und eine systemübergreifende Dokumentation aller im Stall vorhandenen Techniken (z.B. Automatisches Melksystem, Automatisches Fütterungssystem, Spaltenreinigungsroboter, Lüftungstechnik,...) ermöglicht werden. Bisher arbeiten die Mehrheit der am Markt angebotenen AFS nach einem statischen Prinzip mit fest eingestellten Fütterungszeiten und -frequenzen. Voraussetzungen für ein im Sinne des Precision Dairy Farming an die Bedürfnisse der Tiere angepasstes und somit dynamisches Fütterungskonzept wäre die Kopplung von Sensortechnologien zur Erfassung tierindividueller Parameter sowie von Informationen zur Umgebung (Temperatur, Futtermenge, Futterqualität) mit der Prozesstechnik eines AFS (WENDL, 2011a; WENDL, 2014) über einheitliche Plattformen sowie Schnittstellen. Die Firma Lely verfolgt mit ihrem System Vector einen

Ansatz, dem Bedarf der Tiere entsprechend füttern zu können. Die über den Futterhöfensensor erfassten Informationen über die im Trog vorhandene Futtermenge dienen als Entscheidungsgrundlage für den Zeitpunkt der Erstellung einer frischen Futterration und der Futtervorlage bei vorher definierten Tiergruppen (MÜLLER, 2013). Auch beispielsweise GEA Farm Technologies bietet mit ihrem System „CowView“ und der dadurch möglichen Tierortung sowie der damit verbundenen Ermittlung tierindividueller Verhaltensweisen eine geeignete Grundlage eines angepassten und dynamischen Fütterungskonzeptes (RACKWITZ, 2015).

2.2 Verhalten des Rindes

Tiere unterliegen in ihrem Verhalten biologischen Rhythmen, welche periodisch ablaufende Vorgänge darstellen und endogen oder exogen gesteuert werden (PORZIG und SAMBRAUS, 1991). Das Verhalten von Rindern ist durch einen circadianen Rhythmus mit einer Periodendauer von 24 h gekennzeichnet (PORZIG und SAMBRAUS, 1991; TILGER, 2005). Diese Rhythmen sind genetisch begründete Mechanismen, die dem Organismus helfen, sich an vorhersehbare Umweltveränderungen anzupassen. Dies geschieht über einen nahezu 24 h-Rhythmus des Verhaltens und der physiologischen Vorgänge sowie deren Synchronisierung mit dem Lichttag. Der Nucleus Suprachiasmaticus (SCN) stellt dabei den hauptsächlichen circadianen Schrittmacher dar und bestimmt die gesamten diurnalen und nocturnalen Aktivitäten der Tiere (VOLLMERS et al., 2009). Der Tagesverlauf von Milchkühen in Stallhaltung lässt sich durch eine Aufeinanderfolge verschiedener Verhaltensweisen der folgenden Funktionskreise beschreiben: Futteraufnahme, Ruheverhalten, Wiederkauen, Trinken, Melken, Sozialverhalten, Fortbewegungsverhalten (GRANT und ALBRIGHT, 2000). Insbesondere die ersten drei Verhaltensweisen sind entscheidend für die Milchproduktion, den Erhalt der Energiebilanz, eine effiziente Verdauung, Gesundheit und Wohlbefinden der Tiere (HART et., 2014). Eine Literaturstudie von TILGER (2005) ergibt folgende Übersicht über das Schlafverhalten, die motorischen Aktivität, das Futteraufnahmeverhalten und das Komfortverhalten beim Rind (Abbildung 4).

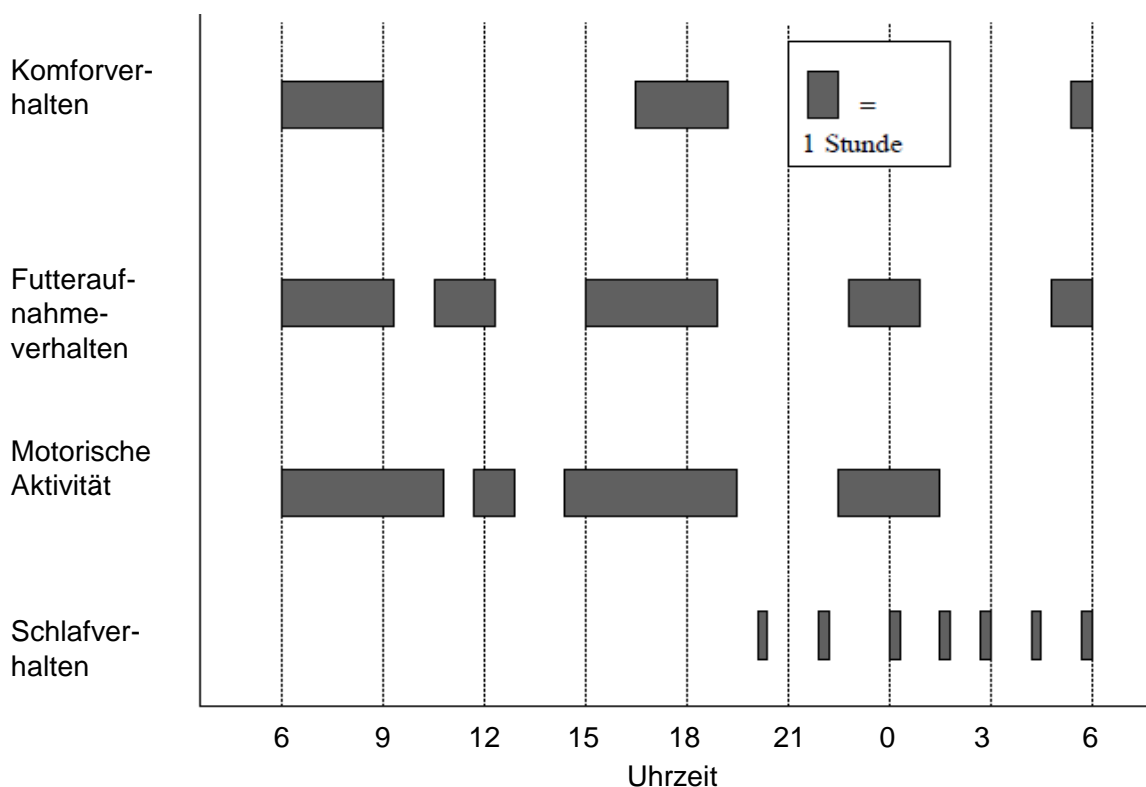


Abbildung 4: Übersicht der Dauer und Häufigkeiten des Schlafverhaltens, der motorischen Aktivität, des Futteraufnahmeverhaltens und des Komfortverhaltens beim Rind (TILGER, 2005)

In den nachfolgenden Ausführungen wird der Fokus auf das Futteraufnahmeverhalten, das Ruheverhalten sowie das Melkverhalten in automatisierten Systemen gelegt. Als Grundlage für diese Verhaltensweisen soll auch das Sozialverhalten von Rindern eingangs beschrieben werden.

2.2.1 Sozialverhalten

Die Synchronisation des Verhaltens und die Rangordnung innerhalb eines Sozialverbandes sind entscheidend für das Futteraufnahmeverhalten, das Liegeverhalten und das Melkverhalten insbesondere rangniederer Tiere. Deshalb werden diese drei Aspekte des Sozialverhaltens an dieser Stelle näher betrachtet. Rinder sind soziallebende Tiere, und entfernen sich selbst bei großem Flächenangebot nicht weit vom Herdenverband (SAMBRAUS, 1978). Sie sind bestrebt, ihr Verhalten zu *synchronisieren* und dieses nach Möglichkeit auch am selben Ort auszuführen (SAMBRAUS, 1973). Der Autor sieht den Grund hierfür weniger in der Stimmungsübertragung als in der Neigung der Tiere, den Kontakt zur Herde zu wahren (*Gruppenkohäsion*). Aber das Beenden der Nachtruhe in der Morgendämme-

rung bei separat gehaltenen Gruppen von Weiderindern lässt vermuten, dass insbesondere Zeitgeber wie der Tag-Nacht-Wechsel den *Rhythmus* der Verhaltensabläufe mitbestimmen. Weitere Faktoren, wie das Haltungssystem und das Management aber auch die Gruppengröße können die Synchronisation des Verhaltens von Milchkühen beeinflussen. So ist beispielsweise unter Stallhaltungsbedingungen und bei Einsatz eines AMS das Verhalten von Milchkühen weniger synchron als auf der Weide oder unter konventionellen Melkbedingungen (GRANT und ALBRIGHT, 2000; HELMREICH et al., 2010).

Innerhalb von Rindergruppen bildet sich eine *soziale Rangordnung*, welche in größeren Beständen selten durchgehend linear ist, sondern eher durch Dreieck- und Mehreckverhältnisse bestimmt wird (PHILLIPS, 2002; SAMBRAUS, 1978). Nach WIERENGA (1990) bleiben diese Dominanzbeziehungen über lange Zeiträume hinweg stabil. Physische Faktoren wie Alter (OLOFSSON, 1999), Körpergewicht und Größe aber auch die Aufenthaltsdauer der Tiere in der Herde, die Behornung sowie der Gesundheitszustand und die Erfahrung der Kühe (SCHRADER, 2009; WINCKLER, 2009) haben einen deutlichen Einfluss auf ihre Rangposition innerhalb der Herde. Diese Regelung hat evolutionäre Vorteile und soll den Zugang zu Ressourcen klären (WINCKLER, 2009). Ein eingeschränktes Angebot an Ressourcen (z.B. Futter, Wasser, Liegeplätze) benachteiligt rangniedere Kühe in ihrem Zugang zu den entsprechenden Plätzen (WIERENGA, 1990; OLOFSSON, 1999). Um Auseinandersetzungen zu vermeiden und den Tieren bei Stallhaltung eine Synchronisation ihrer Verhaltensweisen zu ermöglichen, sind somit ein ausreichendes Angebot und eine ausreichende Dimensionierung von Stalleinrichtungselementen (z.B. Liegeplätze, Fressplätze,...) erforderlich (SCHRADER, 2009).

2.2.2 Futteraufnahmeverhalten

2.2.2.1 Tagesrhythmus und Einflussfaktoren

Bei Rindern in Weidehaltung ist das Futteraufnahmeverhalten durch einen relativ gleichmäßigen Tagesrhythmus geprägt (SAMBRAUS, 1991). Tag und Nacht werden in Perioden des Grasens, Ruhens und Wiederkäuens gegliedert (PORZIG, 1969). Nach ALBRIGHT (1993) findet die überwiegende Futteraufnahme während des Tages und in den frühen Morgenstunden sowie in der Abenddämmerung statt. Weitere Fressphasen verteilen sich in ihrer Anzahl und Ausprägung je nach Tageslänge. In dem Zeitraum von Mai bis Juli sind somit zwischen der morgendlichen und abendlichen Hauptfressaktivität zwei weitere Gra-seperioden zu beobachten. Bei abnehmender Tageslänge ab August finden häufig nur noch eine ausgeprägte Futteraufnahme zwischen der Morgen- und Abendphase und dafür eine weitere um Mitternacht statt (PHILLIPS, 2002; SAMBRAUS, 1991).

SAMBRAUS (1991) stellte bei Kühen in Stallhaltung und ad libitum Fütterung einen deutlichen biphasischen Rhythmus der Futteraufnahme mit einer Periodenlänge von 12 h fest. Auch BEAUCHEMIN et al. (2002) beobachteten, dass die Futteraufnahme zu 86 % während der Tageslichtstunden (6:00 – 21:00 h) und zu 14 % während der Nacht (21:00 – 6:00 h) erfolgt. Doch wurden diese Erhebungen bei Kühen in Einzelboxenhaltung durchgeführt. Selbst bei Milchkühen im Laufstall mit drei Melkvorgängen pro Tag sowie ad-libitum Fütterung wurde ein ausgeprägter biphasischer Rhythmus der Futteraufnahme mit der Hauptaktivität bei Sonnenauf- und -untergang beobachtet (DEVRIES et al., 2003; SHABI et al., 2005). Neben dem *Hell-Dunkelwechsel* und dem Einfluss der *Jahreszeiten* können weitere exogene Faktoren wie beispielsweise *Temperaturänderungen* das Verhalten beeinflussen. Im Allgemeinen wird die Futteraufnahme bei hohen Umgebungstemperaturen und einem Auftreten von Hitzestress reduziert (OMINSKI et al., 2002). Der Reduktion der Futteraufnahme folgt unmittelbar ein Einbruch der Milchleistung (DAS et al., 2016)

Aber auch den *Aktivitäten und Managementtätigkeiten des Menschen*, wie dem Vorgang der Futtervorlage und dem Melken sowie *stallbaulichen Gegebenheiten*, wie der Ausgestaltung des Fressbereichs und dem Fressplatzangebot, wird eine große Bedeutung zugeschrieben. Um festzustellen, ob die Rückkehr vom Melken oder die Futtervorlage das tägliche Muster des Futteraufnahmeverhaltens und die Anwesenheit der Tiere am Fressplatz beeinflussen, wurden im Rahmen der Untersuchungen von DEVRIES und VON KEYSERLINGK (2005) Milchkühe direkt nach dem Melken im Melkstand und sechs Stunden danach gefüttert. Die Ergebnisse lassen einen deutlich stärkeren Einfluss der *Vorlage von frischem Futter* auf das Futteraufnahmeverhalten erkennen. NIKKHAH et al. (2008) stellten außerdem den *Zeitpunkt der Futtervorlage* als wichtigen Einflussfaktor auf das Futteraufnahmeverhalten heraus. So führt unter warmen Temperaturbedingungen eine Verlagerung der Fütterung von 9:00 Uhr auf 21:00 Uhr zu einer um 10 % höheren Futteraufnahme in den ersten drei Stunden nach der Futtervorlage. Die tägliche Trockenmasseaufnahme wird jedoch nicht beeinflusst. NIU et al. (2014) bestätigen, dass der Zeitpunkt der Futtervorlage den täglichen Rhythmus des Futteraufnahme- und Liegeverhaltens von Milchkühen überlagern kann.

Die *Frequenz der Futtervorlage* stellt einen weiteren wichtigen Faktor dar. DEVRIES et al. (2005) untersuchten, inwiefern eine veränderte Vorlagefrequenz einer TMR das Verhalten von Milchkühen beeinflussen kann. Die Tiere wurden bei diesen Erhebungen mit einem konventionellen Melksystem gemolken. Die Autoren beobachteten, dass eine viermalige im Vergleich zu einer zweimaligen Fütterung die Verteilung der täglichen Futteraufnahmephasen verändert und deren Dauer insgesamt anhebt. Obwohl statistisch signifikant, ist

der Anstieg der täglichen Futteraufnahmedauer bei vier Fütterungen mit 10 bis 14 min als eher gering einzustufen. Demgegenüber erfassten PHILLIPS und RIND (2001) sowie ALZAHAL et al. (2006) keine Veränderungen in der täglichen Futteraufnahmedauer sowie der TM-Aufnahme. Jene Autoren verglichen Fütterungsfrequenzen von vier gegenüber einer sowie drei gegenüber zwei Futtervorlagen pro Tag. ALZAHAL et al. (2006) führten ihre Untersuchungen bei Kühen in Anbindehaltung durch. Auch HART et al. (2014) stellten keine Unterschiede in der Futteraufnahmedauer, der Häufigkeit ($9,4 \pm 1,5$ Mahlzeiten je Kuh und Tag) und der Dauer der Mahlzeiten ($25,5 \pm 5,1$ min) bei drei im Vergleich zu zwei bzw. einer Fütterung pro Tag fest. Die Kühe wurden in diesen Untersuchungen zwar dreimal täglich mit einem AMS gemolken, jedoch waren die Melkzeiten an den Versuchstagen festgelegt. MÄNTYSAARI et al. (2006) analysierten ebenfalls die Effekte einer einmaligen und einer fünfmaligen Vorlage einer totalen Mischration (TMR) pro Tag auf das Fressverhalten von Kühen. Das Melken dieser Herde erfolgte in einem konventionellen Melkstand. Bekamen die Milchkühe die Ration auf fünf Portionen verteilt über den Tag vorgelegt, fraßen sie länger und ein tendenziell größerer Anteil der Herde war mit der Futteraufnahme in einer gleichmäßigeren Tagesverteilung beschäftigt als bei einer einmaligen Vorlage. MATTACHANI et al. (2015) können diese Erkenntnisse bestätigen. Denn ihren Untersuchungen zufolge sind die Aufenthalte am Fressplatz im Tagesverlauf gleichmäßiger verteilt, wenn die Tiere elfmal im Vergleich zu sechsmal am Tag gefüttert wurden (Abbildung 5). Die tägliche Gesamtdauer der Futteraufnahme unterscheidet sich nicht. Hingegen ist die Futteraufnahmedauer in den ersten 60 min nach der Futtervorlage bei sechs Fütterungen am Tag höher. Auch GROTHMANN (2015) ermittelt in ihren Untersuchungen, dass die Aufenthalte am Fressplatz bei einer höheren Fütterungsfrequenz gleichmäßiger im Tagesverlauf verteilt sind und die Tiere weniger auf die Futteraufnahme warten müssen.

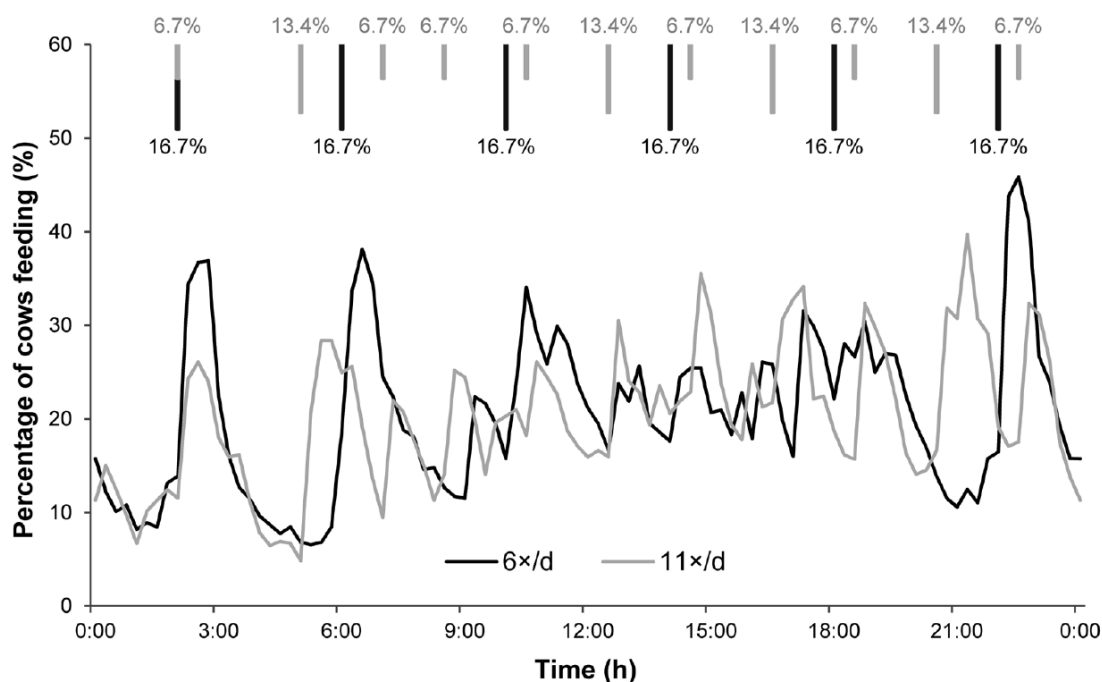


Abbildung 5: Anteil der Tiere am Fressplatz im Tagesverlauf bei sechs bzw. elf Futtervorlagen am Tag und den jeweils vorgelegten Anteilen der Ration (%) (n=4 d, n= 93 Kühe) (MATTACHANI et al., 2015)

Bereits PHILLIPS und RIND (2001) sowie DEVRIES et al. (2005) stellten fest, dass vor allem die Futteraufnahmedauer am späten Abend und am frühen Morgen erhöht war, wenn häufiger gefüttert wurde und somit ein biphasischer Rhythmus bestätigt wurde.

Die Effekte einer veränderten Fütterungsfrequenz auf die täglich aufgenommene Futtermenge wurden unter anderem von GROTHMANN et al. (2014) und HART et al. (2014) untersucht. Während letztere keine Unterschiede feststellen, führt bei GROTHMANN et al. (2014) ein Anstieg der Fütterungsfrequenz zu einer geringfügig erhöhten TM-Aufnahme um 600 g von 16,6 kg bei zwei Fütterungen auf 17,2 kg bei acht Futtervorlagen pro Tag. Nach jenen Autoren verlängert sich die tägliche Dauer der Futteraufnahme und verringert sich die Wiederkaudauer geringfügig mit einer Erhöhung der Futtervorlagefrequenz.

Gemäß den Aussagen von DEVRIES und VON KEYSERLINGK (2005) bietet eine erhöhte Fütterungsfrequenz einen gleichmäßigeren Zugang zu frischem Futter. Diese Erkenntnisse können von POMPE et al. (2007) bestätigt werden, denn das Aktivitätsmuster bei automatisch gefütterten Kühen in einem AMS-Betrieb unterliege geringeren Schwankungen als bei konventioneller Fütterung. Auch in eigenen Erhebungen wurde festgestellt, dass sich Kühe in einem Betrieb mit einem AMS, Feed-First Umtrieb und selbst bei einem Tier-Fressplatzverhältnis von 2:1 bei erhöhter Fütterungsfrequenz (sechs- bzw. achtmal Füttern pro

Tag) im Vergleich zu einer zweimal täglichen Fütterung gleichmäßiger im Fressbereich im Tagesverlauf aufhielten (OBERSCHÄTZL, 2013).

Die Vorlage frischen Futters (DEVRIES und VON KEYSERLINGK, 2005) und das *Futternachschieben* stellen nach DEVRIES und VON KEYSERLINGK (2009) verbreitete Methoden dar, Milchkühe zum Fressen zu animieren. Eine Studie von DEVRIES et al. (2003) zeigt jedoch, dass bei zwei täglichen Futtevorlagen zwei weitere Nachschiebezeiten in den Nachtstunden zu zweimal bereits durchgeführtem Futternachschieben den Tagesrhythmus der Futteraufnahme nur wenig beeinflussen und die Fressaktivität nicht erhöhen. Dennoch ist es wichtig, dass Kühe das weggeschobene Futter erreichen können.

ALBRIGHT (1993) betont, dass die Zugänglichkeit zum Futter wichtiger als dessen Nährstoffzusammensetzung sein dürfte. Dabei spielt vor allem das *Platzangebot* (Tier-Fressplatzverhältnis) eine große Rolle. DEVRIES et al. (2004) beobachteten eine Reduktion der Auseinandersetzungen um 57 %, wenn eine größere Fressplatzbreite von 1,0 m im Vergleich zu 0,5 m pro Kuh zur Verfügung steht. Diese Veränderungen bewirken einen Anstieg der Fressaktivität vor allem in den ersten 90 min nach der Futtevorlage. Eine erhöhte Fressaktivität vor allem rangniederer Kühe bei mehr Platz im Fressbereich wird von HUZZEY et al. (2006) bestätigt. Jene Autoren beobachten eine längere Dauer des inaktiven Stehens im Fressbereich, wenn das Fressplatzangebot reduziert wird. Bei einem Tier-Fressplatzverhältnis (TFV) von 4:1 ermittelt OLOFSSON (1999) signifikant kürzere Fresszeiten, längere Stehzeiten ohne Futteraufnahme und mehr Auseinandersetzungen im Vergleich zu einem TFV von 1:1. Den Aussagen von HUZZEY et al. (2006) zufolge hat auch die *Gestaltung der Fressplatzabtrennung* einen großen Einfluss auf das Futteraufnahmeverhalten von Milchkühen. So sind vor allem Fressgitter von Vorteil, um den Wettbewerb bei der Futteraufnahme zu reduzieren. Dieser Zusammenhang wurde bereits von ENDRES et al. (2005) beschrieben.

TÖLLE et al. (2002) und HARMS (2004) ermittelten einen deutlichen biphasischen Rhythmus der Futteraufnahme, der vom Einfluss der Futtevorlage, der Nutzung des AMS und einer verminderten Fressaktivität in den Nachtstunden geprägt war. Wie beim Melken mit einem konventionellen Melksystem, beobachtete SPOLDERS (2002) in seinen Untersuchungen in einem AMS-Betrieb die hauptsächliche Futteraufnahmeaktivität in den Tagesstunden und eine verminderte Futteraufnahme in der Nacht. Dies wurde sowohl bei freiem als auch selektiv gelenktem bzw. gelenktem Tierumtrieb zur Melkeinheit festgestellt. WAGNER-STORCH und PALMER (2003) bestätigen diese Aussagen. Ein Vergleich des Futteraufnahmeverhaltens jener Autoren bei Kühen, welche in einem *Melkstand* bzw. *einem AMS* gemolken wurden, zeigt, dass sich die Besuche der Tiere im Fressbereich gleichmäßiger im

Tagesverlauf verteilen, wenn sie mehrmals täglich automatisch gemolken werden. UETAKE et al. (1997) dagegen beobachteten in einer Gegenüberstellung, dass die AMS-Gruppe weniger Zeit mit der Futteraufnahme verbrachte als die Melkstandgruppe. Dadurch soll vermutlich die längere Aufenthaltsdauer im Warteraum vor dem AMS kompensiert werden. Die Synchronisation des Verhaltens von fressenden und ruhenden Milchkühen kann dadurch jedoch beeinträchtigt werden. Auch WECHSLER et al. (2012) ermittelten eine mit steigender Melkfrequenz reduzierte Zeitdauer der Besuche im Fressbereich in den Tagesstunden. Kühe in einem AMS-Stall entwickeln ein individuelles Futteraufnahmemuster, welches über einen bestimmten Zeitraum bestehen bleiben kann (SPOLDERS, 2002; MELIN et al., 2005a). Die Autoren schließen daraus, dass bei dem Einsatz eines AMS der Fressplatzbedarf eingeschränkt werden könnte.

WAGNER-STORCH und PALMER (2003) erachten bei Kühen in einem AMS-Betrieb vor allem die Aktivitäten des Menschen und dessen *Stallarbeitszeit* als bedeutenden Einflussfaktor auf die Futteraufnahme. Bereits SAMBRAUS (1978) stellte fest, dass sich die Fressgewohnheiten von Rindern verändern, sofern deren Rhythmus vom Menschen beeinflusst wird.

Das Futteraufnahmeverhalten von Rindern ist nicht nur auf der Weide, sondern auch unter Stallhaltungsbedingungen durch ihr Bedürfnis nach Synchronisation gekennzeichnet (WINCKLER, 2009). Neben dem *sozialen Rang* (SAMBRAUS, 1978) als tierseitigen Einflussfaktor auf das Futteraufnahmeverhalten ist auch die *gesundheitliche Konstitution* zu erwähnen. So ermittelten GONZÁLEZ et al. (2008) den Rückgang der Futteraufnahme als Indikator für die Erkrankung einer Kuh an Klauenproblemen oder an Ketose. Auch URTON et al. (2005) erkannten eine rückläufige Futteraufnahme als Anzeichen für eine Metritis in der Transitphase. DOLLINGER und KAUFMANN (2013) stellten jedoch eine erhöhte Aktivität im Futteraufnahmeverhalten bei Kühen fest, welche nachweislich gesundheitliche Probleme hatten. Die *Laktationsnummer* kann nach TÖLLE et al. (2002) jedoch auch Einfluss auf die Futteraufnahme nehmen.

Das Futteraufnahmeverhalten ist entscheidend für eine der Leistung angepasste Trockenmasseaufnahme von laktierenden Kühen. Daneben müssen Kühe jedoch auch ausreichend wiederkäuen, um die rohfaserreichen Rationen vollständig und effizient verwerten zu können (COOPER et al., 2007). Die überwiegende Wiederkautätigkeit von 80 % erfolgt nach SAMBRAUS (1978) im Liegen und beginnt jeweils 30 bis 60 min nach der Futteraufnahme. Rinder käuen täglich 4 bis 9 Stunden pro Tag wieder, untergliedert in 4 bis 13 Perioden mit einer Periodendauer von jeweils 20 bis 50 min (PORZIG und SAMBRAUS, 1991; WINCKLER, 2009). REITH und HOY (2011) stellten in ihren Untersuchungen eine tägliche

Wiederkaudauer von 7,4 h fest. Die höchste Wiederkauaktivität ist dabei in den Nachtstunden zu beobachten (SAMBRAUS, 1991). Die Wiederkaudauer ist nach SCHRADER (2009) vom *Rohfasergehalt*, der *Trockenmasse* und der *Feuchte des Futters* angängig.

2.2.2.2 Beschreibung des Futteraufnahmeverhaltens

Zur Beschreibung des Futteraufnahmeverhaltens werden in vereinzelt Studien kurzzeitige Besuche am Fressplatz als aussagekräftiges Bewertungskriterium herangezogen (TOLKAMP et al., 2000). Doch stellt sich für eine Analyse des Futteraufnahmемusters von Milchkühen und die Wirkung verschiedener Einflussfaktoren die Kurzzeitanalyse des Futteraufnahmeverhaltens als zutreffender heraus (TOLKAMP et al., 2002; MELIN et al., 2005b). Voraussetzung hierfür ist eine eindeutige Definition von Mahlzeiten (engl.: *meals*) (BAILE, 1975 zitiert in TÖLLE et al., 2002). Als Mahlzeit wird eine Anzahl von Futteraufnahmen (engl.: *bouts*) beschrieben, die von kürzeren Intervallen unterbrochen und von der nächsten Mahlzeit durch ein längeres Intervall ohne jegliche Futteraufnahme getrennt ist (METZ, 1975; FAGEN und YOUNG, 1978). Um ermitteln zu können, ob eine Futteraufnahme Bestandteil der vorhergehenden oder der folgenden Mahlzeit ist oder eine in sich geschlossene Mahlzeit darstellt, wurden von TOLKAMP et al. (2000) das *Mahlzeitenkriterium* (engl. *meal criteria*) definiert. Diese auch häufig als kritisches Intervall bezeichnete Kenngröße trennt kürzere Intervalle innerhalb einer Mahlzeit von längeren zwischen den Mahlzeiten (METZ, 1975; SIBLY et al., 1990; TOLKAMP et al., 2000) (Abbildung 6).

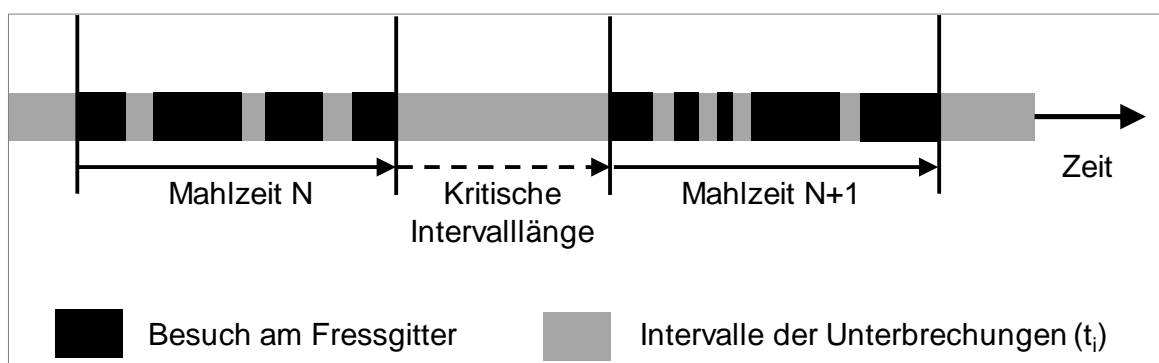


Abbildung 6: Definition von Mahlzeiten bei Rindern (verändert nach TÖLLE et al., 2002)

Zur Bestimmung des Mahlzeitenkriteriums liegen verschiedene Herangehensweisen vor. METZ (1975), DADO und ALLEN (1993) und MORITA et al. (1996) wählten als eine mögliche Bestimmungsmethode die Analyse von Überlebenskurven (*survivorship curves*), bei welcher die logarithmierte Häufigkeit der Intervalle zwischen zwei Futteraufnahmen (Länge $<t$) gegen die Intervalllänge t aufgetragen wird. SIBLY et al. (1990) beispielsweise testeten eine weitere Möglichkeit in Form der Darstellung der Häufigkeitsverteilung (*frequency curve*).

Dabei wird die logarithmierte Anzahl der Futteraufnahmen auf der y-Achse gegenüber dem zeitlichen Abstand zwischen den Futteraufnahmen auf der x-Achse dargestellt. In den meisten Fällen werden die Häufigkeitsverteilungen durch zwei oder mehr sich überlagernde (Exponential-) Funktionen ausgedrückt (SIBLY et al., 1990; STAMER et al., 1997; TOLKAMP et al., 2000). TOLKAMP et al. (2000) definieren den Schnittpunkt der Funktionen als die kritische Intervalllänge bzw. das Mahlzeitenkriterium.

In den Ausführungen mehrerer Autoren (METZ, 1975; SLATER und LESTER, 1982; MORITA et al., 1996) wird angenommen, dass die Wahrscheinlichkeit für eine erneute Mahlzeit unabhängig davon ist, wie lange die letzte Mahlzeit zurückliegt. Diese früheren Ansätze berücksichtigen nach HOWIE et al. (2009) die Effekte des Sättigungsprinzips auf das kurzzeitige Futteraufnahmeverhalten nicht ausreichend. Laut TOLKAMP et al. (1998) steigt die Wahrscheinlichkeit einer erneuten Mahlzeit mit zunehmender Intervalllänge an. Die Häufigkeitsverteilungen verhalten sich demnach nicht mehr wie negative Exponentialfunktionen. TOLKAMP et al. (1998) wenden ein Modell mit zwei Verteilungen der logarithmierten Intervalllängen zwischen den Futteraufnahmen in Form einer Gaußschen Glockenkurve an. Diese sollen die Intervalle zwischen und innerhalb der Mahlzeiten charakterisieren. Den Autoren zu Folge liegt der Vorteil dieses Modells in der Möglichkeit, die beobachtete Reduzierung sehr kurzer Intervalle innerhalb einer Mahlzeit zu erklären. Denn Kühen ist es beispielsweise nicht möglich, innerhalb einer bestimmten Zeitdauer den Fressplatz zu wechseln.

Das Modell mit zwei Gaußkurven wurde in weiteren Untersuchungen optimiert (TOLKAMP et al., 2000; YEATES et al., 2001; YEATES et al., 2002; HOWIE et al., 2009). Die Verwendung einer zusätzlichen Funktion kann längere Intervalle innerhalb der Mahlzeit erklären, welche beispielsweise zur Wasseraufnahme an der Tränke genutzt werden. Als dritte Funktion wird unter anderem von YEATES et al. (2001) statt der Gauß-Verteilung eine Weibull-Verteilung eingeführt, welche dem Sättigungsprinzip besser entsprechen sollte. MELIN et al. (2005b) bestätigen dies in ihren Ausführungen. Außerdem müssen die Werte einer Weibull-Verteilung nicht zwangsläufig einen Ursprung umfassen, weshalb diese als dritte Funktion geeignet ist (YEATES et al., 2001). Die erste Verteilung in Abbildung 7 stellt demnach die Intervalle zwischen den Mahlzeiten dar, in welchen die Kühe nicht trinken. Die zweite Verteilung bildet die Intervalle innerhalb der Mahlzeiten mit Trinkphasen ab, wohingegen die dritte Kurve dann jene Intervalle zwischen den Mahlzeiten zeigt (YEATES et al., 2002).

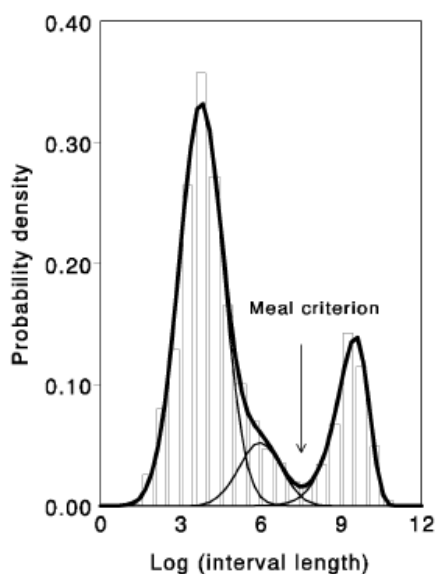


Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der logarithmierten Intervalllängen innerhalb und zwischen den Mahlzeiten und Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion mit drei Verteilungen (nach Abbildung 2c in YEATES et al., 2002)

Nach TUCKER (2009) weisen Kühe in Stallhaltung bedingt durch die Art und Konzentration des Futters mit 4-6 h pro Tag eine insgesamt kürzere Futteraufnahmedauer auf als Kühe bei Weidehaltung. Die Futteraufnahme bei Kühen im Stall ist in kürzere und häufigere Mahlzeiten zu unterteilen. Doch wird bei jener Autorin nicht auf die Länge des kritischen Intervalls eingegangen, um diese Ergebnisse mit jenen anderer Autoren vergleichen zu können.

Die Länge des kritischen Intervalls bewegt sich bei verschiedenen Autoren in einem Bereich zwischen etwa 10 und sogar 80 min (Tabelle 1). TOLKAMP et al. (1998) hingegen haben als Mahlzeitenkriterium einen Mittelwert von 41,8 min ermittelt. In weiterführenden Untersuchungen von TOLKAMP et al. (2000) zur Analyse des Futteraufnahmeverhaltens von Milchkühen bei der Fütterung zweier verschiedener Krafftuttermittel mit hoher und niedriger Proteinkonzentration werden drei Analysemethoden angewendet und entsprechend andere kritische Intervalle kalkuliert. Die Erweiterung des Modells um eine dritte Gauß-Verteilung führte zu einem Mahlzeitenkriterium von 49,1 min. Jene Kühe, welche das Futtermittel mit der geringeren Energiekonzentration angeboten bekamen, neigten zu einer höheren Anzahl an Mahlzeiten von 6,7 mit einer mittleren Dauer von 39,3 min je Mahlzeit im Vergleich. SCHUMANN et al. (2010) haben bei einem kritischen Intervall von 30 min eine mittlere Dauer der Morgenmahlzeit von 72 min ermittelt. Diese wurde durchschnittlich in 10,5 Fressphasen unterteilt, welche jeweils im Mittel 8,4 min andauerten.

Tabelle 1: Übersicht der Kennzahlen zum Futteraufnahmeverhalten von Milchkühen nach verschiedenen Autoren

Autor	Versuchsbeschreibung/Technik	Mahlzeitenkriterium (min)	Anzahl Mahlzeiten (n/d)	Dauer einer Mahlzeit (min)	Futteraufnahmedauer (h/d)
MORITA et al. (1996)	Freier Zugang zum Futter, TFV 1,8:1, Mischration, KF im AMS; Wiegetröge, Wiederkaussensoren	13	4,5	nicht angegeben	nicht angegeben
TOLKAMP et al. (1998)	Freier Zugang zum Futter, TFV 1,8:1; Wiegetröge	41,8	5,7	nicht angegeben	nicht angegeben
TOLKAMP et al. (2000)	Fütterung zwei verschiedener Futtermittel mit hohem und niedrigem Proteingehalt, freier Zugang zum Futter; Wiegetröge	44,7 ± 2,1	6,1 ± 0,1	36,9 ± 1,3 min	3,75
STAMER et al. (2000)	Freier Zugang zum Futter, TFV 2,1:1 bzw. 1,4:1, PMR ad lib. 2x/Tag	37	9	nicht angegeben	7,5
YEATES et al. (2001)	Analyse der Daten von TOLKAMP et al. (1998)	29,0 ± 2,24	6,05 ± 0,36	nicht angegeben	nicht angegeben
TÖLLE et al. (2002)	TMR ad lib., AMS, gelenkter Kuhverkehr; Wiegetröge	T1: 13,5; T2: 52,4	T1: 6,6; T2: 4,4	nicht angegeben	nicht angegeben
HARMS (2004)	Freier Zugang zum Futter, Mischration, AMS mit freiem, selektiv gelenktem und gelenktem Kuhverkehr; Wiegetröge	30	4,42 bis 7,39	nicht angegeben	3,52 bis 4,95
		50	3,94 bis 7,17		4,03 bis 5,4
		82	3,68 bis 5,14 (je nach Umtriebsform)		4,62 bis 6,33 (je nach Umtriebsform)
MELIN et al. (2005b)	Freier Zugang zum Futter, Mischration ad lib., AMS, gelenkter Kuhverkehr	39,9 ± 18,7	5,7 ± 2,3	42,0 ± 30,9	nicht angegeben
PAHL et al. (2014)	Freier Zugang zum Futter, TMR; Wiegetröge, Wiederkaussensoren	nicht angegeben	9,7	27,8 ± 21,7	nicht angegeben

Zahlreiche Kalkulationen des Mahlzeitenkriteriums in der Literaturübersicht wurden im Rahmen von Erhebungen bei Kühen in Laufstallhaltung unter konventionellen Melkbedingungen durchgeführt. Die Einführung des AMS brachte MELIN et al. (2005b) zufolge nicht nur ein vollständig anderes Melkkonzept mit sich, sondern auch eine Veränderung des Fütterungsregimes. Bei AMS wird der Tierumtrieb häufig gelenkt und in Folge dessen ist der Zugang zum Fressbereich in manchen Fällen restriktiv. HARMS (2004) beschäftigte sich mit den Auswirkungen des Tierumtriebs und zog für seine Untersuchungen überwiegend ein kritisches Intervall von 82 min für den gelenkten Umtrieb und 50 min bei freiem Kuhverkehr heran. Gemäß diesen Ergebnissen zeigten die Tiere in zwei Betrieben bei freiem Kuhverkehr 5,76 bzw. 6,17 Mahlzeiten je Tag mit einer aufsummierten Mahlzeitenlänge von 5,4 h bzw. 4,75 h. Im Vergleich dazu wird die Futteraufnahme einer Kuh bei gelenktem

Kuhverkehr in 3,68 bzw. 3,84 Mahlzeiten je Tier und Tag unterteilt und folglich eine aufsummierte Mahlzeitenlänge von 5,31 h bzw. 4,37 h je Tier und Tag errechnet.

Die Untersuchungen von MELIN et al. (2005b) bei Kühen, welche in einem AMS in Kombination mit gelenktem Kuhverkehr gemolken wurden, zeigen ein kritisches Intervall von im Mittel 39 min. Dadurch lassen sich 5,7 Mahlzeiten pro Tier und Tag mit einer durchschnittlichen Dauer von 42 min unterteilen. Den Autoren zufolge ist ihr kritisches Intervall länger im Vergleich zu jenem von MORITA et al. (1996), welche davon ausgingen, dass Mahlzeiten zufällig verteilt sind. MELIN et al. (2005b) begründen ihr höheres Mahlzeitenkriterium mit längeren Laufwegen der Kühe als Folge des gelenkten Tierumtriebs. TÖLLE et al. (2002) ermittelten in ihren Erhebungen in Zusammenhang mit einem AMS und gelenktem Kuhverkehr zwei kritische Intervalllängen (T1: 13,5 min; T2: 52,4 min). Vor allem bei der Anwendung von T2 entspricht die Anzahl an Mahlzeiten relativ genau der Zahl an Umläufen im AMS je Kuh und Tag. In der Studie wurde bei gelenktem Kuhverkehr der Aufenthalt im Fressbereich im Rahmen eines Umlaufs für eine Mahlzeit aufgewendet.

2.2.3 Ruhe- und Aktivitätsverhalten

Das Liegeverhalten von Kühen ist von großer Bedeutung, da das Ruhen der Tiere überwiegend im Liegen erfolgt (WINCKLER, 2009). Rinder sind hoch motiviert zu liegen, da sie hierbei sowohl ihre Gliedmaßen entlasten als auch 80 % ihrer Wiederkautätigkeit im Verlauf von 24 h ausführen können (SAMBRAUS, 1978; WINCKLER, 2009). Gemäß den Untersuchungen von MUNKSGAARD et al. (2005) hat das Liegen gegenüber der Futteraufnahme und dem Sozialkontakt eine höhere Priorität, sofern diese Verhaltensweisen nur eingeschränkt möglich sind. Die Ruhepositionen können nach WINCKLER (2009) sehr vielseitig sein, wobei PHILLIPS (2002) darauf hinweist, dass adulte Rinder überwiegend auf dem Sternum liegen. Kühe bevorzugen im Stall weiche, verformbare und trockene Liegeboxen, wobei neben der *Qualität des Liegeplatzes* auch soziale Faktoren eine Rolle bei ihrer Wahl spielen (SCHRADER, 2009). So legen sich häufig Tiere mit einem vergleichbaren *Rang* nebeneinander. Da auch das Ruheverhalten durch eine gewisse Synchronisation gekennzeichnet ist, sollte möglichst für jede Kuh eine Liegeboxe vorgesehen werden.

Ähnlich dem Wechsel von Ruhe- und Aktivitätsperioden im Tagesverlauf (WINCKLER, 2009) bei weidegehaltenen Rindern sind auch bei Milchkühen in Stallhaltung und bei Einsatz eines AMS zwei Hauptruhephasen in den Mittags- und Nachtstunden und folglich ein biphasischer Rhythmus zu beobachten (DEVRIES et al., 2005; FREIBERGER, 2005). Der primäre Zeitgeber des Ruhe- und Aktivitätsverhaltens ist die *Photoperiode* (CAMPBELL und TOBLER, 1984). Dementgegen üben nach SÜSS und ANDREAE (1984) bei Stallhaltung weder die

Jahreszeit noch die *Tageslichtlänge* einen deutlichen Einfluss auf die Unterbrechung der Liegeperioden im Tagesverlauf aus. SAMBRAUS (1990) hingegen beobachtet bei Rindern auf der Weide, dass sie bei zunehmender Länge der Dunkelheit kurz nach Mitternacht noch eine zusätzliche Graseperiode einlegen können.

Die Angaben zur täglichen Gesamtliegedauer bewegen sich gemäß den Aussagen verschiedener Autoren zwischen 7 – 14 h. Kühe unterteilen diese Liegedauer im Mittel in acht bis elf Liegeperioden mit einer Dauer von jeweils durchschnittlich 60 bis 90 min (Tabelle 2). Doch ist zu berücksichtigen, dass die in Tabelle 2 aufgeführten Werte in Erhebungen mit unterschiedlichen Fragestellungen und in variierenden Haltungssystemen ermittelt wurden. Nach SAMBRAUS (1991) ist bei Stallhaltung allgemein eine längere Liegedauer der Kühe als auf der Weide zu beobachten. Eine Ursache dafür ist vermutlich der im Vergleich zur Weidehaltung geringere Zeitaufwand für die Futteraufnahme.

Tabelle 2: Übersicht der Kennzahlen zum Liegeverhalten von Milchkühen nach verschiedenen Autoren

Autor	Fragestellung	Liegedauer (h/d)	Anzahl Liegeperioden (n/d)	Dauer Liegeperiode (min/n)	Erfassungstechnik
DEVRIES et al. (2005)	Untersuchung zur Beeinflussung des Verhaltens von Milchkühen durch verschiedene Fütterungsfrequenzen	12,9 – 13,1	nicht angegeben	nicht angegeben	Videotechnik, Time-Sampling
WINCKLER (2009)	Ausführungen zum Verhalten von Rindern	7 - 14	8 - 11	60 - 90	nicht angegeben
ITO et al. (2009)	Bewertung des Liegeverhaltens von Milchkühen in Laufstallhaltung	11 ± 2,1	9 ± 3	88 ± 30	Pedometer
CALDERON und COOK (2011)	Analyse des Effekts von Lahmheit auf das Liegeverhalten und den metabolischen Status von Milchkühen	9,39 - 13,44	11,49 – 20,31	39,31 – 61,71	Pedometer; Definition Liegeperiode, wenn in Folge eines Stehereignisses für mind. 2min ≥ 50% der Aktivität Liegen war
DEMING et al. (2013)	Zusammenhang von Haltung, Management, Melkaktivität, und Steh- und Liegeverhalten von in AMS gemolkenen Kühen	10,8 ± 1,2	9,3 ± 3,1	78,1 ± 28,2	Pedometer
TOBER und LOEBSIN (2013)	Untersuchung des Verhaltens von laktierenden Kühen in Abhängigkeit der Stalllufttemperatur	10,8 – 12,3	5,9 – 7,2	100 - 130	ALT-Pedometer; Liegeereignis mind. 3 min und Unterbrechung von Liegeperioden bei Pause > 20 min
GROTHMANN et al. (2014)	Erhebungen zum Einfluss unterschiedlicher Fütterungsfrequenzen auf das Futteraufnahme-, Wiederkau- und das Liegeverhalten von Kühen	10,9 – 12,2	8,4 - 10	78 - 90,3	Pedometer
HART et al. (2014)	Untersuchungen zum Effekt der Fütterungsfrequenz auf das Verhalten und die Leistung von Milchkühen	9,5 ± 2	9,76 ± 2,64	nicht angegeben	Pedometer

Das Liegeverhalten kann verschiedenen Autoren zufolge von Faktoren wie *Liegeplatzqualität und -angebot*, *Witterungs- bzw. Stallklimabedingungen* und *Aktivitäten des Menschen* wie *Futterangebot* bzw. *Häufigkeit der Futtervorlage* sowie der *Art und Frequenz des Melkens* beeinflusst werden (SAMBRAUS, 1978; SAMBRAUS, 1990; Haidn et al., 2005; Winckler, 2009). Kühe reagieren auf die *Liegeflächenqualität* eines trockenen Untergrunds mit einer erhöhten Liegedauer von 13,8 h/d im Vergleich zu 8,8 h/d bei feuchten Liegeflächen (FREGONESI et al., 2007b). Gleichzeitig kann die Liegedauer um 1,7 h/Kuh/d abnehmen, wenn sich das *Tier-Liegeplatzverhältnis* von 1:1 auf 1,5:1 erhöht (FREGONESI et al., 2007a). Praxiserhebungen in AMS-Betrieben (Freiberger, 2005) zeigen, dass die Ruhephasen nur geringfügig durch die *Jahreszeiten* beeinflusst werden. Vielmehr haben

die *Vorlage frischen Futters* und das *Futternachschieben* einen Einfluss auf die Aktivität der Kühe. Ausführungen von TUCKER et al. (2008) sowie GUTERMANN et al., 2005 zu Folge stehen Kühe unter *heißen Temperaturbedingungen* länger und verkürzen entsprechend die Liegezeiten.

Hinsichtlich der Futtermahlzeit (DEVRIES und VON KEYSERLINGK, 2005) wird der *Effekt der Fütterungsfrequenz* unterschiedlich bewertet (ITO et al., 2009; GROTHMANN et al., 2014). Erhebungen von DEVRIES et al. (2005) zeigen, dass die Häufigkeit der Futtermahlzeit zwar keinen Einfluss auf die tägliche Gesamtliegedauer hat, jedoch auf die Anzahl an Liegeperioden. Werden Kühe zweimal pro Tag gefüttert, legen sie lediglich zwei, dafür ausgedehntere Liegeperioden ein im Vergleich zu vier bei vier Fütterungen. Auch in den Untersuchungen von GROTHMANN et al. (2014) kann lediglich eine tendenzielle Abnahme der Liegedauer mit ansteigender Fütterungsfrequenz beobachtet werden. Vielmehr spielen hier das jeweilige Laktationsstadium und die Laktationsnummer der Kühe eine Rolle auf die Anzahl der Liegeperioden und die Dauer der Liegeperioden. MÄNTYSAARI et al. (2006) ermittelten ebenfalls eine kürzere Liegedauer bei einer fünfmal täglichen Futtermahlzeit und eine verstärkte Unruhe der Tiere. Die Autoren bestätigen die Vermutungen von PHILLIPS und RIND (2001), dass eine mehrfach tägliche Futtermahlzeit die Tiere sogar stören kann. Auch MATTACHANI et al. (2015) stellten fest, dass 11 Fütterungen am Tag im Vergleich zu sechs Futtermahlzeiten längere Liegeperioden aufgrund der kürzeren Zeitintervalle zwischen den Fütterungen unterbrechen können. Doch auch in jenen Untersuchungen wurde die tägliche Gesamtliegedauer nicht beeinträchtigt. Demgegenüber ermittelten POMPE et al. (2007) in ihren Erhebungen auf 20 niederländischen Praxisbetrieben eine um 5% erhöhte Aufenthaltsdauer in der Liegeboxe bei automatischer in Vergleich zu konventioneller Fütterung.

Dem *Melkvorgang* wird ebenfalls große Bedeutung für das Liegeverhalten zugewiesen (SAMBRAUS, 1991). Während beim konventionellen Melken die Melkzeit durch den Menschen festgelegt wird, können beim Milchentzug mit einem AMS der Zeitpunkt und die Anzahl der Melkvorgänge vom Produktionsrhythmus des Einzeltieres bestimmt werden (HELMREICH et al., 2010). Somit können sich auch Änderungen im Liegeverhalten ergeben. Jene Autoren ermittelten einen tendenziellen Rückgang der nächtlichen Liegedauer mit einer steigenden Anzahl an Nachtmelkungen der Kühe. Weiteren Untersuchungen von WECHSLER et al. (2012) zu Folge, führt eine höhere Melkfrequenz in einem AMS zwar zu keiner Reduzierung der täglichen Gesamtliegedauer, die Tiere halten sich aber je Liegeperiode kürzer im Liegebereich auf. DEMING et al. (2013) stellten fest, dass in einem AMS-Betrieb lediglich eine ausreichende Liegedauer erreicht werden kann, wenn die Kühe ge-

nügend Fressplätze und ständig verfügbares Futter vorfinden. Denn eine durch eine erhöhte Melkfrequenz bedingte höhere Milchleistung kann nur durch eine entsprechende Futteraufnahme gewährleistet werden (DEVRIES et al., 2011).

Auch tierseitige Faktoren wie *Gewicht, Alter, Leistungshöhe, Reproduktionsstatus, Rasse* und die *Rangposition* können Einfluss auf die Ausprägung der Liegezeiten nehmen (SAMBRAUS, 1990; WINCKLER, 2009). Dadurch lassen sich die Ergebnisse von ITO et al. (2009) erklären. Jene Autoren stellten fest, dass die tierindividuellen Unterschiede im Liegeverhalten in einem Betrieb größer waren als die Unterschiede zwischen den Betrieben. Somit kann die Aussage von SAMBRAUS (1991) bestätigt werden, dass das für eine Herde zutreffende Liegeverhalten nicht zwingend für das Einzeltier gelten muss. Ferner beobachteten REITH und HOY (2011), dass das Aktivitätsverhalten von brünstigen Kühen um bis zu 45% gesteigert und das Ruheverhalten entsprechend –nach SAMBRAUS (1990) auch der übrigen Herdenmitglieder- reduziert sein kann. Ähnlich dem Futteraufnahmeverhalten wird die Bewegungsaktivität durch *Gesundheitsstörungen* beeinträchtigt. ITO et al. (2010) ermittelten einen Zusammenhang zwischen dem Liegeverhalten -insbesondere einer hohen Liegedauer von mehr als 14,5 h je Tag und verlängerten Liegeperioden von über 90 min je Periode- und dem Auftreten von Lahmheiten. Auch SCHINDHELM (2016) bestätigt diese Erkenntnisse. LIEBHART (2009) stellte in ihren Erhebungen fest, dass der soziale Rang einen weiteren Einfluss auf die Anzahl Liegeperioden hat. Rangniedere Kühe weisen der Autorin zufolge mehr Liegeperioden auf als ranghöhere. Die Autorin erklärt dies mit den Feststellungen von SÜSS und ANDREAE (1984), dass dominante Tiere rangniedere bei Konkurrenzsituationen aus der Liegeboxe vertreiben können.

Wie in Tabelle 2 dargestellt ist, liegen vielfältige Erhebungen zum Liegeverhalten von Milchkühen in Stallhaltung vor. Doch kann den Ausführungen nur vereinzelt -im Vergleich zu den Untersuchungen zum Futteraufnahmeverhalten- entnommen werden, wie beispielsweise die Kalkulation der Liegeperioden vorgenommen wurde. CALDERON und COOK (2011) definierten entsprechend den Aussagen von MUNKSGAARD et al. (2006) eine Liegeperiode als eine auf eine Stehphase folgende Periode, bei der $\geq 50\%$ der erfassten Aktivität als Liegen für mindestens 2 min detektiert werden. TOBER und LOEBSIN (2013) bewerten eine zusammenhängende Zeit des Liegens, die maximal 20 min unterbrochen wurde. Dabei sollten die Liegeereignisse mindestens eine Dauer von 3 min besitzen.

2.2.4 Melkverhalten in automatisierten Systemen

Die Besonderheit bei automatischen Melksystemen besteht nach LEXER (2005) darin, dass die Tiere ihren Melkrhythmus nicht mehr den vorgegebenen Melkzeiten des Menschen anpassen müssen, sondern diesen nun selbst bestimmen können. Auch das Melkverhalten der Kühe in einem AMS-Betrieb ist durch einen Tagesrhythmus gekennzeichnet. Wie bereits WENDL et al. (2000) beobachtete auch HARMS (2004) die geringste Anzahl der Melkungen in den frühen Morgenstunden. In der Nacht zwischen 2:00 und 6:00 Uhr ist eine deutliche Ruhephase erkennbar. Am Morgen, u.a. zu Beginn der Stallarbeitszeit, sowie am Nachmittag und Abend wurden die meisten Melkungen pro Stunde ermittelt. WAGNER-STORCH und PALMER (2003) bestätigen diese Ergebnisse. Sie erfassten die meisten Melkungen von 8:00 bis 13:00 Uhr und von 15:00 bis 19:00 Uhr. Jene Autoren führten ihre Erhebungen mit einem AMS und einem davor befindlichen Warteraum durch. Die Tierzahl im Warteraum unterliegt einem ähnlichen Tagesrhythmus. So wurden dort weniger als zwei wartende Kühe pro Stunde im Zeitraum von 20:00 bis 6:00 Uhr beobachtet. Gemäß den Aussagen von DEVRIES et al. (2011) gehen Kühe vor allem um den Zeitpunkt der Futtervorlage oder des Futternachschiebens zum Melken.

Untersuchungen von SPOLDERS (2002) zu den Zwischenmelkzeiten in einem AMS-Betrieb ergeben bei einer Spanne von 4 bis 20 h im Mittel 8,5 h. Der Hauptanteil (80 %) der Zwischenmelkzeiten liegt dabei zwischen 6 und 10 Stunden (Abbildung 8).

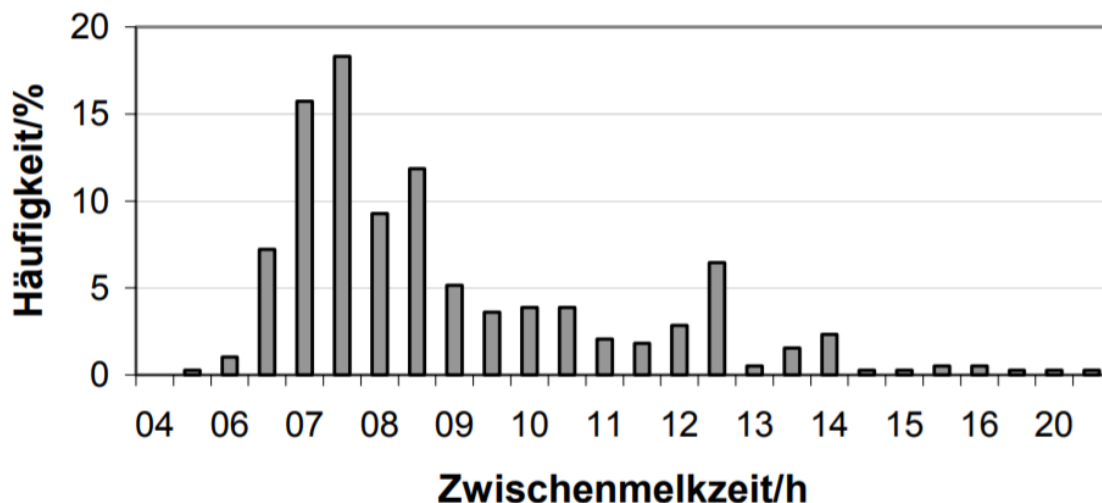


Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung der Zwischenmelkzeiten im AMS (n=35.000) (SPOLDERS, 2002)

Die Ausführungen von WENDL et al. (2000) zeigen, dass sich durch den selbstbestimmten Melkrhythmus einer Kuh auch variable Zwischenmelkzeiten ergeben können. Im Durchschnitt der untersuchten Betriebe liegen etwa 50 bis 70 % aller Melkungen in einem Zeitraum zwischen 6 und 10 h. Die Erhebungen von FREIBERGER (2005) auf drei Praxisbetrieben zeigen, dass der überwiegende Anteil der Einzelgemelke bei allen Betrieben zwischen 6 und 12 kg Milch lag. Auch HARMS (2004) fand eine ähnliche Verteilung der Gemelksmengen. Doch stellte er einen Einfluss des Betriebs und der jeweiligen Leistung der Tiere fest. Vor allem der Anteil der Gemelksmengen > 12 kg war bei freiem Kuhverkehr erhöht. Große Gemelke ergeben sich nach IPEMA und DE KONING (1997) in der Regel durch lange Zwischenmelkzeiten. Folglich hat die Zwischenmelkzeit einen signifikanten Einfluss auf die Milchleistung je Gemelk (HOGEVEEN et al., 2001).

Hinsichtlich der durchschnittlich täglichen Melkfrequenz in einem AMS wurden von FREIBERGER (2005) in Praxiserhebungen 2,3 bis 2,8 Melkungen ermittelt. Auch DEMING et al. (2013) beobachteten in ihren Praxisuntersuchungen auf 13 kanadischen AMS-Betrieben eine mittlere Melkfrequenz von 2,8 Melkungen je Kuh und Tag.

Die theoretische Verfügbarkeit des AMS über 24 h und das Melkverhalten der Kühe wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. HARMS (2004) hebt vor allem die *Tank- und Systemreinigungen* als Beeinträchtigung des Tagesverlaufs der Melkungen hervor. FREIBERGER (2005) ergänzt diese Aussagen, denn die Anzahl der Melkungen pro Kuh und Tag wird von der *Anzahl der Kühe pro AMS* (BELLE et al., 2012), der *Milchleistung*, dem *individuellen Tierverhalten* und dem gewählten Schwellenwert für die Melkhäufigkeit gemäß der *Melkberechtigung* in Abhängigkeit der Mindestmilchmenge bzw. der Zwischenmelkzeit bestimmt. Außerdem ist es wichtig, dass eine gute Zugänglichkeit und Verfügbarkeit der Melkbox gegeben sind. Nur so kann eine höhere Melkfrequenz erreicht werden. Bezugnehmend auf das individuelle Tierverhalten ist vor allem der *soziale Rang* hervorzuheben. Auswertungen von KETELAAR-DE LAUWERE et al. (1996) zeigen, dass sich die tägliche Melkfrequenz in einem AMS zwischen den Ranggruppen nicht unterscheidet, rangniedere Tiere aber vor allem ihre AMS-Besuche in Perioden mit wenigen Melkungen, wie beispielsweise in den frühen Morgenstunden legen. Ranghohe Kühe weisen im Vergleich zu rangniederen Tieren auch geringere Wartezeiten vor dem AMS auf. Diese Beobachtungen werden insbesondere durch eine Überbelegung des AMS verstärkt (WENDL et al., 2000). Der *Gesundheitsstatus* der Kühe kann ebenfalls ihr Laufverhalten zum AMS beeinflussen. So sind vor allem Kühe mit Klauenerkrankungen weniger bereit, freiwillig zum Melken zu gehen (BORDERAS et al., 2008).

Neben jenen und weiteren tierseitigen Faktoren, wie der *Milchleistung*, *Laktationsnummer* und dem *Laktationsstadium* (NIXON et al., 2009) spielen auch externe Faktoren eine große Rolle. Als solche sind die Haltung und *stallbauliche Gegebenheiten* (DEMING et al., 2013) sowie das *Management des Menschen*, wie das *Fütterungsregime* und das *Nach-treiben* von überfälligen Kühen zu sehen. Als baulicher Aspekt und somit Erfolgsfaktor eines automatisierten Melksystems spielt der *Tierumtrieb* eine zentrale Rolle im Stall (HARMS, 2004). Der Autor definiert diesen Begriff als die Gesamtheit technischer und baulicher Maßnahmen, die den Kühen den Zugang zu verschiedenen Bereichen im Stall ermöglichen oder verhindern. Die Realisierungsmöglichkeit der verschiedenen Umtriebsformen ist durch die Trennbarkeit von Liege- und Fressbereich eingeschränkt. Die Umtriebsformen lassen sich hauptsächlich durch die Gestaltung des Übergangs zwischen Fress- und Liegebereich unterscheiden. Dieser kann dabei sowohl frei als auch über Tore gelenkt werden. Es können entweder einfache Einwegtore oder intelligente Durchgangstore für eine möglichst tierindividuelle Lenkung eingebaut werden. Ein weiteres Charakterisierungsmerkmal des Tierumtriebs stellt die Umtriebsrichtung dar, in welcher die Kuh das AMS aufsucht. Auch der Zugang zur Melkbox bzw. zum Warteraum vor dem AMS ist kennzeichnend. Entweder ist dieser völlig frei oder ebenfalls mit Einwegtoren oder Einrichtungen zur Vorselektion gestaltet (FUCHS et al., 2013)

Ausgehend von diesen Charakteristika der verschiedenen Umtriebsformen lassen sich vier Varianten des Tierumtriebs unterscheiden: der freie Umtrieb, der einfach und selektiv gelenkte Umtrieb sowie der „Feed First“ Umtrieb (Abbildung 9).

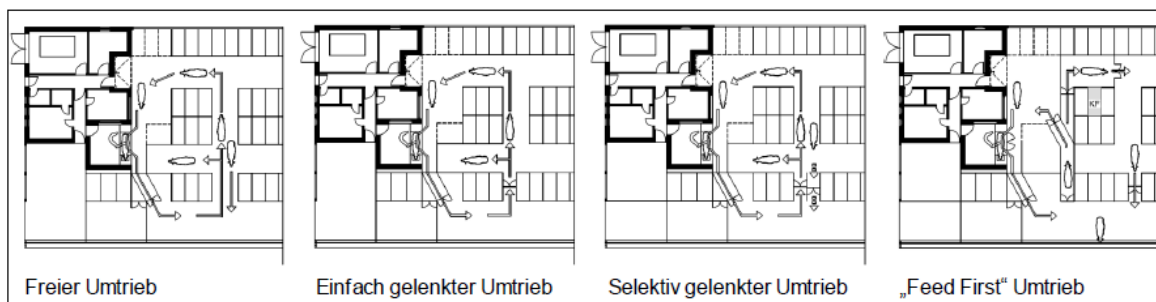


Abbildung 9: Vier Varianten des Tierumtriebs beim Einsatz automatischer Melksysteme (HARMS und WENDL, 2009)

Beim *freien Umtrieb* haben die Kühe jederzeit Zugang zu sämtlichen Funktionsbereichen im Stall. Der *einfach gelenkte Umtrieb* schränkt die Tiere dahingehend ein, dass sie den Fressbereich nur auf ihrem Rückweg von der Melkbox erreichen können. Beim *selektiv gelenkten Umtrieb* (auch individuell gelenkter Kuhumtrieb genannt) erlauben zusätzliche

möglichst dezentrale Selektionstore tierindividuelle Einstellungen der Zugangsberechtigung zum Fressbereich von „frei“ bis „gelenkt“ (FUCHS et al., 2013). Als weitere Umtriebsform ist der „*Feed First*“ Umtrieb zu nennen. Die Tiere können jederzeit über Einwegtore in den Fressbereich gelangen, werden jedoch auf ihrem Rückweg in den Liegebereich bei Melkanrecht in den Wartebereich vor dem AMS selektiert.

Untersuchungen zeigen, dass das *Futteraufnahmeverhalten* durch die Umtriebsform beeinflusst werden kann. HARMS (2004) bestätigt in seinen Ausführungen, dass Tiere bei freiem Umtrieb den Fressbereich am häufigsten aufsuchen, gefolgt vom selektiv gelenkten bzw. einfach gelenkten Umtrieb. Doch wurde beobachtet, dass der gelenkte Kuhverkehr zu einem Rückgang der Futteraufnahmedauer (BACH et al., 2009) und zu längeren Stehzeiten im Fressbereich (KETELAAR-DE-LAUWERE et al., 1998) führen kann. TÖLLE et al. (2002) und HARMS (2004) bestätigen diese Erkenntnisse. Bei HARMS (2004) wurden jedoch keine Unterschiede in der reinen Fresszeit (Kopf im Trog) zwischen den einzelnen Umtriebsformen festgestellt.

Bezüglich der *Melkfrequenz* im AMS konnten GEIDEL und GRAFF (2013) lediglich geringe Unterschiede erfassen (freier Kuhverkehr: 2,6 Melkungen je Kuh und Tag; Feed-First mit dezentralem Selektionstor: 2,7 Melkungen je Kuh und Tag; Feed-First: 2,8 Melkungen je Kuh und Tag). Die *Zwischenmelkzeiten* variieren jedoch bei den verschiedenen Umtriebsformen und der Arbeitszeitaufwand für das Nachtreiben überfälliger Tiere und somit der Managementaufwand können bei freiem Kuhverkehr erhöht sein. Kühe weisen demnach im freien Kuhverkehr deutlich längere Zwischenmelkzeiten auf als Tiere in einem selektiv gelenkten bzw. einem „Feed-First“ System. Der einfach gelenkte Umtrieb resultiert in regelmäßigeren Besuchen des AMS durch die Tiere und in geringeren Nachtreibezeiten (HARMS, 2004; FUCHS et al., 2013). Der selektiv gelenkte Umtrieb vereint die Vorteile des freien und gelenkten Kuhverkehrs und führt zu zufriedenstellenden Ergebnissen hinsichtlich einer hohen Melkfrequenz und der Anzahl nachzutreibender Kühe (HARMS, 2004; HARMS und REINECKE, 2007). Vorteil des „Feed-First“ Umtriebs ist nach HARMS und REINECKE (2007) die häufige Selektion der Tiere, welche zu einer regelmäßigen Melkfrequenz bei geringem Arbeitsaufwand führen kann. Die Auswirkungen der langen zurückzulegenden Wegstrecken und der häufig langen Wartezeiten vor dem AMS auf das Verhalten rangniederer Tiere bleiben in den Ausführungen von HARMS (2004) jedoch ungeklärt.

Bei gelenktem bzw. selektiv gelenktem Umtrieb liegen die *Wartezeiten vor dem AMS bzw. die Anzahl wartender Tiere* auf einem höheren Niveau als bei freiem Kuhverkehr

(KETELAAR-DE-LAUWERE et al., 1998; HARMS, 2004). Vor allem hohe Auslastungen des AMS können diesen Effekt verstärken (KETELAAR-DE-LAUWERE et al., 1998).

MELIN et al. (2005a) beschreiben die *Fütterungsstrategie* in einem AMS-Betrieb als bedeutenden Einflussfaktor auf das Verhalten von Milchkühen. Zu Beginn der Entwicklung von AMS wurde angenommen, die Kuh gehe freiwillig zum Melken, um den Euterinnendruck zu verringern (WEBSTER, 1987 zitiert in MÜLLER et al., 2000). Diese Meinung widerlegen PRESCOTT et al. (1998). In deren Wahlversuchen suchten die Kühe kaum freiwillig das Melksystem auf, sondern bevorzugten das ihnen angebotene Futter. Diese Motivation wurde in Form einer in der Melkbox integrierten *Krafftuttergabe* befriedigt. Bekamen die hochleistenden Kühe pelletiertes Krafftutter im AMS angeboten, suchten sie signifikant häufiger den Melkroboter auf. Nach den durch HARMS (2004) bestätigten Erkenntnissen kann dieses potentielle Lockmittel die Tiere dazu bewegen, das AMS oder Vorselektions-einrichtungen regelmäßig freiwillig aufzusuchen, um somit die Anzahl der Melkungen zu erhöhen und deren Verteilung über den Tag gleichmäßiger zu gestalten. Das Krafftutter (meist pelletiertes Futter) kann von den Kühen in kleinen Gaben (max. 2 kg) im AMS über den Tag verteilt aufgenommen werden. In Kombination mit diesem Krafftuttermanagement wird empfohlen, eine partielle Mischration (PMR) am Trog zu füttern. Diese sollte auf eine Milchleistung von 5 bis 7 kg unter dem Herdendurchschnitt ausgelegt sein (BONSELS, 2014). Eine totale Mischration (TMR) würde demgegenüber zu einer Sättigung der Kühe und einer damit einhergehenden Trägheit und verminderten Aktivität der Herde führen (BONSELS, 2009).

Neben dem *Krafftuttermanagement* und der *Rationsgestaltung* ist ein Augenmerk auf das *Fütterungsregime* und insbesondere die Effekte einer *häufigeren Futtevorlage* am Tag zu richten. Denn bereits RODENBURG (2002) vermutete, dass die Vorlage einer frischen TMR mehrmals am Tag die freiwilligen Besuche im AMS insbesondere bei gelenktem Kuhverkehr erhöhen kann. Eigene Untersuchungen (OBERSCHÄTZL, 2013) bestätigen eine Entzerrung des Kuhverkehrs durch eine gleichmäßigere Verteilung der Melkungen in einem AMS, wobei die Melkfrequenz in jenem Praxisversuch nicht erhöht wurde. Auch BELLE et al. (2012) fanden in ihren Erhebungen auf niederländischen Praxisbetrieben (n=9 mit konventioneller Fütterung, n=11 mit AFS) keinen signifikanten Effekt eines AFS auf die Anzahl der Melkungen im AMS (konventionelles Füttern: 2,57 Melkungen je Kuh und Tag; AFS: 2,61 Melkungen je Kuh und Tag). Die Kühe, welche mit einem AFS mehrmals am Tag gefüttert wurden, suchten das AMS jedoch früher am Morgen auf als konventionell gefütterte Tiere. In den AFS-Betrieben wurden des Weiteren um 20,8 % mehr Kühe beim AMS abgelehnt. Hinsichtlich der Melkfrequenz und der zurückgewiesenen Besuche im AMS wurden von

MATTACHANI et al. (2015) keine Effekte von 11 Fütterungen am Tag im Vergleich zu sechs Futtervorlagen erfasst. Die Auswirkungen einer erhöhten Fütterungsfrequenz auf die Milchleistung und die Milchzusammensetzung sind nach verschiedenen Autoren jedoch als gering einzustufen (KUDRNA, 2003; ALZAHAL, et al., 2006; MÄNTYSAARI et al., 2006; HART et al., 2014; GROTHMANN, 2015; MATTACHANI et al., 2015). Frühere Erkenntnisse von NOCEK und BRAUND (1985) widersprechen diesen Ergebnissen. Vier Fütterungen führten in ihren Erhebungen zu einer geringeren Futteraufnahme der Tiere, bewirkten jedoch eine tendenziell höhere Milchleistung, weshalb auf eine geringfügig höhere Effizienz in der Produktion fettkorrigierter Milch geschlossen wurde.

2.3 Folgerungen aus der Auswertung der Literaturergebnisse

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass das Verhalten von Milchkühen in Laufstallhaltung von einer Vielzahl Faktoren beeinflusst wird. Endogene Rhythmen werden durch exogene Zeitgeber (Fütterung, AMS, Aktivitäten des Menschen) synchronisiert. Wie bereits GRANT und ALBRIGHT (2000) feststellten, sind das Verhalten und der Tagesablauf von Milchkühen durch eine Aufeinanderfolge verschiedener Verhaltensweisen gekennzeichnet. Diese laufen somit nicht unabhängig voneinander ab und eine ausgeprägte Durchführung eines Verhaltens kann zu Lasten des verfügbaren Zeitbudgets zur Ausübung anderer wichtiger Verhaltensweisen gehen. Die Einflussfaktoren auf das Verhalten von Rindern lassen sich nach PORZIG und SAMBRAUS (1991) in Umwelteinflüsse und tierseitige Einflüsse unterteilen (Tabelle 3).

Tabelle 3: Einflussfaktoren auf das Verhalten von Milchkühen bei Laufstallhaltung (nach SAMBRAUS, 1973; SAMBRAUS, 1990; WIERENGA, 1990; SAMBRAUS, 1991; ALBRIGHT, 1993; OLOFSSON, 1999; PHILLIPS, 2002; SPOLDERS, 2002; TÖLLE et al., 2002; WAGNER-STORCH und PALMER, 2003; DEVRIES et al., 2004; HARMS, 2004; DEVRIES und VON KEYSERLINGK, 2005; ENDRES et al., 2005; FREIBERGER, 2005; GUTERMANN et al., 2005; MELIN et al., 2005a; URTON et al., 2005; DEVRIES und VON KEYSERLINGK, 2006; HUZZEY et al., 2006; GONZÁLEZ et al., 2008; ITO et al., 2009; LIEBHART, 2009; SCHRADER, 2009; WINCKLER, 2009; HELMREICH et al., 2010; REITH und HOY, 2011; DEMING et al., 2013, GROTHMANN et al., 2014; OBERSCHÄTZL, 2013)

Tierseitige Einflüsse	Umwelteinflüsse
<ul style="list-style-type: none"> - Endogene Rhythmik - Alter - Körpergewicht - Größe - Gesundheitsstatus - Sozialer Rang - Laktationsstand - Leistungsniveau - Reproduktionsstatus - Bedürfnis Herdenkontakt zu wahren - Stimmungsübertragung 	<p>Zeitgeber</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tag-Nacht-Wechsel - Tageslichtlänge - Temperatur <p>Menschenbedingte Gegebenheiten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fütterungsregime (Frequenz, Art und Zeitpunkt der Futtevorlage; Art der Futtermittel) - Melkverfahren (konventionell oder automatisch, Melkzeiten) - Tierumtrieb - Stallbauliche Gegebenheiten (Angebot an Ressourcen, Ausgestaltung der Funktionsbereiche) - Management (Systemeinstellungen; Art, Zeitpunkt und Häufigkeit von Stallarbeiten)

Landwirte haben somit verschiedene Möglichkeiten, den Ansprüchen von Milchkühen gerecht zu werden und Einfluss auf ihr Verhalten zu nehmen. Insbesondere in Zusammenhang mit AMS besteht das Ziel der Nutzer darin, eine möglichst hohe und gleichmäßige Auslastung des Melkroboters, geringe Wartezeiten der Tiere vor dem AMS, ein rechtzeitiges Melken auch in den Nachtstunden, nach Möglichkeit geringe Einschränkungen im Zugang zu verschiedenen Funktionsbereichen im Stall und einen geringen Arbeitsaufwand für das Nachtreiben von Kühen zu erreichen (FUCHS et al., 2013). Diesem Bestreben der Landwirte, auch in den Nachtstunden eine hohe Anzahl an Melkungen zu erreichen, steht das natürliche Verhalten von Rindern und deren Tagesrhythmus entgegen. Rinder werden im Allgemeinen als tagaktive Tiere beschrieben und SAMBRAUS (1991) zufolge ist bei Kühen eine deutliche Ruhephase in den Nachtstunden zu erkennen.

Wie der Literatur zu entnehmen ist, können Betriebsleiter ihren vorangehend genannten Absichten sowohl mit stallbaulichen Maßnahmen und verschiedenen Tierumtriebsvarianten als auch mit einer angepassten Fütterungsstrategie entgegenkommen. Es wird deutlich, dass insbesondere der Zugang zu der Ressource frisch gemischtes und vorgelegtes Futter einen bedeutenden Einfluss auf das Verhalten von Milchkühen haben kann. Die Ausgestaltung des Fressbereichs sowie die Menge und Qualität des Futters (DEMING et al., 2013) können somit ein wichtiges Steuermedium des Tierverhaltens darstellen.

Durch den Einsatz von AFS ergeben sich veränderte Bedingungen für Mensch und Tier. Gleichzeitig eröffnen sich aber auch neue Möglichkeiten im Vergleich zu einer konventionellen und personengebundenen Art der Futtevorlage, verschiedene Leistungsgruppen nach ihrem Bedarf mehrmals am Tag mit frisch gemischten Rationen versorgen und das Futter je nach System automatisiert nachschieben zu können. Neben der Automatisierung verschiedener Arbeitsprozesse schreitet die Verbreitung verschiedener Sensortechniken (z.B. Beschleunigungssensoren, Pansenboli, Wiederkausensoren, 3D-Kamera zur BCS-Bewertung, etc.) weiter voran. Mit Hilfe dieser lassen sich tierindividuelle Parameter zu dem Aktivitätsverhalten sowie dem Gesundheits- und Reproduktionsstatus gewinnen (WENDL, 2014). Durch eine einheitliche Kopplung dieser im Stall verfügbaren Techniken kann die Idee des Precision Dairy Farming, einzeltierbezogene Entscheidungen zu treffen und diese mit Hilfe der Prozesstechnik (AMS, AFS, etc.) umzusetzen, effizient realisiert werden (WENDL, 2011a). Jedoch lassen sich aus den bisherigen Erhebungen und praktischen Erfahrungen noch keine Rückschlüsse auf die Berücksichtigung von Steuerkenngrößen bzw. bevorzugte Einstellungen von AFS hinsichtlich Fütterungszeiten und -frequenzen sowie die Tagesfutterprofile und die entsprechend vorgelegten Futtermengen ziehen.

3. Problemstellung

Eine entscheidende Rolle bei der Nutzung von AFS spielen die vom Landwirt eingestellten Fütterungs- und Nachschiebezeiten sowie –frequenzen. Die zu Beginn der Untersuchungen vorliegenden Erhebungen zu den Auswirkungen veränderter Fütterungsfrequenzen stammen überwiegend aus Untersuchungsbetrieben mit konventionellen Melksystemen und somit festen vom Menschen vorgegebenen Melkzeiten. Doch investieren tendenziell Landwirte mit einem AMS in diese Technik. Insbesondere die Kombination aus beiden Automatisierungstechniken und somit einer mehrmals täglichen Futtervorlage und individuell vom Einzeltier gewählten Melkzeiten stellen eine große Herausforderung an den Betriebsleiter dar und bieten gleichzeitig die Möglichkeit, den Bedürfnissen des Einzeltieres nahe-zukommen.

In der Praxis werden AFS bislang unter Verwendung fix eingestellter Zeiten und Frequenzen für das Füttern sowie das Nachschieben genutzt. Das bedeutet, dass sie in der Regel einmal festgelegt werden, also „statisch“ sind und nur manuell am Rechner verändert werden können, was aber in der Praxis nur sehr selten durchgeführt wird. Vielmehr wird mit Hilfe von AFS versucht, über eine höhere Fütterungsfrequenz die Vorlage dem Futteraufnahme-rhythmus der Tiere anzupassen, ohne zu wissen, ob die entsprechend vorgelegte Futtermenge auch dem Bedarf zu dem jeweiligen Zeitpunkt entspricht und somit ein temporäres Defizit am Trog vorliegt oder bei einer zu hohen Futtermenge auch ein Futterverderb/-verlust entstehen kann. Die Tiere müssen sich unter den bisherigen Gegebenheiten in ihrem Verhalten an die Technik anpassen. Doch wie in der Literaturübersicht gezeigt wird, unterliegt das Verhalten einer Milchkuh in Stallhaltung vielen verschiedenen Einfluss-faktoren und kann sich somit sowohl im Tagesverlauf als auch von Tag zu Tag ändern. Ein wichtiger Einflussfaktor ist zweifellos das Fütterungssystem und dessen Steuerung mit Auswirkungen auf das Verhalten jedes einzelnen Tieres in den verschiedenen Funktionskreisen und entsprechend seinem durch zahlreiche Faktoren (Alter, Laktation, Körperge-wicht usw.) beeinflussten Rang im Herdengefüge.

Landwirte setzen auch auf die Automatisierung einer mehrfach täglichen Futtervorlage, um beispielsweise ihr AMS gleichmäßiger auslasten zu können. Es liegen jedoch keine Er-kenntnisse vor, ob durch eine „dynamische“ Anpassung der Fütterungs- sowie Nachschie-bezeiten, d.h. der Zeitpunkt der Futtervorlage wird durch das Tier bestimmt, eine bessere Entzerrung des Kuhverkehrs im AMS-Betrieb erreicht werden kann. Außerdem ist offen, ob dadurch auch eine Anpassung der vorgelegten Futtermengen an den tatsächlichen tem-porären Bedarf der Tiere möglich ist.

4. Zielstellung

Ziel vorliegender Arbeit ist es, zunächst im Rahmen eines Vorversuchs die Auswirkungen einer höheren Fütterungsfrequenz durch ein AFS von einer in der Praxis verbreiteten sechsmaligen Futtervorlage im Vergleich zu einer unter konventionellen Bedingungen üblichen zweimaligen Fütterung pro Tag auf das Verhalten von Milchkühen in einem Betrieb mit einem AMS zu erfassen. Der Fokus sollte dabei auf die Untersuchungen des Ruhe- und Aktivitätsverhaltens, des Futteraufnahmeverhaltens und des Melkverhaltens der Tiere im AMS gelegt werden. Im Besonderen ist der Schwerpunkt der Analysen auf die Rhythmik der Aufenthalte im Fressbereich und die Dauer der Besuche in den einzelnen Funktionsbereichen zu legen.

Durch diese vorangehenden Erhebungen sollen Grundlagen hinsichtlich einer optimierten Versuchsanstellung und einer Echtzeitverarbeitung von Positionsdaten geschaffen werden. Basierend darauf sind weiterführende Untersuchungen zu den Auswirkungen einer dynamischen Anpassung der Futtervorlage- und Futternachschiebezeiten an das Verhalten von Milchkühen und die im Trog vorhandene Futtermenge auf die Nutzung der Funktionsbereiche in einem Liegeboxenlaufstall mit einem AMS durchzuführen. Zielgrößen sind auch hier die herdenbasierte Rhythmik sowie die tierindividuelle Dauer und Frequenz der Aufenthalte im Fress-, Liege- und Wartebereich vor dem AMS sowie die Mahlzeiten der Tiere. Ferner sollen die Effekte einer siebenmal täglich frisch gemischten und vorgelegten Futterration mit einer viermaligen Vorlage ergänzt durch drei Nachschiebezeiten auf die genannten Parameter analysiert werden. Wichtig ist es, die Bedeutung des Futternachschiebens im Vergleich zu einer frischen Futtervorlage zu ermitteln und allgemein die Bedeutung versuchs- und tierbezogener Faktoren für das Verhalten der Tiere in einem Betrieb mit einem AFS und AMS festzustellen. Daraus hervorgehend sollen Empfehlungen für Landwirte zum Fütterungsmanagement mit einem AFS abgeleitet werden.

Für beide Versuchsdurchführungen ist es erforderlich, dass das AMS und das AFS mindestens ein halbes Jahr im Untersuchungsbetrieb installiert sind, die Tiere an die Technik gewöhnt sind und die Betriebsleiter bereits Erfahrungen mit der Technik sammeln konnten. Die Versuche zu den dynamischen Fütterungs- und Nachschiebezeiten sollen in einem Praxisbetrieb stattfinden, in welchem sich der Betriebsleiter zu einem situationsbedingten Ändern der Fütterungszeiten des AFS bereit erklärt.

5. Tiere, Material und Methoden

Die Erhebungen wurden in zwei aufeinander aufbauende Untersuchungen unterteilt. Zunächst werden die Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Fütterungsfrequenzen erläutert. Anschließend wird der Versuch zum Einfluss statischer und dynamischer Fütterungs- und Nachschiebezeiten dargestellt.

5.1 Versuch zum Einfluss der Fütterungsfrequenz

5.1.1 Untersuchungsbetrieb und -herde

Die Voruntersuchungen wurden im Winter 2012/2013 im AMS-Stall der Landwirtschaftlichen Lehranstalten in Triesdorf über einen Zeitraum von 10 Wochen durchgeführt. Im Liegeboxenlaufstall wurden etwa 60 Fleckviehkühe mit einem automatischen Melksystem (MIOne, Firma GEA Farm Technologies GmbH, Bönen, Deutschland) bei freiem Kuhverkehr gemolken. Mit Ausnahme der beiden Systemreinigungen in den frühen Morgenstunden und nachmittags hatten die Kühe 24 h Zugang zum AMS. Das minimale Zeitintervall zwischen zwei Melkungen und folglich das Melkanrecht einer Kuh wurde nach der zu erwartenden Milchmenge pro Kuh bestimmt. Die Fütterung im Untersuchungsbetrieb erfolgt über ein teilautomatisches Fütterungssystem (MixMeister 3000, Firma Wasserbauer GmbH, Waldneukirchen, Österreich). Bestandteil der Fütterungsanlage sind vier Vorratsbehälter für Grassilage, Maissilage, Stroh und Heu, welche sich in einer traufseitig an das Stallgebäude angeordneten Futterhalle befinden. Die Komponenten werden täglich mit einem Teleskopklader in den Behältern zwischengelagert. Kraft- und Mineralfutter werden in Dosierbehältern und Krafftuttersilos bevorratet. Je nach eingestellter Ration werden die Komponenten aus den Vorratsbehältern auf ein Querförderband dosiert und über ein Zuführband in den Misch- und Verteilwagen (3 m³ Füllvolumen) transportiert. Dieser ist mit einer Wiegeeinrichtung und einer vertikalen Mischschnecke ausgestattet ist. Zusätzlich werden Kraft- und Mineralfutter eingefüllt. Nach dem Fertigstellen der Ration wird sie der jeweiligen Tiergruppe im Stall vorgelegt. Der Misch- und Verteilwagen fährt am Boden auf zwei Rädern und wird über eine Schiene geführt. Die Energieversorgung erfolgt über eine Stromschiene (Abbildung 10). Mit Hilfe dieses Fütterungssystems wurden die Tiere im Untersuchungszeitraum mit einer aufgewerteten Mischration versorgt. Ausgleichskrafftutter wurde den Kühen im AMS und in einer Krafftutterabrufstation vorgelegt. Die Mischration setzte sich aus folgenden Komponenten zusammen (Anteil der TM-korrigierten Ration): Maissilage (39,7 %), Grassilage (29,7 %), Gerstenstroh (4,2 %), Luzerneheu (4,2 %), Rapsextraktionsschrot (10,8 %), Krafftuttermischung (10,8 %) und Mineralfutter (0,6 %). Die

täglich vorgelegte Futtermenge betrug 16,5 kg TM je Kuh. Die Tiere wurden unter Praxisbedingungen sechsmal am Tag automatisch gefüttert. Zusätzlich zu den Fütterungszeiten wurde das Futter mit dem Misch- und Verteilwagen zwei- bzw. dreimal täglich nachgeschoben.

Die Liegeboxen sind als Tiefliegeboxen mit Kalk-Stroh-Einstreu gestaltet. Die Fressplätze sind im AMS-Bereich zum Futtertisch hin sowohl über ein Fangfressgitter als auch über Nackenrohre abgetrennt und als Fressstände mit seitlicher Begrenzung für jeweils zwei Plätze ausgeführt (Abbildung 10). Für die laktierende AMS-Herde standen 42 Fressplätze zur Verfügung. Die Tiere im Abkalbebereich hatten Zugang zu 11 Fressplätzen. Das Tier-Fressplatzverhältnis betrug somit etwa 1,1:1. Die durchschnittliche Milchleistung der Fleckviehherde lag bei 8.100 kg mit 4,47 % Fett und 3,78 % Eiweiß. Im Versuchszeitraum waren insgesamt 66 Kühe mit unterschiedlichen Laktationszahlen in der Herde (1. Laktation: 35 %; 2. Laktation: 27 %; ≥ 3 . Laktation: 38 %).



Abbildung 10: Liegebereich und automatisches Fütterungssystem im AMS-Stall der LLA Triesdorf

5.1.2 Versuchsdurchführung und Datenerfassung

Der Untersuchungszeitraum wurde in zwei Versuchsphasen mit sechs bzw. zwei Fütterungen pro Tag und eine Umstellungsphase unterteilt, um einen Vergleich hinsichtlich der Effekte zwischen zweimal und sechsmal täglicher Futtervorlage (beim Einsatz eines AFS in der Praxis überwiegend gewählte Fütterungsfrequenz) zu erreichen (Tabelle 4). Da die AMS-Herde auch im Regelbetrieb sechsmal pro Tag gefüttert wurde, war vor der 1. Versuchsphase keine Eingewöhnungsphase erforderlich. In der 2. Versuchsphase konnte die Hälfte der Tagesfuttermenge aufgrund des maximalen Füllvolumens des Futtermisch- und

Verteilwagens von 3 m³ nicht in einer Rationserstellung und einer Fütterungsfahrt den Tieren vollständig vorgelegt werden. Deshalb wurden jeweils zwei Fütterungen je Futterzeit morgens und abends mit dem technisch minimal möglichen zeitlichen Abstand durchgeführt. Die durchschnittliche Tageslichtlänge lag in Versuchsphase 1 bei 8,4 h und in Versuchsphase 2 bei 9,2 h.

Tabelle 4: Versuchsphasen, Zeiträume, Fütterungsfrequenzen und Fütterungszeitpunkte der am MGZ-Triesdorf durchgeführten Untersuchungen (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a)

Versuchsphase	Zeitraum	Fütterungsfrequenz [n/d]	Fütterungsstart [h:mm]
1. Phase (Regelbetrieb)	26.11.2012 bis 18.12.2012	6	2:00, 6:00, 10:30, 16:15, 19:00, 23:00
Umstellungsphase	19.12.2012 bis 15.01.2013	2	6:00 und 6:45, 16:15 und 16:45
2. Phase	16.01.2013 bis 05.02.2013	2	6:00 und 6:30, 15:45 und 16:30

Zur Positionsbestimmung der Tiere im Stall wurde das „Real Time Location System“ (RTLS) (Ubisense Series 7000, Firma Ubisense GmbH, Düsseldorf, Deutschland) installiert. Dabei wurden 10 Sensoren im Stall montiert und an jeder Kuh (Phase 1: 46 Kühe; Phase 2: 56 Kühe) ein Halsband mit einem in dorsaler Position befestigtem Transponder (Compact Tags) in zusätzlichen Kunststoffgehäusen als Identifikationseinheit angebracht (Abbildung 11).



Abbildung 11: Im Stall montierte Kamera und darunter angebrachter Ubisense Series 7000 Sensor, Kuh mit Halsband und befestigtem Transponder einschließlich Kunststoffgehäuse (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a)

Die Kommunikation zwischen den Transpondern und den Sensoren basierte auf Funksignalen im Frequenzbereich von 6–8 GHz. Das Ortungssystem ermittelte aus den Einfalls-

winkeln und Laufzeitunterschieden der einzelnen Sensoren, welche in einem Netzwerk zusammengefasst waren, mittels Angulation und Multilateration die Position des Transponders. Als Referenzsystem und zur Überwachung sowohl des Verhaltens der Tiere in den Funktionsbereichen als auch des Stallgeschehens sowie als Referenzsystem zur Überprüfung der Genauigkeit des Ortungssystems wurden vier Videokameras (Mobotix D12 und D14) mit jeweils zwei Modulen im Stall montiert. Dabei erfassten zwei Kameras den Fressbereich und zwei weitere den Liege-, Lauf- und AMS-Bereich. Die Aufzeichnung erfolgte direkt auf Festplatten in einem Network-Attached-Storage (NAS) mit einer Aufzeichnungsrate von einem Bild pro Sekunde und einer Auflösung der Bilder beider Module je Kamera mit 2560 x 960 Pixel. Die Erfassungstechniken wurden mit einem Zeitserver synchronisiert. In Abbildung 12 ist der Grundriss des untersuchten Liegeboxenlaufstalls mit der Anordnung der installierten Technik dargestellt.

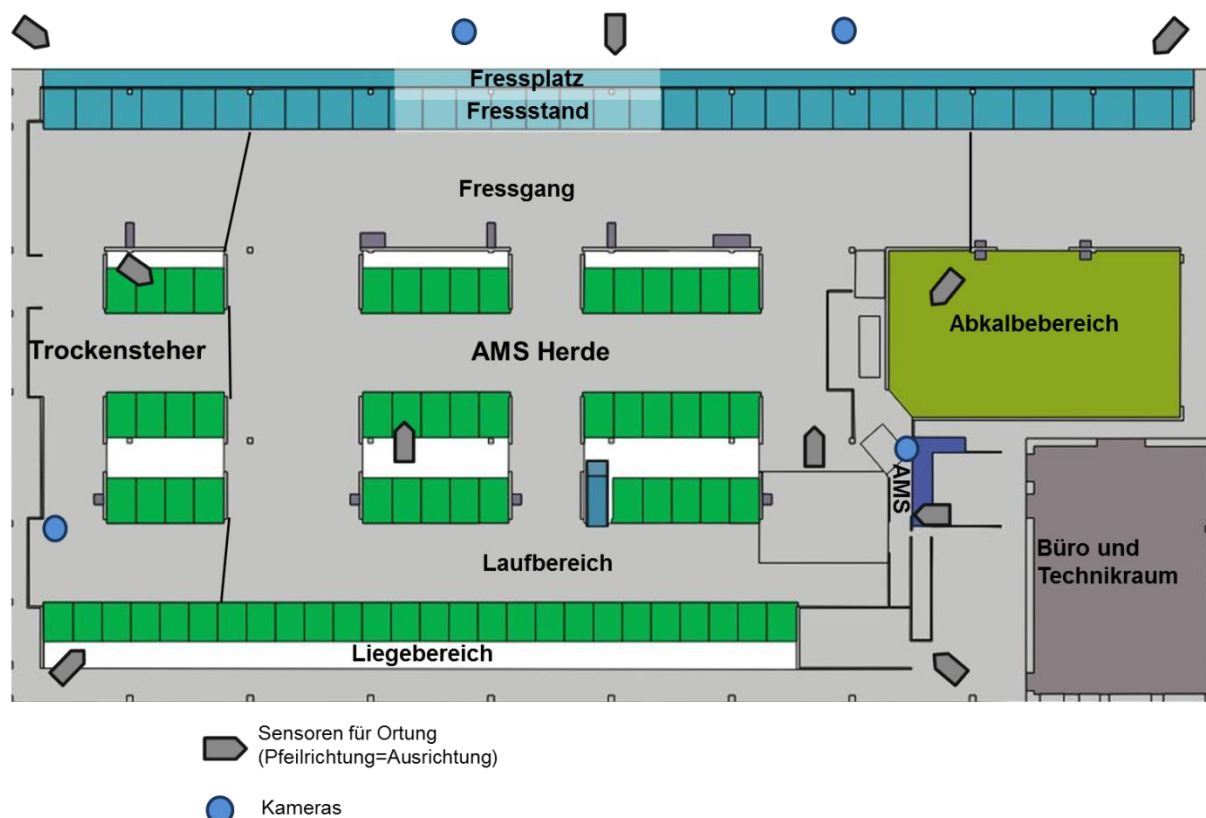


Abbildung 12: Aufbau des Liegeboxenlaufstalls und Positionierung der Erfassungstechnik in den LLA Triesdorf (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a)

Die Informationen zum Melkverhalten wurden über eine regelmäßige Sicherung der AMS-Daten generiert. Außerdem wurden in Form von Tagesprotokollen tägliche Arbeitsroutinen und Betriebsgeschehnisse dokumentiert. Mit Hilfe dieser Aufzeichnungen wurden vier Tage je Versuchsphase für die Auswertungen ausgewählt. Berücksichtigte Kriterien waren

hierbei die Funktionssicherheit der Melk- und Fütterungstechnik, die Abwesenheit von Besuchergruppen im Stall, Stallarbeiten, sonstige außerordentliche Betriebsgeschehnisse und die Funktionssicherheit der eingesetzten Versuchstechnik sowie deren erfasste Datenqualität und -quantität.

5.1.3 Datenaufbereitung und -auswertung

Die Digitalisierung des über Videotechnik erfassten Bildmaterials des Fressbereichs erfolgte mit dem Programm Image J (Version IJ 1.45m, National Institutes of Health) nach dem Time-Sampling-Verfahren. Für die herdenbasierte Auswertung der Anwesenheit der Tiere am Fressplatz (Kopf im Fressgitter) bzw. im Fressgang wurde ein 5-min-Raster gewählt (in Anlehnung an HOY, 2009). Basierend darauf wurde das arithmetische Mittel des relativen Anteils der Tiere am Fressplatz je 5-min-Intervall über drei der ausgewählten Versuchstage ermittelt.

Die fortlaufend mit der Tierzahl, Aktivität, Bereich, Datum, Kamerabezeichnung und Bildnummer generierten txt-Dateien sowie die Rohdaten des eingesetzten RTLS (Aufzeichnungszeitpunkt, Transpondernummer, x- und y-Koordinate) wurden in eine PostgreSQL (Structured Query Language)-Datenbank (freies, objektrelationales Datenbankmanagementsystem (ORDBMS) (N.N., 2015) für die weitere Verarbeitung importiert. Zunächst wurde der Stallgrundriss im Vektorformat erstellt und Bereiche (z.B. Fressplätze, Liegeboxen) für eine strukturierte Datenverarbeitung definiert. Die Positionsdaten wurden mit Hilfe eines programmierten Algorithmus (*RP_Datenverdichtung*) aufbereitet. Hierbei wurden die Grenzparameter *Zeit* und *Weg* herangezogen. Überschritten die auf einen gewählten Datensatz folgenden Eintragungen die *Grenze Zeit* um 60 s oder die *Grenze Weg* um 1 m, wurden alle innerhalb dieses Grenzbereichs liegenden Datensätze zu einem Datensatz gruppiert, dessen Positionsangaben aus dem Median der enthaltenen Positionen bestehen und in dem Beginn und Ende des Aufenthalts an dieser Position enthalten sind. Anhand dieser aufbereiteten Positionsdaten konnte die Aufenthaltsdauer der Tiere in folgenden Stallbereichen ermittelt werden: Fressplatz, Fressstand, Fressgang, gesamter Fressbereich und Liegebereich (Liegeboxen). Fressstand und Fressplatz werden dabei durch das Fressgitter voneinander getrennt. Wurden die Tiere am Fressplatz detektiert, konnten sie Futter aufnehmen, wohingegen eine Erkennung am Fressstand bedeutet, dass sich die Kuh lediglich am Fressstand aufhielt und ihren Kopf nicht im Fressgitter hatte. Eine Unterscheidung zwischen liegenden und stehenden Tieren in der Liegeboxe ist mit Hilfe der Positionsdaten nicht möglich.

Aufgrund eines kältebedingt sehr hohen Energieverbrauchs der Transponder in der zweiten Versuchsphase liegen die Positionsdaten für diesen Zeitraum nicht von allen Tieren lückenlos vor. Für die Auswertungen der Aufenthaltsdauer in den Stallbereichen wurden deshalb 20 Kühe ausgewählt, welche in beiden Versuchsphasen der AMS-Herde zugeordnet waren. Es fanden sowohl primipare als auch multipare Kühe Berücksichtigung (1. Laktation: 40 %; 2. Laktation: 25 %; ≥ 3 . Laktation: 35 %). Außerdem wurden lediglich Kühe in die Auswertung einbezogen, von welchen das Verhalten über mindestens 80 % des Tagesverlaufs durch das Ortungssystem registriert wurde. Die jeweils in den Funktionsbereichen detektierte Aufenthaltsdauer der Tiere wurde mit dem Differenzfaktor verrechnet. Die Melkparameter (Melkfrequenz (n/Kuh/d), Milchmenge (kg/Kuh/d), Zwischenmelkzeit (h/Kuh/d)) wurden auf Grundlage aller Kühe ermittelt, da die Systemdaten des AMS lückenlos für die gesamte Herde und die ausgewählten Versuchstage vorliegen.

Die statistische Auswertung erfolgte mit der open-source Software „R“. Mit Hilfe des Shapiro-Wilk Tests wurde eine Normalverteilung der Daten wiederlegt. Für die Ermittlung der Unterschiede der Merkmale ‚Anteil der Tiere im Fressbereich‘, ‚Aufenthaltsdauer in den Bereichen‘, ‚Anzahl Melkungen‘, ‚Milchmenge‘ sowie ‚Zwischenmelkzeit‘ der Tiere in den beiden Versuchsphasen wurde der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen herangezogen (HEDDERICH und SACHS 2012). Die Schätzung der Effekte *Fütterungsfrequenz* und *Tier* sowie deren Interaktion auf die Merkmale erfolgte mit Hilfe des im R-Paket „nplntFactRep“ verfügbaren nicht parametrischen verbundenen Rangtests ($p < 0,05$) (FEYS, 2015).

5.2 Versuch zum Einfluss statischer und dynamischer Fütterungs- und Nachschiebezeiten

5.2.1 Untersuchungsbetrieb und -herde

5.2.1.1 Stallkonzept

Die Erhebungen mit statischen sowie dynamischen Fütterungs- und Nachschiebezeiten wurden in einem Praxisbetrieb im Landkreis Ebersberg südöstlich von München durchgeführt. Es handelt sich dabei um einen Liegeboxenlaufstall, welcher 2010/2011 als Außenklimastall errichtet wurde. Die Herde von etwa 80 laktierenden Kühen und den Trockenstehern wird in dem dreireihigen Milchviehstall mit Tiefboxen und Stroheinstreu gehalten. Das Jungvieh befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite des Futtertisches. Die Kühe werden automatisch gemolken und es ist ein freier Kuhverkehr in dem Stall integriert, wobei lediglich Kühe mit Melkanrecht über eine Vorselektion in den Wartebereich vor dem AMS gelangen können (Abbildung 13).

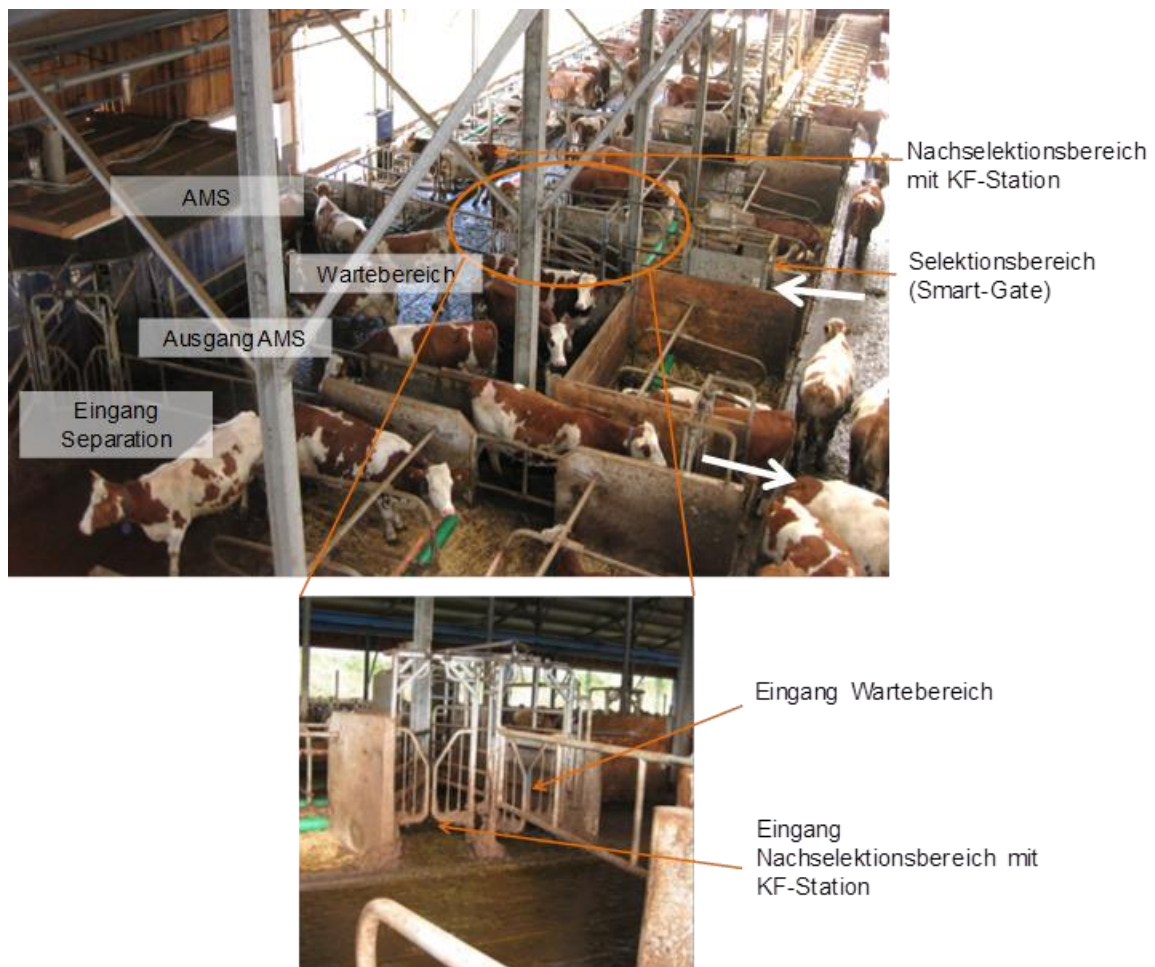


Abbildung 13: Selektions-, Warte- und Nachselektionsbereich im Praxisbetrieb

Die weitere Ausstattung des Liegeboxenlaufstalls ist Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5: Merkmale und Beschreibung des Stallkonzeptes im Praxisbetrieb

Merkmal	Beschreibung	Maße
Liegeboxen	99 Tiefboxen in dreireihiger Anordnung mit Stroheinstreu	Länge wandständig: 2,70 m Länge gegenständig: 5,20 m Breite: 1,25 m
Laufgänge	Planbefestigter Betonboden	Breite Fressgang: 4,10 m Breite Laufgang: 3,10 m Breite Übergänge: 2,75 – 3,50 m
Laufhof	Zur Hälfte überdacht	Länge: 5,00 m Breite: 5,20 m
Fressplatz	72 Fressplätze mit Fangfressgitter	Breite Fressplatz: 0,75 m
Tier-Fressplatzverhältnis	1,11:1 in AMS-Gruppe	
Futtertisch	Beschichtung: Epoxidharz	Länge: 60 m Breite: 5,20 m
Kraftfutterstation	1 Station im Nachselektionsbereich	
Warteraum	Spaltenboden	Ca. 30 m ²
Selektionsbereich	Smart-Gate	Breite Selektionsgang: 1,25 m
Tränken	Anzahl: 5	
Kuhbürsten	Anzahl: 3	
Entmistung	Faltschieberentmistung	
Lüftung	Kaltstallkonstruktion, Querlüftung	
Beleuchtung	Tag-/Dämmerungsbeleuchtung automatisch: Natriumhochdrucklampen 400 W (4 x, Spektrum ca. 620 nm) Nachtbeleuchtung automatisch: LED (4 x, Spektrum ca. 650 – 700 nm) Zusätzlich manuell zu bedienen: Leuchtstoffröhren 36 W (14 x)	

5.2.1.2 Melken und Füttern

Die Milchviehherde wird mit einem VMS (Voluntary Milking System) der Firma DeLaval (DeLaval International AB, Tumba, Schweden) gemolken. Den Arbeitstagebucheinträgen der Betriebsleiter zufolge waren täglich morgens und abends zu den Stallarbeitszeiten, neben den Kühen in der Separationsbucht, ein Anteil von etwa 5 % der Kühe zum Melken zu holen, welche das AMS nicht freiwillig aufsuchten. Abgesehen von zwei Systemreinigungen vormittags und in der Nacht haben die Kühe 24 h Zugang zum AMS, wobei an

einer aktiven Selektionseinrichtung (Smart-Gate) (Abbildung 13) das Melkanrecht der Tiere überprüft wird. Das minimale Zeitintervall zwischen zwei Melkungen und somit das Melkanrecht einer Kuh basiert auf der letzten Melkung und der Milchmenge pro Kuh. Im Untersuchungszeitraum waren frischlaktierende Kühe nach 6 h melkberechtigt, während spätlaktierende Kühe erst nach 8 bzw. 10 h wieder die Melkbox aufsuchen durften. Um das AMS während der Winterversuchsphase vor Frost zu schützen und somit einen störungsfreien Melkprozess zu ermöglichen, wurden Streifenvorhänge an der Melkbox angebracht und der Roboterarm wurde zusätzlich bei Bedarf mit einem Heizstrahler angewärmt.

Im Februar 2014 wurde die Fütterung im Betrieb vom Einsatz eines Futtermischwagens auf ein automatisches Fütterungssystem (DeLaval Optimat Master, DeLaval International AB, Tumba, Schweden) umgestellt. Es handelt sich dabei um ein System der Automatisierungsstufe II. Die Optimat Master-Anlage besteht aus vier Vorratsbehältern für Mais- und Grassilage sowie Heu und Stroh, Krafftuttersilos, Mineralstoffdosierern, Zuführ- und Übergabebändern, einem stationären Mischer (8 m³) und einem schienengeführten Futterverteilwagen (OTS 100). Die Technik befindet sich in einer traufseitig an den Stall angeordneten Futterhalle (Abbildung 14).



Abbildung 14: Vorratsbehälter, Mineralstoffdosierer, Krafftuttersilo und Futterverteilwagen beim Futterdosieren am stationären Mischer

Die Silagekomponenten wurden im Sommer täglich und im Winter jeden zweiten Tag mit einem Teleskoplader in den Vorratsbehältern zwischengelagert. Heu und Stroh sowie Kraft- und Mineralfutter wurden bei Bedarf nachgefüllt. Da das AMS und das AFS im Betrieb miteinander gekoppelt waren, konnten jegliche Eingaben zu Futtermitteln, Rationen, Gruppen, Fütterungszeiten, etc. über die VMS-Software DelPro 4.3 (DeLaval) getätigt werden.

Die Tiere am Betrieb wurden in vier Futtergruppen unterteilt. Unter Praxisbedingungen wurden die laktierenden Tiere siebenmal, die Trockensteher und das Jungvieh jeweils zweimal täglich gefüttert, während die Kälber einmal am Tag morgens mit einer frisch gemischten Ration versorgt wurden. Dabei wurde in der Regel eine Mischung für zwei Fütterungsfahrten bei den laktierenden Tieren erstellt. Beispielsweise wurde am Morgen um 7:20 Uhr eine Mischung für die laktierende Herde erstellt, welche während der Fütterungen um 8:15 Uhr und um 11:15 Uhr ausdosiert wurde (zwei Befüll- und Verteilvorgänge je Fütterungszeit) (Tabelle 6). Den Tieren wurde im Untersuchungszeitraum eine partielle Mischration am Trog vorgelegt (ca. 45 kg FM/Kuh/d) und die zusätzlich erforderliche Energiezufuhr erfolgte je nach Leistung und Laktationsstadium über Gaben von pelletiertem Kraftfutter im AMS und an einer Kraftfutterstation im Nachselektionsbereich. Im Mittel wurden 3,1 kg Kraftfutter pro Kuh und Tag abgerufen. Eine Übersicht der Ration der laktierenden Kühe ist dem Anhang zu entnehmen (Tabelle 33).

Tabelle 6: Fütterungszeiten und die jeweils vorgelegten Anteile der gesamten Tagesration der laktierenden Herde

Fütterungsstart	03:45	08:15	11:15	14:00	16:00	19:45	23:15
Rationsanteil [%]	14	14	14	14	14	14	15

5.2.1.3 Tiere

Der gleitende Herdendurchschnitt der Fleckviehherde lag während der Untersuchungen laut LKV-Bericht bei 7.200 kg (4,04 % Fett, 3,32 % Eiweiß). Von den etwa 100 Kühen, welche sich im Laufe der Erhebungen in der AMS-Gruppe befanden, waren 23 % in der 1. Laktation, 13 % in der 2. Laktation und die Mehrheit mit 64 % wurden der 3. bis 8. Laktation zugeordnet. Davon waren knapp 40 % sogar in der 5. bis 8. Laktation. Eine Klauenbonitur vor den Untersuchungen hat einen sehr guten Klauengesundheitsstatus der Milchviehherde bestätigt. Die BCS-Bewertungen der Kühe vor und nach den beiden Untersuchungsperioden im Winter und Sommer 2015 folgen der in Abbildung 15 dargestellten Häufigkeitsverteilung.

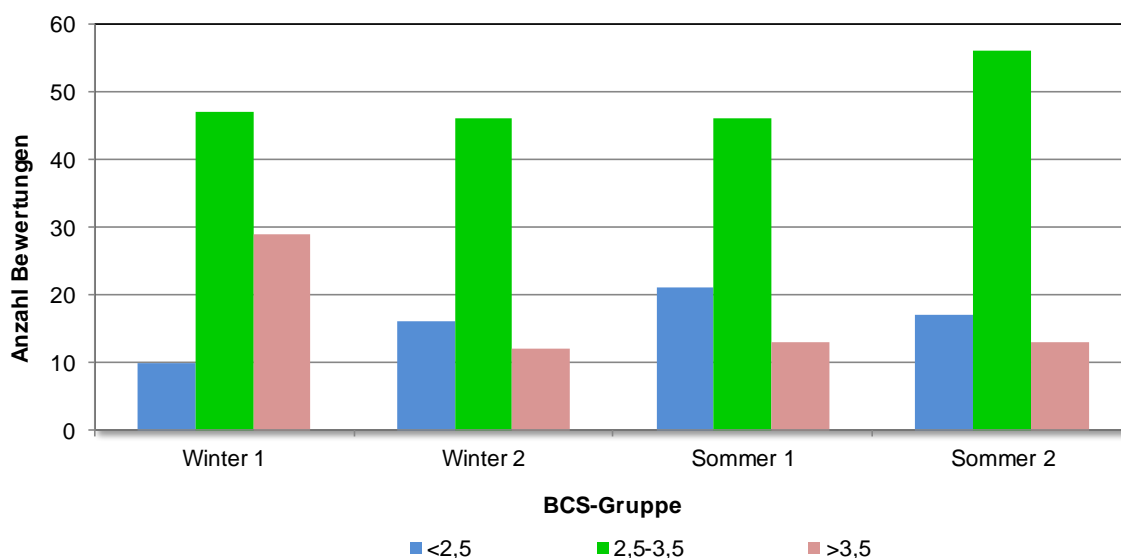


Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung der BCS-Bewertungen der Kühe vor und nach den Untersuchungsperioden eingeteilt in BCS-Gruppen

Auf die Tierzahlen in der Herde an den Versuchstagen sowie die durchschnittliche Laktationsnummer der Tiere während der Untersuchungen wird in Kapitel 5.2.3 näher eingegangen.

5.2.2 Versuchsplan

Im Regelbetrieb wurde die laktierende Herde siebenmal täglich gefüttert. Um einen Vergleich zwischen den Effekten statisch und dynamisch gestalteter Fütterungs- sowie Nachschiebezeiten durch ein AFS herstellen zu können, wurden die Untersuchungen jeweils in statische und dynamische Versuchsphasen unterteilt. Dabei wurden die Anzahl der Fütterungen und deren Zeiten sowie die Nachschiebezeiten variiert. Wurden sieben Fütterungen je Tag durchgeführt, erfolgte das Futternachschieben jeweils während der Futterverteilfahrten. Im Laufe der Versuchsphase mit vier Fütterungszeiten und parallel durchgeführtem Futternachschieben wurden drei Fütterungen durch ein Nachschieben des Futters ersetzt. Da das Verhalten von Kühen von verschiedenen externen Zeitgebern, wie beispielsweise Tageslichtlänge, Temperatur, etc. beeinflusst werden kann (siehe Tabelle 1), erfolgten die Erhebungen jeweils unter Kurztag- (Winter 2014/2015) und Langtagbedingungen (Sommer 2015) (Tabelle 7).

Tabelle 7: Versuchsplan zu den Untersuchungen mit statischen und dynamischen Fütterungs- und Nachschiebezeiten

Zeitraum	Versuchsphasen	Beschreibung
Winter (2014/2015)	Statische Fütterungszeiten	7-mal Füttern pro Tag
	Dynamische Fütterungszeiten	7-mal Füttern pro Tag
Sommer (2015)	Statische Fütterungs- und Nachschiebezeiten	4-mal Füttern und 3-mal Nachschieben pro Tag
	Dynamische Fütterungs- und Nachschiebezeiten	4-mal Füttern und 3-mal Nachschieben pro Tag

Ausgehend von den Voruntersuchungen in den Landwirtschaftlichen Lehranstalten in Triesdorf und den daraus gewonnen Erkenntnissen sowie der ersten statischen Versuchsphase im Winter 2014 im Praxisbetrieb wurde ein Konzept zur Dynamisierung von Fütterungszeiten in Anpassung an das Verhalten der Tiere erarbeitet. Dabei wurden, wie nachfolgend aufgeführt, verschiedene Aspekte berücksichtigt.

Ermittlung möglicher Zeitfenster zur Dynamisierung der Fütterungszeiten

Zunächst wurden Zeitfenster ermittelt, innerhalb welcher die bisher statisch eingestellten Fütterungszeiten der laktierenden Herde verschoben werden konnten. Hierfür wurde der

Zeitplan des AFS für die Erstellung von Rationen und Fütterungsfahrten bei allen Tiergruppen am Betrieb herangezogen (Abbildung 16).

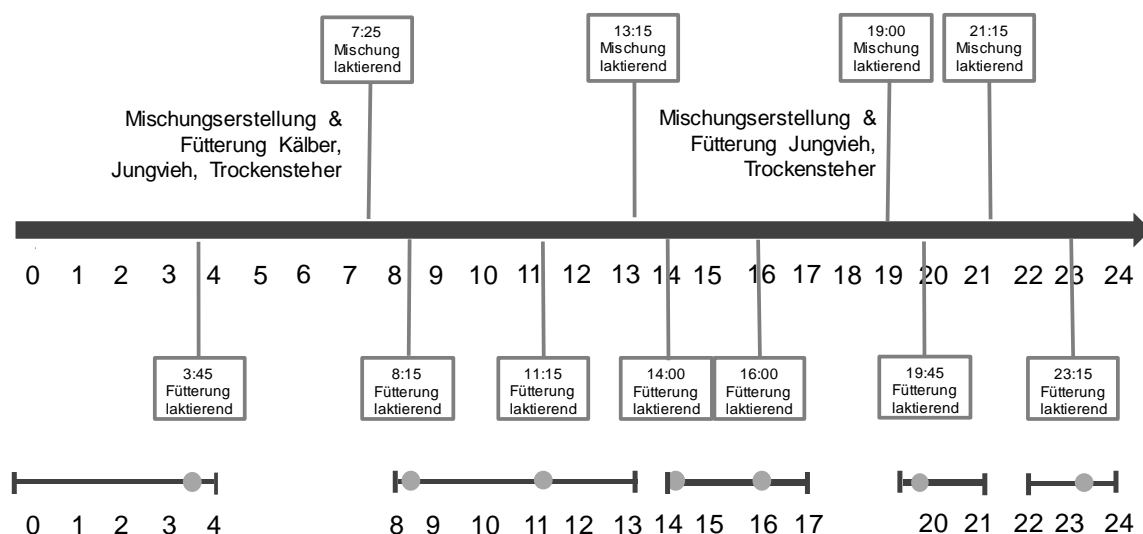


Abbildung 16: Zeitpunkte der Mischungserstellung und Futtevorlage des AFS im Praxisbetrieb sowie den resultierenden Zeitfenstern zur Dynamisierung

Aufgrund des täglichen Betriebsmanagements und der Arbeitsroutine im Praxisbetrieb war es erforderlich, die Fütterungszeiten bei den Kälbern, dem Jungvieh und den Trockenstehern auch während der Versuchsphasen zu den gewohnten Zeiten morgens und abends beizubehalten. Somit ergaben sich - wie durch die Balken in Abbildung 16 dargestellt - fünf Zeitfenster, in welchen die Fütterungszeiten dynamisiert werden konnten.

Festlegung von Regelbereichen

Die Nutzung der Funktionsbereiche im Stall durch die Kühe während der statischen Versuchsphase im Winter 2014 wurde analysiert, um „Engstellen“ im Stall bzw. eine verminderte Attraktivität bestimmter Bereiche zu ermitteln. Wie aus den vorangegangenen Untersuchungen ersichtlich ist, kann die Auslastung des AMS einen Bereich darstellen, auf welchen der Fokus zur Regelung der Fütterungszeiten durch ein AFS gelegt werden kann. Die Analyse der Melkverläufe zeigte jedoch, dass die Kühe das AMS im Tagesverlauf mit $7,7 \pm 1,1$ Melkungen/h sehr gleichmäßig aufsuchten. Aus diesem Grund wurde der Melkbereich nicht als vorrangiger Bereich zur Ableitung von Parametern zur Steuerung der Fütterungszeiten betrachtet. Das Platzangebot im Liegebereich stellte im Untersuchungsbetrieb keinen begrenzenden Faktor dar, da für jede Kuh ein Liegeplatz zur Verfügung stand.

Demgegenüber kann den Ergebnissen der Voruntersuchungen zufolge (siehe Kapitel 6.1) ein begrenzter Zugang zu der Ressource frisch gemischtes und vorgelegtes Futter zu einem höheren Zeitaufwand für das Futteraufnahmeverhalten führen. Dieser steigt vor allem wegen untätigem Stehen im Fressgang und Fressstand an und steht somit der Kuh wegen des begrenzten Zeitbudgets von 24 h je Tag nicht mehr für weitere Tieraktivitäten (z.B. Ruhen) zur Verfügung (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a). Bestätigende Untersuchungen haben ebenfalls gezeigt, dass ein verringertes Angebot an Fressplätzen zu einer Beeinträchtigung des Verhaltens von Kühen führt und in verringerten Aufenthaltszeiten am Fressplatz sowie längeren Standzeiten im Fressgang resultiert (ALBRIGHT, 1993; DEVRIES et al., 2004; HUZZEY et al., 2006). Das Tier-Fressplatzverhältnis im Praxisbetrieb liegt bei etwa 1,1:1. Die Analyse der Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz ergab, dass diese im Tagesverlauf schwankt. Aus den genannten Gründen wurde in den durchgeführten Erhebungen der Fokus zur Regelung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten auf den Fressplatz gelegt und ausgehend davon Steuerkenngrößen abgeleitet.

Definition von Steuerkenngrößen

Um ermitteln zu können, zu welchem Zeitpunkt eine Fütterung oder ein Nachschiebevorgang verschoben werden sollten, war es wichtig, Parameter zur Steuerung dieser Vorgänge abzuleiten. Im Zusammenhang mit dem Fressplatz stellt insbesondere die im Trog vorhandene Futtermenge und deren Veränderung im Zeitverlauf eine bedeutende Kenngröße dar. Zur Ermittlung der Veränderung der Futtermenge im Trog wurde in den vorliegenden Untersuchungen ein subjektives Bewertungsschema erarbeitet.

Hierfür wurden zunächst die Futterreste im Trog entfernt und das Fressgitter geschlossen, so dass die Kühe nicht an den Fressplatz gelangen konnten. Anschließend wurde eine frische Ration in den Trog dosiert und mit Hilfe einer Messlatte (5 m) jeweils in einem Abstand von 20 cm die Höhe und die Breite dieses Futterschwads in drei verschiedenen Bänderfeldern im Stall (Anfang, Mitte, Ende Futtertisch) erfasst (Abbildung 17).



Abbildung 17: Ermittlung der Ausprägung des Futterschwads im Trog und des weggeschobenen Futterrests mit Hilfe einer Messlatte

Die Ausprägung des Futterschwads mit einer durchschnittlichen Höhe von 21 cm und einer Breite von 46 cm entsprach einer Füllung des Trogs von 100 %. Die Wiegung des Futters in einem Binderfeld ergab eine Menge von etwa 50 – 60 kg. Eine Restfuttermenge im Trog von etwa 3 - 5 kg wurde subjektiv mit einer Trogfüllung von 5 % bewertet. Der zusammengeschobene Futterschwad umfasste dabei noch lediglich eine Höhe von etwa 1 cm und eine Breite von ca. 7 cm. Nach dieser Bewertung wurde den Kühen der Zugang zum Futter gewährt und die Messung des Futterschwads bzw. des weggeschobenen Rests erfolgte in Intervallen von 30 min bis die nächste Fütterung stattfand. Dafür wurde das Fressgitter wieder geschlossen und mit einem Besen das im Trog vorhandene Futter bzw. der weggeschobene Futterrest zu einem Schwad zusammengeführt (Abbildung 17). Diese Messungen des Futterschwads bilden die Grundlage für die subjektive Bewertung der relativen Trogfüllung während der Versuchsphasen mit dynamischen Fütterungs- bzw. Nachschiebezeiten. Die Bewertung erfolgte in einem 5 %-Raster. In Abbildung 18 sind Bewertungsbeispiele während der dynamischen Versuchsphasen für eine Trogfüllung von 100 %, 50 % und einem weggeschobenen Futterrestanteil von 5 % dargestellt.

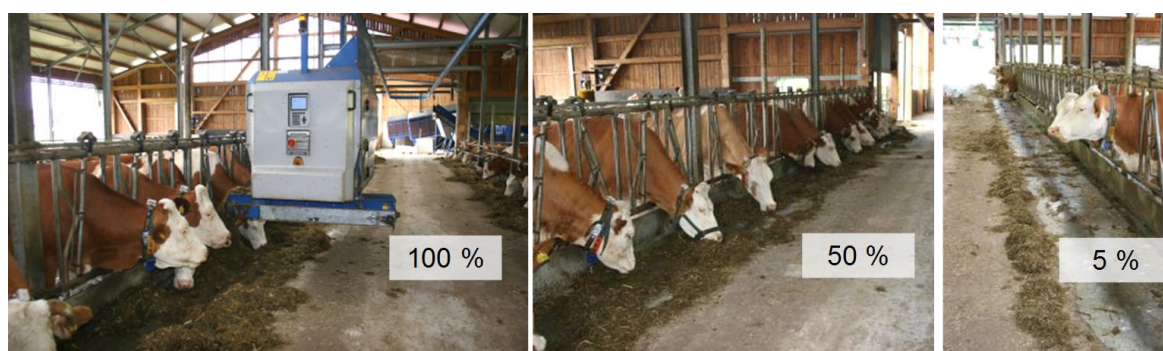


Abbildung 18: Bewertungsbeispiele der prozentualen Trogfüllung von 100 % und 50 % sowie einem weggeschobenen Futterrestanteil von 5 %

Es liegt die Hypothese zugrunde, dass ein Zusammenhang zwischen der Veränderung der Futtermenge im Trog und der Anzahl der Tiere am Fressplatz sowie deren dortige Aufenthaltsdauer besteht. Für eine realitätsnahe Entscheidung über die Verschiebung der Fütterungszeiten war eine Echtzeitverarbeitung der Positionsdaten der Einzeltiere im Stall erforderlich, welche durch das Ortungssystem erfasst wurden.

Die Aufbereitung der Rohdaten erfolgte der in Kapitel 5.3.2 beschriebenen Vorgehensweise. Zunächst wurde das Augenmerk auf die absolute Tierzahl und Aufenthaltsdauer am Fressplatz im Tagesverlauf gelegt. Ausgehend von diesen Ergebnissen war eine eindeutige Entscheidungsfindung zur Regelung der Fütterungszeiten nicht möglich, weshalb diese Werte im weiteren Vorgehen kumuliert wurden. Die Kumulation der Parameter begann mit jeder Fütterung von neuem. Für eine definierte Entscheidungsfindung war eine Schwellenermittlung erforderlich. Wie in Abbildung 19 dargestellt, wurde hierfür der gleitende Mittelwert der vorangegangenen Maxima der kumulierten Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz gewählt. Diese Werte wurden in 15 min-Intervallen ausgegeben. Ein Überschreiten dieses Schwellenwerts resultierte in einer Fütterung, wohingegen die Fütterungszeit auch verzögert werden konnte, sofern dieser Wert noch nicht erreicht war.

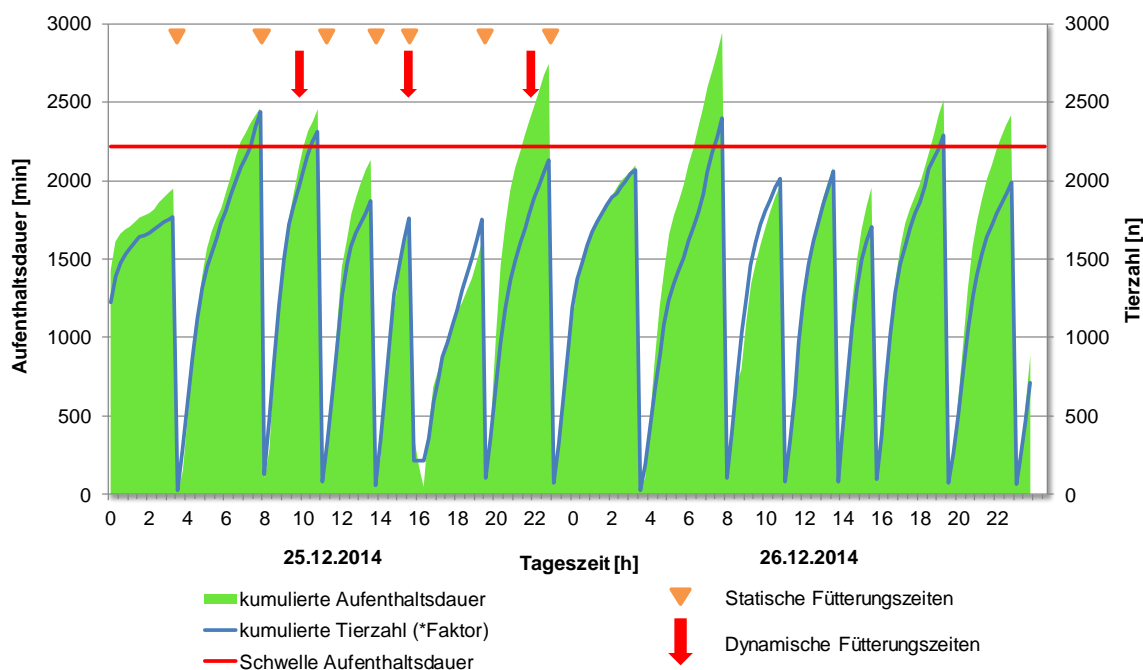


Abbildung 19: Veranschaulichung der kumulierten Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz sowie der Tierzahlen einschließlich des Schwellenwerts, der bisherigen Fütterungszeiten sowie der Angabe zu der Verschiebung der Fütterungszeiten an zwei ausgewählten Tagen (25.12. und 26.12.2014)

5.2.3 Versuchsdurchführung

Während der Versuchsphasen dynamisch 1 wurden die bisher zu statischen Zeiten eingestellten Fütterungen zeitlich verschoben. Dagegen wurden während der Versuchsphasen dynamisch 2 folgende Fütterungen zu einem Fütterungszeitpunkt (Doppelfütterung) zusammengelegt: 8:15 und 11:15 Uhr, 14:00 und 16:00 Uhr sowie 23:15 und 3:45 Uhr. Während der Versuchsphasen mit dynamischen Fütterungs- und/oder Nachschiebezeiten wurden die Beobachtung der Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz sowie die Futterbewertungen und die resultierenden Entscheidungen nach vor Beginn der Untersuchungen ausgearbeiteten Protokollen durchgeführt. Im Anhang sind jeweils die Protokolle für die Versuchsphasen dynamisch 1 und dynamisch 2 einzusehen (Tabelle 36 und Tabelle 37). Sobald sich eines der vorher definierten Zeitfenster für die Durchführung einer Fütterung oder eines Nachschiebevorgangs geöffnet hatte, wurden in Intervallen von 15 bis 30 min Bewertungen der Futtermenge im Trog durchgeführt. Wurde der Schwellenwert der Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz überschritten, wurde eine Fütterung gestartet bzw. wurde das weggeschobene Futter nachgeschoben. Die Schwelle der Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz bewegte sich je nach Versuchsphase (dynamisch 1 oder 2) in einem anderen Bereich:

- Nach Einzelfütterung: 1800 – 2000 min
- Nach Doppelfütterung: 2200 – 2500 min
- Nach Nachschieben: 900 – 1300 min

Während der Versuchsdurchführung wurde überwiegend die Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz zur Entscheidung über den Start eines Fütterungs- bzw. Nachschiebevorgangs herangezogen. Lediglich in wenigen Fällen wurde die Fütterung selbst bei keinem Überschreiten des Schwellenwerts gefüttert bzw. nachgeschoben, falls kein Futter mehr im Trog war. In den Versuchsphasen dynamisch 2 wurde die Futtermenge im Trog als Entscheidungsgrundlage über einen Fütterungs- oder Nachschiebestart herangezogen. Waren beispielsweise noch über 40 % des Futters im Trog bzw. weggeschoben, wurde das Futter nachgeschoben und noch keine Fütterung durchgeführt. Während beider Dynamisierungsphasen wurden die Fütterung bzw. das Futternachschieben am Ende eines Fütterungszeitfensters durchgeführt, um nachfolgende Fütterungsvorgänge (z.B. Jungviehfütterung) nicht zu verzögern, auch wenn der Schwellenwert noch nicht überschritten und noch Futter im Trog waren.

5.2.3.1 Allgemeine Versuchsparameter

Tabelle 8 und Tabelle 9 geben eine Übersicht wichtiger Parameter der durchgeführten Untersuchungen im Winter 2014/15 und Sommer 2015.

Tabelle 8: Versuchsparameter der Winteruntersuchungen im Praxisbetrieb

Parameter	Winter							
	Statisch 1	dynamisch 1			statisch 2	dynamisch 2		
Versuchsbeginn	15.12.2014	20.02.2015			01.03.2015	06.03.2015		
Versuchsende	30.12.2014	25.02.2015			05.03.2015	11.03.2015		
Dauer [d]	16	6			5	6		
Anzahl ausgewerteter Tage	3	3			3	3		
Ø Anzahl Tiere im Versuch	79	80			80	80		
Ø Milchleistung je Kuh und Tag [kg]	22,14	21,65			20,81	21,12		
Ø Anzahl Laktationen der Kühe	3,2	3,3			3,3	3,3		
Start Fütterungszeiten [hh:mm]	8:15, 11:15, 14:00, 16:00, 19:45, 23:15, 3:45	20.02.2015 (d1)	21.02.2015 (d2)	22.02.2015 (d3)	8:15, 14:00, 19:45, 23:15/3:45	06.03.2015 (d1)	07.03.2015 (d2)	08.03.2015 (d3)
		8:15, 10:51, 13:36, 16:21, 19:46, 23:37, 3:05	08:15, 11:36, 13:35, 15:41, 19:45, 22:36, 2:26	8:15, 10:51, 13:47, 16:22, 19:45, 23:39, 3:35		8:15, 13:39, 19:47, 22:41	8:15, 13:42, 19:45, 22:29	8:15, 13:58, 19:45, 22:46
Start Nachschiebezeiten [hh:mm]	11:15, 14:00, 16:00, 19:45, 23:15, 3:45	10:51, 13:36, 16:21, 19:46, 23:37, 3:05	10:51, 13:47, 16:22, 19:45, 23:39, 3:35	11:09, 13:36, 16:18, 10:23, 23:53, 3:45	11:15, 16:00, 23:15/3:45	10:32, 15:46, 2:08	11:12, 16:28, 2:34	11:39, 16:24, 2:58
Eingestellte Futtermenge je Kuh und Tag [kg FM]	45,4	43,8			46,0	46,0		
Ø Zeitpunkt Sonnenaufgang [hh:mm]	07:59	07:03			06:47	06:37		
Ø Zeitpunkt Sonnenuntergang [hh:mm]	16:26	17:46			18:00	18:07		
Ø Außentemperatur [°C]	2,5	0,8			2,1	3		
Beginn Nachtbeleuchtung [hh:mm]	22:00	22:00			22:00	22:00		
Ende Nachtbeleuchtung [hh:mm]	05:00	05:00			05:00	05:00		

Tabelle 9: Versuchsparameter der Sommeruntersuchungen im Praxisbetrieb

Parameter	Sommer							
	Statisch 1	dynamisch 1			statisch 2	dynamisch 2		
Versuchsbeginn	07.06.2015	06.07.2015			15.07.2015	22.07.2015		
Versuchsende	28.06.2015	12.07.2015			21.07.2015	28.07.2015		
Dauer [d]	22	7			7	7		
Anzahl ausgewerteter Tage	3	3			3	3		
Ø Anzahl Tiere im Versuch	78	80			78	79		
Ø Milchleistung je Kuh und Tag [kg]	20,16	20,69			20,2	19,38		
Ø Anzahl Laktationen der Kühe	3,4	3,4			3,3	3,4		
Start Fütterungszeiten [hh:mm]	8:15, 11:15, 14:00, 16:00, 19:45, 23:15, 3:45	06.07.2015 (d1)	07.07.2015 (d2)	11.07.2015 (d3)	8:15, 14:00, 19:45, 23:15	22.07.2015 (d1)	23.07.2015 (d2)	26.07.2015 (d3)
		8:15, 10:56, 13:41, 16:00, 19:45, 23:44, 2:40	8:15, 10:28, 14:13, 16:34, 19:58, 22:46, 2:30	8:15, 10:25, 13:56, 16:33, 19:56, 23:30, 3:25		8:15, 13:44, 19:45, 22:12	8:15, 13:43, 19:45, 2:15	8:15, 13:36, 19:45, 22:31
Start Nachschiebezeiten [hh:mm]	11:15, 14:00, 16:00, 19:45, 23:15, 3:45	10:56, 13:41, 16:00, 19:45, 23:00, 2:40	10:28, 14:13, 16:34, 19:58, 22:46, 2:30	10:25, 13:56, 16:33, 19:56, 23:30, 3:25	11:15, 16:00, 3:45	10:43, 15:55, 2:20	10:42, 15:43, 22:32	11:00, 16:00, 3:03
Eingestellte Futtermenge je Kuh und Tag [kg FM]	41,7	42,6			42,7	42,7		
Ø Zeitpunkt Sonnenaufgang [hh:mm]	05:09	05:20			05:32	05:39		
Ø Zeitpunkt Sonnenuntergang [hh:mm]	21:55	21:53			21:43	21:36		
Ø Außentemperatur [°C]	15,4	19,5			22,7	19,7		
Beginn Nachtbeleuchtung [hh:mm]	22:00	22:00			22:00	22:00		
Ende Nachtbeleuchtung [hh:mm]	4:50	4:50			4:50	4:50		

Während der Versuchsphase W-stat 2 traten vereinzelt Probleme beim automatischen Fütterungssystem auf, weshalb um 3:45 Uhr in der Nacht zeitweise ein Fütterungsvorgang startete, obwohl zu diesem Zeitpunkt in jener Versuchsphase lediglich nachgeschoben

werden hätte sollen. Für weiterführende Vergleiche der Fütterungs- und Nachschieberoutinen sollen deshalb die Versuchsphasen Sommer statisch 2 und dynamisch 2 herangezogen werden.

Während der Sommeruntersuchungen wurden mittlere Tagestemperaturen von bis zu 32°C gemessen (Abbildung 20). Die hohen Temperaturen begünstigten den Aufenthalt von Fliegen im Roboterraum. Um Störungen der Melkvorgänge durch tretende Kühe reduzieren zu können, wurde vor den Sommersversuchen ein Ventilator mit Windrichtung auf den Roboterarm montiert.

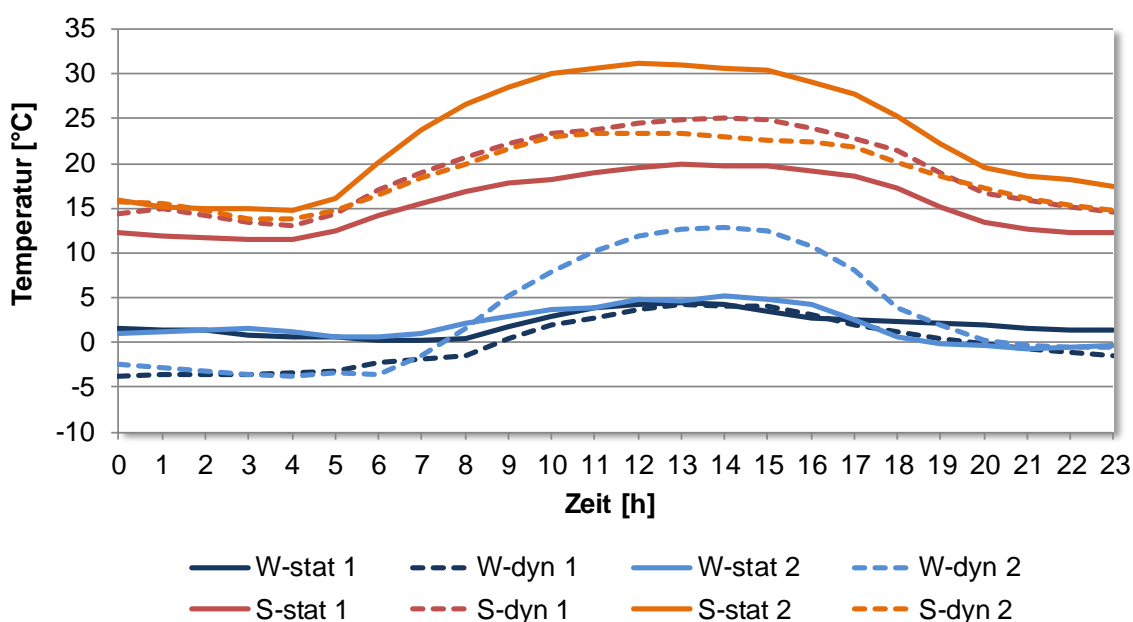


Abbildung 20: Verlauf der Stundentemperatur im Mittel der Versuchstage (n=3 d) je Versuchsphase (n=8)

5.2.3.2 Datenerfassung

Im Rahmen der Untersuchungen wurde eine Vielzahl an Daten erhoben. Die Art der erfassten Daten und deren Herkunft, die dafür eingesetzten Erfassungstechniken und -schemata sind in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Überblick der eingesetzten Techniken und Bewertungsschemata sowie der jeweils erfassten Parameter

Medium Parameter	Video- technik	Ortungs- system	System-da- ten AMS	System- daten AFS	Tagespro- tokolle	Bewertungs- schema
Ethologische Parameter						
Futteraufnahme- verhalten		(X)				
Ruhe- und Aktivi- tätsverhalten		(X)				
Melkverhalten		(X)	X			
Bereichszuord- nung		X	(X)			
Tierindividuelle Parameter						
BCS						X
Laktationsdaten			X			
Reproduktionsda- ten			X		X	
Futterparameter						
Futtermenge				X		X
Rationszusam- mensetzung				X		
Managementdaten						
Allgemeines Be- triebsgeschehen	X		X	X	X	

5.2.3.3 Ethologische Parameter

Zur Positionsbestimmung der Tiere im Stall und somit zur Ableitung des Verhaltens der Kühe wurde das unter 5.1.2. bereits erläuterte „Real Time Location System“ (RTL) (Ubisense Series 7000, Firma Ubisense GmbH, Düsseldorf, Deutschland) installiert. Es wurden ebenfalls 10 Sensoren im Stall in einer Höhe von mindestens 5 m montiert und an jeder Kuh ein Halsband mit einem in dorsaler Position befestigtem Transponder als Identifikationseinheit angebracht (Abbildung 21). Um eine möglichst hohe Funktionssicherheit des Systems zu erreichen, wurden die Standard Tags durch Industrial Tags als Identifikationseinheiten ersetzt. Diese Transponder können ohne ein zusätzliches Kunststoffgehäuse angebracht werden und sind für den Einsatz unter selbst widrigen Umgebungsbedingungen geeignet. Außerdem kann eine langanhaltende C-size Lithiumbatterie integriert und somit eine Energieversorgung über einen Zeitraum von mindesten zwei Monaten gewährleistet werden. Über LED-Kontrollleuchten ist zusätzlich der Funktionsstatus zu überprüfen (UBISENSE, 2017). Im Rahmen eines Vorversuchs wurde eine Befestigungsmöglichkeit der Transponder an den Halsbändern der Tiere getestet, um einen sicheren Halt der Industrial

Tags, einen anwenderfreundlichen Einsatz und ein zügiges Wechseln der Batterien zu ermöglichen.



Abbildung 21: Metallplatte am Transponder, Befestigung mit Sporenriemchen am Halsband, dorsale Positionierung des Transponders über Tauchergewicht und Befestigung des Verschlusses über Panzertape

Um die aus Kunststoff bestehenden Befestigungsösen der Industrial Tags zu verstärken, wurde eine Metallplatte angebracht. Die Tags wurden mit Hilfe von an den Halsbändern festgeschraubten Sporenriemchen befestigt. Der Verschluss der Halsbänder wurde zusätzlich nach Befestigung am Tier über Panzertape gesichert. Tauchergewichte am Halsband sollten die dorsale Position der Tags an der Kuh gewährleisten. Eine dorsale Ausrichtung der Tags war erforderlich, um eine Abschirmung der Signale durch den Körper der Kuh zu vermeiden (Abbildung 21).

Die Kommunikation zwischen den Transpondern und den Sensoren erfolgte über Ultrawideband (UWB)-Funksignale im Frequenzbereich von 6–8 GHz. Das Ortungssystem ermittelte aus den Einfallswinkeln und Laufzeitunterschieden der einzelnen Sensoren, welche in einem Netzwerk zusammengefasst waren, mittels Angulation und Multilateration die Position des Transponders. Für eine möglichst genaue Ortung war eine exakte Positionierung der Sensoren erforderlich. Hierfür wurden Erfahrungen mit dem Positionierungssystem und die Stallkonstruktion berücksichtigt. Mit Hilfe eines Tachymeters wurde die Position der Sensoren vermessen und ein Koordinatensystem erstellt. Die Datensicherung erfolgte vor Ort über ein Network Attached Storage (NAS). Nach der mechanischen Installation wurde eine Kalibrierung des Systems anhand von Referenzpunkten durchgeführt. Zusätzlich wurde über einen an einer motorangetriebenen Holzlatte befestigten Transponder die Bewegung auf einer Kreisbahn nachempfunden und die entsprechende Positionsbestimmung in verschiedenen Funktionsbereichen im Stall (Warteraum, Liegebereich, Fressgang, Futtertisch) analysiert und validiert (Abbildung 22).

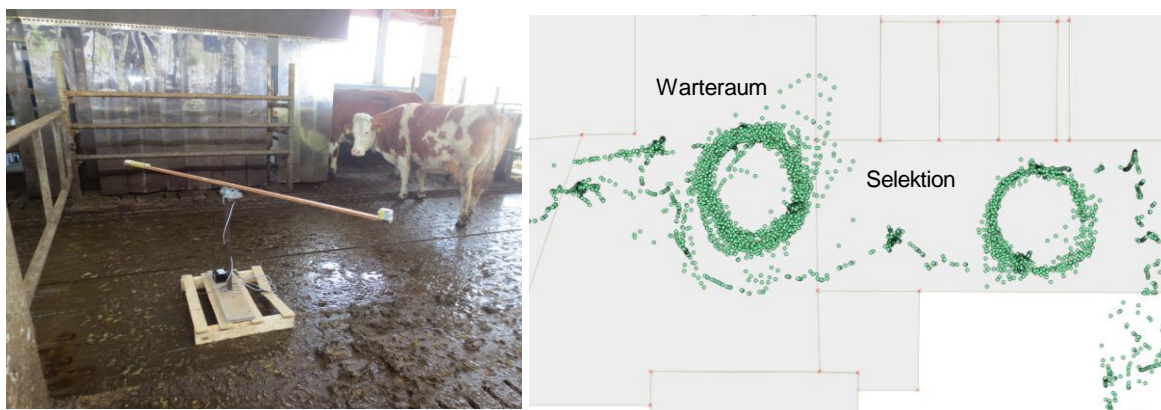


Abbildung 22: Analyse der Positionsbestimmung in einer Kreisbahn beispielhaft im Warteraum und Selektionsbereich im Untersuchungsbetrieb

Die Ergebnisse der erfassten x- und y-Koordinaten sowie des berechneten Radius der über das RTLS erfassten Kreisbahn am Beispiel des Warterraums sind in Abbildung 23 dargestellt.

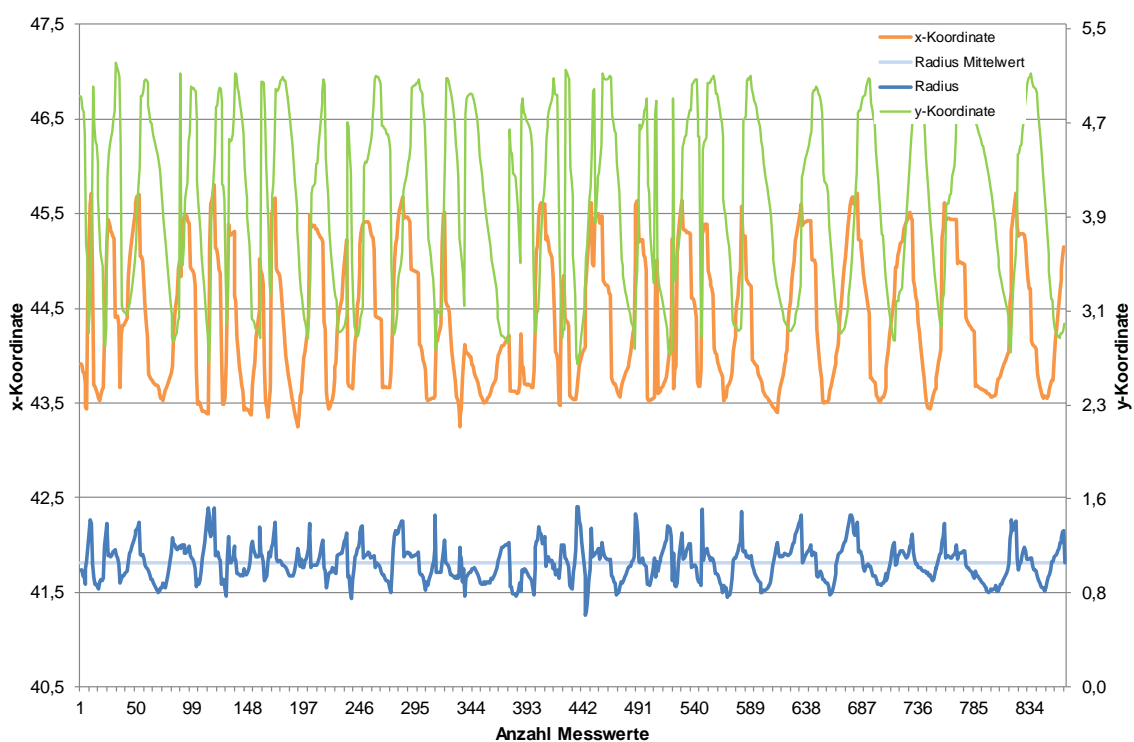


Abbildung 23: Darstellung der erfassten x- und y-Koordinaten sowie des berechneten Radius der über das RTLS erfassten Kreisbahn im Warteraum während der Validierung der Positionsgenauigkeit

Die berechneten Werte des Radius der gemessenen Kreisbahn ebenso wie die qualitative Darstellung der Messpunkte in einer Kreisbahn in Abbildung 23 zeigen ein zufriedenstellendes Ergebnis bezüglich der Genauigkeit der Positionsbestimmung auch im Warteraum. Es liegt eine prozentuale Abweichung des ermittelten Radius vom tatsächlichen Radius von lediglich 11,9 % vor.

Informationen zum Melkverhalten (Anzahl und Zeitpunkte der Melkungen, Milchleistung) und die damit verbundenen Daten der Selektionseinrichtung wurden täglich als csv-Dateien von der AMS-Software (DelPro 4.3, DeLaval, Delaval International AB, Tumba, Schweden) gesichert. Hierfür wurden insbesondere die Kuhverkehrslisten genutzt.

5.2.3.4 Tierindividuelle Parameter

Tierindividuelle Laktationsdaten wurden ebenfalls über die tägliche Sicherung der AMS-Listen gewonnen. Es wurden allgemeine Informationen wie Geburtsdatum, Abstammung, Kalbungen und Leistung gespeichert, mit Hilfe derer die Anzahl der Laktationen (LNR), Tage in Milch (TIM) und das Milchleistungsniveau (MM) ermittelt werden konnten. Zusätzlich zu den in DelPro hinterlegten Reproduktionsdaten (Kalbungen, Besamungen) wurde mit Hilfe von Tagesprotokollen ermittelt, wann Besamungen und Trächtigkeitsuntersuchungen im Betrieb stattgefunden haben. Zu Beginn und am Ende der beiden Versuchsblöcke im Winter und Sommer wurde von geschultem Personal eine Bewertung der Körperkondition nach EDMONSON et al. (1989) bei den Kühen der AMS-Herde durchgeführt. Die BCS-Bewertungen der Herde folgen der in Abbildung 15 dargestellten Häufigkeitsverteilung. Waren sich die beiden bewertenden Personen nicht einig, welche BCS-Note vergeben werden sollte, wurde zusätzlich die Rückenfettdicke gemessen (Abbildung 24).



Abbildung 24: Messen der Rückenfettdicke einer Kuh während der BCS-Bewertung durch zwei geschulte Personen

5.2.3.5 Futterparameter

Informationen zu den Zeitpunkten der Mischungserstellungen, der Art und Menge der einkindierten Komponenten, den Fütterungszeitpunkten, der ausdosierten Futtermenge durch das AFS sowie Systemstörungen wurden über die Systemsoftware DelPro 4.3 täglich in Form von csv-Dateien gesichert. Zu Beginn und Ende jeder Versuchsphase wurden Proben der Silagekomponenten sowie der teilaufgewerteten Mischration der laktierenden Herde gezogen und mit der Weender-Analyse auf ihre Inhaltsstoffe untersucht. Tabelle 34 zeigt die Ergebnisse der Futterprobenanalyse im Mittel der Winter- und Sommersversuchsphasen. Die Veränderung der Futtermenge im Trog wurde während der Dynamisierungsphasen nach dem in Kapitel 5.2.2 beschriebenen und vor Versuchsbeginn definierten subjektiven Bewertungsschema festgehalten. Tabelle 35 zeigt ein Beispiel der Bewertungsergebnisse eines Versuchstages.

5.2.3.6 Allgemeine Managementdaten und sonstige Parameter

Mit Hilfe von fünf Videokameras (Mobotix D12 und D14) mit jeweils zwei Objektivmodulen war es möglich, das allgemeine Betriebsgeschehen im Stall im Verlauf der Versuchsphasen zu beobachten. Die Aufzeichnung erfolgte direkt auf Festplatten in einem Network-

Attached-Storage (NAS) mit einer Aufzeichnungsrate von einem Bild pro Sekunde und einer Auflösung der Bilder beider Module je Kamera mit 2560 x 960 Pixel. Damit wurde überprüft, wann die Stallbeleuchtung von Nachtbeleuchtung in Tagbeleuchtung übergang und umgekehrt. Die Dauer des künstlichen Lichttages war somit nachzuverfolgen.

Der AMS-Software konnten Systeminformationen, wie Zeitpunkt und Dauer der täglichen Reinigungen und das Auftreten möglicher Störungen, sowie die Auslastung des Melkroboters entnommen werden. Außerdem wurde täglich von den Betriebsleitern ein Arbeitstagebuch geführt (Abbildung 53). Dabei waren folgende Tätigkeiten unter Angabe der Uhrzeit zu dokumentieren:

- Tägliche Arbeiten (Kühe holen, Liegeboxen reinigen, Futterreste wegräumen)
- Auffällige Tiere (Erkrankung, Brunst, gesperrt am AMS, sonstiges)
- Jungviehversorgung
- AFS (Befüllen der Vorratsbehälter, Wartungsarbeiten, Rationseinstellungen, Störungen, sonstiges)
- AMS (Störungen, Wartungsarbeiten am AMS, Ventilator im AMS-Raum montieren, AMS waschen, Streifenvorhänge montieren, sonstiges)
- Sonstige Arbeiten im Stall / Störungen / Ereignisse (Stall waschen, Liegeboxen einstreuen, Besuchergruppen, sonstiges)

Neben einem Arbeitstagebuch wurde von der versuchsdurchführenden Person täglich ein Versuchstagebuch geführt. Hier wurden Störungen sowie Wartungsarbeiten an den Erfassungstechniken, zugegangene und abgegangene Tiere der Herde und die resultierenden Eintragungen in die Software des Ortungssystems, Begründungen für Fütterungs- bzw. Nachschiebestarts und Besonderheiten an den Versuchstagen dokumentiert.

Ferner wurden die Temperatur und Luftfeuchte mit Hilfe von Temperatur- und Luftfeuchteloggern (Rotronic Hygrolog) täglich im Stundenintervall erfasst. Diese Logger wurden im Stall im Liegebereich der laktierenden Herde in einer Höhe von 2 m und im Außenbereich des Stalls (östliche Ausrichtung) befestigt.

Die verschiedenen Techniken zur Datenerfassung (Ortungssystem, Videotechnik, AMS, AFS) wurden mit einem Zeitserver synchronisiert. In Abbildung 25 ist der Grundriss des untersuchten Liegeboxenlaufstalls mit der Anordnung der installierten Technik dargestellt.

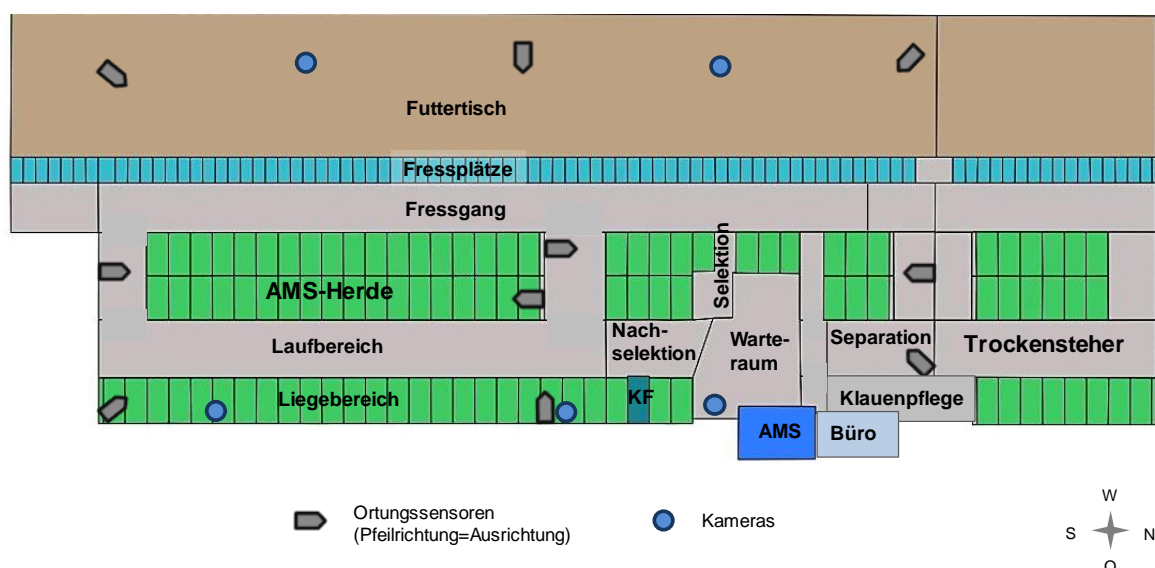


Abbildung 25: Stallgrundriss des Praxisbetriebs und Positionierung der eingesetzten Erfassungstechniken

5.3 Datenaufbereitung und –auswertung

5.3.1 Auswahl der Tiere und Versuchstage

Für die Aufbereitung und Auswertung der erhobenen Daten wurden drei Tage je Versuchsphase ausgewählt. Diese Auswertungstage wurden nach folgenden Kriterien ermittelt:

- Keine Besucher im Stall
- Arbeitstagebuchdaten vollständig vorhanden
- Keine Sonderarbeiten im Stall (z.B. Abwurfschacht an Schieberbahn auftauen, AMS mit Hochdruckreiniger waschen)
- Keine umfassenden Bestandsuntersuchungen bzw. –behandlungen durch Tierarzt oder Besamungstechniker
- Keine länger andauernden Störungen des AMS bzw. AFS
- Zufriedenstellende Funktionssicherheit und Datenerfassung durch das Ortungssystem

Des Weiteren wurden für den Vergleich der Parameter zwischen den Versuchsphasen innerhalb der Jahreszeiten nur jene Tiere berücksichtigt, welche in den jeweiligen Versuchsphasen in der Herde waren (Winter: $n=60$; Sommer: $n=63$). Ähnlich wurde für den Vergleich zwischen den Jahreszeiten vorgegangen. Lediglich jene Kühe, welche sowohl im Winter als auch Sommer in der AMS-Herde waren, wurden für diese Betrachtung herangezogen ($n=32$).

5.3.2 Aufbereitung der Positionsdaten

Die Rohdaten des eingesetzten RTLS (Aufzeichnungszeitpunkt, Transpondernummer, x- und y-Koordinate) wurden in eine PostgreSQL (Structured Query Language)-Datenbank (freies, objektrelationales Datenbankmanagementsystem (ORDBMS) (N.N., 2015) für die weitere Verarbeitung importiert. Zunächst wurde der Stallgrundriss im Vektorformat erstellt und Bereiche (z.B. Fressplätze, Liegeboxen) für eine strukturierte Datenverarbeitung definiert. Die Positionsdaten wurden mit Hilfe des in Kapitel 5.1.3 beschriebenen programmierten Algorithmus *RP_Datenverdichtung* aufbereitet. Abbildung 26 gibt einen Überblick über die Anzahl der Positionsdaten, welche mit Hilfe dieses Algorithmus für alle Versuchstage und die Herde verarbeitet wurden.

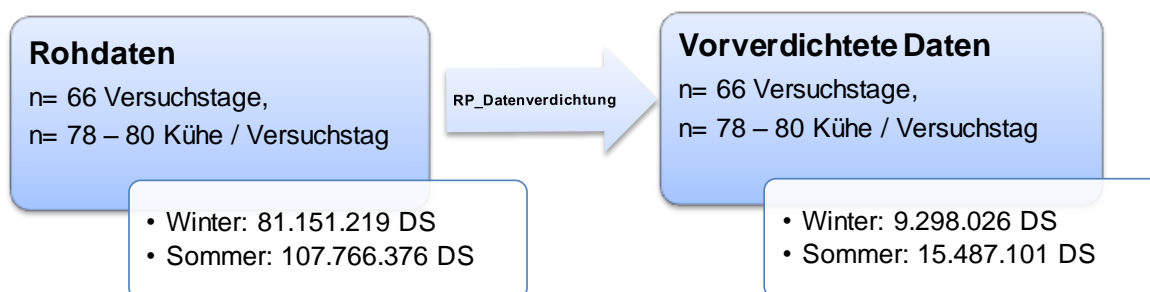


Abbildung 26: Übersicht der Anzahl Positionsdaten vor und nach der Datenverarbeitung mit dem Algorithmus *RP_Datenverdichtung* während der Hauptuntersuchungen im Praxisbetrieb

Anhand dieser aufbereiteten Positionsdaten wurden die Parameter der verschiedenen Funktionsbereiche ermittelt. Diese Vorgehensweise wird nachfolgend für das Futteraufnahmeverhalten, das Liegeverhalten und den Aufenthalt im Warteraum beschrieben. Die Definition der Versuchstage von 8:15 bis 8:15 Uhr des darauffolgenden Tages wurde bei der Kalkulation der nachfolgenden Verhaltensparameter entsprechend berücksichtigt.

5.3.2.1 Futteraufnahmeverhalten

5.3.2.1.1 Aufenthalt im Fressbereich

Der Aufenthalt eines Tieres am Fressplatz wurde als solcher gewertet, wenn die Kuh mit ihrem Kopf im Fressgitter war und somit die Positionierung am Futtertisch bzw. am Fressplatz erfolgte (siehe Abbildung 25). Somit wurden jeweils der Beginn und das Ende der Aufenthalte in diesen Bereichen mit der Ausgabe einer Kodierung für 0=nicht Fressplatz und 1=Fressplatz ermittelt. Zusätzlich wurde die Anzahl der Datensätze mit ausgegeben, aus welchen sich der jeweilige Aufenthalt am Fressplatz zusammensetzte. Dadurch wur-

den die Dauer der Aufenthalte und deren Häufigkeit berechnet. Tabelle 11 zeigt beispielhaft den Ausschnitt eines Datensatzes der Kuh 250 in der Versuchsphase W-dyn 1. Demensprechend erfolgte auch die Detektion der Kühe im Fressgang und die Berechnung der täglichen Aufenthaltsdauer je Kuh und Tag im Fressgang.

Tabelle 11: Ausschnitt eines Datenbankeports der Positionsdaten zur Ermittlung des Aufenthalts der Tiere am Fressplatz

Kuh-Nr.	Beginn	Ende	n	Dauer	Versuchsphase	Fressplatz
250	20.02.2015 04:23:19	20.02.2015 04:38:24	289	00:15:05.08239	W-dyn 1	1
250	20.02.2015 04:38:24	20.02.2015 08:26:50	4882	03:48:26.124345	W-dyn 1	0
250	20.02.2015 08:26:50	20.02.2015 08:33:23	140	00:06:32.969563	W-dyn 1	1
250	20.02.2015 08:33:23	20.02.2015 08:34:46	52	00:01:22.93212	W-dyn 1	0

5.3.2.1.2 Ermittlung der Mahlzeitenkriterien

Wie in Kapitel 2.2.2.2 beschrieben, können durch die Kalkulation des Mahlzeitenkriteriums (MK) Besuche am Fressplatz in Mahlzeiten geclustert werden (YEATES et al., 2001). Dafür wurde zunächst die Länge der Intervalle zwischen den Besuchen am Fressplatz für jede Kuh als die Zeit zwischen Ende des vorhergehenden und Beginn eines erneuten Fressplatzaufenthalts ermittelt. Entsprechend der Vorgehensweise bei YEATES et al. (2001) wurden die Häufigkeiten der Intervalllängen zwischen den Fressplatzaufenthalten größer 0 s über den logarithmierten (Basis e)- Intervalllängen aufgetragen. In Anlehnung an verschiedene Autoren (TOLKAMP et al., 1998; YEATES et al., 2001; YEATES et al., 2002) wurden die Häufigkeiten in Klassen von $0,5 \log(\text{Intervalllänge})$ eingeteilt. An die beobachtete Häufigkeitsverteilung der \log_e -transformierten Intervalllängen zwischen den Fressplatzbesuchen wurden zwei Gauss-Verteilungen für die ersten beiden Peaks und eine zweiparametrische Weibull-Verteilung an den dritten Peak angepasst (YEATES et al., 2001). Für das Curve Fitting wurden die Parameter der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion mit Hilfe der Maximum-Likelihood Methode geschätzt. Die Angleichung der Modelle an die Beobachtungen erfolgte mit der Statistiksoftware „R“ und dem Paket „mixdist“. Dieses Paket enthält Funktionen zur Angleichung finiter gemischter Modelle an gruppierte und abhängige Daten mit Hilfe der Maximum Likelihood Methode, welche eine Kombination eines Newton-Type- und des Estimation-Maximization-Algorithmus verwendet (MACDONALD und DU, 2015). Der

Schnittpunkt zwischen der zweiten Gauss und der Weibull-Verteilung stellt das Mahlzeitenkriterium zur Unterscheidung kürzerer Intervalle innerhalb einer Aufenthaltsperiode am Fressplatz von längeren Intervallen zwischen den Aufenthaltsperioden am Fressplatz dar (Abbildung 27). Zur Definition dieses Schnittpunkts wurde die Funktion „uniroot“ herangezogen. Mit Hilfe einer Schleifenprogrammierung wurde das tierindividuelle Mahlzeitenkriterium für jede Versuchsphase ermittelt. Diese Mahlzeitenkriterien wurden in die PostgreSQL-Datenbank importiert. Folgende Regel wurde zur Ermittlung der Kennzahlen Beginn und Ende, Dauer sowie die Häufigkeit der tierindividuellen versuchsphasenbezogenen Mahlzeiten festgelegt:

- Tierindividuelles Intervall zwischen zwei Fressplatzaufenthalten $<$ MK: Intervall liegt innerhalb einer Mahlzeit
- Tierindividuelles Intervall zwischen zwei Fressplatzaufenthalten $>$ MK: Es werden zwei Mahlzeiten voneinander getrennt

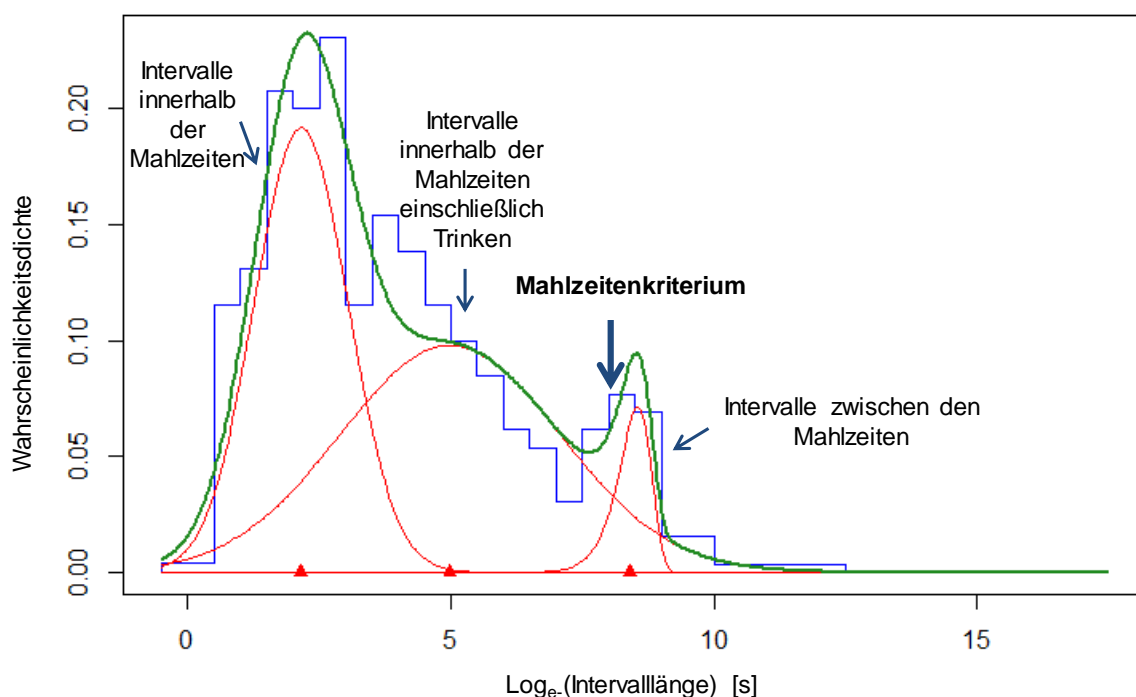


Abbildung 27: Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (grüne Kurve) bestehend aus zwei Gauss- und einer Weibullverteilung (rote Kurven) der beobachteten Häufigkeitsverteilung der \log_e -transformierten Intervalle zwischen den Fressplatzbesuchen (blaue Balken) beispielhaft für ein Tier

5.3.2.2 Liegeverhalten

Zum Liegebereich zählten alle Liegeboxen (Abbildung 25). Sobald die Positionsdaten einer Kuh mindestens 2 min einer Liegeboxe zugeordnet werden konnten, wurde ein Liegebereichsaufenthalt definiert. Eine Unterscheidung zwischen liegenden und stehenden Tieren

in der Liegeboxe war mit Hilfe der Positionsdaten nicht möglich. Die tierindividuellen Aufenthalte in jenem Bereich wurden nach der Vorgehensweise zur Ermittlung der Aufenthalte am Fressplatz berechnet. Dadurch erfolgte die Berechnung der Anzahl und der Dauer der tierindividuellen einzelnen Aufenthalte im Liegebereich.

Um jene einzelnen tierindividuellen Liegebereichsaufenthalte in Aufenthaltsperioden im Liegebereich einteilen zu können, wurde ähnlich der Vorgehensweise zur Berechnung der Mahlzeitenkriterien eine Häufigkeitsverteilung der Intervalllängen zwischen den Liegebereichsaufenthalten erstellt. Daraus hervorgehend wurde ein sogenanntes „Liegebereichskriterium“ von 18 min als das lokale Minimum der Häufigkeitsverteilung ermittelt (Abbildung 28). Dieses Kriterium wurde über alle Tiere und Versuchsphasen errechnet.

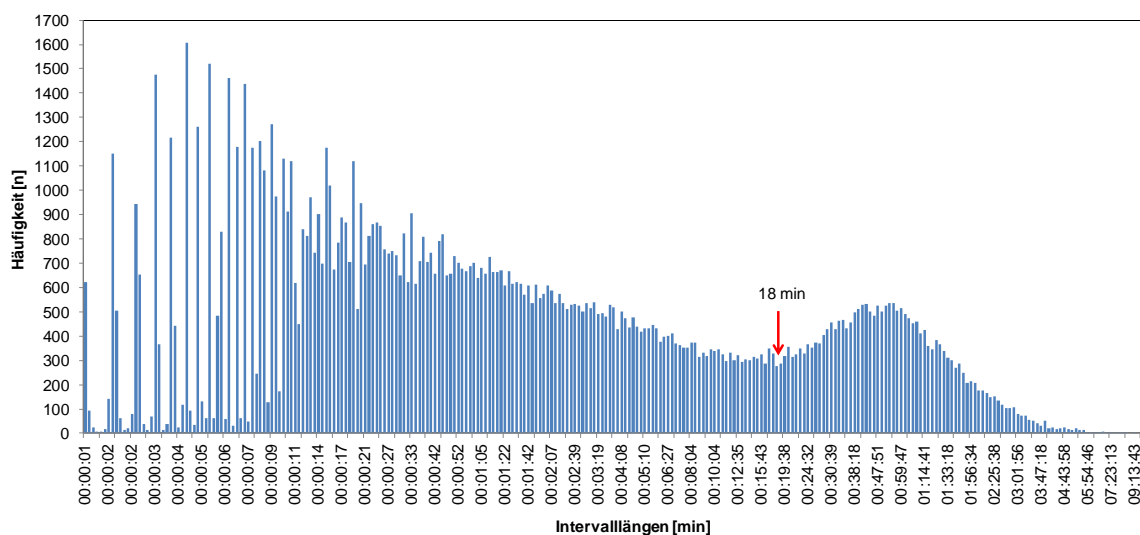


Abbildung 28: Häufigkeitsverteilung der Intervalle zwischen den Liegebereichsaufenthalten der Tiere exemplarisch zusammenfassend dargestellt für zwei Versuchstage

Folgende Regel wurde zur Ermittlung der Kennzahlen Beginn und Ende, Dauer sowie die Häufigkeit der tierindividuellen Aufenthaltsperioden im Liegebereich festgelegt:

- Tierindividuelles Intervall zwischen zwei Liegebereichsaufenthalten < 18 min: Intervall liegt innerhalb einer Aufenthaltsperiode im Liegebereich
- Tierindividuelles Intervall zwischen zwei Liegebereichsaufenthalten > 18 min: Es werden zwei Aufenthaltsperioden im Liegebereich voneinander getrennt

5.3.2.3 Melkverhalten

Die tägliche Aufenthaltsdauer einer Kuh im Warteraum vor dem AMS wurde mit Hilfe der Positionsdaten ermittelt, da während der Winterversuchsphase W-stat 1 laut AMS-Daten über das Smart-Gate vereinzelt Kühe in den Warteraum selektiert wurden und sich dort mehrere Stunden aufhielten, obwohl dies stichprobenartige Direktbeobachtungen durch

die Versuchsperson und die Videoaufnahmen wiederlegten. Dieses Erkennungsproblem am Smart-Gate wurde jedoch durch einen Techniker behoben und trat somit in den anderen Versuchsphasen nicht mehr auf. Die weiteren Melkparameter Anzahl Melkungen je Kuh und Tag, Anzahl zurückgewiesener Besuche je Kuh und Tag, Zwischenmelkzeit je Kuh und Tag sowie die Milchleistung je Kuh und Tag wurden durch die AMS-Daten gewonnen. Auch jene Informationen wurden in die PostgreSQL-Datenbank zur weiteren Verarbeitung importiert. Insgesamt wurden hier für den gesamten Versuchszeitraum und alle Kühe 68.430 Datensätze der AMS-Liste „Kuhverkehr“ verrechnet.

Wurde eine Kuh ohne Melkanrecht über das Smart-Gate in den Nachselektionsbereich mit KF-Station geleitet, war dieser Versuch in den Warteraum zu kommen als „zurückgewiesener Besuch“ zu werten. Die Anzahl der Melkungen im Tagesverlauf wurde je 30 Minuten-Intervall ermittelt, da ein Intervall von 1 h aufgrund der häufig geringen Verschiebung der Fütterungszeiten im Vergleich zu den statischen Zeiten als zu hoch erachtet wurde, um mögliche Unterschiede im Melkverhalten qualitativ darzustellen. Die Berechnung der Milchmenge je Melkung basierte auf einem programmierten Algorithmus. Erfolgte eine Melkung beispielsweise um 9:00 Uhr und somit zu Beginn eines neuen Versuchstages, wurde die bei diesem AMS-Besuch gemolkene Milchmenge anteilmäßig dem vorangegangenen Versuchstag zugordnet.

5.3.3 Einteilung der Herde in Untergruppen

Zur Abschätzung, welche der tierbezogenen Parameter Laktationsnummer, Laktationsstand, Milchleistung und Körperkondition einen Einfluss auf die Ergebnisse haben, wurde die Herde in den einzelnen Versuchsphasen für jene Kriterien in jeweils drei Untergruppen eingeteilt (Tabelle 12 bis Tabelle 15).

Tabelle 12: Zuordnung der Tiere zu den Laktations-Gruppen (nach HARMS, 2004)

Laktationsnummer (LNR)	Laktations-Gruppe
1	1
2 + 3	2
>3	3

Tabelle 13: Zuordnung der Tiere zu den Laktationsdrittel-Gruppen (nach TÖLLE et al., 2002)

Laktationstag zu Beginn Versuchsphase (TIM)	Laktationsdrittel-Gruppe
< 100	1
100 - 200	2
≥ 200	3

Tabelle 14: Zuordnung der Tiere zu den Milchleistungs-Gruppen (nach HARMS, 2004)

Milchleistung (MM) [kg]	Milchleistungs-Gruppe
< 10	1
10 - 20	2
≥ 20	3

Tabelle 15: Zuordnung der Tiere zu den BCS-Gruppen (nach LÜPSCHEN, 1997)

BCS jeweils im Mittel der Winter- und Sommerbewertung (BCS)	BCS-Gruppe
< 2,5	1
2,5 – 3,5	2
≥ 3,5	3

Für die Ermittlung der BCS-Gruppe wurde der Mittelwert der tierindividuellen Anfangs- und Endbewertung der Körperkondition je Jahreszeit gewählt. Auch für die Milchleistungs-Gruppe wurde das mittlere Milchleistungsniveau je Kuh und Versuchsphase ermittelt. Die Laktationsnummer- und Laktationsdrittel-Gruppe wurden über die jeweilige Laktationsnummer und den Laktationsstand der Kühe zu Beginn der Versuchsphasen bestimmt.

5.3.4 Statistische Auswertung

Die Datenaufbereitung nach den Datenbankeporten erfolgte mit dem Programm MS Office Excel. Die statistische Auswertung wurde mit der open source Software „R“ (R Version 3.2.2) durchgeführt. Dabei wurden Mittelwerte, Median, Minima, Maxima sowie Standardabweichungen berechnet. Die Daten wurden mit Hilfe des Shapiro-Wilk-Tests und über die Darstellung von Quantile-Quantile-plots auf Normalverteilung bzw. log-Normalver-

teilung überprüft. Die Mittelwertvergleiche wurden je nach Datenverteilungstyp mittels Wilcoxon-Test für Paardifferenzen bzw. t-Test für verbundene Stichproben errechnet (HEDDERICH und SACHS, 2012). Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,1$ (in der Tendenz signifikant), $p < 0,05$ (signifikant), $p < 0,01$ (hoch signifikant), $p < 0,001$ (höchst signifikant) festgelegt.

Die Effekte von tierindividuellen sowie versuchsbezogenen Faktoren wurden in einem allgemeinen linearen Modell berechnet (HEDDERICH und SACHS, 2012). Die tierbezogenen Faktoren stellten die Zugehörigkeit der Tiere zu den jeweiligen Untergruppen dar: TIM (Tage in Milch), LNR (Laktationsnummer), BCS (Body Condition Score) und MM (Milchmenge). Bei den versuchsbedingten Faktoren wurde zwischen der Jahreszeit W (Winter) und S (Sommer), Fütterungsfrequenz 7 (7 Futtevorlagen je Tag) bzw. 4+3 (4 Futtevorlagen je Tag und 3 Nachschiebevorgänge je Tag) sowie dem Modus der Startzeit der Fütterungen bzw. Nachschiebevorgänge stat (statisch) und dyn (dynamisch) unterschieden. Das jeweilige Tier wurde als zufälliger Parameter gewählt.

Folgende Zielgrößen (jeweils pro Tier und Tag) wurden festgelegt:

- Anzahl Aufenthalte am Fressplatz
- Mittlere Dauer der Fressplatzaufenthalte
- Gesamte Aufenthaltsdauer am Fressplatz
- Gesamte Aufenthaltsdauer im Fressgang
- Anzahl Mahlzeiten
- Mittlere Dauer der Mahlzeiten
- Gesamte Mahlzeitendauer
- Anzahl Aufenthalte im Liegebereich
- Mittlere Dauer der Liegebereichsaufenthalte
- Gesamte Aufenthaltsdauer im Liegebereich
- Anzahl Aufenthaltsperioden im Liegebereich
- Mittlere Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich
- Gesamte Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich
- Anzahl Melkungen
- Anzahl zurückgewiesener Besuche
- Zwischenmelkzeit
- Milchmenge
- Aufenthaltsdauer im Warteraum

Für die Zielgrößen wurden im Modell die Mittelwerte pro Tier und Tag als Durchschnitt der Versuchsphasen berechnet. Der Versuchstag wurde nicht im Modell berücksichtigt.

Zur Darstellung der Verteilung der Daten wurde mitunter der Whisker-Boxplot angewendet. Die Interpretation der Werte ist in Abbildung 29 dargestellt.

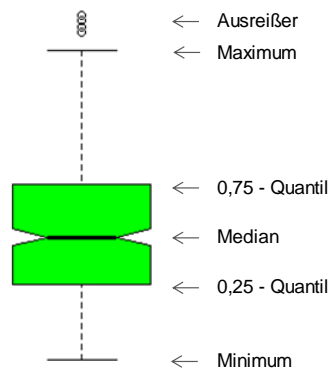


Abbildung 29: Interpretation des Whisker-Boxplots (nach HEDDERICH und SACHS, 2012)

6. Ergebnisse

6.1 Versuch zum Einfluss der Fütterungsfrequenz

Der Verlauf der relativen Anteile der Tiere im Fressbereich über 24 Stunden (Abbildung 30) zeigt, dass sich in beiden Versuchsphasen der Anteil der Kühe am Fressplatz immer nach der Fütterung erhöhte. Dieser unterlag in beiden Versuchsphasen einem deutlichen biphasischen Rhythmus mit Maxima am Morgen und am Abend. Die zusätzlichen Fütterungen in den Nachtstunden und vormittags in Versuchsphase 1 lockten zusätzliche Tiere an den Fressplatz, allerdings mit einer deutlich geringeren Ausprägung (ca. 20 % Herdenanteil am Fressplatz in den Nachtstunden um 2:45 Uhr). Im Vergleich dazu hielten sich bei zwei Fütterungen pro Tag zwischen 2:00 und 3:00 Uhr nur 5 bis 10 % der Tiere der Herde am Fressplatz auf. Das Maximum des Herdenanteils am Fressplatz lag bei der sechsmal täglichen Fütterung mit 52 % morgens und 58 % abends auf einem höheren Niveau als in Versuchsphase 2 mit zweimaliger Fütterung und Maxima von 47 %. Der Anteil von Tieren am Fressplatz war in den ersten 60 min nach der Futtevorlage im Mittel aller Fütterungen mit 38 % in Versuchsphase 2 signifikant höher als in Versuchsphase 1 (24 %). Insbesondere nach der morgendlichen Fütterung um 6:00 Uhr war der Herdenanteil am Fressplatz länger auf einem höheren Niveau, wenn die Tiere nur zweimal am Tag gefüttert wurden. Demgegenüber zogen sie sich nach den Fütterungen zügiger zurück, wenn die Tagesration in sechs Portionen vorgelegt wurde (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a).

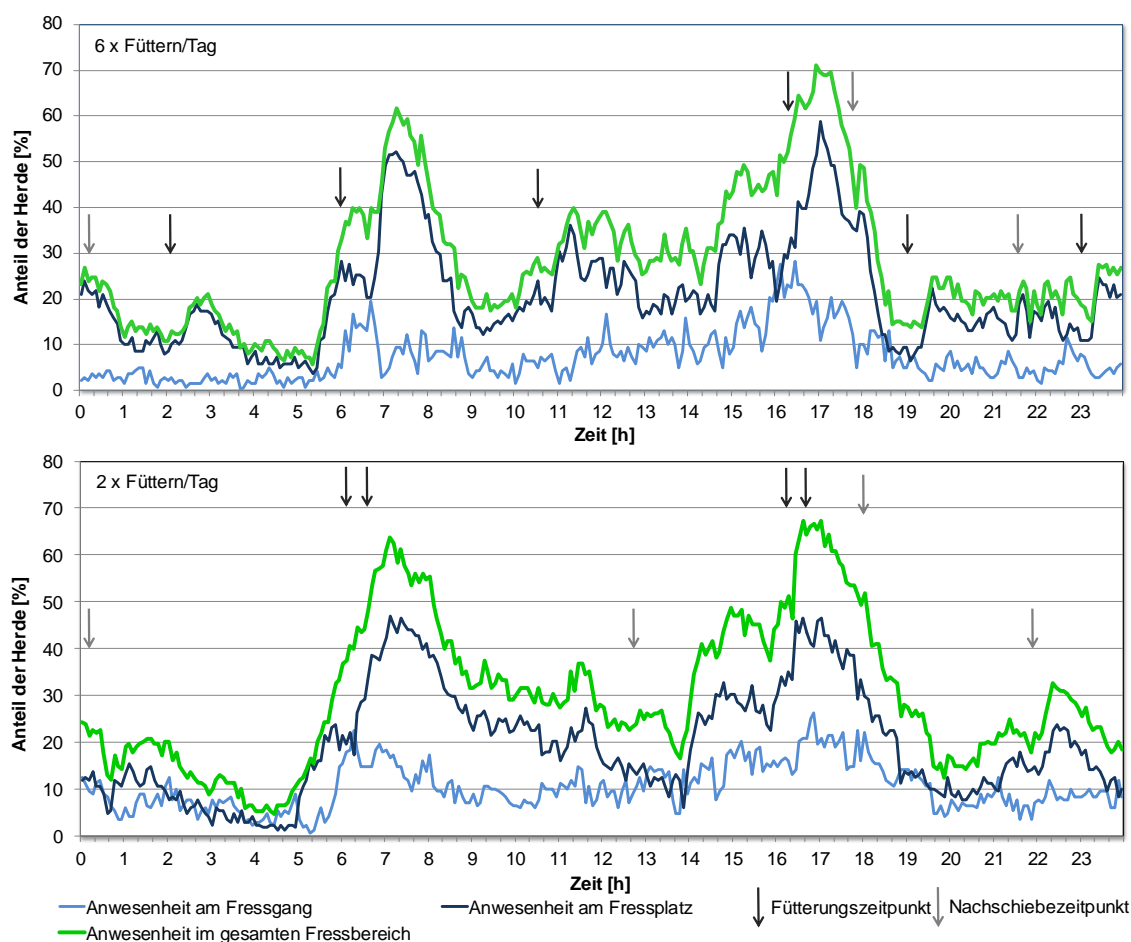


Abbildung 30: Relativer Anteil von Tieren im Fressbereich bei 6x und 2x Füttern nach Videoauswertungen (Versuchsphase 1: n= 46 Kühe; Versuchsphase 2: n=56 Kühe; n= 3 d je Phase) (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a)

Gemäß der Analyse der Positionsdaten der 20 Fokuskühe hielten sich diese mit 4,06 h signifikant länger am Fressplatz auf, wenn sie sechsmal täglich gefüttert wurden (Tabelle 16). Im Vergleich dazu betrug die tägliche Aufenthaltsdauer je Kuh am Fressplatz 2,65 h bei zwei Fütterungszeiten am Tag. Es wurde ein signifikanter Effekt der Fütterungsfrequenz auf diesen Parameter ermittelt. Auch die herdenbasierten Videoauswertungen lassen auf eine signifikant niedrigere Aufenthaltsdauer der Kühe in diesem Bereich in Versuchsphase 2 schließen. Zwei Fütterungen am Tag erhöhten den Anteil belegter Fressplätze im Mittel des Tagesverlaufs signifikant (Versuchsphase 1: 23%; Versuchsphase 2: 26%), wobei sich die Maxima der Fressplatzbelegung in beiden Versuchsphasen mit 64 bzw. 63% auf einem ähnlichen Niveau bewegten. Ebenfalls war die Anwesenheit der Herde im Fressstand in Versuchsphase 2 bei geringerer Fütterungsfrequenz und einer höheren Tierzahl in der Herde signifikant höher und somit der Andrang in diesem Bereich deutlich stärker. Eine Kuh hielt sich mit durchschnittlich 1,45 h signifikant länger im Fressstand auf

als bei einer sechsmal täglichen Futtervorlage. Damit standen die Tiere im Mittel der Versuchstage um 63 min länger untätig und wartend im Fressgang und Fressstand, wenn ihnen nur zweimal am Tag Futter vorgelegt wurde. Diese Ergebnisse der Positionsdaten lassen sich durch die herdenbasierte Auswertung der Videodaten bestätigen, wonach die Kühe in Versuchsphase 2 um 42 min länger im Fressgang standen (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a).

Hinsichtlich der Aufenthaltsdauer der Kühe in den Liegeboxen war kein signifikanter Effekt der Fütterungsfrequenz festzustellen. Wurde sechsmal am Tag gefüttert, lag der Median der Aufenthaltsdauer einer Kuh in der Liegeboxe bei 14,39 h und somit nur minimal höher als in Versuchsphase 2 (14,31 h). Die mittlere Aufenthaltsdauer unterschied sich jedoch um 27 min (Versuchsphase 1: 14,33 h; Versuchsphase 2: 13,88 h). Auch die maximale Aufenthaltsdauer einer Kuh im Liegebereich war in der ersten Versuchsphase mit 18,17 h/Kuh/d auf einem deutlich höheren Niveau (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a).

Tabelle 16: Aufenthaltsdauer ausgewählter Kühe (n=20) in den Funktionsbereichen (Fress- und Liegebereich) bei 6x und 2x Füttern nach Auswertungen der Positionsdaten (n=4 d je Versuchsphase) (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a)

Parameter	Aufenthaltsdauer/Kuh/d [hh:mm:ss]						Differenz Median ¹
	Versuchsphase 1 (6x Füttern/d)			Versuchsphase 2 (2x Füttern/d)			
	Median	Min	Max	Median	Min	Max	
Fressplatz	04:03:58 ^a	01:18:00	05:53:49	02:38:56 ^b	01:30:40	04:58:52	01:25:01
Fressstand	01:27:03 ^a	00:46:15	02:43:43	02:13:56 ^b	00:39:23	07:35:34	-00:46:53
Fressgang	01:25:37 ^a	00:20:10	03:00:57	01:36:06 ^b	00:26:00	05:08:00	-00:10:30
Fressstand & Fressgang	03:02:53 ^a	01:15:40	04:46:37	04:06:04 ^b	00:39:23	09:34:38	-01:03:11
Gesamt Fressbereich	07:18:40 ^a	02:33:40	09:50:53	07:00:18 ^a	03:28:12	12:13:30	00:18:22
Liegebereich	14:23:35 ^a	06:37:26	18:10:23	14:19:01 ^a	06:55:23	17:06:58	00:04:34

a, b) signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsphasen ($p < 0,05$)

¹) Differenz aus Median in Versuchsphase 1 und Median in Versuchsphase 2

Die Auswertung der Anzahl Melkungen je Tier und Tag ergaben eine signifikant höhere Melkfrequenz der Kühe bei sechsmal täglicher Futtervorlage (Tabelle 17). Der Median bewegte sich in Versuchsphase 1 bei 3 Melkungen/Kuh/d, in Versuchsphase 2 bei 2 Melkungen/Kuh/d. Das arithmetische Mittel der Melkfrequenz betrug $2,46 \pm 0,09$ in Versuchsphase

1 und $2,34 \pm 0,05$ in Versuchsphase 2. Die tägliche Milchmenge je Kuh unterschied sich mit 27,46 bzw. 27,34 kg in den beiden Versuchsphasen nicht signifikant voneinander, wobei einzeltierbezogene Unterschiede vorlagen. Dieser Effekt trifft auch auf die Zwischenmelkzeit des Einzeltieres zu. Die Zwischenmelkzeiten erhöhten sich in der zweiten Versuchsperiode signifikant um 1,72 h. In beiden Versuchsphasen unterlag die Zwischenmelkzeit jedoch einer großen Spannweite von etwa 21 h (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a).

Tabelle 17: Übersicht der tierindividuellen Anzahl der Melkungen, der Milchmenge und der Zwischenmelkzeit aller Kühe bei 6x und 2x Füttern nach Auswertungen der AMS-Daten (Versuchsphase 1: n=46 Kühe; Versuchsphase 2: n= 56 Kühe, n=4 d je Versuchsphase) (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016a)

Parameter	Versuchsphase 1 (6x Füttern/d)			Versuchsphase 2 (2x Füttern/d)			Differenz Median ¹
	Median	Min	Max	Median	Min	Max	
Anzahl Melkungen /Kuh/d [n]	3 ^a	1	4	2 ^b	1	4	1
Milchmenge /Kuh/d [kg]	27,46 ^a	7,77	54,67	27,34 ^a	5,17	54,93	0,12
Zwischenmelk- zeit/Kuh/d [hh:mm:ss]	08:23:20 ^a	02:14:20	23:43:59	10:06:40 ^b	02:51:43	23:30:00	-01:43:19

a,b) signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsphasen ($p < 0,05$)

¹⁾ Differenz aus Median in Versuchsphase 1 und Median in Versuchsphase 2

6.2 Versuch zum Einfluss statischer und dynamischer Fütterungs- und Nachschiebezeiten

6.2.1 Versuchsdurchführung

6.2.1.1 Fütterungs- und Nachschiebeintervalle

Das dynamische Starten der Fütterungs- bzw. Nachschiebevorgänge führte zu einem zeitlichen Versatz von 2 min bis zu 46 min im Vergleich zu den statisch eingestellten Zeiten. Tabelle 18 zeigt eine Übersicht der Intervalle zwischen den statischen und dynamischen Fütterungs- bzw. Nachschiebezeiten. Außerdem ist die Differenz aus dem statischen und dynamischen Fütterungs-/Nachschiebeintervall angegeben. Nimmt die Differenz einen positiven Wert an, ist eine Fütterung bzw. ein Nachschiebevorgang früher als die statisch vorgegebene Zeit durchgeführt worden. Es fällt auf, dass das erste Intervall während der Dynamisierungsphasen verkürzt war und somit die Fütterung/das Nachschieben 8 bis 39 min früher als um 11:15 Uhr gestartet worden ist. Während der Dynamisierungsphasen 1 sind drei der Fütterungen später durchgeführt worden als planmäßig festgelegt. 75 % aller

Fütterungen bzw. Nachschiebevorgänge sind während der Dynamisierungsphasen früher als während der statischen Phasen gestartet worden.

Tabelle 18: Übersicht der Intervalle zwischen den statischen und dynamischen Fütterungs- bzw. Nachschiebezeiten sowie der Differenz der statischen und dynamischen Fütterungs-/Nachschiebeintervalle

Intervall	W/S-stat 1/2	W-dyn 1	W-dyn 2	S-dyn 1	S-dyn 2	Differenz W-dyn 1	Differenz W-dyn 2	Differenz S-dyn 1	Differenz S-dyn 2
1	03:00	02:51	02:52	02:21	2:40	00:09	00:08	00:39	00:20
2	02:45	02:37	02:38	02:20	2:54	00:08	00:07	00:25	-00:09
3	02:00	02:24	2:26	02:25	2:16	-00:24	-00:26	-00:25	-00:16
4	03:45	03:37	03:33	03:30	3:37	00:08	00:12	00:15	00:08
5	03:30	03:32	02:53	03:26	3:29	-00:02	00:37	00:04	00:01
6	04:30	03:44	03:53	03:32	3:55	00:46	00:37	00:58	00:35

Differenz: Fütterungsintervall statisch – Fütterungsintervall dynamisch

6.2.1.2 Futtermengen im Trog und Futterreste

Die relative Futtermenge im Trog und der weggeschobene Futterrest bewegten sich im Mittel des Trogverlaufs und der jeweiligen Versuchsphasen auf einem konstanten Niveau von 38,12 bis 43,34 % bzw. 2,20 bis 3,25 % (Tabelle 19).

Tabelle 19: Relative Futtermenge im Trog (%) und weggeschobener Futterrest (%) im Mittel des Verlaufs der Bewertungsabschnitte (n=9) und der Bewertungen je dynamischer Versuchsphase (n=18)

Parameter	Versuchsphase			
	W-dyn 1	W-dyn 2	S-dyn 1	S-dyn 2
Futtermenge im Trog (%)	39,0	43,3	38,3	41,1
Weggeschobener Futterrest (%)	2,5	3,3	3,2	2,2

Die Futtermenge im Trog variierte im Tagesverlauf von einem Anteil von 0 % vor dem Füttern bzw. Nachschieben bis zu 120 % nach der Vorlage einer frisch gemischten Ration (Abbildung 31 und Abbildung 32). Je nach Frequenz der Futtervorlagen wurden sieben bzw. vier Maxima der Futtermenge im Trog beobachtet. In Abbildung 31 und Abbildung 32 sind der relative Anteil der Futtermenge im Trog und des weggeschobenen Futterrests im Verlauf eines je Versuchsphase S-dyn 1 und S-dyn 2 ausgewählten Tages dargestellt.

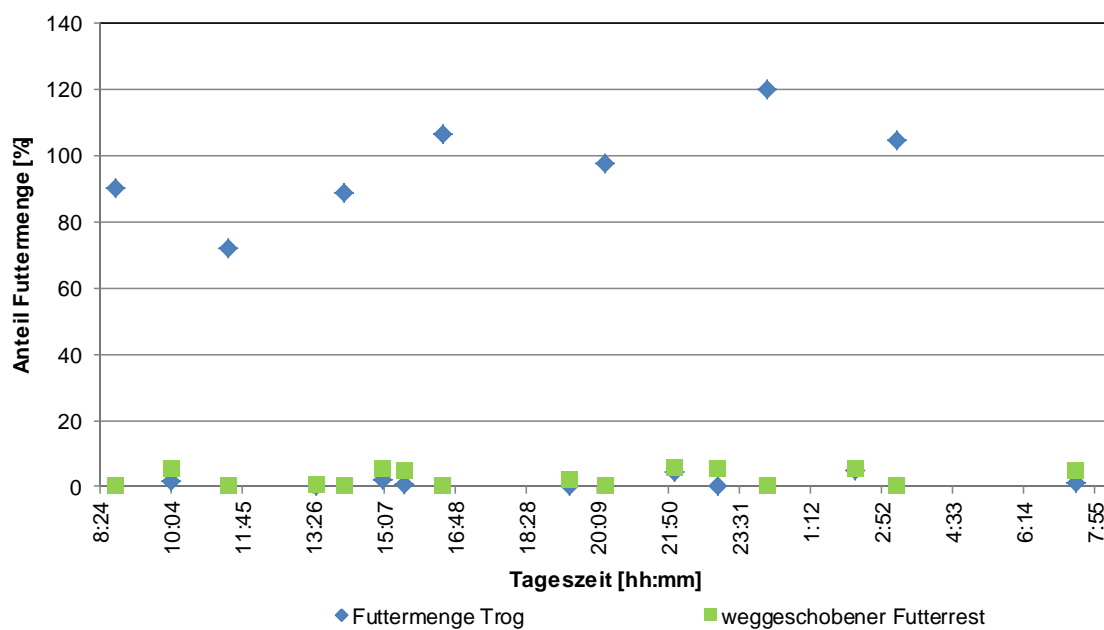


Abbildung 31: Tagesverlauf der im Trog vorhandenen Futtermenge und des weggeschobenen Futterrests während eines ausgewählten Tages (06.07.15) in Versuchsphase S-dyn 1

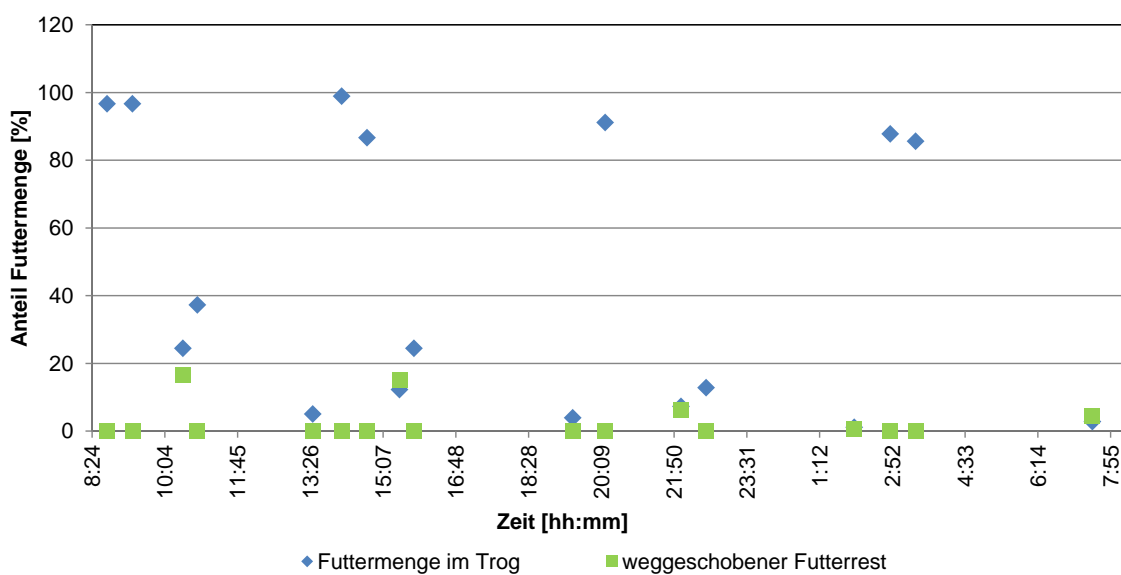


Abbildung 32: Tagesverlauf der im Trog vorhandenen Futtermenge und des weggeschobenen Futterrests während eines ausgewählten Tages (23.07.15) in Versuchsphase S-dyn 2

6.2.2 Futteraufnahmeverhalten

Im nachfolgenden Kapitel werden der Anteil der Tiere am Fressplatz im Tagesverlauf der Versuchsphasen, die Häufigkeit und Dauer der Aufenthalte am Fressplatz sowie die Einflussfaktoren auf das Futteraufnahmeverhalten dargestellt. Ferner werden die Ergebnisse zu den Mahlzeitenberechnungen gezeigt.

6.2.2.1 Anteil der Tiere am Fressplatz im Tagesverlauf

6.2.2.1.1 Versuchsphasen mit statischer und dynamischer Futtervorlage (stat 1 und dyn 1)

In Abbildung 33 ist der Anteil der Tiere am Fressplatz im Tagesverlauf im Mittel der drei Versuchstage mit statischen Fütterungszeiten sowie eines jeden Versuchstages während der Versuchsphase mit sieben dynamischen Fütterungen im Winter 2014/15 dargestellt.

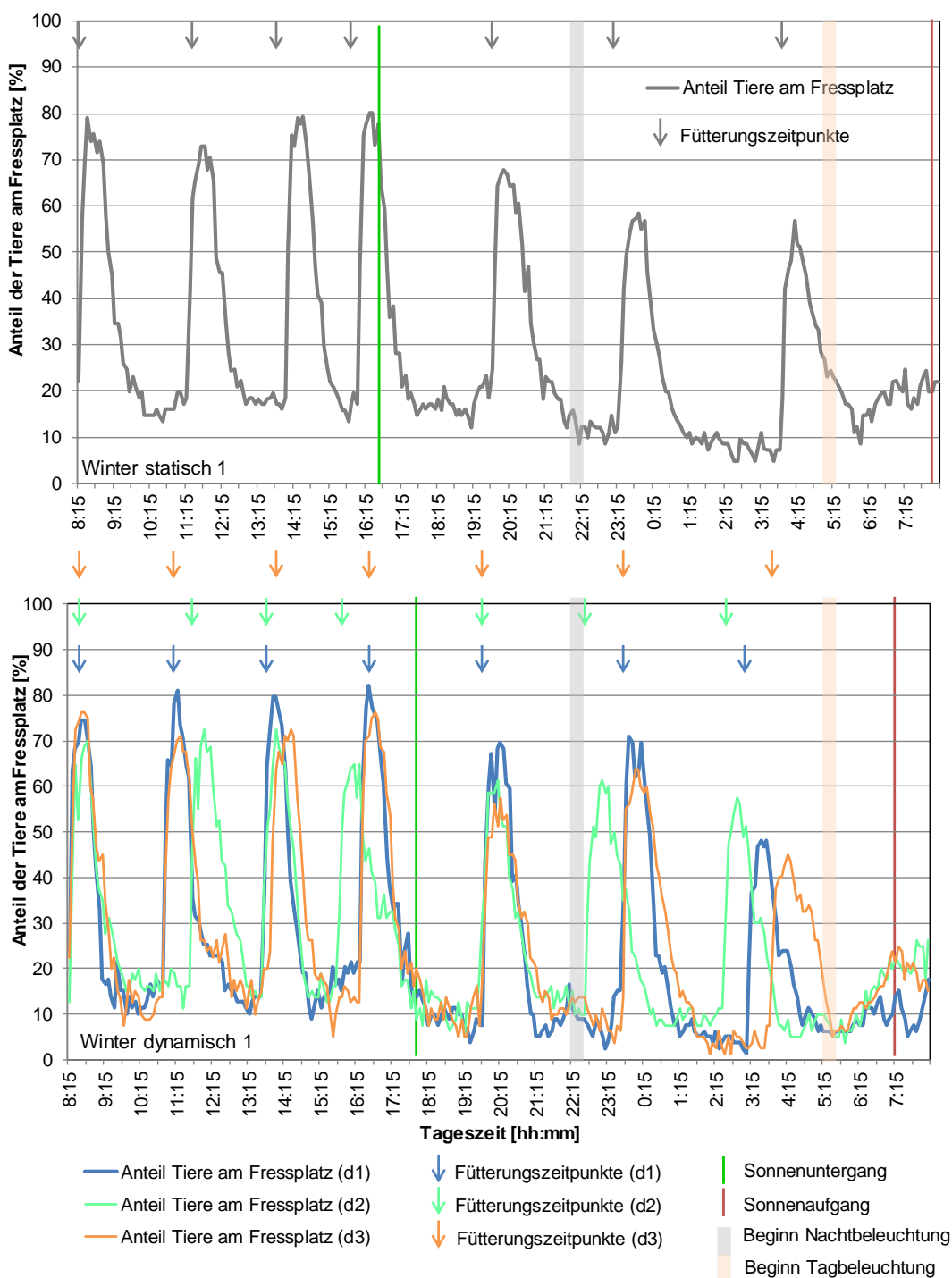


Abbildung 33: Anteil Tiere am Fressplatz während der Versuchsphasen Winter statisch 1 (n=3 d, n= 79 Kühe) und Winter dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und -untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung

Infolge der Fütterungen während der Versuchsphase W-stat 1 war ein Anstieg des Anteils der Tiere am Fressplatz mit Maxima während des Lichttages von etwa 80 % zu beobachten. Nach der Fütterung um 11:15 Uhr hielt sich jedoch ein wenig geringerer Anteil von 72

% am Fressplatz auf. Während des Lichttages bzw. in Stunden mit Stallbeleuchtung war der Anteil der Tiere am Fressplatz außerhalb der Futtevorlagezeiten kontinuierlich auf einem Niveau von etwa 15 – 20 %. Nach Sonnenuntergang lag der maximale Herdenanteil mit Kopf im Fressgitter zwischen 55 und 68 %. Insbesondere die Fütterungen um 23:15 und 3:45 Uhr bewegten einen geringeren Anteil der Tiere von etwa 55 % dazu, den Fressplatz aufzusuchen. Es fällt auf, dass sich nach den Fütterungen während der Nachtstunden weniger Kühe am Fressplatz befanden (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016b).

Aus der Dynamisierung der sieben Fütterungszeiten während der Versuchsphase W-dyn 1 resultierte ein ähnlicher Tagesverlauf des Anteils der Tiere am Fressplatz wie in Versuchsphase W-stat 1. Jede Fütterung bewegte die Tiere dazu, den Fressplatz aufzusuchen, jedoch mit einem dem Fütterungsintervall entsprechenden zeitlichen Versatz (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016b). Die Maxima (70 – 82 %) des Anteils der Tiere am Fressplatz während Versuchstag d1 lagen bis auf den Zeitraum nach der Fütterung um 8:15 und 3:05 Uhr auf einem höheren Niveau als an den beiden anderen Versuchstagen. Es ist festzustellen, dass eine frühere Fütterung am Versuchstag d2 um bereits 2:30 Uhr statt 3:05 Uhr bzw. 3:35 Uhr zu einem höheren Anteil der Tiere am Fressplatz von 58 % führte. Im Vergleich zu Versuchsphase W-stat 1 war in Versuchsphase W-dyn 1 ein minimaler Anteil der Tiere am Fressplatz von lediglich 1,3 % zu beobachten.

Im Vergleich dazu sind in Abbildung 34 der Anteil der Tiere am Fressplatz während der Untersuchungen mit sieben statischen und sieben dynamischen Fütterungszeiten im Sommer 2015 dargestellt.

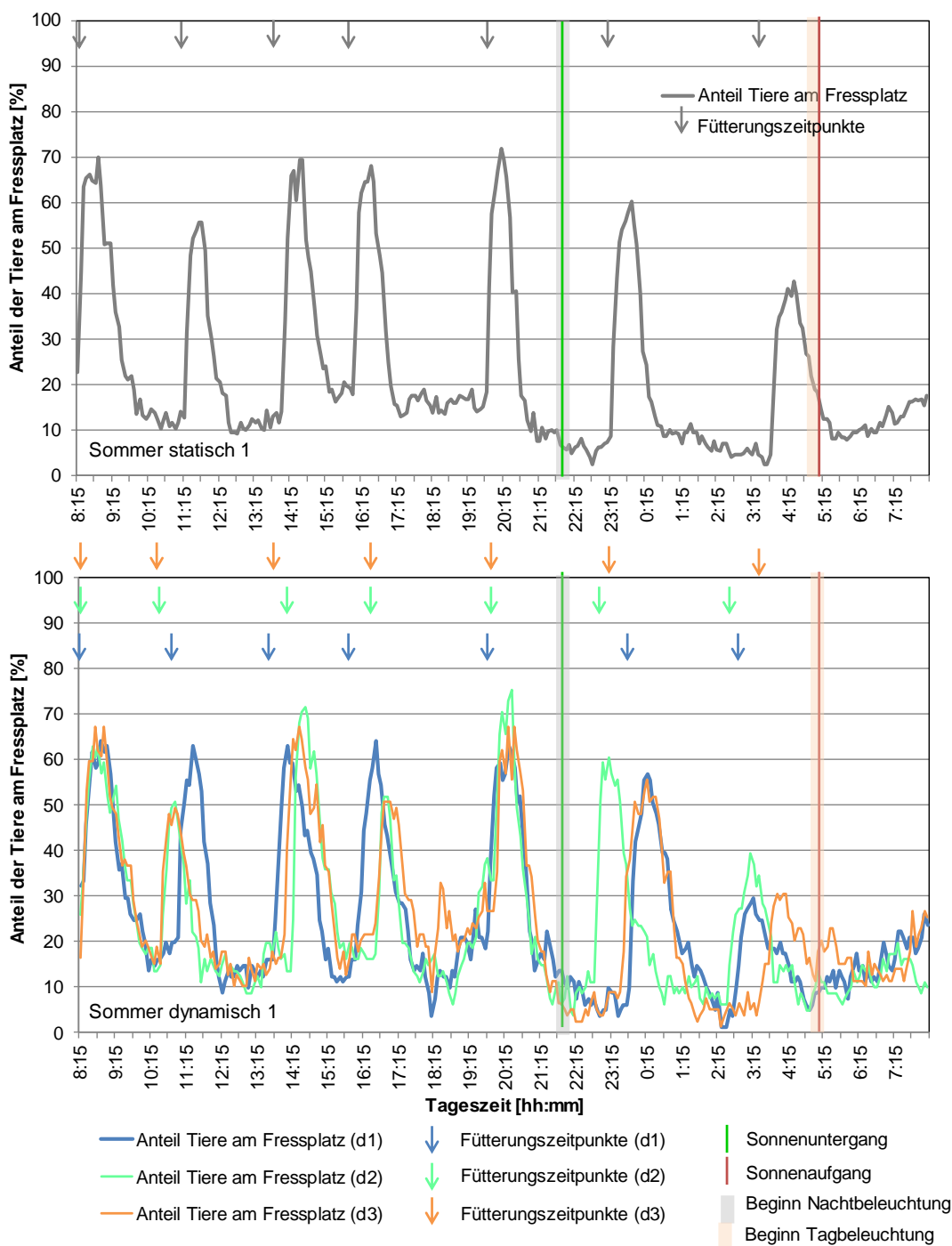


Abbildung 34: Anteil Tiere am Fressplatz während der Versuchsphasen Sommer statisch 1 (n=3 d, n= 78 Kühe) und Sommer dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und -untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung

Ebenso wie im Winter führte auch im Sommer jede Fütterung zu einem Anstieg des Anteils der Tiere am Fressplatz. Doch auch hier war der Anstieg nach der Fütterung um 11:15 Uhr mit einem Maximum von 55 % geringer ausgeprägt. Die maximalen Anteile der Tiere am Fressplatz bewegten sich während des Lichttages zwischen 55 und 72 %, wohingegen

diese in den Nachtstunden zwischen 42 – 60 % lagen (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016b). Im Gegensatz zu der Versuchsphase W-stat 1, führten während der Versuchsphase S-stat 1 lediglich Fütterung 6 und 7 zu einem geringeren Besuch des Fressplatzes. Zwischen Sonnenuntergang und –aufgang war ein Minimum der Tiere am Fressplatz zu beobachten. Wie bereits während der Dynamisierungsphase im Winter festgestellt worden ist, bewegte auch im Sommer jede dynamisierte Fütterung die Tiere dazu, den Fressplatz aufzusuchen, jedoch mit einem dem Fütterungsintervall entsprechenden zeitlichen Versatz. Der Tagesverlauf des Aufenthalts am Fressplatz gestaltete sich an Versuchstag d1 sehr gleichmäßig mit Maxima von etwa 65 % nach den Fütterungen zwischen Sonnenauf- und –untergang. Die maximalen Anteile der Tiere am Fressplatz waren bei Versuchstag d2 und Versuchstag d3 jedoch nach den Fütterungen 2 und 4 auf einem niedrigeren Niveau und zeigten aber einen ähnlichen Tagesverlauf. Während des Lichttages wurde ein ähnlicher ständiger Anteil der Tiere am Fressplatz wie während der statischen Versuchsphase beobachtet (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016b). Auch hier bewegte insbesondere die Fütterung 7 weniger Tiere dazu, den Fressplatz in den Nachtstunden aufzusuchen. Nach Sonnenaufgang und während der Stallarbeitszeit waren die Kühe wieder vermehrt am Fressplatz zu beobachten.

6.2.2.1.2 Versuchsphasen mit statischer und dynamischer Futtevorlage sowie Futternachschieben (stat 2 und dyn 2)

Aufgrund der Fehlstarts der Fütterung um 3:45 Uhr an Versuchstag d1 und d3 im Winter 2015 während der Versuchsphase W-stat 2 ist der Tagesverlauf des Anteils der Herde am Fressplatz lediglich aus Vollständigkeitsgründen hier aufgeführt (Abbildung 35). Es ist aber festzustellen, dass sich nach der Vorlage einer frischen Futtevorlage ein höherer Anteil der Herde am Fressplatz aufhielt als nach dem Futternachschieben (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2017). Während des Lichttages war das Maximum der Tiere am Fressplatz bei 89 %. Dieser Wert war mit dem Maximum während der Versuchsphase W-stat 1 vergleichbar. Auch die Fütterungen während des Lichttages motivierten mehr Tiere, den Fressplatz aufzusuchen. Die Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten zeigte ebenfalls, dass sich infolge einer Futtevorlage ein höherer Anteil der Tiere am Futtertrog aufhielt. Dieser war dem Fütterungsintervall entsprechend verschoben. Auch die Fütterungen und Nachschiebevorgänge während des Lichttages resultierten in einem höheren Anteil der Herde am Fressplatz mit Maxima nach der Fütterung von bis zu 85 %. Die zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgende Vorlage von zwei Futtevorlagen führte zu einem längeren Aufenthalt der Tiere am Fressplatz im Vergleich zu sieben Einzelfütterungen (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2017). Das Futternachschieben um 2:00 bis 3:00 Uhr motivierte weniger Tiere

den Fressplatz aufzusuchen im Vergleich zu einem Futter nachschieben während des Lichttages.

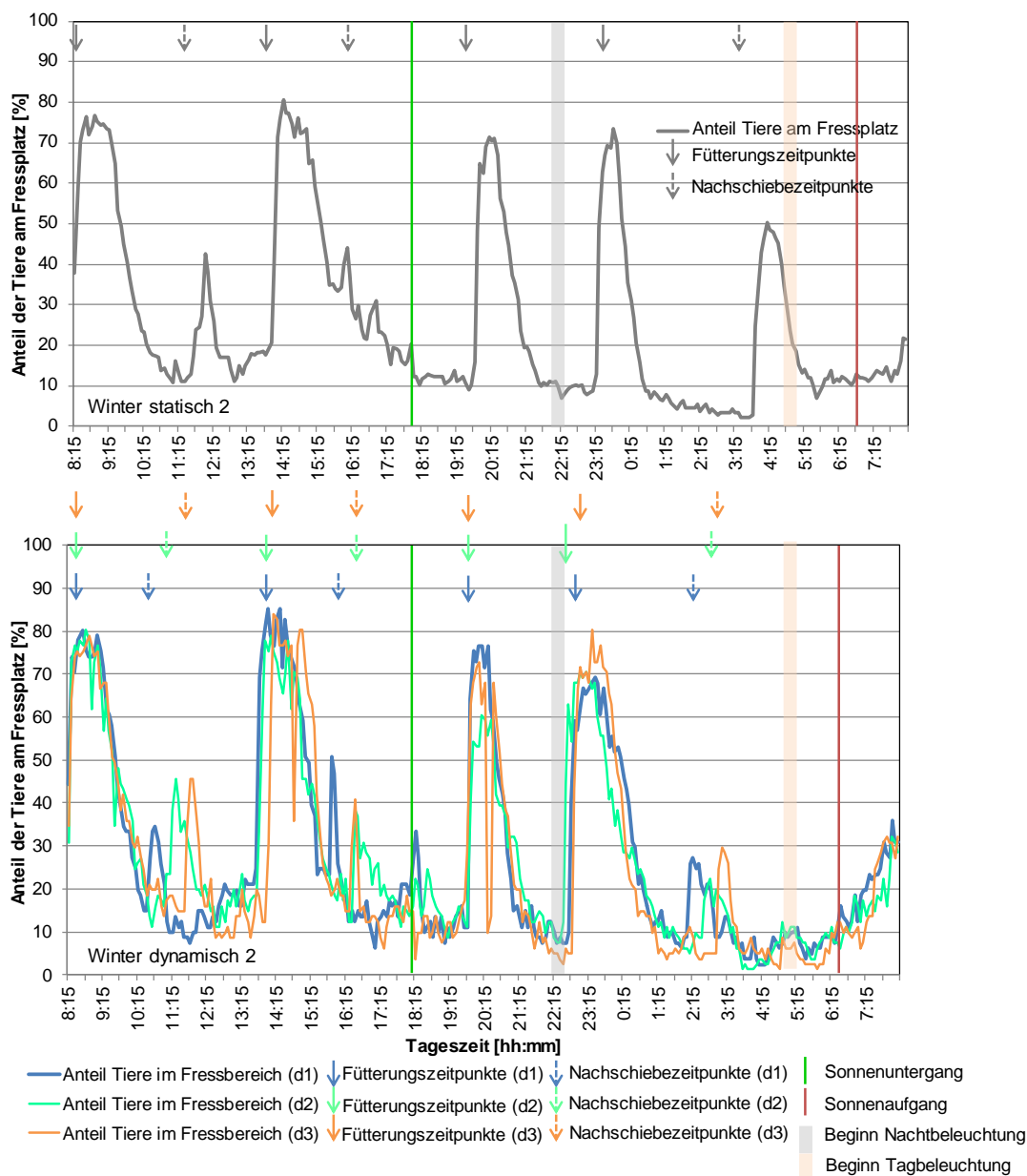


Abbildung 35: Anteil Tiere am Fressplatz während der Versuchsphasen Winter statisch 2 (n=3 d, n= 80 Kühe) und Winter dynamisch 2 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungs- und Nachschiebezeitpunkte, Sonnenauf- und -untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung

Abbildung 36 zeigt den Tagesverlauf des Herdenanteils am Fressplatz bei vier statischen Fütterungszeiten und drei statischen Nachschiebezeiten sowie der Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten im Sommer 2015.

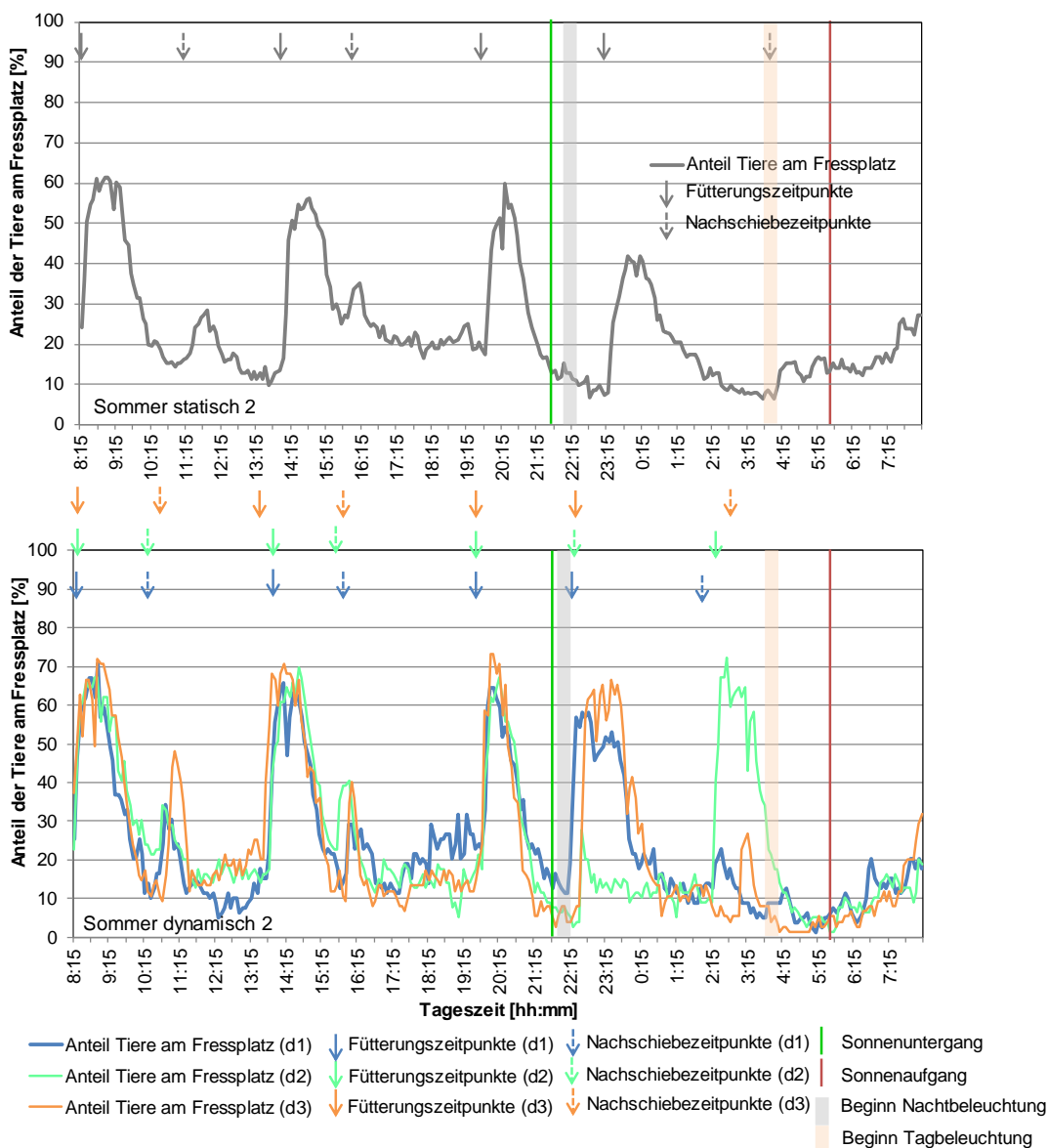


Abbildung 36: Anteil Tiere am Fressplatz während der Versuchsphasen Sommer statisch 2 (n=3 d, n= 78 Kühe) und Sommer dynamisch 2 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 79 Kühe) unter Angabe der Fütterungs- und Nachschiebezeitpunkte, Sonnenauf- und -untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung

Wie bereits aus Abbildung 35 ersichtlich wurde, hielten sich deutlich mehr Kühe am Fressplatz auf, wenn ihnen eine frische Futtermischung (maximaler Herdenanteil von etwa 80 %) vorgelegt wurde, als wenn ihnen der nicht mehr erreichbare Futterrest in den Trog geschoben wurde. Zwei unmittelbar hintereinander durchgeführte Fütterungen bewirkten einen längeren Aufenthalt der Kühe am Futtertrog als die Einzelfütterungen während der Versuchsphasen S-stat 1 und S-dyn 1. Nach dem Futternachschieben waren maximal 45 % der Tiere am Fressplatz, wobei sich während dieser Versuchsphase im Vergleich zu den

Versuchsphasen statisch/dynamisch 1 kontinuierlich mehr Tiere im Tagesverlauf mit ihrem Kopf im Fressgitter aufhielten. Wie bereits während der anderen Versuchsphasen beobachtet wurde, gingen nach dem Futternachschieben um 3:45 bzw. 4:00 Uhr nur wenige Tiere an den Fressplatz und diese Aktion bewirkte einen geringen Anstieg des Herdenanteils am Futtertrog von lediglich etwa 10 %. Auch die Fütterung während der Dunkelphase um 23:15 Uhr resultierte in einem geringeren Herdenanteil am Fressplatz. Es ist anzumerken, dass sich der Anteil der Tiere am Futtertrog ab Sonnenaufgang erhöhte.

Auch die Dynamisierung der Fütterungszeiten führte zu einem höheren Herdenanteil am Fressplatz von bis zu 74 % während des Lichttages. Das Futternachschieben bewegte maximal 48 % der Kühe dazu, den Fressplatz aufzusuchen. Es fällt auf, dass die Fütterung um 2:15 Uhr zu einem Anstieg des Herdenanteils am Fressplatz auf bis zu 72 % führte und somit mit einer Tierzahl am Fressplatz während des Lichttages vergleichbar war. Das Futternachschieben in diesem Zeitraum resultierte lediglich in 27 % Herdenanteil am Futtertrog. Wurde die letzte Futtevorlage des Tages früher im Zeitraum zwischen 22:00 und 00:00 Uhr durchgeführt, war das Minimum des Herdenanteils am Fressplatz vor Sonnenaufgang stärker ausgeprägt.

6.2.2.1.3 Vergleich der Versuchsphasen

Abbildung 37 zeigt ein ähnliches Bild des Anteils der Tiere am Fressplatz in Folge der Fütterungen während der Versuchsphasen 1 im Winter und Sommer. Hier ist der Anteil der Tiere am Fressplatz in den ersten 60 min nach Beginn der Futtevorlage dargestellt.

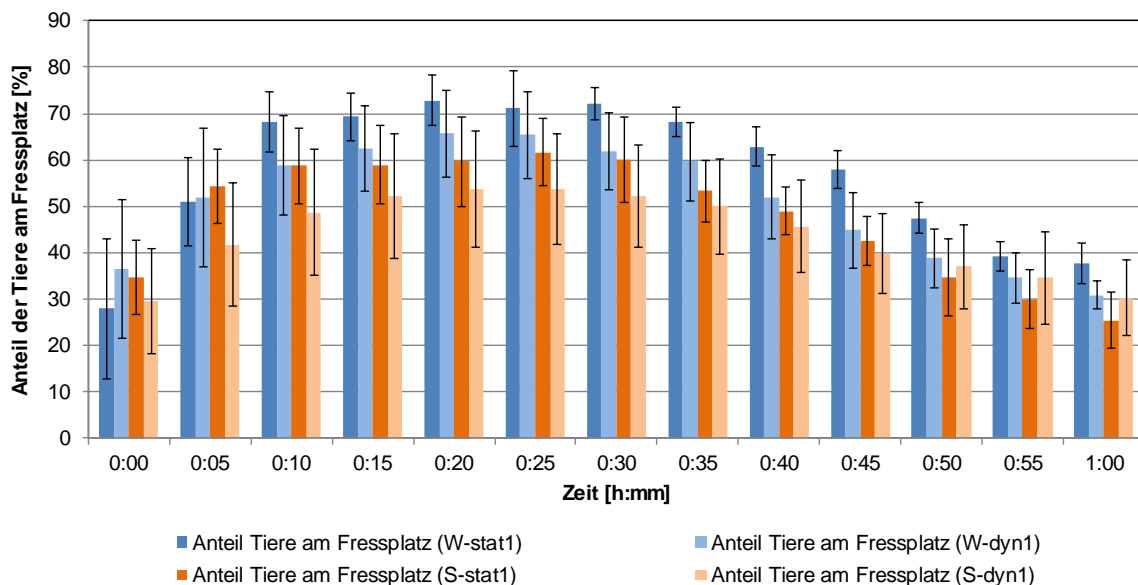
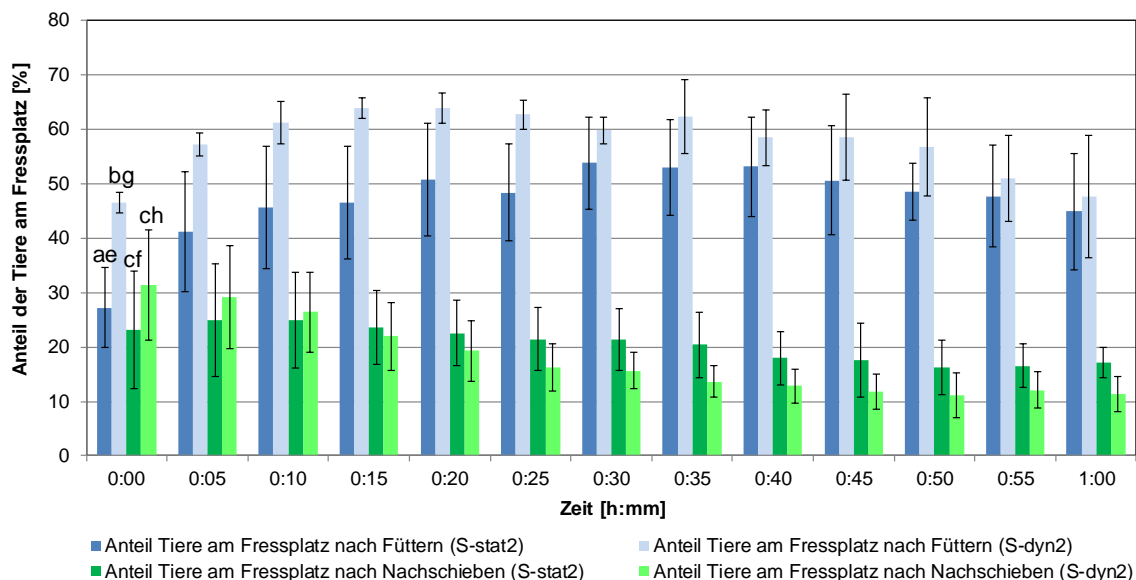


Abbildung 37: Anteil der Tiere am Fressplatz einschließlich Standardabweichung in den ersten 60 min nach Fütterungsbeginn (n=7 Fütterungen) während der Versuchsphasen W-stat 1, W-dyn 1, S-stat 1 und S-dyn 1 (n=3 d)

Bis auf 50 bis 60 min nach Beginn der Fütterung war in allen Versuchsphasen eine ähnliche Tendenz zu beobachten. Wurde eine Fütterung gestartet, bewegten sich die Tiere zum Futtertrog und der maximale Anteil der Tiere wurde in den ersten 20-25 min nach Beginn der Futtervorlage erreicht. Daraufhin zogen sich die Kühe allmählich wieder zurück, so dass 60 min nach Fütterungsstart noch 25 % (S-stat 1) bis 38 % (W-stat 1) der Herde am Fressplatz zu erfassen waren. Nach Beginn der Futtervorlage hielten sich während der Winterversuchsphasen mit einem Anteil von bis zu 73 % signifikant mehr Tiere am Fressplatz auf als während der Sommerversuche. Im Allgemeinen war der Anteil der Kühe mit ihrem Kopf im Fressgitter während der Versuchsphasen mit sieben statischen Fütterungszeiten hoch signifikant (Sommer: $p=0,01$; Winter: $p=0,002$) höher als während der Dynamisierungsphasen. Doch war auch ein höchst signifikanter Unterschied im Anteil der Tiere am Fressplatz in den ersten 60 min nach Fütterungsbeginn zwischen den Versuchsphasen W-stat 1 und S-stat 1 ($p=0,0003$) sowie zwischen W-dyn 1 und S-dyn 1 ($p=0,0004$) festzustellen.

Des Weiteren kann die bereits vorangegangene Beobachtung einer höheren Tierzahl am Fressplatz infolge einer Futtervorlage im Vergleich zum Futternachschieben (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2017) mit Abbildung 38 bestätigt werden.



- a, b) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen nach dem Füttern
 c, d) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen nach dem Nachschieben
 e, f) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den statischen Versuchsphasen
 g, h) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den dynamischen Versuchsphasen

Abbildung 38: Anteil der Tiere am Fressplatz in den ersten 60 min nach Fütterungs- (n=4 Vorgänge) bzw. Nachschiebebeginn (n=3 Vorgänge) während der Versuchsphasen S-stat 2 und S-dyn 2 (n=3 d)

Der Anteil der Herde, welcher in den ersten 60 min nach Beginn der Futtervorlage am Fressplatz war, lag während der Dynamisierungsphase auf einem höchst signifikant höheren Niveau ($p=0,00002$) als während der Versuchsphase S-stat 2 mit statischen Fütterungs- und Nachschiebezeiten. Auch der Anteil der Tiere am Fressplatz in den ersten 60 min nach Nachschiebebeginn unterschied sich in der statischen und dynamischen Sommerversuchsphase 2. Obwohl dieser während der Dynamisierungsphase in den ersten 10 min nach Futternachschiebestart auf einem höheren Niveau war, reagierten die Kühe tendenziell verhaltener auf die Dynamisierung des Futternachschiebens. Die Futtervorlage führte im Vergleich zum Futternachschieben zu einem höchst signifikant höheren Herdenanteil am Futtertrog sowohl während der Versuchsphase S-stat 2 ($p=0,0000001$) als auch S-dyn 2 ($p=0,0000003$) (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2017). Eine Stunde nach Nachschiebebeginn hielten sich nur noch 11 % bzw. 17 % der Herde beim Fressen auf, wohingegen nach der Vorlage der doppelten Futtermenge noch 45 % bzw. 48 % zu diesem Zeitpunkt am Fressplatz anzutreffen waren.

Die Auswertungen des Anteils der Herde am Fressplatz in den ersten 60 min nach Fütterungs- bzw. Nachschiebebeginn während der Versuchsphasen 2 im Winter zeigen ein ähnliches Ergebnis. Mit einem maximalen Herdenanteil von 72 % waren infolge dynamisch gestalteter Fütterungen höchst signifikant mehr Tiere am Fressplatz ($p=0,0002$) als während der statischen Versuchsphase. Demgegenüber bevorzugten die Kühe Nachschiebevorgänge zu festen Zeiten gegenüber jenen zu dynamischen Zeiten ($p=0,0002$). Wie bereits im Sommer beobachtet, hielten sich in den ersten 60 min nach einem Fütterungsstart mit einem mittleren Anteil von etwa 60 % mehr Tiere am Fressplatz auf als nach Beginn des Futternachschiebens mit einem mittleren Anteil von 24 % sowohl während der statischen ($p=0,000009$) als auch während der dynamischen Versuchsphase ($p=0,0000006$). Wie bereits in Abbildung 37 zu sehen war, lag der Anteil der Tiere am Futtertrog während der Winterversuchsphase 2 auf einem höheren Niveau als im Sommer. Allgemein ist festzustellen, dass die Kühe während der Versuchsphasen 2 im Sommer den Fressplatz zügiger verließen und im Vergleich dazu die Tiere im Winter den Fressplatz verzögerter aufsuchten (Differenz von 10 min).

6.2.2.2 Zusammenhang zwischen Anteil der Tiere am Fressplatz und Futtermenge im Trog

Basierend auf Abbildung 31 und Abbildung 32 zeigen Abbildung 39 und Abbildung 40 zusätzlich zu der im Trog vorhandenen Futtermenge während der Versuchsphase W-dyn 1 und S-dyn 2 den Anteil der Tiere am Fressplatz im Verlauf der jeweils ausgewählten Versuchstage. Es ist ein Zusammenhang zwischen der vorgelegten Futtermenge im Trog und

dem Besuch der Tiere am Fressplatz zu erkennen. Die Maxima des Anteils der Tiere am Fressplatz stimmen mit den Maxima der im Trog vorhandenen Futtermenge überein.

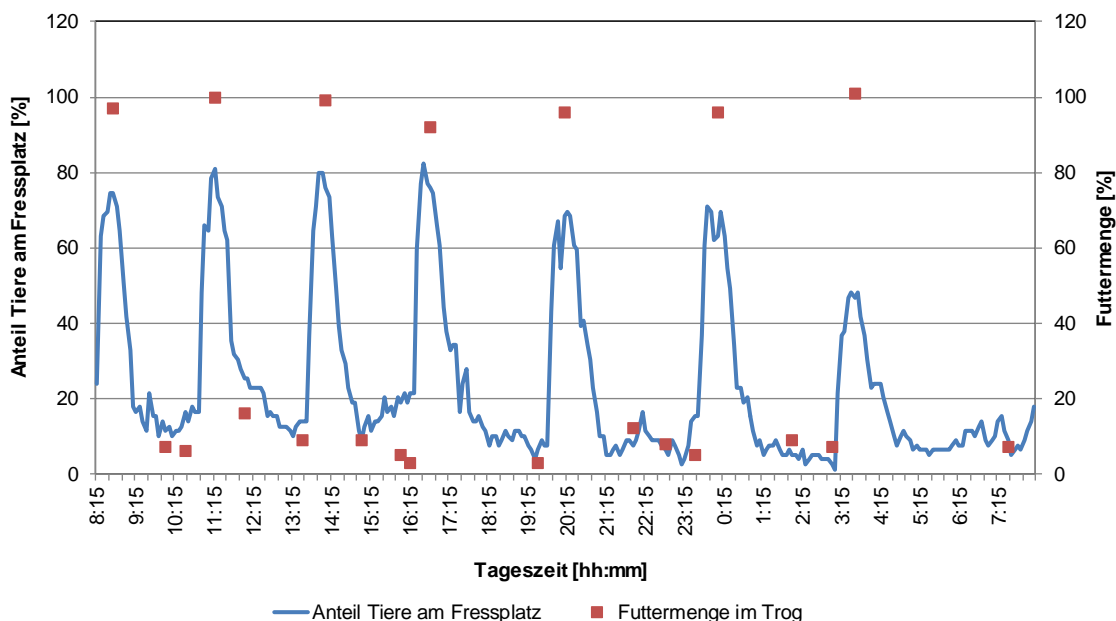


Abbildung 39: Tagesverlauf des Anteils der Tiere am Fressplatz und der im Trog verfügbaren relativen Futtermenge während eines ausgewählten Tages (20.02.15) in Versuchsphase W-dyn 1

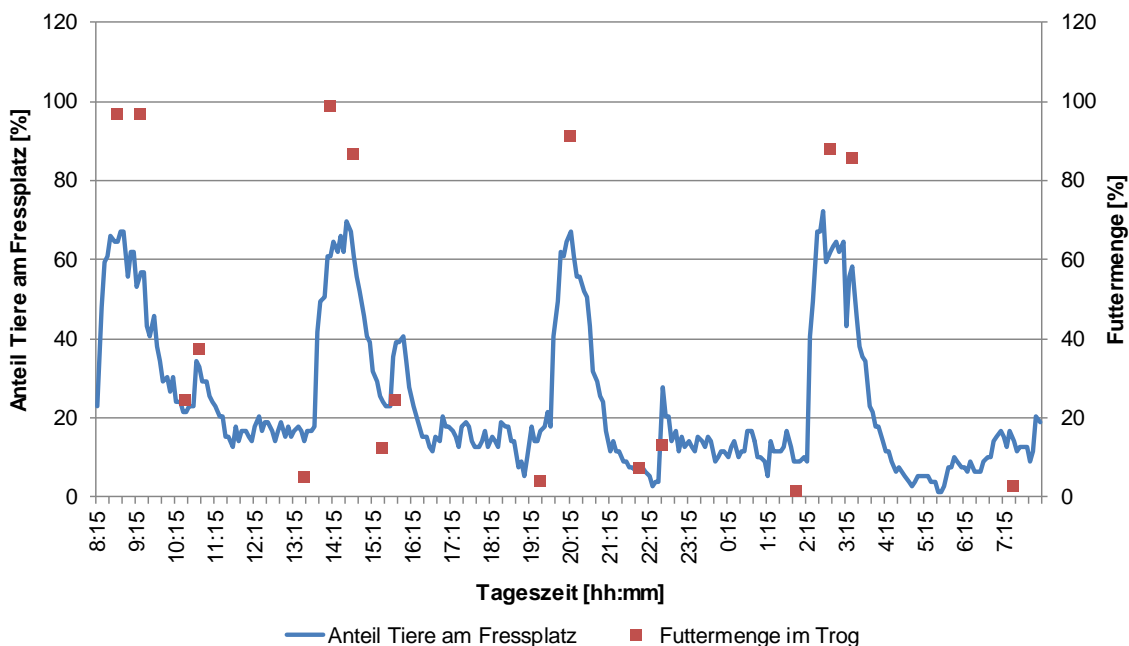


Abbildung 40: Tagesverlauf des Anteils der Tiere am Fressplatz und der im Trog verfügbaren relativen Futtermenge während eines ausgewählten Tages (23.07.15) in Versuchsphase S-dyn 2

Die Veränderung der relativen Futtermenge im Trog in Abhängigkeit der kumulierten Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz während der Versuchsphasen dynamisch 1 im Winter und Sommer folgt einer Poisson-Verteilung (Abbildung 41). Modellkalkulationen ergaben einen höchst signifikanten Einfluss der kumulierten Aufenthaltsdauer am Fressplatz auf die im Trog vorhandene Futtermenge ($p=0,00087$). Es wurde ein Schätzer von $\beta = -0,0013$ ermittelt.

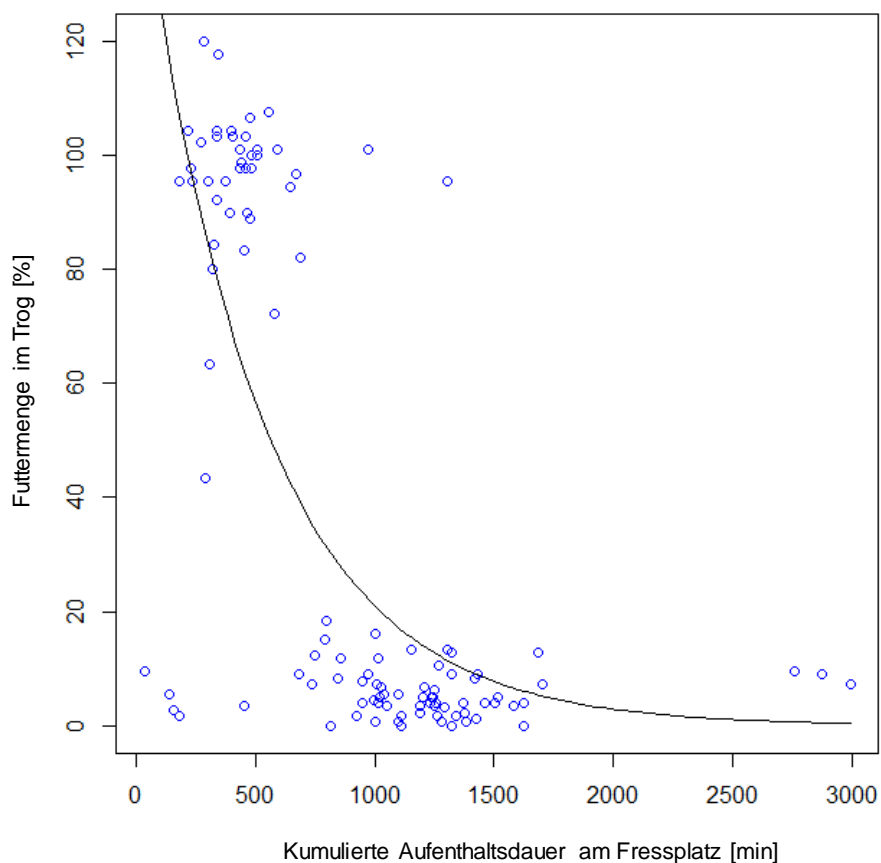
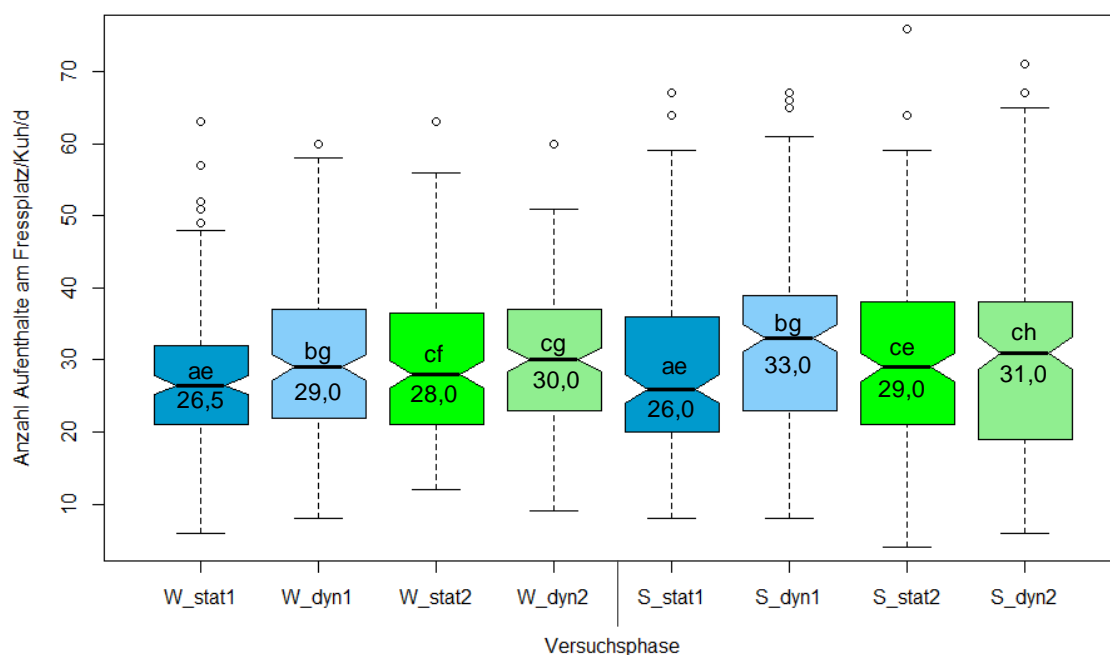


Abbildung 41: Relative Futtermenge im Trog (%) in Abhängigkeit der kumulierten Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz (min) während der Versuchsphasen dynamisch 1 im Winter und Sommer

6.2.2.3 Anzahl der Aufenthalte am Fressplatz

Bei der Anzahl der einzelnen Aufenthalte pro Kuh und Tag am Fressplatz zeigen sich die in Abbildung 42 dargestellten Unterschiede.



a, b) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 1
 c, d) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 2
 e, f) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den statischen Versuchsphasen
 g, h) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den dynamischen Versuchsphasen

Abbildung 42: Übersicht der Anzahl der Aufenthalte am Fressplatz je Kuh und Tag in den einzelnen Versuchsphasen

Die Dynamisierung der Fütterungszeiten während der Versuchsphase W-dyn 1 führte zu einem höchst signifikanten Anstieg der Anzahl der Aufenthalte am Fressplatz von im Mittel 26,5 auf 29,0 Besuche im Vergleich zu W-stat 1 ($p=0,0006$). Auch während der Sommerversuchsphase besuchten die Tiere den Fressplatz mit 33,0 im Vergleich zu 26,0 Mal höchst signifikant häufiger im Tagesverlauf, wenn die sieben Fütterungszeiten dynamisiert wurden ($p=0,000008$). Weder im Winter noch im Sommer unterschieden sich die Anzahl der täglichen Aufenthalte am Fressplatz zwischen den Versuchsphasen mit statischen Fütterungs- sowie Nachschiebezeiten und denen mit dynamischen Zeiten (Winter: $p=0,36$; Sommer: $p=0,89$). Ein Vergleich der jeweils statischen und dynamischen Versuchsphasen im Winter und Sommer resultierte in einem höchst signifikanten Anstieg der täglichen Anzahl der Aufenthalte je Kuh am Fressplatz während der Versuchsphase W-stat 2 gegenüber W-stat 1 ($p=0,0003$), wohingegen sich diese Versuchsphasen im Sommer nicht statistisch signifikant in der Anzahl der täglichen Besuche der Kühe am Futtertrog unterscheiden ($p=0,14$). Im Gegensatz zum Winter differierte die tägliche Anzahl der Aufenthalte am Fressplatz in den Versuchsphasen S-dyn 1 und S-dyn 2 hoch signifikant voneinander ($p=0,001$). Das Mittel der täglichen Besuche am Fressplatz war in der Versuchsphase S-

dyn 2 mit 31,0 Mal geringer als während der Versuchsphase S-dyn 1 (33,0 Besuche am Fressplatz). Der Median der Anzahl der täglichen Aufenthalte am Fressplatz je Kuh lag während der Versuchsphasen Winter 1 bei 28,0 Besuchen und im Winter 2 bei 29,0 und unterschied sich somit nicht signifikant voneinander. Auch die Anzahl der Aufenthalte am Fressplatz im Sommer 1 (29,0 Besuche) sowie im Sommer 2 (30,0 Besuche) differierten nicht. Lediglich zwischen den Versuchsphasen Winter 1 und Sommer 1 zeigte sich ein signifikanter Unterschied.

6.2.2.4 Aufenthaltsdauer im Fressbereich

Die tägliche Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz bewegte sich während der **Winterversuche** zwischen im Mittel 5,03 und 5,51 h (Tabelle 20).

Tabelle 20: Aufenthaltsdauer (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) der Tiere am Fressplatz und im Fressgang während der Winteruntersuchungen (n=3 d; n= 60 Kühe)

Parameter	Versuchsphase			
	W-stat 1	W-dyn 1	W-stat 2	W-dyn 2
Aufenthaltsdauer am Fressplatz/Kuh/d [h]	5,51 ± 1,35 ^{ae}	5,03 ± 1,21 ^{bg}	5,43 ± 1,31 ^{cf}	5,42 ± 1,40 ^{ch}
Mittlere Dauer eines Fressplatzaufenthalts [h]	0,22 ± 0,08 ^{ae}	0,18 ± 0,06 ^{bg}	0,20 ± 0,07 ^{cf}	0,19 ± 0,07 ^{cg}
Aufenthaltsdauer im Fressgang/Kuh/d [h]	1,13 ± 0,73 ^{ae}	1,20 ± 0,66 ^{bg}	1,24 ± 0,82 ^{cf}	1,26 ± 0,69 ^{cg}
Aufenthaltsdauer im Fressbereich/Kuh/d [h]	6,64 ± 0,78	6,23 ± 0,62	6,67 ± 0,68	6,68 ± 0,58

a, b) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 1

c, d) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 2

e, f) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den statischen Versuchsphasen

g, h) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den dynamischen Versuchsphasen

Während der Versuchsphase W-dyn 1 war ein signifikanter Rückgang der täglichen gesamten Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz von 5,51 ± 1,35 h auf 5,03 ± 1,21 h zu beobachten. Auch die mittlere Dauer eines Fressplatzaufenthalts ging signifikant von 13,2 min (W-stat 1) auf 10,8 min (W-dyn 1) zurück. Demgegenüber erhöhte sich die tägliche Aufenthaltsdauer einer Kuh im Fressgang. Die mittlere tierindividuelle Dauer eines Fressplatzaufenthalts unterlag einer großen Schwankung mit Variationskoeffizienten von bis zu 95 %. Während der Versuchsphasen W-stat 2 und W-dyn 2 mit vier Fütterungs- und drei Nachschiebezeiten unterschieden sich weder die gesamte tägliche Aufenthaltsdauer einer

Kuh am Futtertrog noch die mittlere Dauer eines Fressplatzaufenthalts und die gesamte tägliche Aufenthaltsdauer einer Kuh im Fressgang. Somit bewegte sich die gesamte tierindividuelle tägliche Aufenthaltsdauer im Fressbereich auf einem konstanten Niveau von 6,67 bzw. 6,68 h. Die statischen Winter-Versuchsphasen 1 und 2 unterschieden sich signifikant in der täglichen Gesamtaufenthaltsdauer am Fressplatz und im Fressgang sowie in der mittleren Dauer eines Fressplatzaufenthalts. Mit im Mittel $5,42 \pm 1,40$ h hielt sich eine Kuh in Versuchsphase W-dyn 2 signifikant länger pro Tag am Fressplatz auf als in Versuchsphase W-dyn 1 mit $5,03 \pm 1,21$. Aufgrund dieser längeren Aufenthaltsdauer am Futtertrog erhöhte sich die gesamte tägliche Aufenthaltsdauer einer Kuh im Fressbereich deutlich von 6,23 h auf 6,68 h, wenn die Fütterungs- und Nachschiebezeiten dynamisiert wurden.

Während der **Sommerversuche** war die tägliche Gesamtaufenthaltsdauer am Fressplatz in der Versuchsphase S-stat 1 mit $4,92 \pm 1,38$ h je Kuh signifikant geringer als in Versuchsphase S-dyn 1 mit durchschnittlich $5,42 \pm 1,53$ h je Kuh (Tabelle 21) (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016b).

Tabelle 21: Aufenthaltsdauer (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) der Tiere am Fressplatz und im Fressgang während der Sommeruntersuchungen (n=3 d; n= 63 Kühe)

Parameter	Versuchsphase			
	S-stat 1	S-dyn 1	S-stat 2	S-dyn 2
Aufenthaltsdauer am Fressplatz/Kuh/d [h]	$4,92 \pm 1,38^{ae}$	$5,42 \pm 1,53^{bg}$	$5,69 \pm 1,61^{cf}$	$5,60 \pm 1,76^{cg}$
Mittlere Dauer eines Fressplatzaufenthalts [h]	$0,19 \pm 0,08^{ae}$	$0,18 \pm 0,07^{ag}$	$0,21 \pm 0,08^{cf}$	$0,20 \pm 0,08^{ch}$
Aufenthaltsdauer im Fressgang/Kuh/d [h]	$1,14 \pm 0,62^{ae}$	$1,31 \pm 0,74^{bg}$	$1,13 \pm 0,61^{ce}$	$1,17 \pm 0,64^{ch}$
Aufenthaltsdauer im Fressbereich/Kuh/d [h]	$6,06 \pm 0,70$	$6,73 \pm 0,70$	$6,82 \pm 0,20$	$6,77 \pm 0,66$

a, b) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 1

c, d) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 2

e, f) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den statischen Versuchsphasen

g, h) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den dynamischen Versuchsphasen

Dagegen unterschied sich die mittlere Dauer eines Fressplatzaufenthalts nicht, während die Anzahl der täglichen Besuche am Fressplatz aber signifikant anstieg (Abbildung 42).

Die tägliche gesamte Aufenthaltsdauer einer Kuh im Fressgang erhöhte sich ebenfalls, so dass die Gesamtaufenthaltsdauer im Fressbereich in Versuchsphase S-dyn 1 um 40 min ansteigt. Die Gesamtaufenthaltsdauer am Fressplatz je Kuh und Tag war auf einem allgemein höheren Niveau ($p < 0,05$), wenn drei Fütterungen durch Futternachschiebevorgänge ersetzt wurden (S-stat 2: $5,69 \pm 1,61$; S-dyn 2: $5,60 \pm 1,76$). Somit erhöhte sich die tägliche Gesamtaufenthaltsdauer im Fressbereich um im Mittel 24 min in der Sommersversuchsphase 2 im Vergleich zu der Sommersversuchsphase 1. Die beiden Versuchsphasen S-stat 2 und S-dyn 2 unterschieden sich jedoch in der täglichen gesamten Aufenthaltsdauer einer Kuh beim Fressen nicht signifikant voneinander ($p = 0,07$). Es wurde auch kein signifikanter Unterschied in der mittleren Fressplatzaufenthaltsdauer einer Kuh und der gesamten Aufenthaltsdauer im Fressgang festgestellt.

Allgemein war eine hoch signifikant längere tägliche gesamte Aufenthaltsdauer einer Kuh am Fressplatz mit im Mittel 5,56 h während der Sommersversuche im Vergleich zu 5,27 h im Winter ($p = 0,002$) zu beobachten. Die mittlere Dauer eines Besuchs am Fressplatz lag mit im Mittel 11 min im Sommer etwas unter der Dauer im Winter (12 min) ($p = 0,005$). Die mittlere gesamte Aufenthaltsdauer im Fressgang unterschied sich mit 1,16 h/Kuh/d nicht zwischen den beiden Jahreszeiten ($p = 0,6$).

6.2.2.5 Einflussfaktoren auf die Anwesenheit im Fressbereich

Tabelle 22 zeigt die Bedeutung der versuchs- und tierbezogenen Einflussfaktoren für die Anwesenheit der Kühe im Fressbereich.

Versuchsbezogene Faktoren

Von den versuchsbezogenen Faktoren hatte lediglich der Modus der Startzeit einen hoch signifikanten Effekt auf die Anzahl der täglichen Fressplatzbesuche. Denn während der dynamisierten Versuchsphasen besuchte eine Kuh den Fressplatz mit im Mittel 31,24 Aufenthalten häufiger als während der statischen Phasen (29,34 Fressplatzbesuche je Kuh und Tag).

Die gesamte tägliche Aufenthaltsdauer der Tiere wurde von den versuchsbezogenen Faktoren lediglich von der Fütterungsfrequenz signifikant beeinflusst. War eine Kuh während der Versuchsphasen mit sieben Fütterungen insgesamt 5,19 h pro Tag am Fressplatz, so hielt sie sich während der Versuchsphasen 2 mit 5,5 h signifikant länger täglich dort auf.

Der Modus der Startzeit hatte einen signifikanten Einfluss auf die mittlere Dauer der Fressplatzaufenthalte der Tiere. Ein dynamisches Starten der Fütterungs- und Nachschiebezei-

ten führte zu einer kürzeren Dauer der Fressplatzbesuche. Des Weiteren bewirkte die dynamische Gestaltung der Startzeiten der Fütterungs-/Nachschiebevorgänge eine längere Aufenthaltsdauer der Kühe im Fressgang ($1,28 \pm 0,64$ h je Kuh und Tag).

Tierbezogene Faktoren

Die Anzahl der täglichen Aufenthalte der Tiere am Fressplatz wurde vor allem von tierbezogenen Faktoren signifikant beeinflusst. Das Laktationsstadium, die Laktationsnummer sowie der BCS der Kühe hatten einen höchst bzw. hoch signifikanten Einfluss auf jene Kenngröße. Während Kühe in der 3. TIM-Gruppe den Fressplatz im Mittel 28,70 Mal aufsuchten, gingen Kühe am Anfang und in der Mitte der Laktation häufiger an den Fressplatz (31,20 Fressplatzbesuche je Kuh und Tag). Auch die Milchleistung hatte einen signifikanten Effekt ($p=0,0296$).

Von den tierbezogenen Faktoren wirkten sich vor allem die Laktationsnummer sowie die Körperkondition signifikant auf die Anwesenheitsdauer am Fressplatz aus. Insbesondere Kühe in den ersten beiden Laktations- sowie BCS-Gruppen beschäftigen sich länger mit der täglichen Futteraufnahme. Des Weiteren zeigt sich, dass insbesondere die Laktationsnummer einen höchst signifikanten Effekt auf die mittlere Dauer der Fressplatzaufenthalte hatte ($p=1,25e-07$). Ältere Kühe (> 3. Laktation) hatten längere Aufenthalte am Fressplatz während Kühe in der ersten Laktation und geringer Milchleistung (MM-Gruppe 1) jeweils kürzere Fressplatzbesuche aufwiesen. Kühe im ersten Laktationsdrittel und einem Milchleistungsniveau > 20 kg wurden signifikant länger im Fressgang detektiert. Die Körperkondition zeigte sich jedoch nicht als signifikanter Einflussfaktor auf die tägliche Aufenthaltsdauer der Tiere im Fressgang ohne aktive Futteraufnahme.

Tabelle 22: Übersicht der versuchs- und tierbezogenen Einflussfaktoren auf die Anwesenheit der Kühe im Fressbereich

Parameter	Anzahl Aufenthalte am Fressplatz/Kuh/d [n]	Aufenthaltsdauer am Fressplatz/Kuh/d [h]	Mittlere Dauer eines Fressplatzaufenthalts [h]	Aufenthaltsdauer im Fressgang/Kuh/d [h]
Versuchsbezogene Faktoren				
Jahreszeit				
W	29,33 ± 9,58	5,33 ± 1,15	0,20 ± 0,07	1,27 ± 0,69
S	31,28 ± 10,95	5,35 ± 1,47	0,19 ± 0,06	1,19 ± 0,55
p	0,2689	0,1329	0,0322	0,7389
Fütterungsfrequenz				
7	30,21 ± 10,30	5,19 ± 1,26	0,19 ± 0,06	1,21 ± 0,59
4+3	30,38 ± 10,36	5,50 ± 1,35	0,20 ± 0,07	1,26 ± 0,66
p	0,8210	0,0018	0,0652	0,3018
Modus Startzeit				
stat	29,37 ± 9,99	5,33 ± 1,28	0,21 ± 0,08	1,18 ± 0,61
dyn	31,24 ± 10,58	5,36 ± 1,36	0,19 ± 0,07	1,28 ± 0,64
p	0,0081	0,7578	0,0099	0,0419
Tierbezogene Faktoren				
TIM				
< 100	31,23 ± 10,86	5,43 ± 1,25	0,20 ± 0,08	1,31 ± 0,67
100 - 200	31,11 ± 10,46	5,47 ± 1,30	0,19 ± 0,06	1,29 ± 0,68
≥ 200	28,70 ± 9,47	5,15 ± 1,37	0,20 ± 0,07	1,10 ± 0,50
p	0,0005	0,2255	0,1190	5,07e-05
LNR				
1	39,67 ± 10,31	6,16 ± 1,31	0,17 ± 0,05	1,50 ± 0,66
2 + 3	29,02 ± 9,03	5,30 ± 1,21	0,20 ± 0,07	1,12 ± 0,48
> 3	26,50 ± 8,20	4,95 ± 1,21	0,21 ± 0,07	1,21 ± 0,68
p	<2e-16	<2e-16	1,25e-07	0,0013
BCS				
< 2,5	31,73 ± 10,84	5,45 ± 1,35	0,19 ± 0,07	1,20 ± 0,54
2,5 – 3,5	30,25 ± 9,85	5,48 ± 1,33	0,20 ± 0,06	1,27 ± 0,63
≥ 3,5	27,41 ± 9,34	4,89 ± 1,10	0,20 ± 0,07	1,25 ± 0,76
p	0,0027	0,0001	0,8890	0,4200
MM				
< 10	29,16 ± 11,61	4,81 ± 1,46	0,18 ± 0,05	1,07 ± 0,55
10 - 20	30,93 ± 10,03	5,37 ± 1,32	0,19 ± 0,06	1,25 ± 0,64
≥ 20	29,85 ± 10,44	5,36 ± 1,30	0,20 ± 0,07	1,23 ± 0,62
p	0,0296	0,8695	0,0417	0,0296

6.2.2.6 Mahlzeiten

Nachfolgend wird auf die tierindividuellen Mahlzeitenkriterien (MK) je Versuchsphase, die Anzahl und Dauer der Mahlzeiten sowie die Einflussfaktoren darauf eingegangen.

6.2.2.6.1 Mahlzeitenkriterien

Abbildung 43 zeigt die durchschnittliche Länge mit statistischen Kennwerten der tierindividuellen Mahlzeitenkriterien (MK) in den verschiedenen Versuchsphasen.

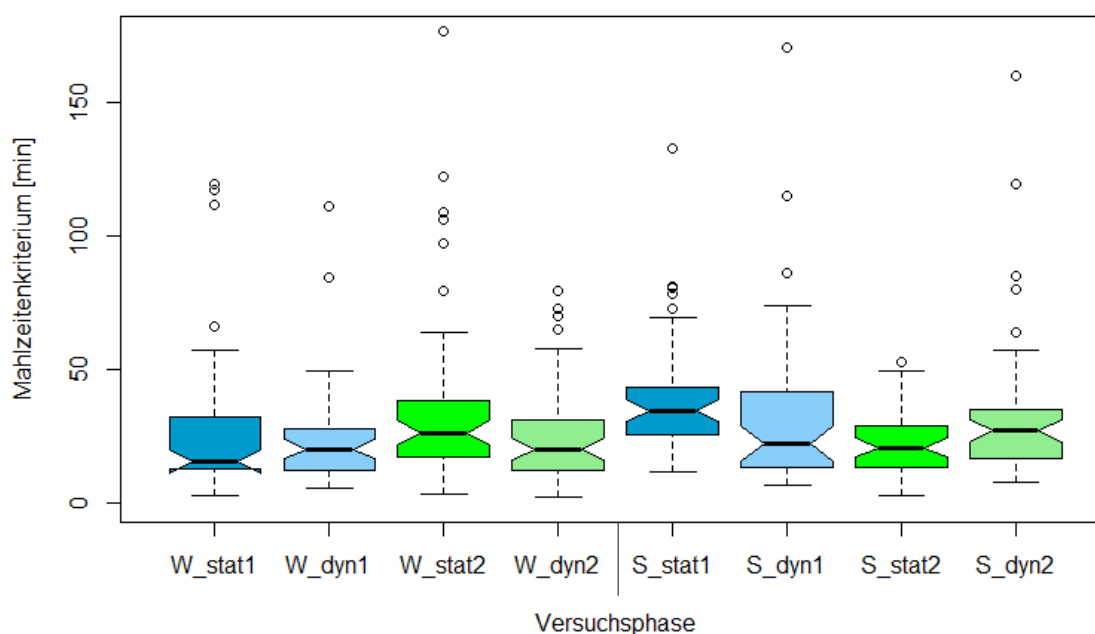


Abbildung 43: Statistische Kennwerte der Länge der Mahlzeitenkriterien (min) der Kühe in den verschiedenen Versuchsphasen

Die Mahlzeiten wurden während der Sommersversuche ($32,16 \pm 25,16$ min) im Vergleich zu den Winterversuchen ($28,61 \pm 25,37$ min) durch längere kritische Intervalle voneinander getrennt. Ein Vergleich der Versuchsphasen 1 und 2 in den verschiedenen Jahreszeiten zeigt, dass die MK im Winter signifikant geringer als während der Sommersversuche waren.

Während der Versuchsphasen W-stat 2 und W-dyn 2 lag das MK mit 31,09 im Vergleich zu 26,13 min je Kuh auf einem nicht signifikant höheren Niveau, wohingegen sich die Sommeruntersuchungen mit den verschiedenen Fütterungsregimen signifikant voneinander unterschieden ($p=0,01918$). Doch wurde hier während der Versuchsphasen Sommer 2 ein geringeres kritisches Intervall (28,13 min vs. 36,19 min) beobachtet im Vergleich zu den Sommersversuchsphasen 1.

Während Versuchsphase W-dyn 1 war eine geringfügige Reduzierung des arithmetischen Mittels der MK je Kuh festzustellen, wohingegen der Median auf einem höheren Niveau von 20,25 min lag im Vergleich zu 15,70 min. Die MK bewegten sich während Versuchsphase W-dyn 2 auf einem signifikant niedrigeren Niveau ($p=0,02174$) als in W-stat 2. Jene Versuchsphase unter Sommerbedingungen resultierte in einem signifikant längeren kritischen Intervall von im Mittel 27,07 min mit einer weiteren Spanne im Vergleich zu Versuchsphase S-stat 2.

Nachfolgende Abbildung 44 zeigt die Variation der kritischen Intervalle im Verlauf der Versuchsphasen für 10 zufällig ausgewählte Kühe, welche in allen Versuchsphasen in der Herde waren.

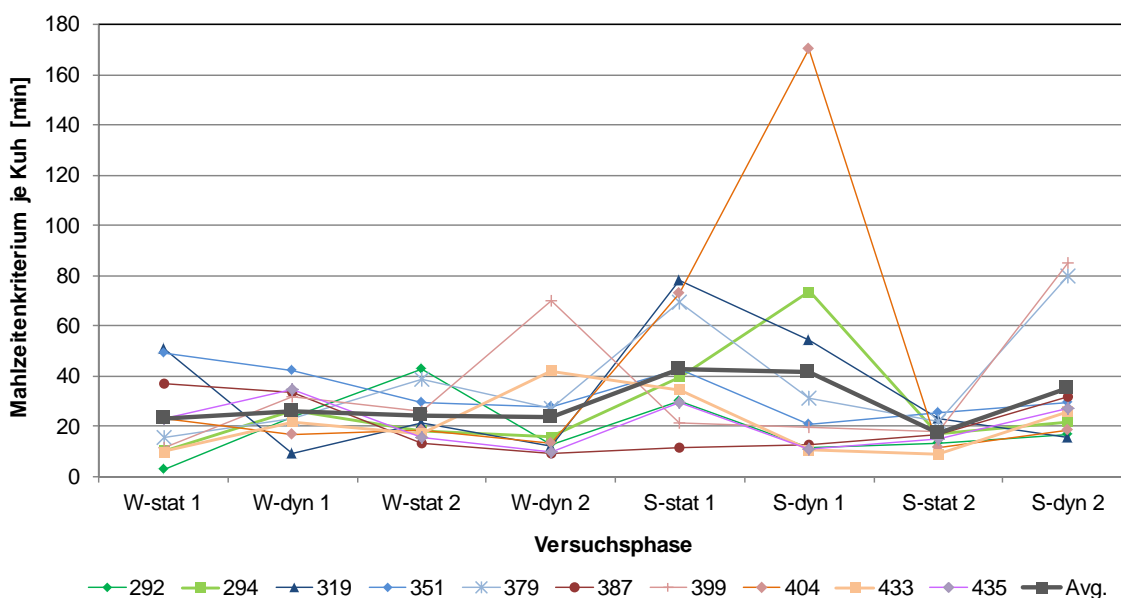


Abbildung 44: Übersicht der mittleren Mahlzeitenkriterien der jeweiligen Versuchsphasen im Winter und Sommer von 10 zufällig ausgewählten Kühen

In Anlehnung an die bereits beschriebene Veränderung der Mahlzeitenkriterien in den verschiedenen Versuchsphasen fallen auch hier die tendenziell höheren Mahlzeitenkriterien im Sommer im Vergleich zum Winter auf. Doch ist eine große Variabilität zwischen den Tieren und innerhalb der Versuchsphasen zu erkennen, insbesondere während der Versuchsphasen S-stat 1 und S-dyn 1. Mit Ausnahme von zwei Kühen bewegten sich die kritischen Intervalle der ausgewählten Tiere in einem ähnlichen Bereich während Versuchsphase S-stat 2 und S-dyn 2.

Neben der Veränderung der Mahlzeitenkriterien für die genannten Fokuskühe werden im Anhang die Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen der \log_e -transformierten Intervalllängen

zwischen den Fressplatzaufenthalten der Kühe 292, 379 und 435 zur Ermittlung derer Mahlzeitenkriterien in den acht Versuchsphasen dargestellt (Abbildung 54 und Abbildung 55). Auch hier sind die großen tierindividuellen Schwankungen zwischen den Versuchsphasen zu beachten.

6.2.2.6.2 Anzahl und Dauer der Mahlzeiten

Entsprechend der Veränderung der gesamten Aufenthaltsdauer am Fressplatz ist eine signifikant geringere Mahlzeitendauer je Kuh und Tag während der Versuchsphase W-dyn 1 im Vergleich zu W-stat 1 zu sehen ($p=0,022$) (Tabelle 23). Auch die Dynamisierung der täglichen Fütterungen und Nachschiebezeiten resultierte in einer signifikant niedrigeren gesamten Mahlzeitendauer (W-stat 2 vs. W-dyn 2, $p=0,016$). Mit der Reduzierung des kritischen Intervalls während der Dynamisierungsphasen im **Winter** ging ein Anstieg der Anzahl der täglichen Mahlzeiten einher, dessen Unterschied aber nur für die Versuchsphase 2 als signifikant nachgewiesen werden konnte. Entsprechend zeigte sich auch eine kürzere mittlere Dauer der Mahlzeiten (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016c).

Tabelle 23: Dauer und Anzahl der Mahlzeiten einschließlich Mahlzeitenkriterien (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) der Kühe während der Winteruntersuchungen ($n=3$ d; $n= 60$ Kühe)

Parameter	Versuchsphase			
	W-stat 1	W-dyn 1	W-stat 2	W-dyn 2
Anzahl Mahlzeiten/Kuh/d [n]	7,72 ± 2,66 ^{ae}	7,86 ± 2,04 ^{ag}	6,70 ± 2,35 ^{cf}	7,41 ± 2,95 ^{dh}
Mahlzeitendauer/Kuh/d [h]	6,33 ± 1,69 ^{ae}	5,99 ± 1,54 ^{bg}	6,51 ± 1,75 ^{cf}	6,17 ± 1,48 ^{dh}
Mittlere Dauer einer Mahlzeit [h]	0,92 ± 0,44 ^{ae}	0,81 ± 0,36 ^{bg}	1,21 ± 1,38 ^{cf}	0,96 ± 0,48 ^{dh}
Mahlzeitenkriterium/Kuh [min]	27,86 ± 26,68 ^{ae}	24,41 ± 19,02 ^{ag}	36,44 ± 32,90 ^{cf}	25,74 ± 19,18 ^{dg}

a, b) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 1

c, d) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 2

e, f) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den statischen Versuchsphasen

g, h) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den dynamischen Versuchsphasen

Demgegenüber führte die Dynamisierung der 7 Fütterungszeiten im **Sommer** zu einem signifikanten Anstieg der Gesamtmahlzeitendauer je Kuh und Tag (von $6,11 \pm 1,68$ auf

6,49 ± 1,79 h) sowie zu mehr Mahlzeiten (6,85 ± 1,88 vs. 7,73 ± 2,74) bei nahezu konstanter Mahlzeitendauer (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2016c) (Tabelle 24).

Die Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten während S-dyn 2 bewirkte dagegen einen signifikanten Rückgang der Anzahl täglicher Mahlzeiten, wobei die tägliche gesamte und durchschnittliche Dauer der Mahlzeiten in beiden Sommersversuchsphasen 1 und 2 auf einem ähnlichen Niveau lagen.

Tabelle 24: Dauer und Anzahl der Mahlzeiten einschließlich Mahlzeitenkriterien (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) der Kühe während der Sommeruntersuchungen (n=3 d; n= 63 Kühe)

Parameter	Versuchsphase			
	S-stat 1	S-dyn 1	S-stat 2	S-dyn 2
Anzahl Mahlzeiten/Kuh/d [n]	6,85 ± 1,88 ^{ae}	7,73 ± 2,74 ^{bg}	6,86 ± 2,15 ^{ce}	6,48 ± 2,25 ^{ch}
Mahlzeitendauer/Kuh/d [h]	6,11 ± 1,68 ^{ae}	6,49 ± 1,79 ^{bg}	6,40 ± 1,93 ^{ce}	6,41 ± 2,06 ^{cg}
Mittlere Dauer einer Mahlzeit [h]	1,00 ± 0,52 ^{ae}	0,94 ± 0,49 ^{ag}	1,01 ± 0,43 ^{ce}	1,12 ± 0,63 ^{ch}
Mahlzeitenkriterium/Kuh [min]	39,74 ± 23,07 ^{ae}	32,63 ± 30,56 ^{bg}	22,72 ± 11,81 ^{cf}	33,54 ± 28,57 ^{dg}

a, b) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 1

c, d) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 2

e, f) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den statischen Versuchsphasen

g, h) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den dynamischen Versuchsphasen

6.2.2.6.3 Einflussfaktoren auf die Mahlzeiten

Tabelle 25 gibt eine Übersicht der Bedeutung der versuchs- und tierbezogenen Einflussfaktoren auf die Mahlzeiten der Kühe.

Versuchsbezogene Faktoren

Die Anzahl der Mahlzeiten je Kuh und Tag wurde von den versuchsbezogenen Faktoren insbesondere von der Fütterungsfrequenz beeinflusst. Während eine Kuh bei 7 täglichen Fütterungen 7,69 ± 2,85 Mahlzeiten je Tag zeigte, wurden bei 4+3 Fütterungs-/Nachschiebezeiten 7,05 ± 2,21 Mahlzeiten je Kuh und Tag beobachtet. Von den versuchsbezogenen

Faktoren wurde lediglich für die Fütterungsfrequenz ein tendenzieller Effekt ($p=0,0616$) auf die mittlere Dauer einer Mahlzeit ermittelt.

Tierbezogene Faktoren

Die gesamte Mahlzeitendauer je Kuh und Tag wurde insbesondere von den tierbezogenen Faktoren Laktationsstadium, Laktationsnummer und Körperkondition signifikant beeinflusst. Kühe im ersten ($6,36 \pm 1,38$ h) und zweiten Laktationsdrittel ($6,26 \pm 1,34$ h) und vor allem Tiere in der ersten Laktation ($6,99 \pm 1,40$ h) wiesen eine längere gesamte Mahlzeitendauer auf. Kühe in TIM-Gruppe 1 und in BCS-Gruppe 3 hatten mehr Mahlzeiten je Tag als Kühe, die sich gegen Ende ihrer Laktation befanden. Somit war diesen beiden Faktoren neben der Laktationsnummer der Kühe ein hoch signifikanter Einfluss auf die Anzahl der Mahlzeiten je Kuh und Tag nachzuweisen. Von den tierbezogenen Faktoren hatte lediglich die Körperkondition einen signifikanten Effekt auf die mittlere Dauer der Mahlzeiten. Kühe mit einem BCS von $\geq 3,5$ wendeten mit $0,85 \pm 0,39$ h deutlich weniger Zeit für eine Mahlzeit auf als Kühe in den BCS-Gruppen 1 und 2. Die Länge des kritischen Intervalls wurde lediglich in der Tendenz von der Laktationsnummer der Kühe beeinflusst. Vor allem junge Kühe in der 1. Laktation zeigten MK von $26,75 \pm 21,30$ min. Bei Kühen in der zweiten und dritten Laktation und in den ersten 100 Laktationstagen während der Dynamisierungsphasen wurde ein signifikant längeres MK von im Mittel $35,79$ min je Kuh im Vergleich zu $27,01$ min je Kuh während der statischen Phasen ermittelt.

Tabelle 25: Übersicht der versuchs- und tierbezogenen Einflussfaktoren auf die Mahlzeiten der Kühe

Parameter	Anzahl Mahlzeiten/Kuh/d [n]	Mahlzeitendauer/Kuh/d [h]	Mittlere Dauer einer Mahlzeit [h]	Mahlzeitenkriterium/Kuh [min]
Versuchsbezogene Faktoren				
Jahreszeit				
W	7,44 ± 2,28	6,19 ± 1,30	0,97 ± 0,55	27,94 ± 23,26
S	7,31 ± 2,86	7,31 ± 2,86	1,03 ± 0,75	32,87 ± 28,88
p	0,2788	0,2788	0,7593	0,1538
Fütterungsfrequenz				
7	7,69 ± 2,85	6,15 ± 1,36	0,94 ± 0,55	31,44 ± 25,82
4+3	7,05 ± 2,21	6,28 ± 1,49	1,05 ± 0,74	29,19 ± 26,67
p	0,0028	0,2229	0,0616	0,3008
Modus Startzeit				
stat	7,39 ± 2,77	6,16 ± 1,45	0,99 ± 0,57	30,49 ± 25,07
dyn	7,36 ± 2,36	6,26 ± 1,41	1,00 ± 0,73	30,18 ± 27,47
p	0,9347	0,3362	0,6885	0,8951
Tierbezogene Faktoren				
TIM				
< 100	7,77 ± 3,10	6,36 ± 1,38	1,01 ± 0,83	30,31 ± 28,63
100 - 200	7,23 ± 2,00	6,26 ± 1,34	0,98 ± 0,45	29,88 ± 24,59
≥ 200	7,13 ± 2,44	6,03 ± 1,52	1,00 ± 0,61	30,77 ± 25,28
p	0,0378	0,0882	0,9734	0,8282
LNR				
1	7,93 ± 2,54	6,99 ± 1,40	1,03 ± 0,65	26,75 ± 21,30
2 + 3	7,12 ± 2,19	6,10 ± 1,37	1,04 ± 0,81	30,74 ± 28,31
> 3	7,32 ± 2,87	5,90 ± 1,35	0,94 ± 0,45	31,89 ± 26,52
p	0,0809	9,25e-12	0,1314	0,0949
BCS				
< 2,5	7,22 ± 2,67	6,32 ± 1,44	1,06 ± 0,78	31,50 ± 30,21
2,5 – 3,5	7,35 ± 2,67	6,33 ± 1,49	1,01 ± 0,60	31,41 ± 24,90
≥ 3,5	7,76 ± 2,16	5,83 ± 1,21	0,85 ± 0,39	26,15 ± 18,05
p	0,0254	0,0097	0,0133	0,6096
MM				
< 10	7,36 ± 2,58	5,84 ± 1,74	0,95 ± 0,59	27,156 ± 23,38
10 - 20	7,18 ± 2,35	6,21 ± 1,40	1,01 ± 0,57	31,28 ± 27,01
≥ 20	7,55 ± 2,75	6,25 ± 1,43	0,99 ± 0,72	29,79 ± 25,80
p	0,8682	0,8779	0,7748	0,7499

6.2.3 Liegeverhalten

Im nachfolgenden Kapitel werden der Anteil der Tiere im Liegebereich im Tagesverlauf der Versuchsphasen, die Häufigkeit und Dauer der Aufenthalte im Liegebereich sowie die Einflussfaktoren auf das Liegeverhalten behandelt. Außerdem wird eine Übersicht über die Anzahl und Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich sowie deren Einflussfaktoren gegeben.

6.2.3.1 Anteil der Tiere im Liegebereich im Tagesverlauf

6.2.3.1.1 Versuchsphasen mit statischer und dynamischer Futtervorlage (stat 1 und dyn 1)

In Abbildung 45 ist der Anteil der Tiere im Liegebereich im Tagesverlauf im Mittel der drei Versuchstage mit statischen Fütterungszeiten sowie eines jeden Versuchstages während der Versuchsphase mit sieben dynamischen Fütterungen im Winter 2014/15 dargestellt.

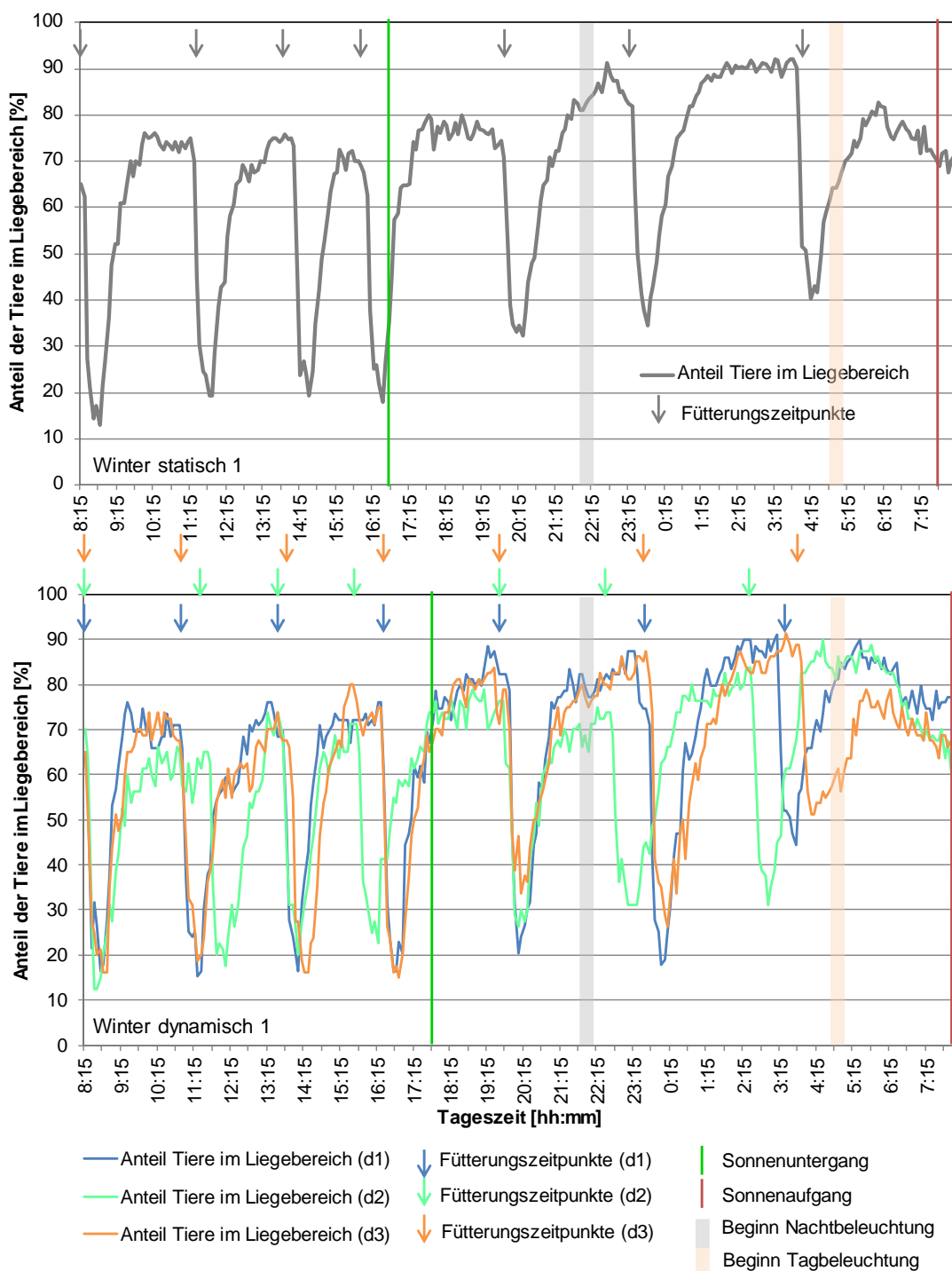


Abbildung 45: Anteil Tiere im Liegebereich während der Versuchsphasen Winter statisch 1 (n=3 d, n= 79 Kühe) und Winter dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und -untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung

Infolge der Fütterungen während der Versuchsphase W-stat 1 war ein Rückgang des Anteils der Tiere im Liegebereich mit Minima während des Lichttages auf bis zu 12 % zu beobachten. Während des Lichttages bzw. in Stunden mit Stallbeleuchtung bewegte sich

der Anteil der Tiere im Liegebereich kontinuierlich auf einem Niveau zwischen 20 und 75 %. Nach Sonnenuntergang und in Stunden mit Nachtbeleuchtung stieg der Anteil der Tiere im Liegebereich sogar auf ca. 92 % an und blieb trotz der Fütterungen auf einem kontinuierlich höheren Niveau von bis zu 40 %.

Eine Dynamisierung der sieben Fütterungszeiten während der Versuchsphase W-dyn 1 resultierte in einem ähnlichen Tagesverlauf des Anteils der Tiere im Liegebereich wie in Versuchsphase W-stat 1. Jede Fütterung motivierte die Tiere dazu, den Liegebereich zu verlassen, jedoch mit einem dem Fütterungsintervall entsprechenden zeitlichen Versatz. In der Tendenz war ein ähnlicher Rhythmus des Anstiegs des Anteils der Tiere im Liegebereich nach Sonnenuntergang und während der Stunden mit Nachtbeleuchtung zu beobachten. Die maximale Belegung der Liegeboxen im Untersuchungsbetrieb war vor allem während des Versuchstages d2 auf einem niedrigeren Niveau als während der anderen beiden Tage und während Versuchsphase W-stat 1. Es ist festzustellen, dass eine frühere Fütterung am Versuchstag d2 bereits um 2:30 Uhr statt um 3:05 Uhr bzw. 3:35 Uhr zu einem geringeren Anteil der Tiere im Liegebereich von 30 % führte.

Im Vergleich dazu sind in Abbildung 46 der Anteil der Tiere im Liegebereich während der Untersuchungen mit sieben statischen und sieben dynamischen Fütterungszeiten im Sommer 2015 dargestellt.

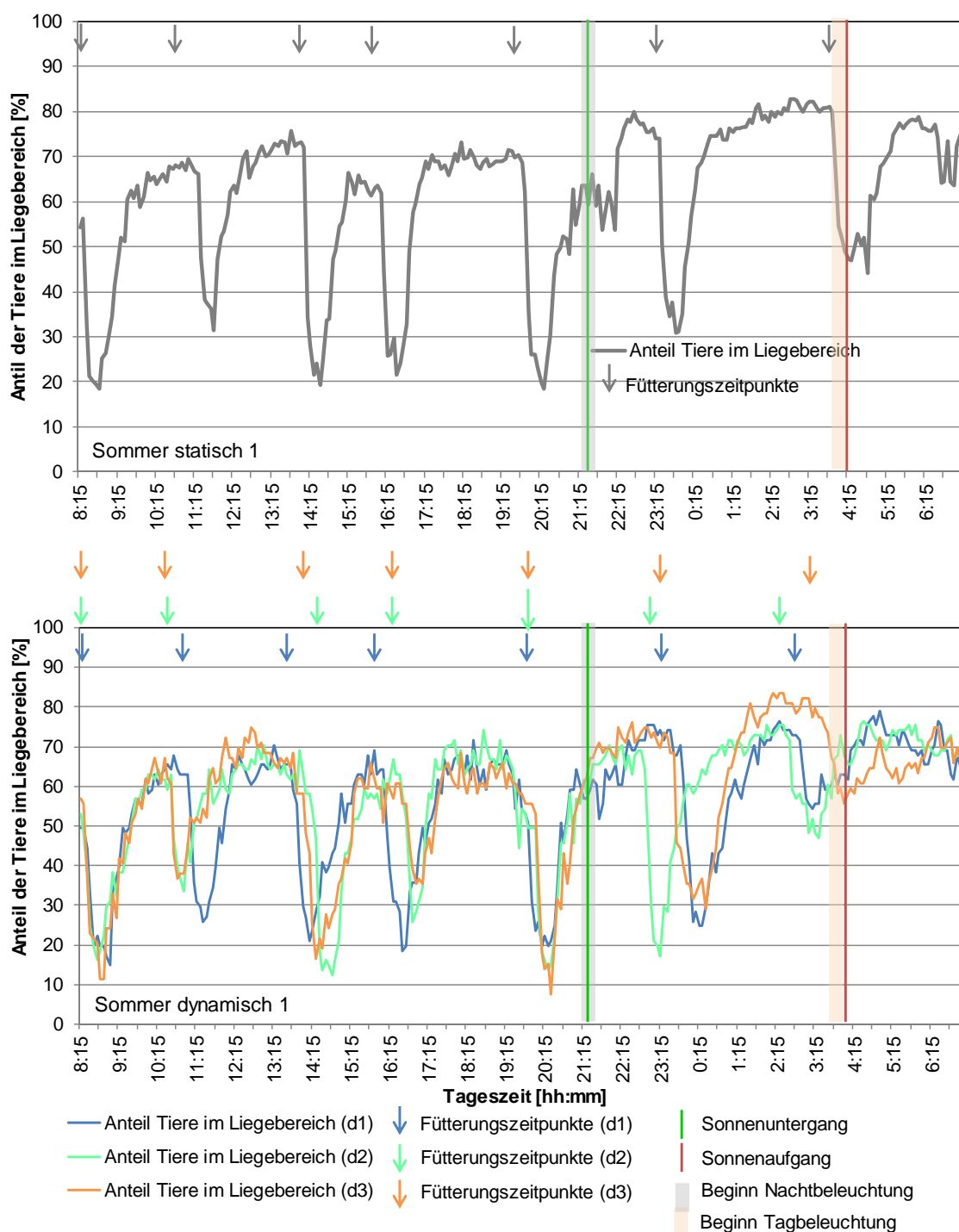


Abbildung 46: Anteil Tiere im Liegebereich während der Versuchsphasen Sommer statisch 1 (n=3 d, n= 78 Kühe) und Sommer dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und -untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung

Ebenso wie im Winter führte auch im Sommer jede Fütterung zu einer Reduzierung des Anteils der Tiere im Liegebereich. Doch blieben nach der Fütterung um 11:15 Uhr mit einem Minimum von 32 % mehr Kühe liegen als im Winter. Die maximalen Anteile der Tiere

im Liegebereich bewegten sich während des Lichttages zwischen 65 und 75 %, wohingegen diese in den Nachtstunden bei etwa 80 % lagen und somit um ca. 10 %- Punkte geringer ausgeprägt waren als während der Nachtstunden im Winter. Es fällt deutlich auf, dass der Anteil der Herde in den Liegeboxen nach der Fütterung um 19:45 Uhr zögerlicher anstieg als im Winter und sich erst gegen 22:15 Uhr nach Sonnenuntergang auf 80 % erhöhte.

Wie bereits während der Dynamisierungsphase im Winter erfasst wurde, bewegte auch im Sommer jede dynamisierte Fütterung die Tiere dazu, den Liegebereich zu verlassen und den Fressplatz aufzusuchen, jedoch mit einem dem Fütterungsintervall entsprechenden zeitlichen Versatz. Doch war der Unterschied zwischen dem Anteil der Tiere im Liegebereich während des Lichttages und in den Nachtstunden wesentlich geringer ausgeprägt als in Versuchsphase S-stat 1 und während der Winteruntersuchungen. Wie bereits in Versuchsphase S-stat 1 festgestellt worden ist, motivierte die Fütterung 2 und vereinzelt auch 4 weniger Kühe dazu, den Liegebereich zu verlassen. Nach Sonnenaufgang wurde ein relativ kontinuierlicher Anteil der Tiere von 60 bis 80 % während der Hauptaufenthaltsphasen außerhalb der Futtervorlagezeiten im Liegebereich beobachtet.

6.2.3.1.2 Versuchsphasen mit statischer und dynamischer Futtervorlage sowie Futternachschieben (stat 2 und dyn 2)

Aufgrund der Fehlstarts der Fütterung um 3:45 Uhr an Versuchstag d1 und d3 im Winter 2015 während der Versuchsphase W-stat 2 ist der Tagesverlauf des Anteils der Herde im Liegebereich für diese Versuchsphasen im Winter hier nicht aufgeführt. Es ist aber festzustellen, dass nach der Vorlage einer frischen Futterration ein deutlich größerer Anteil der Herde von bis zu 88 % den Liegebereich verließ als nach dem Futternachschieben (45 %). Während des Lichttages lag das Maximum der Tiere im Liegebereich bei knapp 80 %. Dieser Wert ist mit dem Maximum während der Versuchsphase W-stat 1 vergleichbar. Die Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten führte ebenfalls dazu, dass sich infolge einer Futtervorlage ein geringerer Anteil der Tiere im Liegebereich aufhielt (Minima bei etwa 10-15 %). Die zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgende Vorlage von zwei Futterrationen hielt die Tiere im Vergleich zu sieben Einzelfütterungen länger im Fressbereich und führte zu einer längeren Abwesenheit der Tiere im Liegebereich. Das Futternachschieben um 2:00 bis 3:00 Uhr nachts motivierte im Vergleich zu einem Futternachschieben während des Lichttages weniger Tiere, den Liegebereich zu verlassen.

Abbildung 47 zeigt den Tagesverlauf des Herdenanteils im Liegebereich bei vier statischen Fütterungszeiten und drei statischen Nachschiebezeiten sowie der Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten im Sommer 2015.

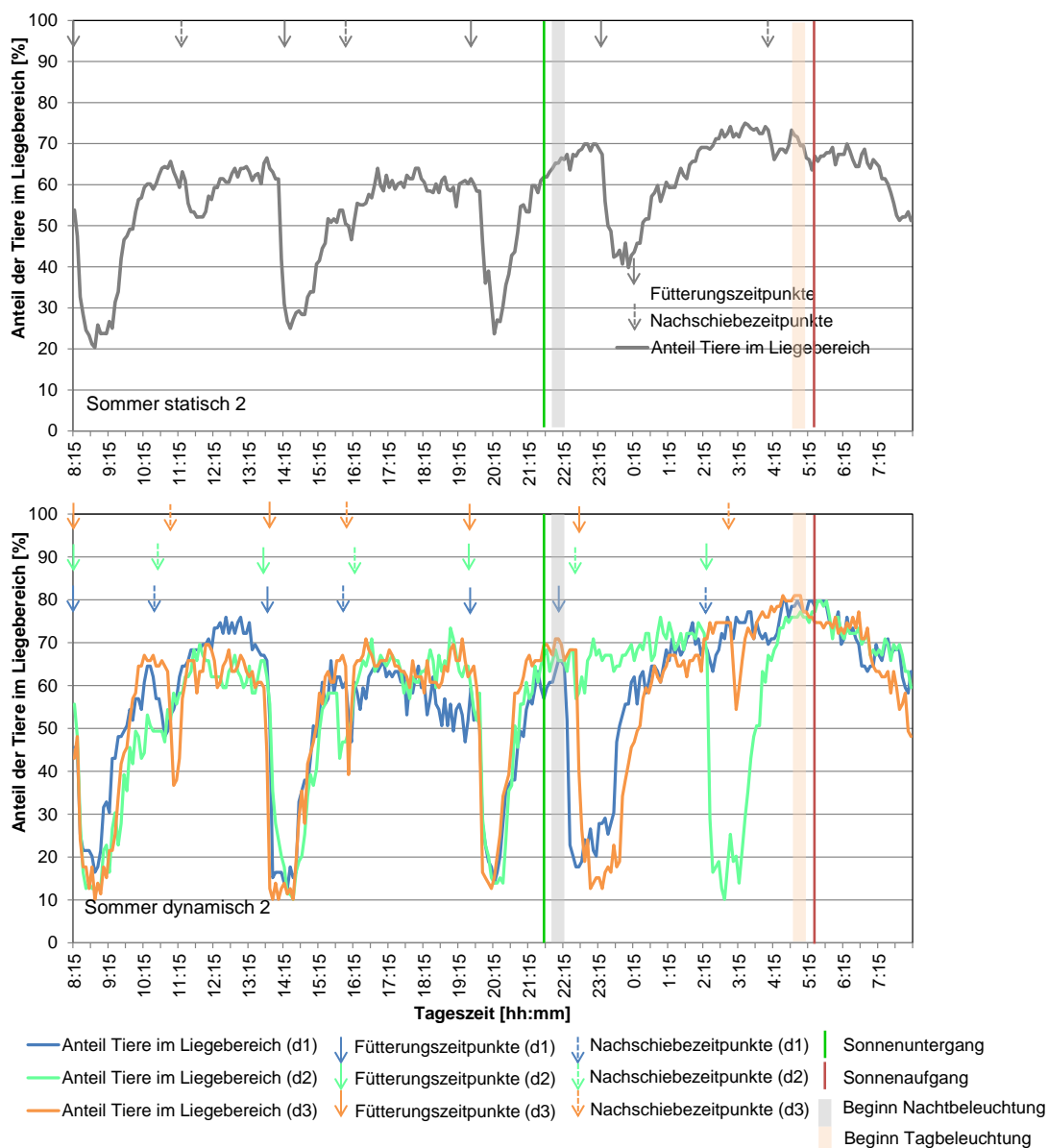


Abbildung 47: Anteil Tiere im Liegebereich während der Versuchsphasen Sommer statisch 2 (n=3 d, n= 78 Kühe) und Sommer dynamisch 2 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 79 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und -untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung

Wie bereits erläutert, hielten sich deutlich weniger Kühe im Liegebereich auf, wenn ihnen eine frische Futtermischung (minimaler Herdenanteil von etwa 20%) vorgelegt wurde, als wenn ihnen der nicht mehr erreichbare Futterrest in den Trog geschoben wurde. Die viermal tägliche Vorlage größerer Futtermengen führte zu einem längeren Aufenthalt des überwiegenden Anteils der Herde in den Liegeboxen und in der Folge mit weniger Unterbrechungen während der Versuchsphasen S-stat 2 und S-dyn 2. Das Starten des Futternach-

schiebens zu statischen Zeiten bewirkte einen Rückgang des Herdenanteils im Liegebereich auf bis zu 45 %, wobei sich nach dem Futternachschieben um 11:15 Uhr noch 52 % der Kühe dort aufhielten. Die maximale Belegung bewegte sich jedoch lediglich zwischen 55 und 75 %, wobei der Unterschied des Anteils der Tiere im Liegebereich zwischen Lichttag und den Nachtstunden geringer ausgeprägt war als während der Versuchsphasen W-stat 1 und W-dyn 1. Wie bereits während der anderen Versuchsphasen beobachtet worden ist, verließen nach dem Futternachschieben um 3:45 bzw. 4:00 Uhr nur wenige Tiere den Liegebereich (Rückgang um 10 %-Punkte). Auch die Fütterung während der Dunkelphase um 23:15 Uhr resultierte in einem geringeren Rückgang des Herdenanteils im Liegebereich.

Die Dynamisierung der Fütterungszeiten während des Lichttages führte zu einem stärkeren Rückgang des Herdenanteils im Liegebereich von bis zu 75 %. Das dynamische Futternachschieben resultierte lediglich in einem geringeren Herdenanteil im Liegebereich auf bis zu 50 %. Es fällt auf, dass die Fütterung um 2:15 Uhr an Versuchstag d2 zu einer Reduzierung des Herdenanteils im Liegebereich auf bis zu 10 % führte und somit mit der Tierzahl im Liegebereich bei S-dyn 2 während des Lichttages vergleichbar war. Das Futternachschieben in diesem Zeitraum bewirkte einen Herdenanteil im Liegebereich von nach wie vor 55 %. Des Weiteren war festzustellen, dass nach den dynamischen Futtervorlagen während S-dyn 2 ein geringerer Anteil der Tiere in den Liegeboxen war als während der Versuchsphase S-stat 2.

6.2.3.2 Anzahl und Dauer der Aufenthalte im Liegebereich sowie der Liegeperioden

Die Auswertungen der Parameter zum Liegeverhalten zeigten, dass während der **Winterversuchsphase** W-stat 1 $27,72 \pm 14,18$ einzelne **Aufenthalte** je Kuh und Tag (≥ 2 Minuten) in den Liegeboxen detektiert wurden (Tabelle 26). Die Dynamisierung der sieben Fütterungen in W-dyn 1 führte zu $25,41 \pm 12,07$ Aufenthalten je Kuh und Tag und somit zu keiner statistisch signifikanten Veränderung. Ebenso war keine signifikante Veränderung der Anzahl der Aufenthaltsperioden im Liegebereich je Kuh und Tag während der Versuchsphase W-dyn 1 im Vergleich zu W-stat 1 festzustellen (W-stat 1: $8,42 \pm 1,90$; W-dyn 1: $8,32 \pm 1,62$). Die einzelnen Liegebereichsaufenthalte während der Versuchsphasen Winter 2 unterschieden sich nicht von jenen während der Versuchsphasen Winter 1. Die Berechnung der Aufenthaltsperioden (≥ 18 Minuten) im Liegebereich ergab eine signifikant geringere Anzahl der täglichen Aufenthaltsperioden im Liegebereich je Kuh und Tag ($7,66 \pm 1,83$) während der Versuchsphase W-dyn 2 im Vergleich zu W-stat 2 ($p=0,0143$) sowie W-dyn 1 ($p=6,41e-05$).

Tabelle 26: Anzahl und Dauer der Aufenthalte im Liegebereich sowie der Liegeperioden der Kühe (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) während der Winteruntersuchungen (n=3 d; n= 60 Kühe)

Parameter	Versuchsphase			
	W-stat 1	W-dyn 1	W-stat 2	W-dyn 2
Anzahl Aufenthalte im Liegebereich /Kuh/d [n]	27,72 ± 14,18 ^{ae}	25,41 ± 12,07 ^{ag}	26,17 ± 13,51 ^{ce}	26,41 ± 15,79 ^{cg}
Aufenthaltsdauer im Liegebereich /Kuh/d [h]	13,28 ± 2,16 ^{ae}	13,47 ± 2,36 ^{ag}	13,60 ± 2,04 ^{ce}	13,48 ± 2,34 ^{cg}
Mittlere Dauer eines Liegebereichsaufenthalts [h]	0,60 ± 0,29 ^{ae}	0,64 ± 0,30 ^{bg}	0,63 ± 0,33 ^{ce}	0,63 ± 0,30 ^{cg}
Anzahl Aufenthaltsperioden im Liegebereich /Kuh/d [n]	8,42 ± 1,90 ^{ae}	8,32 ± 1,62 ^{ag}	8,32 ± 2,66 ^{ce}	7,66 ± 1,83 ^{dh}
Dauer Aufenthaltsperioden im Liegebereich/Kuh/d [h]	15,10 ± 2,17 ^{ae}	15,43 ± 2,18 ^{bg}	14,97 ± 2,08 ^{ce}	15,32 ± 2,27 ^{dg}
Mittlere Dauer einer Aufenthaltsperiode im Liegebereich/Kuh/d [h]	1,89 ± 0,56 ^{ae}	1,92 ± 0,46 ^{ag}	1,55 ± 0,80 ^{cf}	2,12 ± 0,61 ^{dh}

a, b) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 1

c, d) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 2

e, f) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den statischen Versuchsphasen

g, h) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den dynamischen Versuchsphasen

Die **gesamte Dauer** der Liegebereichsaufenthalte je Kuh und Tag unterschied sich nicht zwischen den Versuchsphasen im Winter, wohingegen die Dynamisierung von sieben Fütterungen pro Tag in W-dyn 1 zu einer signifikant längeren Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich je Kuh und Tag (15,43 ± 2,18) führte (p=0,0053). Auch die Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten während W-dyn 2 resultierte im Vergleich zu Versuchsphase W-stat 2 in einer längeren gesamten Dauer der Aufenthaltsperioden je Kuh und Tag im Liegebereich (p=0,0222).

Des Weiteren zeigte sich, dass die **mittlere Dauer** eines Liegebereichsaufenthalts einer Kuh während Versuchsphase W-dyn 1 mit im Mittel 38,4 min signifikant länger war als in W-stat 1 (36 min). Die mittlere Dauer der Aufenthalte im Liegebereich unterschied sich jedoch nicht zwischen den beiden Versuchsphasen W-stat 2 und W-dyn 2. Demgegenüber lag die mittlere Dauer einer Aufenthaltsperiode im Liegebereich mit 2,12 ± 0,61 h während der Dynamisierung von Fütterungs- und Nachschiebezeiten auf einem signifikant höheren

Niveau als während der Versuchsphase W-stat 2. Außerdem unterschied sich die mittlere Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich zwischen den beiden Versuchsphasen W-stat 1 und W-stat 2 ($p=5,96e-06$) (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2017) und zwischen den beiden Versuchsphasen W-dyn 1 und W-dyn 2 ($p=0,0001$).

Tabelle 27 gibt einen Überblick über die Anzahl und Dauer der Aufenthalte im Liegebereich sowie der Aufenthaltsperioden der Kühe im Liegebereich in den **Sommeruntersuchungen**.

Tabelle 27: Anzahl und Dauer der Aufenthalte im Liegebereich sowie der Liegeperioden der Kühe (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) während der Sommeruntersuchungen ($n=3$ d; $n= 63$ Kühe)

Parameter	Versuchsphase			
	S-stat 1	S-dyn 1	S-stat 2	S-dyn 2
Anzahl Aufenthalte im Liegebereich/Kuh/d [n]	41,97 ± 20,01 ^{ae}	40,35 ± 20,52 ^{ag}	41,11 ± 23,04 ^{ce}	34,30 ± 22,19 ^{dh}
Aufenthaltsdauer im Liegebereich/Kuh/d [h]	13,44 ± 2,14 ^{ae}	12,81 ± 2,40 ^{bg}	13,18 ± 2,17 ^{ce}	12,98 ± 2,37 ^{cg}
Mittlere Dauer eines Liegebereichsaufenthalts [h]	0,41 ± 0,27 ^{ae}	0,40 ± 0,23 ^{ag}	0,43 ± 0,25 ^{ce}	0,53 ± 0,31 ^{dh}
Anzahl Aufenthaltsperioden im Liegebereich /Kuh/d [n]	9,29 ± 3,40 ^{ae}	8,84 ± 2,02 ^{ag}	8,14 ± 2,02 ^{cf}	7,12 ± 1,82 ^{dh}
Dauer Aufenthaltsperioden im Liegebereich /Kuh/d [h]	15,09 ± 2,24 ^{ae}	15,21 ± 2,31 ^{ag}	15,25 ± 2,15 ^{ce}	13,13 ± 3,57 ^{dh}
Mittlere Dauer einer Aufenthaltsperiode im Liegebereich /Kuh/d [h]	1,58 ± 0,80 ^{ae}	1,83 ± 0,59 ^{bg}	2,01 ± 0,66 ^{cf}	1,94 ± 0,70 ^{cg}

a, b) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 1

c, d) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 2

e, f) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den statischen Versuchsphasen

g, h) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den dynamischen Versuchsphasen

Im Verlauf der Sommermonate zeigten die Kühe wesentlich mehr einzelne **Aufenthalte** im Liegebereich als im Winter. Während kein signifikanter Unterschied dieser Kenngröße zwischen den Versuchsphasen S-stat 1 und S-dyn 1 ($p=0,2133$) zu beobachten war, hielten sich die Kühe im Vergleich zu Versuchsphase S-stat 2 insgesamt signifikant seltener im

Liegebereich auf, wenn die Fütterungs- und Nachschiebezeiten während S-dyn 2 dynamisiert wurden. Ähnliches war bei den Aufenthaltsperioden im Liegebereich je Kuh und Tag festzustellen. Mit $7,12 \pm 1,82$ Aufenthaltsperioden je Kuh und Tag unterteilten die Kühe ihren Aufenthalt in diesem Funktionsbereich während Versuchsphase S-dyn 2 in signifikant weniger Aufenthaltsperioden im Liegebereich als während Versuchsphase W-stat 2 und S-dyn 1. Die Anzahl der täglichen Aufenthaltsperioden der Kühe lag während der Sommeruntersuchungen 2 auf einem signifikant niedrigeren Niveau als während der Sommeruntersuchungen 1.

Im Gegensatz zu der gesamten Dauer der Aufenthaltsperioden je Kuh und Tag im Liegebereich war die gesamte **Aufenthaltsdauer** der Kühe im Liegebereich in Versuchsphase S-dyn 1 mit $12,81 \pm 2,40$ h höchst signifikant kürzer ($p=0,0008$) als während der Versuchsphase S-stat 1 ($13,44 \pm 2,14$ h). Jene Kenngröße unterschied sich jedoch nicht zwischen den beiden Versuchsphasen 2. Allerdings zeigten die Kühe eine signifikant kürzere Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich pro Tag, wenn die Fütterungs- und Nachschiebezeiten dynamisiert wurden. Auch die beiden Versuchsphasen S-dyn 1 und S-dyn 2 unterschieden sich deutlich hinsichtlich dieses Parameters ($p=6,601e-15$).

Die **mittlere Dauer** eines Liegebereichsaufenthalts war während der Sommeruntersuchungen 1 auf einem ähnlichen Niveau, wohingegen diese Kenngröße während der Versuchsphase S-dyn 2 signifikant höher war ($0,53 \pm 0,31$ h) als während S-stat 2 und S-dyn 1. Die Dynamisierung der sieben Fütterungszeiten im Sommer führte zu einer höchst signifikant längeren ($p=1,191e-07$) mittleren Dauer einer Aufenthaltsperiode der Kühe im Liegebereich ($1,83 \pm 0,59$ h) im Vergleich zu Versuchsphase S-stat 1. Die Berechnungen der mittleren Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich zeigten ein höheres Ergebnis dieser Kenngröße während der Sommerversuche 2 als während der Sommerversuche 1.

6.2.3.3 Einflussfaktoren auf das Liegeverhalten

Auch das Liegeverhalten der Kühe im Untersuchungsbetrieb wurde sowohl von versuchs- als auch tierbezogenen Faktoren beeinflusst (Tabelle 28 und Tabelle 29).

Versuchsbezogene Faktoren

Es zeigte sich, dass die Anzahl der einzelnen Aufenthalte im Liegebereich von der Jahreszeit der durchgeführten Untersuchungen signifikant beeinflusst wurde. So unterteilte eine Kuh ihren Aufenthalt im Liegebereich im Winter in $28,04 \pm 14,73$ Besuche, während im Sommer $40,32 \pm 18,39$ Aufenthalte je Kuh und Tag beobachtet wurden. Auch die Fütterungsfrequenz spielte eine höchst signifikante Rolle. Demgegenüber wurde die Anzahl der

Aufenthaltsperioden im Liegebereich je Kuh und Tag von allen versuchsbezogenen Parametern signifikant beeinflusst. Eine Kuh zeigte bei 7 statischen Fütterungszeiten mehr Aufenthaltsperioden im Liegebereich als bei 4+3 Fütterungs-/Nachschiebezeiten (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2017) und dynamischer Gestaltung der Startzeiten.

Die gesamte Aufenthaltsdauer im Liegebereich je Kuh und Tag unterschied sich nicht zwischen den Winter- und Sommersversuchen sowie zwischen den Versuchsphasen mit 7 Fütterungszeiten und 4+3 Fütterungs-/Nachschiebezeiten. Doch hatte es einen tendenziellen Einfluss auf jene Kenngröße, ob die Fütterungs-/Nachschiebezeiten statisch oder dynamisch gestartet wurden ($p=0,0894$). So hielt sich eine Kuh $13,28 \pm 2,13$ h und somit geringfügig länger im Liegebereich auf, wenn die Starts zu festen Zeiten erfolgten. Im Vergleich dazu unterschied sich die aufsummierte Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich je Kuh und Tag signifikant zwischen den Versuchsphasen mit 7 Fütterungszeiten und 4+3 Fütterungs-/Nachschiebezeiten sowie zwischen statischen und dynamischen Versuchsphasen. Die Tiere zeigten eine längere gesamte Liegeperiodendauer je Tag, wenn siebenmal statisch am Tag gefüttert wurde.

Die mittlere Dauer der einzelnen Aufenthalte im Liegebereich wurde vor allem von der Jahreszeit höchst signifikant beeinflusst ($p=1,23e-15$), während die mittlere Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich von den versuchsbedingten Faktoren lediglich von dem Modus des Startens der Fütterungs- und Nachschiebezeiten beeinflusst wurde ($p=0,0001$). Im Winter dauerte ein Aufenthalt im Liegebereich $0,60 \pm 0,25$ h im Vergleich zu den Sommeruntersuchungen mit $0,43 \pm 0,20$ h. Die mittlere Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich war bei dynamischen Starts der Fütterungs-/Nachschiebezeiten mit $1,91 \pm 0,49$ h deutlich länger als bei statischen Versuchsphasen.

Tierbezogene Faktoren

Die tierbezogenen Faktoren TIM, LNR und BCS hatten einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl täglicher Aufenthaltsperioden im Liegebereich. Insbesondere Kühe im ersten Laktationsdrittel, in der ersten Laktation und mit einer Körperkonditionsbewertung $\geq 3,5$ zeigten signifikant mehr Aufenthaltsperioden im Liegebereich pro Tag im Vergleich zu beispielsweise Kühen kurz vor dem Trockenstellen.

Je nach TIM-, LNR- sowie BCS-Gruppe unterschied sich die gesamte Dauer der einzelnen Besuche im Liegebereich signifikant voneinander. Tiere im letzten Laktationsdrittel, ab der 4. Laktation und einer höheren BCS-Note verweilten länger im Liegebereich. Ähnlich der gesamten Aufenthaltsdauer der Tiere im Liegebereich, war vor allem bei älteren, besser

konditionierten Kühen kurz vor dem Trockenstellen eine längere Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich zu ermitteln im Vergleich beispielsweise zu einer jungen Kuh in der 1. Laktation ($13,22 \pm 2,52$ h).

Hinsichtlich der tierbezogenen Faktoren war nur auf einen signifikanten Einfluss der LNR-Gruppe auf die mittlere Dauer der Aufenthalte im Liegebereich hinzuweisen. Ein Aufenthalt im Liegebereich dauerte vor allem bei älteren Kühen ab der 4. Laktation länger an ($0,57 \pm 0,26$) im Vergleich zu jüngeren Tieren. Dementsprechend zeigten jene Kühe auch eine deutlich längere Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich ($1,96 \pm 0,47$ h). Auch Kühe im letzten Laktationsdrittel wiesen eine signifikant längere Dauer einer Aufenthaltsperiode im Liegebereich auf ($1,97 \pm 0,53$ h) als Kühe in den Laktationstagen 0 – 200, wohingegen kein Einfluss der Körperkondition und des Milchleistungsniveaus festzustellen war.

Tabelle 28: Übersicht der versuchs- und tierbezogenen Einflussfaktoren auf die Aufenthalte im Liegebereich

Parameter	Anzahl Aufenthalte im Liegebereich/Kuh/d [n]	Aufenthaltsdauer im Liegebereich/Kuh/d [h]	Mittlere Dauer eines Liegebereichsaufenthalts [h]
Versuchsbezogene Faktoren			
Jahreszeit			
W	28,04 ± 14,73	13,22 ± 2,27	0,60 ± 0,25
S	40,32 ± 18,39	13,08 ± 2,00	0,43 ± 0,20
p	6,66e-16	0,8875	1,23e-15
Fütterungsfrequenz			
7	34,55 ± 16,23	13,17 ± 2,30	0,50 ± 0,23
4+3	33,68 ± 19,16	13,12 ± 1,97	0,53 ± 0,25
p	0,0073	0,7174	0,1111
Modus Startzeit			
stat	35,18 ± 17,35	13,28 ± 2,13	0,50 ± 0,24
dyn	33,04 ± 18,07	13,01 ± 2,14	0,53 ± 0,24
p	0,1242	0,0891	0,1460
Tierbezogene Faktoren			
TIM			
< 100	34,49 ± 18,06	12,78 ± 1,87	0,51 ± 0,26
100 - 200	35,74 ± 20,64	13,04 ± 2,26	0,50 ± 0,24
≥ 200	32,36 ± 14,20	13,59 ± 2,20	0,54 ± 0,22
p	0,1342	0,0299	0,2351
LNR			
1	37,58 ± 22,70	11,67 ± 2,43	0,45 ± 0,26
2 + 3	25,15 ± 17,76	13,44 ± 1,81	0,50 ± 0,20
> 3	31,34 ± 13,86	13,66 ± 1,89	0,57 ± 0,26
p	1,42e-05	<2e-16	1,14e-09
BCS			
< 2,5	38,34 ± 18,50	12,84 ± 2,00	0,46 ± 0,23
2,5 – 3,5	31,24 ± 15,79	13,27 ± 1,75	0,56 ± 0,23
≥ 3,5	30,09 ± 17,23	13,57 ± 2,79	0,58 ± 0,25
p	0,4890	0,0042	0,8221
MM			
< 10	30,23 ± 13,20	13,79 ± 1,72	0,57 ± 0,18
10 - 20	34,30 ± 17,86	13,34 ± 2,25	0,51 ± 0,23
≥ 20	34,26 ± 17,90	12,93 ± 2,05	0,52 ± 0,25
p	0,4301	0,2060	0,2880

Tabelle 29: Übersicht der versuchs- und tierbezogenen Einflussfaktoren auf die Aufenthaltsperioden im Liegebereich

Parameter	Anzahl Aufenthaltsperioden im Liegebereich /Kuh/d [n]	Dauer Aufenthaltsperioden im Liegebereich/Kuh/d [h]	Mittlere Dauer einer Aufenthaltsperiode im Liegebereich/Kuh/d [h]
Versuchsbezogene Faktoren			
Jahreszeit			
W	8,36 ± 1,60	14,99 ± 2,38	1,84 ± 0,50
S	8,30 ± 1,80	14,63 ± 2,20	1,82 ± 0,55
p	0,0087	0,1570	0,1076
Fütterungsfrequenz			
7	8,73 ± 1,62	15,14 ± 2,23	1,81 ± 0,52
4+3	8,02 ± 1,71	14,48 ± 2,22	1,85 ± 0,53
p	9,40e-08	4,6e-05	0,3575
Modus Startzeit			
stat	8,58 ± 1,78	15,02 ± 2,15	1,76 ± 0,54
dyn	8,18 ± 1,59	14,61 ± 2,34	1,91 ± 0,49
p	0,0026	0,0141	0,0001
Tierbezogene Faktoren			
TIM			
< 100	8,69 ± 1,85	14,49 ± 1,96	1,75 ± 0,49
100 - 200	8,48 ± 1,69	14,67 ± 2,43	1,76 ± 0,45
≥ 200	8,00 ± 1,48	15,26 ± 2,73	1,97 ± 0,53
p	0,0003	0,0054	7,06e-05
LNR			
1	9,23 ± 2,10	13,22 ± 2,52	1,49 ± 0,43
2 + 3	8,33 ± 1,53	15,10 ± 1,98	1,89 ± 0,55
> 3	7,98 ± 1,44	15,40 ± 1,91	1,96 ± 0,47
p	1,62e-12	<2e-16	<2e-16
BCS			
< 2,5	8,31 ± 1,87	14,53 ± 2,14	1,84 ± 0,56
2,5 – 3,5	8,36 ± 1,51	14,85 ± 1,95	1,81 ± 0,45
≥ 3,5	8,57 ± 1,32	15,35 ± 2,76	1,85 ± 0,56
p	0,0072	0,0449	0,4033
MM			
< 10	7,65 ± 1,20	15,23 ± 2,17	2,04 ± 0,67
10 - 20	8,30 ± 1,59	14,93 ± 2,32	1,85 ± 0,51
≥ 20	8,51 ± 1,80	14,69 ± 2,19	1,80 ± 0,52
p	0,5961	0,7924	0,9101

6.2.4 Melkverhalten

Nachfolgend wird die Anzahl der Melkungen im AMS je 30 Minuten-Intervall im Tagesverlauf der Versuchsphasen beleuchtet. Außerdem werden die Melkparameter Melkfrequenz, Anzahl zurückgewiesener Besuche, Zwischenmelkzeit, Aufenthaltsdauer der Tiere im Warte- raum und die Milchleistung der Tiere sowie die Einflussfaktoren auf diese Parameter vor- gestellt.

6.2.4.1 Verlauf der Melkungen im Tagesverlauf

6.2.4.1.1 Versuchsphasen mit statischer und dynamischer Futtervorlage (stat 1 und dyn 1)

Abbildung 48 zeigt den Tagesverlauf der Anzahl der Melkungen im AMS je 30 Minuten- Intervall im Mittel der drei Versuchstage mit statischen Fütterungszeiten sowie eines jeden Versuchstages während der Versuchsphase mit sieben dynamischen Fütterungen im Win- ter 2014/15. Infolge einer jeden Futtervorlage während der statischen Versuchsphase zeigte sich ein Anstieg der Melkungen im AMS auf bis zu im Mittel 4,6 Melkungen je 30 Minuten-Intervall. Doch fällt auf, dass die Anzahl der Melkungen während des Lichttages auf einem höheren Niveau lagen als während der Nachtstunden. Die beiden Reinigungen des Melksystems vormittags um ca. 9:30 Uhr und abends um ca. 22:00 Uhr von jeweils etwa 20 min bewirkten eine Blockierung des Melksystems.

Eine Dynamisierung der sieben Fütterungszeiten während der Versuchsphase W-dyn 1 resultierte in einem ähnlichen Tagesverlauf der Anzahl der Melkungen im AMS, jedoch mit einer den Fütterungsintervallen entsprechenden Verschiebung des Anstiegs der Anzahl der Melkungen infolge der Futtervorlagen. Als Folge der Fütterungen während des Licht- tages wurden an den Versuchstagen bis zu sechs Melkungen je 30 Minuten-Intervall er- mittelt, wohingegen ebenso wie in der Versuchsphase W-stat 1 insgesamt weniger Mel- kungen in den Nachtstunden und infolge der Reinigungszeiten vormittags und abends fest- zustellen waren. Insbesondere während des Versuchstages d2 wurden Minima der Melkfrequenz von bis zu einer Melkung je 30 Minuten-Intervall im AMS beobachtet.

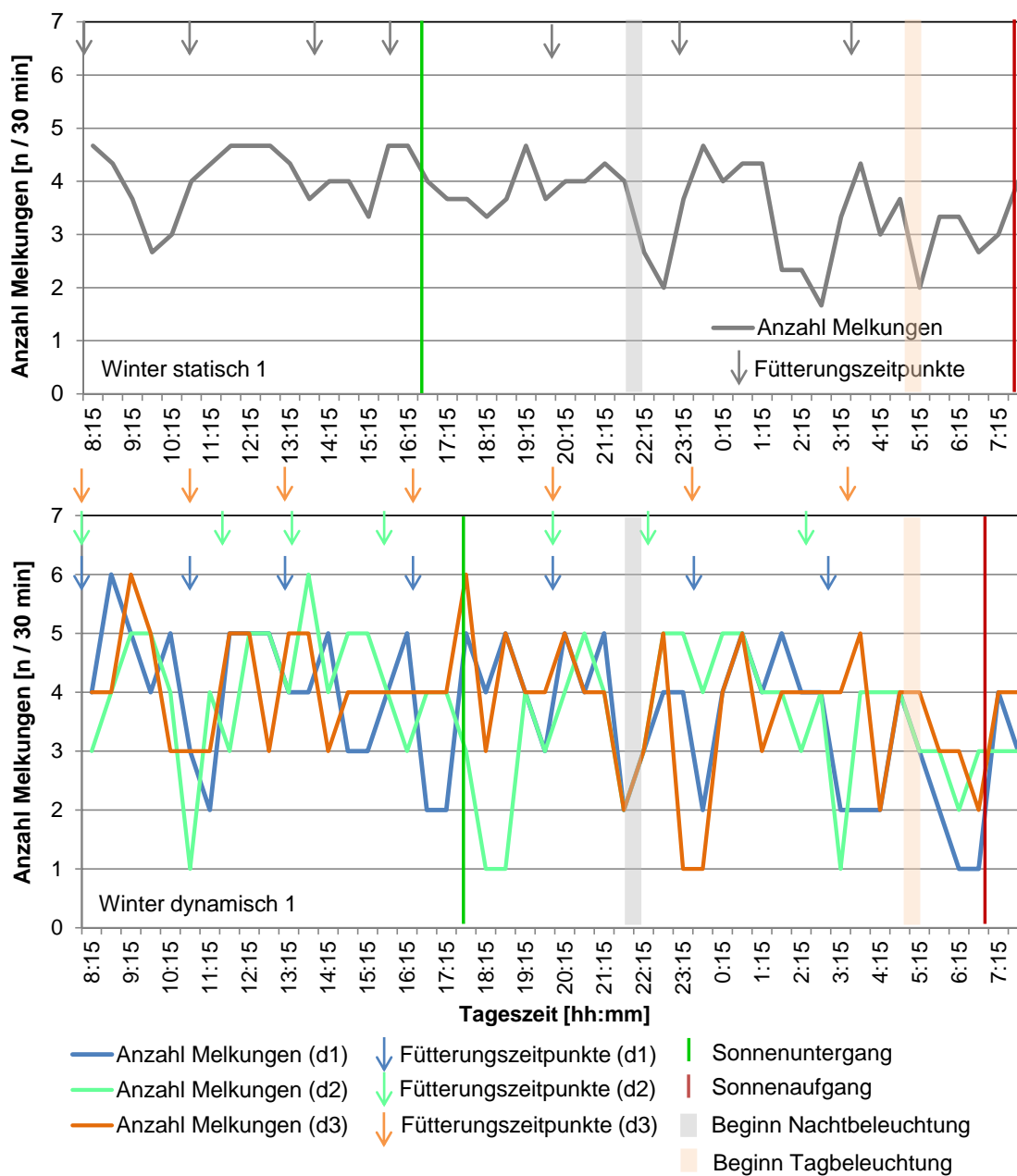


Abbildung 48: Tagesverlauf der Anzahl der Melkungen je 30 Minuten-Intervall während der Versuchsphasen Winter statisch 1 (n=3 d, n= 79 Kühe) und Winter dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und -untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung

Im Vergleich dazu sind in Abbildung 49 die Tagesverläufe der Anzahl der Melkungen im AMS während der Untersuchungen mit sieben statischen und sieben dynamischen Fütterungszeiten im Sommer 2015 dargestellt.

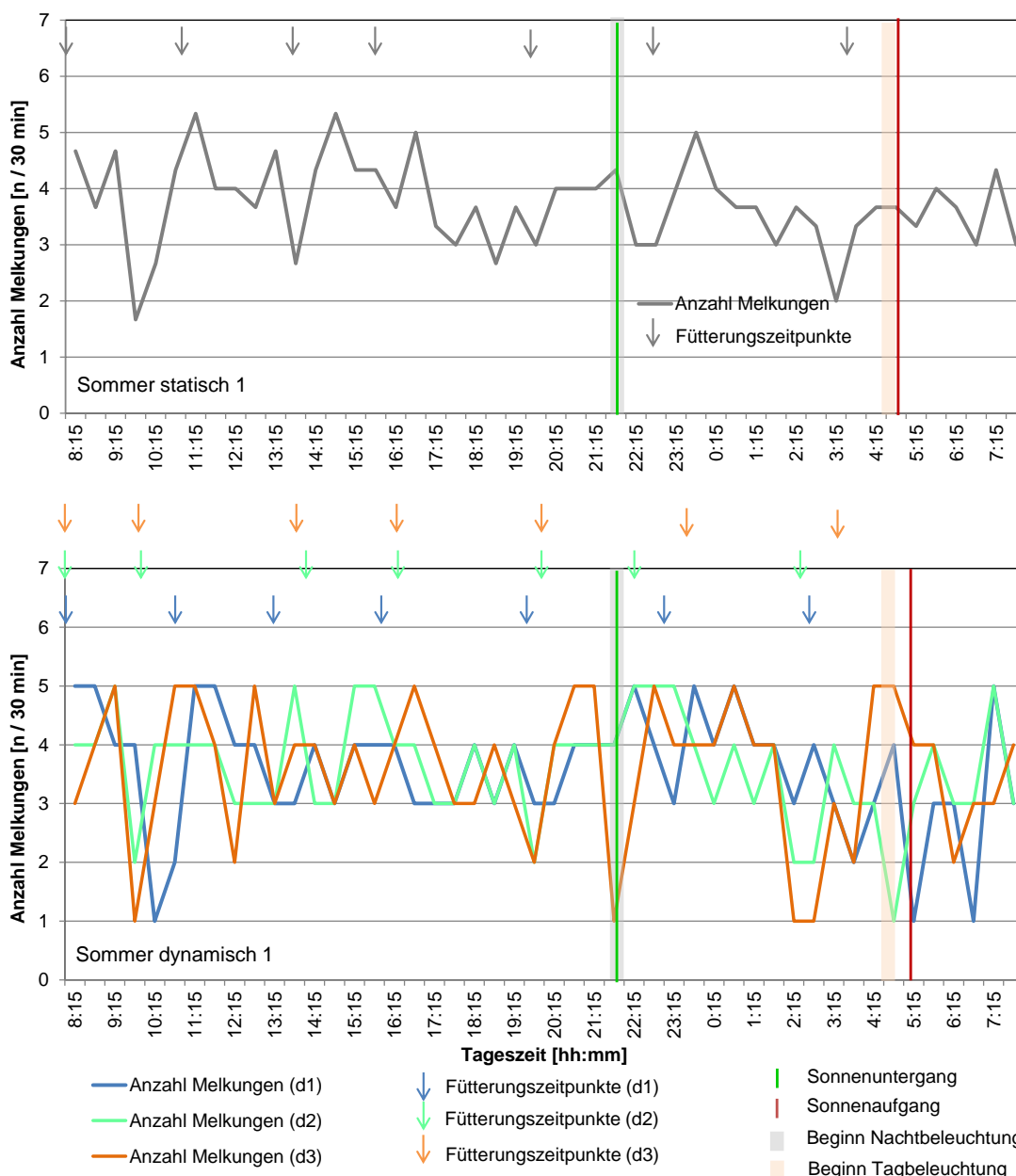


Abbildung 49: Tagesverlauf der Anzahl der Melkungen je 30 Minuten-Intervall während der Versuchsphasen Sommer statisch 1 (n=3 d, n= 78 Kühe) und Sommer dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 80 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und -untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung

Ebenso wie im Winter führten die Futtervorlagezeiten während der Versuchsphase S-stat 1 zu einem Anstieg der Anzahl der Melkungen im AMS, jedoch mit im Mittel größeren Schwankungen von minimal 1,6 Melkungen je 30 Minuten-Intervall bis zu maximal 5,3 Melkungen je 30 Minuten-Intervall. Insbesondere die Fütterungen um 11:15 Uhr und 14:00

bewirkten den größten Anstieg der Melkfrequenz im AMS. Im Vergleich zu der Versuchsphase W-stat 1 resultierte die Fütterung um 3:45 Uhr im Sommer in einer geringeren Anzahl Melkungen im AMS.

Während der Versuchsphase S-dyn 1 zeigten sich ähnliche Schwankungen der Anzahl der Melkungen im AMS je 30 Minuten-Intervall, doch mit einem geringeren Maximum von fünf Melkungen. Wie bereits im Winter beobachtet wurde, führten die Reinigungszeiten vormittags (ca. 9:30 Uhr) nach der Tankleerung und abends zu einer Blockierung des AMS. Die letzte Futtervorlage in den Nachtstunden bewirkte vor allem am Versuchstag d3 einen Anstieg auf bis zu fünf Melkungen je 30 min-Intervall.

6.2.4.1.2 Versuchsphasen mit statischer und dynamischer Futtervorlage sowie Futternachschieben (stat 2 und dyn 2)

Aufgrund der Fehlstarts der Fütterung um 3:45 Uhr an Versuchstag d1 und d3 im Winter 2015 während der Versuchsphase W-stat 2 ist der Tagesverlauf der Anzahl der Melkungen im AMS hier nicht aufgeführt. Es ist jedoch zu beobachten, dass sowohl die Fütterungs- als auch die Nachschiebezeiten zu einer ähnlichen Ausprägung des Anstiegs der Anzahl der Melkungen im AMS führten. In den Nachtstunden lag die Anzahl der Melkungen auf einem wesentlich geringeren Niveau als während des Lichttages.

Abbildung 50 zeigt den Tagesverlauf der Anzahl der Melkungen im AMS je 30 Minuten-Intervall während der Versuchsphasen S-stat 2 und S-dyn 2.

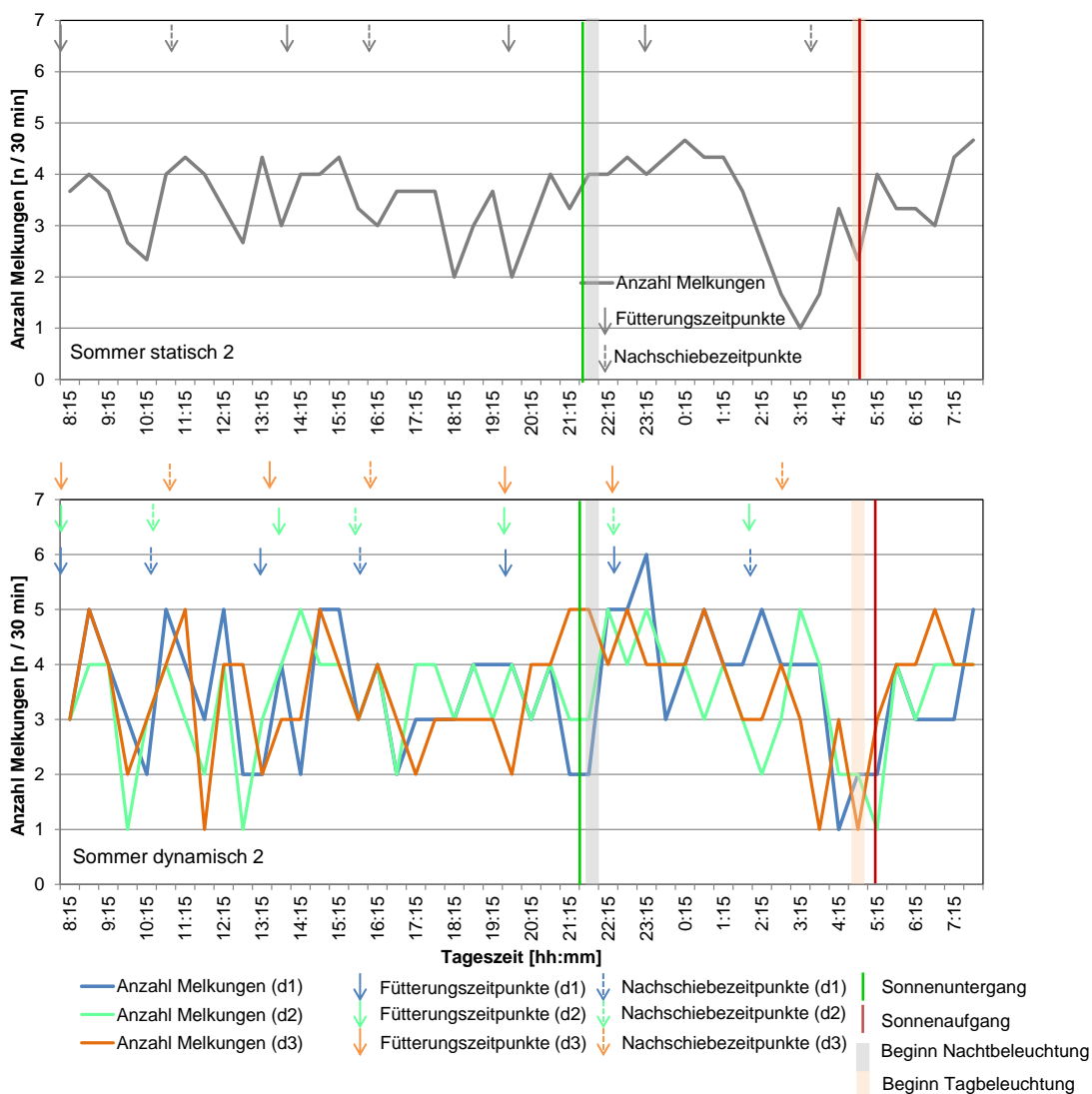


Abbildung 50: Tagesverlauf der Anzahl der Melkungen je 30 Minuten-Intervall während der Versuchsphasen Sommer statisch 2 (n=3 d, n= 78 Kühe) und Sommer dynamisch 2 (Versuchstage d1 bis d3) (n= 79 Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenauf- und -untergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung

Es fällt auf, dass die Vorlage einer frisch gemischten Futtration und das Futternachschieben zu einem vergleichbaren Anstieg der Anzahl der Melkungen im AMS führten. Denn ähnlich der Fütterung um 3:45 während der Versuchsphase S-stat 1 ergab das Futternachschieben zu dieser Zeit eine mittlere Anzahl von 3,3 Melkungen je 30 Minuten-Intervall. Doch wurde bei der Kombination aus Futtrervorlage und Futternachschieben eine kontinuierlich höhere Anzahl der Melkungen im AMS im Tagesverlauf als während der Versuchs-

phase S-stat 1 beobachtet. Vor allem die Fütterung um 23:15 Uhr bewirkte ein gleichmäßiges Niveau der Melkfrequenz bis etwa 1:15 Uhr. Die Anzahl der Melkungen während des Lichttages erreichte lediglich ein Minimum von 2,3 Melkungen je 30 Minuten-Intervall.

Auch die Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten während Versuchsphase S-dyn 2 führten zu einem ähnlichen Anstieg der Anzahl der Melkungen je 30 Minuten-Intervall nach der Futtervorlage und dem Nachschieben doch mit einer den Fütterungs- und Nachschiebeintervallen entsprechenden Verschiebung. Es fällt auf, dass die Fütterung um 23:15 Uhr während des Versuchstages d1 in einem stärkeren Anstieg als die Fütterungen/Nachschiebevorgänge in diesem Zeitraum an den anderen Tagen resultierte. Ähnlich der Versuchsphase S-stat 2 wurde während S-dyn 2 ein Minimum der Melkungen im AMS vor Sonnenaufgang beobachtet. Auch in dieser Versuchsphase bewirkten die Reinigungszeiten eine Blockierung des AMS und auch während der Stallarbeitszeit am Abend war eine geringere Anzahl an Melkungen zu erfassen.

6.2.4.2 Melkparameter

Tabelle 30 gibt einen Überblick über die Parameter Anzahl Melkungen je Kuh und Tag, Anzahl zurückgewiesener Besuche je Kuh und Tag, Zwischenmelkzeit je Kuh und Tag, Aufenthaltsdauer im Warteraum je Kuh und Tag und die Milchleistung je Kuh und Tag während der **Winteruntersuchungen**.

Tabelle 30: Übersicht der tierindividuellen täglichen Anzahl der Melkungen, Anzahl zurückgewiesener Besuche, Zwischenmelkzeit, Aufenthaltsdauer im Warteraum und der Milchleistung (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) während der Winteruntersuchungen (n=3 d; n= 60 Kühe)

Parameter	Versuchsphase			
	W-stat 1	W-dyn 1	W-stat 2	W-dyn 2
Anzahl Melkungen/Kuh/d [n]	2,29 ± 0,29 ^{ae}	2,08 ± 0,39 ^{bg}	2,16 ± 0,46 ^{cf}	2,19 ± 0,49 ^{ch}
Anzahl zurückgewiesener Besuche/Kuh/d [n]	4,12 ± 1,57 ^{ae}	4,18 ± 1,59 ^{ag}	4,53 ± 2,50 ^{cf}	4,43 ± 2,89 ^{cg}
Zwischenmelkzeit/Kuh/d [h]	11,02 ± 2,38 ^{ae}	11,79 ± 2,04 ^{bg}	11,58 ± 1,96 ^{ce}	11,54 ± 2,30 ^{cg}
Aufenthaltsdauer im Warteraum/Kuh/d [h]	0,95 ± 0,80 ^{ae}	1,34 ± 1,07 ^{bg}	0,80 ± 0,53 ^{ce}	0,91 ± 0,82 ^{dh}
Milchleistung/Kuh/d [kg]	23,70 ± 3,26 ^{ae}	20,29 ± 3,38 ^{bg}	18,84 ± 5,98 ^{cf}	19,23 ± 5,57 ^{cg}

a, b) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 1

c, d) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 2

e, f) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den statischen Versuchsphasen

g, h) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den dynamischen Versuchsphasen

Die **Anzahl der Melkungen** lag während der Versuchsphase W-dyn 1 auf einem signifikant niedrigeren Niveau als in Versuchsphase W-stat 1. Doch führte die Dynamisierung von Fütterungs- und Nachschiebevorgängen während der Phase W-dyn 2 zu keiner signifikanten ($p=0,4509$) Veränderung der Melkfrequenz je Kuh und Tag im Vergleich zu Versuchsphase W-stat 2. Die statischen Starts der Fütterungs- und Nachschiebezeiten resultierten in einer signifikant geringeren Melkfrequenz ($2,16 \pm 0,46$) als sieben statische Fütterungszeiten ($2,29 \pm 0,29$). Doch bewirkte die Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten in Versuchsphase W-dyn 2 deutlich mehr Melkungen je Kuh und Tag als die Dynamisierung von sieben Futtervorlagen.

Die **Anzahl der zurückgewiesenen Besuche am Selektionstor vor dem Warteraum ohne Melkberechtigung** unterschieden sich nicht zwischen den jeweiligen statischen und dynamischen Versuchsphasen. Doch wurden während der Versuchsphase W-stat 2 im

Vergleich zu W-stat 1 und während W-dyn 2 im Vergleich zu W-dyn 1 signifikant mehr Besuche zurückgewiesen

Hinsichtlich der **Zwischenmelkzeit** ergab sich lediglich zwischen den Versuchsphasen W-stat 1 und W-dyn 1 ein signifikanter Unterschied. So variierte dieser Parameter zwischen $11,79 \pm 2,04$ h bei der Dynamisierung von sieben Fütterungszeiten und $11,02 \pm 2,38$ h.

Die Dynamisierung der sieben Fütterungszeiten und der Fütterungs- und Nachschiebezeiten während W-dyn 2 bewirkte jeweils einen signifikanten Anstieg der täglichen **Aufenthalten** **dauer einer Kuh im Warteraum** bis sie das AMS betreten konnte. Doch lag dieser Parameter während der Versuchsphase W-dyn 2 auf einem deutlich niedrigeren Niveau im Vergleich zu W-dyn 1.

Die **Milchleistung** der Tiere war während der Versuchsphase W-dyn 1 deutlich niedriger als während W-stat 1. Das Milchleistungsniveau war während der Winterversuchsphasen 2 auf einem allgemein signifikant niedrigeren Niveau als während der Winterversuchsphasen 1.

Im Vergleich dazu zeigt Tabelle 31 einen Überblick über die genannten Parameter während der **Sommeruntersuchungen**.

Tabelle 31: Übersicht der tierindividuellen täglichen Anzahl der Melkungen, Anzahl zurückgewiesener Besuche, Zwischenmelkzeit, Aufenthaltsdauer im Warteraum und der Milchleistung (arithmetisches Mittel und Standardabweichung) während der Sommeruntersuchungen (n=3 d; n= 63 Kühe)

Parameter	Versuchsphase			
	S-stat 1	S-dyn 1	S-stat 2	S-dyn 2
Anzahl Melkungen/Kuh/d [n]	2,16 ± 0,34 ^{ae}	2,12 ± 0,35 ^{ag}	1,96 ± 0,62 ^{cf}	1,89 ± 0,53 ^{dh}
Anzahl zurückgewiesener Besuche/Kuh/d [n]	4,40 ± 1,39 ^{ae}	3,76 ± 1,43 ^{bg}	3,61 ± 2,96 ^{cf}	3,09 ± 2,56 ^{dh}
Zwischenmelkzeit/Kuh/d [h]	11,55 ± 2,86 ^{ae}	12,37 ± 3,96 ^{bg}	13,35 ± 4,13 ^{cf}	13,81 ± 4,59 ^{ch}
Aufenthaltsdauer im Warteraum/Kuh/d [h]	1,05 ± 1,03 ^{ae}	0,99 ± 0,94 ^{ag}	1,02 ± 0,75 ^{ce}	1,00 ± 0,94 ^{cg}
Milchleistung/Kuh/d [kg]	20,89 ± 3,10 ^{ae}	19,78 ± 3,36 ^{ag}	19,27 ± 7,49 ^{cf}	18,20 ± 7,11 ^{ch}

a, b) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 1

c, d) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsphasen 2

e, f) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den statischen Versuchsphasen

g, h) unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den dynamischen Versuchsphasen

Die tägliche **Melkfrequenz** je Kuh war während der Sommersversuchsphase 2 auf einem signifikant niedrigeren Niveau als während der Sommersversuchsphase 1. Jene Kennzahl unterschied sich jedoch nicht signifikant zwischen den Versuchsphasen S-stat 1 und S-dyn 1. Während S-dyn 2 wurde eine sehr geringe Melkfrequenz von lediglich $1,89 \pm 0,53$ beobachtet.

Bei der Dynamisierung von sieben Fütterungszeiten in Versuchsphase S-dyn 1 konnte eine signifikant niedrigere Anzahl der **zurückgewiesenen Besuche** am Selektionstor vor dem Warteraum je Kuh beobachtet werden als während der Phase S-stat 1. Auch die Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten reduzierte die tägliche Anzahl der Besuche am Smartgate ohne Melkberechtigung ($p=0,03124$). Allgemein unterschieden sich die statischen und dynamischen Versuchsphasen im Sommer hinsichtlich dieser Kennzahl.

Während der Versuchsphase S-dyn 1 wurden signifikant längere Intervalle zwischen zwei Melkungen je Kuh ($12,37 \pm 3,96$) erfasst als während der Phase S-stat 1 ($11,55 \pm 2,86$ h).

Die **Zwischenmelkzeit** lag während der Sommersversuchsphase 2 auf einem deutlich höheren Niveau als während der Sommersversuchsphase 1.

Zwischen den statischen und dynamischen Versuchsphasen wurde kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der täglichen **Dauer** beobachtet, welche eine Kuh **im Warteraum** verbrachte, um in das AMS zu treten und gemolken zu werden. Die allgemein im Sommer auf einem niedrigen Niveau liegende tägliche **Milchleistung** je Kuh unterschied sich jeweils nicht zwischen den Versuchsphasen statisch/dynamisch 1 und 2, doch zwischen S-stat 1 und S-stat 2 sowie S-dyn 1 und S-dyn 2.

6.2.4.3 Einflussfaktoren auf das Melkverhalten

Die Auswertungen lassen auf den Einfluss von versuchs- sowie tierbezogenen Faktoren auf das Melkverhalten schließen (Tabelle 32).

Versuchsbezogene Faktoren

Bei der täglichen Anzahl der Melkungen im AMS je Kuh ist kein signifikanter Einfluss der versuchsbezogenen Faktoren nachzuweisen, obgleich die Anzahl der Melkungen im Sommer geringfügig niedriger war. Die Anzahl abgelehnter Besuche wird signifikant von der Jahreszeit beeinflusst, in welcher die Untersuchungen durchgeführt wurden (Winter: $4,94 \pm 3,55$; Sommer: $3,71 \pm 3,14$).

Gemäß den Kalkulationen wurde die Zwischenmelkzeit je Kuh und Tag nicht von den versuchsbezogenen Parametern beeinflusst. Die tägliche Aufenthaltsdauer einer Kuh im Warteraum vor dem AMS wurde signifikant von den Faktoren Jahreszeit ($p=0,0400$) und Fütterungsfrequenz ($p=0,0171$) beeinflusst. Eine Kuh wartete während der Sommeruntersuchungen mit $1,06 \pm 0,78$ h täglich signifikant länger, bis sie in das AMS treten konnte als im Winter. Wurde viermal pro Tag Futter vorgelegt und dreimal täglich nachgeschoben, stand eine Kuh täglich knapp 10 min weniger im Warteraum.

Die Milchleistung je Kuh und Tag unterschied sich hoch signifikant zwischen den Jahreszeiten ($p=0,0076$) und den Fütterungsfrequenzphasen ($p=0,0309$). Während der Sommeruntersuchungen lag die tägliche Milchleistung lediglich bei $20,17 \pm 7,31$ kg und somit auf einem höchst signifikant niedrigeren Niveau als im Winter.

Tierbezogene Faktoren

Die tägliche Melkfrequenz je Kuh wurde mehr von den tierbedingten Faktoren beeinflusst, wie dem Laktationsstadium, der Laktationsnummer und dem Milchleistungsniveau. Vor allem Kühe mit einer Milchleistung > 20 kg, welche sich im ersten Laktationsdrittel befanden,

hatten eine Melkfrequenz von 2,4 bzw. 2,5 Melkungen je Tag aufzuweisen. Insbesondere die tierbezogenen Faktoren TIM-, LNR- sowie MM-Gruppen hatten einen signifikanten Effekt darauf, wie häufig Kühe ohne Melkberechtigung am Selektionstor zurückgewiesen wurden. Junge Kühe zu Beginn der Laktation mit einem höheren Milchleistungsniveau zeigten ein aktives Melkverhalten und wurden signifikant häufiger abgewiesen.

Die Zwischenmelkzeit der Tiere wurde lediglich von den tierbezogenen Faktoren - abgesehen von der Körperkondition – signifikant beeinflusst. Kühe im ersten Laktationsdrittel zeigten ein geringeres Melkintervall von $10,31 \pm 2,55$ h ($p=0,0038$) im Vergleich zu Kühen gegen Ende der Laktation. Kühe ab der 2. Laktation hatten längere Zwischenmelkzeiten ebenso wie Kühe mit einem äußerst geringen Milchleistungsniveau kurz vor dem Trockenstellen. Die tägliche Aufenthaltsdauer der Tiere im Warteraum unterschied sich insbesondere zwischen den BCS- und LNR-Gruppen. Kühe mit einer höheren Körperkondition $>2,5$ mussten signifikant kürzer warten, um in das AMS gehen zu können. Des Weiteren wurde bei jungen Kühen in der 1. Laktation eine tägliche Aufenthaltsdauer im Warteraum von lediglich $0,82 \pm 0,67$ h beobachtet.

Insbesondere die tierbezogenen Faktoren wiesen einen hoch signifikanten Effekt auf die Milchleistung der Kühe auf. Das Leistungsniveau von Kühen im 1. Laktationsdrittel lag im Mittel bei $26,26 \pm 5,40$ kg. Die Milchleistung von Kühen ab der 3. Laktation bewegte sich bei $22,31 \pm 7,61$ kg und Kühe mit einer Körperkondition $<2,5$ hatten eine Leistung von $21,72 \pm 7,08$ kg je Tag im Verlauf der Untersuchungen aufzuweisen.

Tabelle 32: Übersicht der versuchs- und tierbezogenen Einflussfaktoren auf die Melkparameter

Parameter	Anzahl Melkungen/Kuh/d [n]	Anzahl zurückgewiesener Besuche/Kuh/d [n]	Zwischenmelkzeit/Kuh/d [h]	Aufenthaltsdauer im Warteraum/Kuh/d [h]	Milchleistung/Kuh/d [kg]
Versuchsbezogene Faktoren					
Jahreszeit					
W	2,23 ± 0,54	4,94 ± 3,55	11,30 ± 2,43	0,99 ± 0,79	21,56 ± 6,57
S	2,13 ± 0,65	3,71 ± 3,14	12,35 ± 4,07	1,06 ± 0,78	20,17 ± 7,31
p	0,6451	0,0244	0,1493	0,0400	0,0076
Fütterungsfrequenz					
7	2,19 ± 0,58	4,22 ± 3,25	11,62 ± 3,02	1,10 ± 0,79	21,27 ± 6,97
4+3	2,18 ± 0,61	4,45 ± 3,56	12,03 ± 3,71	0,96 ± 0,78	20,46 ± 6,97
p	0,9270	0,2697	0,1635	0,0171	0,0309
Modus Startzeit					
stat	2,20 ± 0,60	4,28 ± 3,41	11,69 ± 3,13	0,98 ± 0,71	20,93 ± 7,21
dyn	2,16 ± 0,59	4,39 ± 3,42	11,96 ± 3,63	1,07 ± 0,85	20,81 ± 6,74
p	0,5251	0,4810	0,3364	0,1893	0,7251
Tierbezogene Faktoren					
TIM					
< 100	2,49 ± 0,60	5,31 ± 4,32	10,31 ± 2,55	1,07 ± 0,70	26,26 ± 5,40
100 - 200	2,14 ± 0,51	4,51 ± 2,92	11,86 ± 3,16	0,95 ± 0,83	20,23 ± 5,40
≥ 200	1,91 ± 0,52	3,20 ± 2,29	13,27 ± 3,65	1,05 ± 0,83	16,17 ± 5,87
p	2,79e-06	0,0162	0,0038	0,7754	1,09e-07
LNR					
1	2,49 ± 0,70	6,02 ± 4,86	10,52 ± 3,41	0,82 ± 0,67	19,17 ± 5,82
2 + 3	2,07 ± 0,51	4,38 ± 2,73	12,84 ± 3,73	1,08 ± 0,80	20,26 ± 6,55
> 3	2,12 ± 0,56	3,41 ± 2,61	12,09 ± 3,21	1,08 ± 0,81	22,31 ± 7,61
p	1,86e-09	5,11e-14	2,14e-06	0,0044	1,14e-08
BCS					
< 2,5	2,17 ± 0,64	4,15 ± 3,73	12,02 ± 3,63	1,21 ± 0,87	21,72 ± 7,08
2,5 – 3,5	2,20 ± 0,56	4,20 ± 3,23	11,69 ± 3,40	0,86 ± 0,65	20,79 ± 6,94
≥ 3,5	2,17 ± 0,56	4,91 ± 2,94	11,63 ± 2,78	0,92 ± 0,73	19,25 ± 6,52
p	0,2960	0,4630	0,3790	3,65e-06	6,61e-05
MM					
< 10	1,43 ± 0,41	1,22 ± 1,21	17,32 ± 5,72	1,38 ± 0,74	7,79 ± 3,89
10 - 20	1,99 ± 0,52	3,70 ± 2,59	12,77 ± 3,39	0,94 ± 0,79	15,95 ± 3,86
≥ 20	2,39 ± 0,57	5,07 ± 3,86	10,64 ± 2,39	1,07 ± 0,78	25,89 ± 4,69
p	4,04e-10	8,11e-05	3,38e-13	0,9060	<2e-16

7. Diskussion

7.1 Versuch zum Einfluss der Fütterungsfrequenz

7.1.1 Versuchsdurchführung

Die Wahl des Versuchsdesigns mit zwei Hauptversuchsphasen und einer Übergangsphase erwies sich als geeignet für die Ermittlung der Auswirkungen einer erhöhten Fütterungsfrequenz eines AFS auf das Verhalten von Milchkühen in einem AMS-Betrieb. Bei dem Untersuchungsbetrieb der LLA Triesdorf handelt es sich jedoch unter anderem um einen Ausbildungsbetrieb, weshalb sich regelmäßig Besucher-/Schülergruppen im Stall aufhielten und somit im Verhältnis zur Dauer der Versuchsphasen (jeweils 3 Wochen) nur wenige Tage für die Auswertungen des Tierverhaltens herangezogen werden konnten.

Ferner wäre eine Versuchsphase mit gleichen Frequenzen auch für das Futternachschieben wie für das Futterverteilen in beiden Versuchsphasen von Vorteil gewesen. Den Betriebsleitern war es wichtig, dass das Futter bei einer nur zweimal täglichen Futtervorlage in Versuchsphase 2 häufiger und somit dreimal pro Tag im Vergleich zu zweimal pro Tag in Versuchsphase 1 nachgeschoben wurde.

Die als Identifikationseinheiten des Real-Time Location System Ubisense Series 7000 eingesetzten Compact Tags sind aufgrund ihrer geringen Batterielaufzeit nur bedingt für die lange Datenerfassung zum Tierverhalten vor allem während des Winters und einem somit kältebedingten erhöhten Energieverbrauch geeignet. Es entstand ein hoher zeitlicher Aufwand für das Wechseln der Batterien und eine dadurch bedingte Beeinträchtigung des Tierverhaltens, da die Tiere für diese Tätigkeit im Fressgitter eingesperrt wurden. Jene Versuchstage konnten folglich nicht für die Auswertungen herangezogen werden. Außerdem war es dadurch nicht möglich, von allen Tieren und Versuchstagen vollständige Datensätze zu erhalten, weshalb für die Auswertungen der Positionsdaten lediglich jene 20 Kühe ausgewählt werden konnten, von denen die Daten lückenlos vorlagen.

7.1.2 Tierverhalten

7.1.2.1 Futteraufnahmeverhalten

Trotz der sechsmal täglichen Futtervorlage während Versuchsphase 1 wurde ebenso wie in Versuchsphase 2 ein biphasischer Rhythmus des Aufenthalts der Kühe am Fressplatz mit Maxima am Morgen und Abend festgestellt (Abbildung 30) (SAMBRAUS, 1991). Aber auch PHILLIPS und RIND (2001) sowie DEVRIES et al. (2005) beobachteten eine erhöhte Futteraufnahme am späten Abend und am frühen Morgen, wenn häufiger gefüttert wurde

und bestätigen somit die Ergebnisse eines biphasischen Rhythmus der Futteraufnahme trotz erhöhter Fütterungsfrequenz und trotz eines AMS. Hinsichtlich der Verteilung der Besuche am Fressplatz können die Erkenntnisse von MATTACHANI et al. (2015) belegt werden. Denn auch in den vorliegenden Untersuchungen waren die Aufenthalte der Tiere am Fressplatz gleichmäßiger im Tagesverlauf verteilt, wenn die Kühe sechsmal täglich gefüttert wurden.

Ebenso wie bereits MÄNTYSAARI et al. (2006) in ihren Untersuchungen feststellten, hielten sich die Kühe in den vorliegenden Erhebungen mit 4,06 h im Vergleich zu 2,65 h signifikant länger am Fressplatz auf, wenn sie täglich sechsmal gefüttert wurden. Auch DEVRIES et al. (2005) zeigten eine höhere Futteraufnahmedauer bei gesteigerter Fütterungsfrequenz. Gleichzeitig zeigen die vorliegenden Untersuchungen eine erhöhte Dauer des Stehens und Wartens im Fressgang ohne aktive Futteraufnahme bei einer nur zweimal täglichen Futtervorlage. Dies weist auf einen erhöhten Andrang und vermehrte Auseinandersetzungen vor und während der Futteraufnahme hin. Im Vergleich zu Versuchsphase 1 waren bei nur zwei Fütterungen mehr Tiere bemüht, gleichzeitig Futter aufzunehmen. Somit können die Ergebnisse von OLOFSSON (1999) und HUZZEY et al. (2006) annähernd bestätigt werden, dass bei einem begrenzten Fressplatzangebot kürzere Fresszeiten und eine gleichzeitig längere Dauer des inaktiven Stehens im Fressbereich ermittelt wird. Die Aussagen von DEVRIES und VON KEYSERLINGK (2005) sowie von GROTHMANN (2015), dass eine erhöhte Fütterungsfrequenz einen gleichmäßigeren Zugang zu frischem Futter führt, können bestätigt werden. Doch bleibt zu berücksichtigen, dass während Versuchsphase 2 mehr Kühe in der Herde waren und somit ein geringeres Fressplatzangebot je Tier im Vergleich zu Versuchsphase 1 vorherrschte.

7.1.2.2 Liegeverhalten

Die Auswertungen ergaben keinen signifikanten Einfluss der erhöhten Fütterungsfrequenz auf die Aufenthaltsdauer der Kühe im Liegebereich. DEVRIES et al. (2005) sowie MATTACHANI et al. (2015) beobachteten in ihren Untersuchungen ebenfalls keine signifikanten Veränderungen der Liegedauer mit variierender Fütterungsfrequenz. Dies bestätigt die Erkenntnisse von MUNKSGAARD et al. (2006), dass das Liegen im Vergleich zu anderen Verhaltensweisen eine höhere Priorität hat. Die Autoren hatten Informationen über die tatsächlichen Liegeereignisse, wohingegen in den vorliegenden Untersuchungen über die Positionsdaten lediglich der Aufenthalt und nicht das tatsächliche Liegeereignis in der Liegebox angegeben werden kann.

7.1.2.3 Melkverhalten im AMS

Die vorliegenden Ergebnisse einer signifikant höheren Melkfrequenz von $2,46 \pm 0,09$ Melkungen je Kuh und Tag bei täglich sechs Fütterungen im Vergleich zu zwei Fütterungen pro Tag ($2,34 \pm 0,05$ Melkungen je Kuh und Tag) bestärken die Vermutungen von RODENBURG (2002), dass die Vorlage frischen Futters mehrmals am Tag die freiwilligen Besuche im AMS erhöhen kann. BELLE et al. (2012) sowie MATTACHANI et al. (2015) stellten jedoch keinen Effekt einer veränderten Fütterungsfrequenz auf die Anzahl der Melkungen in einem AMS fest. Der Anstieg der Zwischenmelkzeit von 8,39 h auf 10,11 h dürfte auf die verringerte Melkfrequenz der Tiere in Versuchsphase 2, die längeren Wartezeiten im Fressgang sowie am Fressstand zurückzuführen sein. Wie bereits verschiedene Autoren (KUDRNA, 2003; ALZAHAL et al., 2006; MÄNTYSAARI et al., 2006; HART et al., 2014; GROTHMANN, 2015; MATTACHANI et al., 2015) feststellten, wurde auch in den Untersuchungen an den LLA Triesdorf kein Effekt der höheren Fütterungsfrequenz auf die Milchleistung der Kühe ermittelt. Diese wird vor allem von tierseitigen Faktoren wie der Laktationsnummer und dem Laktationsstadium der Kühe beeinflusst (GROTHMANN, 2015).

Die häufigere Futtermöglichkeit durch ein AFS führte zu einer Entzerrung des Kuhverkehrs im Untersuchungsbetrieb. Die Tiere hatten die Möglichkeit, gleichmäßig im Tagesverlauf frisches Futter aufzunehmen und sich anschließend wieder in den Liegebereich zurückzuziehen bzw. das AMS aufzusuchen. Die Erhebungen machen deutlich, dass eine begrenzte Verfügbarkeit der Ressource frisch gemischtes und vorgelegtes Futter zu einem höheren Zeitaufwand für die Futteraufnahme führen kann. Dieser steigt vor allem wegen untätigem Stehen im Fressgang und Fressstand an und steht somit der Kuh wegen des begrenzten Tagesbudgets von 24 h nicht mehr für weitere Aktivitäten (z.B. Ruhen, Futteraufnahme) zur Verfügung. Insbesondere können dadurch rangniedere Kühe benachteiligt werden, wie bereits WIERENGA (1990) und OLOFSSON (1999) feststellten.

7.2 Versuch zum Einfluss statischer und dynamischer Fütterungs- und Nachschiebezeiten

7.2.1 Versuchsdurchführung

7.2.1.1 Untersuchungsbetrieb

Im Rahmen der Untersuchungen in den LLA Triesdorf wurde festgestellt, dass weitere Erhebungen mit statischen und dynamischen Fütterungs- sowie Nachschiebezeiten in einem Praxisbetrieb durchgeführt werden sollten. Somit ist keine Beeinflussung des Tierverhaltens durch Besuchergruppen, Schulungsbetrieb und andere Versuchsanstellungen gegeben. Die Durchführung der weiteren Erhebungen in einem Praxisbetrieb mit AMS und AFS

hat sich somit als sehr positiv herausgestellt. Es war möglich, mit den Betriebsleitern Versuchsroutinen abzustimmen und die Dokumentationen, wie z.B. das Ausfüllen des Arbeitstagebuchs, wurden zuverlässig erledigt. Doch wurden in dem Untersuchungsbetrieb mit 78 – 80 Kühen zu viele Tiere mit einem AMS gemolken. Außerdem wurden die überfälligen Kühe während der Sommeruntersuchungen zu spät geholt. Diese beiden Aspekte führten selbstverständlich zu einer Beeinflussung des Melkverhaltens und insbesondere verlängerten Zwischenmelkzeiten (siehe Kapitel 7.2.2.1).

Das AMS und AFS zeigten während der Untersuchungen lediglich vereinzelte Störungen, welche innerhalb von ca. 15 min behoben werden konnten. In Versuchsphase W-stat 2 kam es jedoch an zwei Versuchstagen in den Nachtstunden zu einem Fütterungsstart, obwohl ein Futternachschieben durchgeführt wurde.

7.2.1.2 Versuchsdesign

Die Wahl des Versuchsdesigns erwies sich als geeignet, um die Unterschiede in den Effekten einer statischen und dynamischen Durchführung vieler Fütterungsvorgänge und einer mittleren Anzahl von frischen Futtervorlagen sowie Nachschiebevorgängen auf das Verhalten von Milchkühen zu erfassen. Außerdem ist die Durchführung der Erhebungen im Winter und Sommer bei veränderten Temperatur- und Tageslichtlängenbedingungen zu empfehlen. In weiterführenden Untersuchungen sollten jedoch auch die Dynamisierung der Fütterungsfrequenz sowie eine Veränderung der jeweils vorgelegten Futtermenge innerhalb der Versuchsphasen möglich sein und deren Effekte auf das Tierverhalten analysiert werden. Des Weiteren wäre eine Versuchsanstellung zu empfehlen, im Rahmen welcher die Zeitfenster zur Dynamisierung freier gewählt werden könnten und das AFS nicht zu vorher definierten Tageszeiten aufgrund der Fütterung anderer Tiergruppen im Betrieb (z.B. Jungvieh) im Einsatz wäre.

7.2.1.3 Datenerfassung und –aufbereitung

Der Einsatz des Real Time Location Systems Ubisense Series 7000 war sehr gut zur kontinuierlichen und tierindividuellen Erfassung von Positionsdaten sowie der Ableitung der betrachteten Verhaltensparameter geeignet. Auch die Verwendung der Industrial Tags anstatt der während der Untersuchungen in den LLA Triesdorf eingesetzten Compact Tags ist aufgrund der längeren Batterielaufzeit und Stabilität der Transponder zum Einsatz bei Milchkühen unter Stallumgebungsbedingungen zu empfehlen. Die Tests verschiedener Befestigungsmethoden der Transponder an Halsbändern sowie deren Anbringung am Tier

im Rahmen einer viermonatigen Vorversuchsphase bewirkten eine Reduzierung des Wartungsaufwands sowie eine damit einhergehende verminderte Beeinflussung des Tierverhaltens und somit des Versuchsablaufs.

Es bleibt jedoch zu berücksichtigen, dass die Anwendung eines Positionierungssystems mit einem Erfassungsintervall der Tierpositionen von 1 s zu einem äußerst hohen Datenaufkommen führt, welches eine entsprechende Rechner- und Speicherkapazität sowie natürlich auch programmierte Algorithmen zur Datenverarbeitung und Ableitung des Verhaltens erfordert. Außerdem ist hierbei die permanente Anwesenheit einer Versuchsperson während der Untersuchungen erforderlich. In regelmäßigen Abständen sind die Funktionsicherheit des Systems, die erfassten Daten sowie der Halt als auch die dorsale Position der Transponder im Nacken der Kühe zu kontrollieren. Andernfalls wird ein Ausfall des Systems, ein möglicher Transponder- und somit Datenverlust und folglich der Erfolg der Versuchsdurchführung riskiert.

Die angewandte Echtzeitverarbeitung der Positionsdaten ist für die Überwachung der Aufenthaltsdauer der Kühe am Fressplatz in Echtzeit zu empfehlen. Auch die Kumulierung jener Aufenthaltsdauer sowie die Schwellenwertermittlung aus den Maxima der kumulierten Aufenthaltsdauer der Kühe am Fressplatz erwies sich als gutes Maß, um über die zeitliche Durchführung der Futtervorlage- und Nachschiebezeiten während der dynamischen Versuchsphasen entscheiden zu können. Die Methode ist sehr gut geeignet, um sich an die Klärung dieser Fragestellung anzunähern. Doch muss in weiterführenden Erhebungen die Tageszeit sowie die Jahreszeit bei der Schwellenwertbildung berücksichtigt werden. So ist es beispielsweise wichtig, aufgrund der endogenen Rhythmik der Kühe und der Motivation, in den Nachtstunden zu ruhen, in diesem Zeitraum einen geringeren Schwellenwert zu wählen.

Die regelmäßige subjektive Bewertung der Veränderung der Futtermenge im Trogverlauf war mit dem erarbeiteten Schema während der dynamischen Untersuchungen zügig und ohne eine Beeinträchtigung der Tiere und deren Verhalten möglich. Aufgrund der Subjektivität des Bewertungsschemas sowie der Entscheidungen über einen Fütterungs-/Nachschiebestart war es jedoch erforderlich, dass jene Versuchstätigkeiten lediglich von einer Person durchgeführt wurden. Somit war es nur möglich, die dynamischen Versuchsphasen über einen Zeitraum von lediglich fünf Tagen zu erstrecken. Außerdem ist für weitere Untersuchungen ein Abgleich der mit dem subjektiven Bewertungsschema ermittelten Futtermengen mit jenen mit Hilfe eines Sensors erfassten Futtermengen im Trog zu empfehlen.

7.2.1.4 Datenauswertung

Die programmierten Algorithmen zur Auswertung der Positionsdaten sind zur Bestimmung des Futteraufnahme- und Liegeverhaltens sowie der Aufenthaltsdauer im Warteraum sehr gut geeignet. Auch über die AMS-Daten können die Melkparameter in Gänze ermittelt werden.

Die Verarbeitung der tierindividuellen Positionsdaten in „R“ in Anlehnung an die Ausführungen von TOLKAMP et al. (1998), YEATES et al. (2001) und YEATES et al. (2002) sowie die Anwendung des R-Pakets „mixdist“ nach der Beschreibung von McDONALD und DU (2015) ist auch für weitere Berechnungen zur Ermittlung der tierindividuellen und versuchsphasenbezogenen Mahlzeitenkriterien zu empfehlen und anzuwenden. Hiermit wurde eine Grundlage geschaffen, Positionsdaten zur Beschreibung des Futteraufnahmeverhaltens zu verarbeiten und auszuwerten (Abbildung 51).

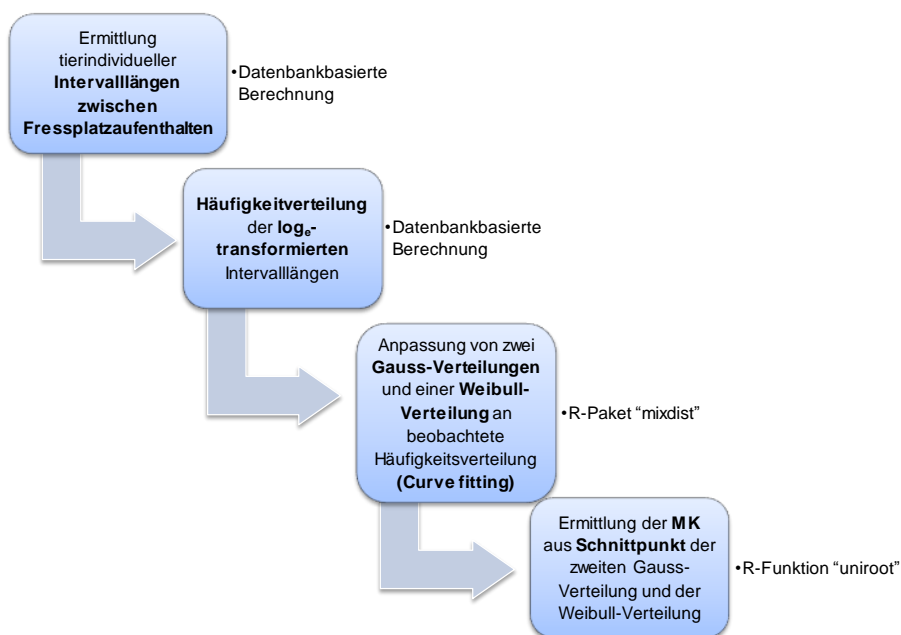


Abbildung 51: Schematische Darstellung der Verarbeitung der Positionsdaten zur Ermittlung der tierindividuellen und versuchsphasenbezogenen Mahlzeitenkriterien

Die Bildung eines kritischen Intervalls zur Ermittlung der Aufenthaltsperioden im LB stellt eine anwendbare Möglichkeit dar, kürzere einzelne Aufenthalte im Liegebereich in Aufenthaltsperioden zu gliedern und somit kürzere Unterbrechungen des Aufenthalts in der Liegeboxe nicht überzubewerten. Die Vorgehensweise und das ermittelte kritische Intervall zur Unterteilung des Aufenthalts im Liegebereich in Aufenthaltsperioden von 18 min werden durch die Untersuchungen von TOBER und LOEBSIN (2013) und deren bei dem Einsatz

von ALT-Pedometern ermitteltem kritischen Intervall von 20 min bestätigt. Die in den vorliegenden Untersuchungen erfasste Anzahl der Aufenthaltsperioden der Tiere im Liegebereich ist mit deren Ergebnissen vergleichbar. Die gesamte Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich je Kuh und Tag ist allerdings höher als die ermittelten Literaturwerte (Tabelle 3), doch sind in dieser Kenngröße der vorliegenden Untersuchungen neben dem tatsächlichen Liegen auch andere Aktivitäten enthalten (z.B. Stehen in der Liegebox). Über die Positionsdaten war es nur möglich, den Aufenthaltsort aber nicht die dort ausgeführte Tätigkeit der Tiere zu erfassen. Für weitere Berechnungen ist es zu empfehlen, ebenso wie bei der Mahlzeitenkriterienermittlung beschrieben, tierindividuelle kritische Liegeintervalle für die jeweiligen Versuchsphasen zu bilden.

7.2.2 Tierverhalten

7.2.2.1 Vergleich der statischen und dynamischen Versuchsphasen

Herdenverhalten

Das Verhalten der Milchkühe im Untersuchungsbetrieb war sowohl während der statischen als auch der dynamischen Versuchsphasen im Verlauf von 24 h durch einen biphasischen Rhythmus gekennzeichnet. Wie bereits von verschiedenen Autoren (ALBRIGHT, 1993; SAMBRAUS, 1991; BEAUCHEMIN et al., 2002; DEVRIES et al., 2003) festgestellt wurde, war die Besuchsaktivität am Fressplatz während der Nachtstunden reduziert und durch eine ausgeprägte Aufenthaltsphase im Liegebereich geprägt (DEVRIES et al., 2005; FREIBERGER, 2005). Die deutliche Ruhephase der Herde in den Nachtstunden war vor allem im Winter bei geringerer Tageslichtlänge zu beobachten, während im Sommer die Maxima des Aufenthalts im Liegebereich sowohl während des Lichttages als auch nachts auf einem ähnlichen Niveau lagen. Im Winter wurden in den Nachtstunden sogar über 90 % der Tiere im Liegebereich erfasst, im Sommer dagegen maximal ca. 80 %.

Somit waren der Hell-Dunkel-Wechsel (CAMPBELL und TOBLER, 1984; GRANT und ALBRIGHT, 2000; HELMREICH et al., 2010) sowie die Tageslichtlänge (PHILLIPS, 2002; SAMBRAUS, 1991) sowohl während der statischen als auch dynamischen Versuchsphasen bedeutende Einflussfaktoren auf das Verhalten der Tiere. Im Sommer hielten sich während des Lichttages mit etwa 60 bis 70 % der Herde weniger Tiere am Fressplatz auf als im Winter. Auch bewirkte die Fütterung um 19:45 Uhr, ähnlich den Fütterungen während des Tages, einen höheren Anstieg der Anzahl Tiere am Fressplatz als im Winter, da es im Sommer zu dieser Zeit noch hell und die Motivation der Kühe zur Futteraufnahme wohl erhöht war. Dadurch konnte die geringere Aufenthaltsdauer am Fressplatz während des Tages kompensiert werden.

Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass das Verhalten von Milchkühen auch unter Stallumgebungsbedingungen endogen fixiert ist und von exogenen Zeitgebern beeinflusst wird (PORZIG und SAMBRAUS, 1991; VOLLMERS et al., 2009). In Übereinstimmung mit den Untersuchungen von DEVRIES und VON KEYSERLINGK (2005) sowie MELIN et al. (2005a) wird die Futtermotivierung als einer der bedeutendsten exogenen Einflussfaktoren ermittelt, um Kühe zu motivieren, den Liegebereich zu verlassen und den Fressplatz aufzusuchen. So führte jede frische Futtermotivierung sowohl während der dynamischen als auch statischen Versuchsphasen zu einem Anstieg des Anteils der Tiere am Fressplatz. Jedoch war dieser Anstieg während der dynamischen Phasen zeitlich um das veränderte Fütterungsintervall verschoben. Auch GROTHMANN (2015) und PHILLIPS und RIND (2001) stellten bereits fest, dass jede Fütterung den Anteil der Tiere am Fressplatz erhöht.

Während der Versuchsphase S-dyn 2 wurde lediglich am zweiten Versuchstag d2 in den Nachtstunden anstatt eines Nachschiebevorganges eine frische Futtermotivierung durchgeführt. Diese Fütterung verursachte einen während des Lichttages üblichen Anstieg des Anteils der Tiere am Fressplatz auf etwa 70 %. Wie bereits NIU et al. (2014) beobachteten, kann der Zeitpunkt der Futtermotivierung den täglichen endogen fixierten Rhythmus überlagern. Aber aufgrund des lediglich Nachschiebens um etwa 22:15 Uhr und einer Trogfüllung von etwa 50 % zu dieser Zeit war bei der folgenden Fütterung um 2:15 Uhr kein Futter mehr im Trog und somit die Motivation der Kühe zur Futteraufnahme wohl stärker als ihr Bedürfnis zu liegen. An den anderen Versuchstagen bewirkte die Fütterung in den Nachtstunden um etwa 3:00 Uhr einen Anstieg des Anteils der Tiere am Fressplatz auf nur bis zu 50 %. Der endogen fixierte Rhythmus dürfte hier wohl kaum beeinflusst worden sein.

Die Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten führte zu einem während der statischen Versuchsphasen im Tagesverlauf ähnlichen Anstieg der Anzahl Melkungen im AMS. Durch die Fütterungs- und Nachschiebevorgänge wurden die Kühe somit nicht nur zur Futteraufnahme motiviert, sondern auch im Anschluss das AMS aufzusuchen, jedoch mit einer dem Fütterungs-/Nachschiebeintervall entsprechenden Verzögerung. Doch wurde auch hier ein biphasischer Melkrhythmus mit einer etwas geringeren Melkfrequenz in den Nachtstunden beobachtet. Die Futtermotivierung hat somit nicht nur einen großen Effekt auf die Anwesenheit der Tiere am Fressplatz, sondern auch auf die Anzahl der Melkungen im Tagesverlauf.

Der Unterschied zwischen Lichttag und Nacht war während der Sommerversuchsphase S-dyn 1 weniger ausgeprägt, da eine wesentlich kürzere Dunkelphase als im Winter vorlag. Allgemein wurden im Sommer größere Schwankungen der Anzahl der Melkungen je 30

Minuten-Intervall als im Winter beobachtet. Im Sommer verlagerten die Tiere ihre Aktivität vermutlich aufgrund der höheren Temperatur mehr in die Nachtstunden. Dies könnte der Grund dafür gewesen sein, dass die Anzahl der Melkungen während der Versuchsphase S-dyn 2 im Vergleich zu S-stat 2 in den Nachtstunden sogar auf einem teilweise höheren Niveau als während des Tages war. Wie bereits HARMS (2004) feststellte, hatten aber natürlich auch die Reinigungszeiten des AMS und die Arbeitszeiten der Betriebsleiter im Stall einen Einfluss auf die Anzahl der Melkungen sowohl während der statischen als auch dynamischen Versuchsphasen.

Einzelparameter

Die Ergebnisse zu Dauer und Häufigkeit der **Mahlzeiten** der Kühe im Untersuchungsbetrieb können sowohl in den statischen als auch dynamischen Versuchsphasen mit jenen der Literaturübersicht (Tabelle 1) verglichen werden. Auch die **Aufenthaltsdauer am Fressplatz** der vorliegenden Untersuchungen kann in die Literaturergebnisse eingeordnet werden (TUCKER, 2009).

Wurden die Fütterungs- und Nachschiebezeiten dynamisiert, besuchten die Kühe mit $31,24 \pm 10,58$ Aufenthalten täglich hoch signifikant häufiger den Fressplatz als während der statischen Versuchsphasen ($29,37 \pm 9,99$ Aufenthalte je Kuh und Tag). Trotz einer signifikant geringeren Dauer der einzelnen Fressplatzaufenthalte von 11,4 min im Vergleich zu 12,6 min während der statischen Phasen bewegte sich die mittlere Aufenthaltsdauer der Kühe am Fressplatz auf einem vergleichbaren Niveau von $5,36 \pm 1,36$ h in den dynamischen Versuchsphasen und $5,33 \pm 1,28$ h in den statischen.

Jedoch zeigt eine weitere Analyse einen deutlichen Unterschied zwischen den Jahreszeiten. So führte die Dynamisierung der sieben Fütterungszeiten im Sommer S-dyn 1 zu mehr einzelnen Aufenthalten am Fressplatz im Tagesverlauf mit einer den statischen Phasen vergleichbaren Dauer und somit bei hohen Umgebungstemperaturen zu einer signifikant längeren Aufenthaltsdauer der Kühe am Fressplatz, obwohl die Fressplatzbelegung geringer war. Auch die Dauer der täglichen Mahlzeiten war mit $6,49 \pm 1,79$ h je Kuh und Tag während der dynamischen Phase (S-dyn 1) signifikant höher als während der statischen (S-stat 1). Dabei war gleichzeitig auch die Anzahl der Mahlzeiten je Kuh und Tag höher. Dagegen war in der Versuchsphase S-dyn 1 das Mahlzeitenkriterium (MK) um im Mittel 7,6 min kürzer als während S-stat 1. Gleichzeitig wurde während S-dyn 1 im Vergleich zu S-stat 1 und den Winterphasen ein geringerer Andrang der Tiere an den Fressplatz in den ersten 60 min nach der Futtevorlage beobachtet. Die Kühe kamen später an den Fress-

platz und hielten sich dort aber länger auf. Diese Ergebnisse lassen eine mögliche gleichmäßigere Verteilung der Fressplatzbesuche und Mahlzeiten der Kühe im Tagesverlauf mit reduzierten Auseinandersetzungen und einer gleichmäßigeren Zugänglichkeit zu frischem Futter (DEVRIES und VON KEYSERLINGK, 2005) unter hohen Umgebungstemperaturbedingungen erkennen, wenn die Zeiten einer häufigen frischen Futtervorlage entsprechend der Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz und der im Trog vorhandenen Futtermenge dynamisch gestaltet werden.

Das Futteraufnahmeverhalten einschließlich der Mahlzeitenparameter unterschied sich sowohl während der statischen als auch dynamischen Versuchsphasen zwischen den Tieren verschiedener Laktationen und Laktationsstadien. So wurde bei Kühen in der zweiten und dritten Laktation und in den ersten 100 Laktationstagen während der Dynamisierungsphasen ein signifikant längeres MK von im Mittel 35,79 min je Kuh im Vergleich zu 27,01 min je Kuh während der statischen Phasen festgestellt. Auch die mittlere Dauer der Mahlzeiten jener Kühe war bei dynamischen Fütterungs- und Nachschiebezeiten höher als bei den statischen (1,35 h vs. 0,92 h je Kuh und Tag). Die gesamte Mahlzeitendauer war bei diesen Tieren mit 6,7 h je Kuh und Tag um 30 min länger als während der statischen Phasen.

Ein Vergleich der tierindividuellen Mahlzeiten im Winter und Sommer zeigt, dass vor allem junge Kühe in der ersten Laktation und mit geringer Milchleistung (< 10 kg) gegen Ende der Laktation (≥ 200 d) während der Versuchsphase S-dyn 2 bei hohen Umgebungstemperaturen ein ausgeglichenes Futteraufnahmeverhalten aufwiesen. So waren die Futteraufnahmezeiten durch ein längeres MK von 24,79 min im Vergleich zu 7,77 min in den statischen Phasen in weniger aber dafür längere Mahlzeiten unterteilt (statisch 0,98 h vs. dynamisch 1,36 h). Die gesamte Mahlzeitendauer war somit bei Dynamisierung der Fütterungszeiten mit 8,00 h je Kuh und Tag deutlich länger als während der statischen Phasen mit 6,62 h. Obwohl in Versuchsphase S-dyn 2 signifikant längere Wartezeiten im Fressgang von im Mittel 6 min je Kuh und Tag ermittelt wurden, mussten junge Kühe in der ersten Laktation, zu Beginn der Laktation (< 100 d) und mit einer höheren Milchleistung (10 – 20 kg und ≥ 20 kg) um 3,5 bis 13,3 min je Kuh und Tag signifikant kürzer im Fressgang auf die aktive Futteraufnahme warten. Nach SCHRADER (2009) und WINCKLER (2009) ist der Rang der Kühe mit dem Alter der Tiere korreliert. Somit könnten vermutlich gemäß den vorliegenden Ergebnissen vor allem junge und somit rangniedere Kühe im Untersuchungsbetrieb von der Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten profitieren. Sie haben dadurch vor allem im Sommer unter Hitzestressbedingungen die Möglichkeit, ihr Futteraufnahmeverhalten in länger andauernde Mahlzeiten mit längeren Pausen dazwischen zu unterteilen. Somit können sie die ihrem Bedarf entsprechende Futtermenge mit weniger

Unterbrechungen aufnehmen. Außerdem ist davon auszugehen, dass durch die gleichmäßigere Verteilung der Fressplatzbesuche der Tiere im Tagesverlauf auch die Auseinandersetzungen am Fressplatz unter den gegebenen Betriebsbedingungen reduziert werden können.

Während es bei den einzelnen **Aufenthalten im Liegebereich** keine Unterschiede in der Frequenz, der mittleren und gesamten Dauer zwischen den dynamischen und statischen Versuchsphasen gab, wurde bei dynamischer Durchführung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten das Liegeverhalten der Kühe in hoch signifikant weniger Aufenthaltsperioden (statisch $8,58 \pm 1,76$ je Kuh und Tag vs. dynamisch $8,18 \pm 1,59$ je Kuh und Tag) von jeweils höchst signifikant längerer Dauer unterteilt. Während der dynamischen Versuchsphasen wurden somit längere zusammenhängende Aufenthaltsperioden und in der Folge ein gleichmäßigeres Liegeverhalten im Tagesverlauf beobachtet, obwohl die gesamte Dauer der Aufenthaltsperioden pro Kuh und Tag im Mittel um 24,6 min signifikant kürzer war als während der statischen Versuchsphasen.

Als bedeutender Einflussfaktor auf das Liegeverhalten stellten sich die jeweilige Jahreszeit und die vorherrschenden Temperaturbedingungen sowie die Tageslichtlänge heraus. Unabhängig von dem Modus der Startzeit der Fütterungs- und Nachschiebezeiten zeigten die Kühe unter heißen Umgebungsbedingungen im Sommer wesentlich mehr einzelne Aufenthalte im Liegebereich von kürzerer Dauer. Auch GUTERMANN et al. (2005) sowie TUCKER et al. (2008) haben festgestellt, dass Kühe unter heißen Temperaturbedingungen länger stehen und ihre Liegezeiten verkürzen. Im Winter führte die Dynamisierung der sieben Fütterungszeiten in W-dyn 1 zwar zu tendenziell weniger aber dafür signifikant längeren und ausgedehnteren Aufenthalten bzw. Aufenthaltsperioden im Liegebereich. Auch in Versuchsphase S-dyn 1 wurden ein signifikanter Anstieg der mittleren Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich (statisch $1,58 \pm 0,80$ h vs. dynamisch $1,83 \pm 0,59$ h) ermittelt. Während der Versuchsphase S-dyn 1 wurden im Vergleich zu S-stat 1 auch kontinuierlich mehr Tiere im Liegebereich erfasst. Dies kann darauf hindeuten, dass die Dynamisierung zu einem gleichmäßigeren und ausgedehnteren Ruheverhalten der Kühe im Untersuchungsbetrieb führen kann. Insbesondere trifft dies im Sommer unter heißen Temperaturbedingungen und verminderter Motivation zum Liegen zu. Diese Unterschiede sind in allen Laktations-, TIM-, BCS- und MM-Gruppen zu erkennen. Jedoch verweilten vor allem ältere Kühe ab der 4. Laktation und mit einem BCS-Wert $\geq 3,5$ länger im Liegebereich und zeigten längere zusammenhängende Aufenthalte im Vergleich zu jungen Kühen in der ersten Laktation. Somit können die Ergebnisse von LIEBHART (2009) bestätigt werden, dass rangniedere Kühe mehr Liegeperioden aufweisen als ranghöhere. Nach GROTHMANN (2015)

wird die Liegedauer pro Liegeperiode vom Laktationstag und der Laktationsnummer beeinflusst. Ein Grund dafür können verschiedene Milchleistungen sein. Nach FREGONESI und LEAVER (2001) haben hochleistende Kühe eine geringere Liegedauer und gleichzeitig eine höhere Fressdauer als niederleistende Tiere. Diese Unterschiede zwischen den verschiedenen Milchleistungsgruppen wurden in den vorliegenden Untersuchungen in der Tendenz beobachtet, aber nicht signifikant belegt.

Die Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten führte im Allgemeinen zu keinen signifikanten Veränderungen der **Melkparameter**. Doch wurde während der Versuchsphase W-dyn 1 mit $1,34 \pm 1,07$ h eine signifikant längere Aufenthaltsdauer der Kühe im Warteraum vor dem AMS festgestellt. Dieser erhöhte Zeitaufwand der Tiere für das alleinige Warten kann ein Grund für die signifikant reduzierte Aufenthaltsdauer am Fressplatz sein. Nach MUNKSGAARD et al. (2005) hat das Liegen bei begrenzten Ressourcen Priorität gegenüber anderen Verhaltensweisen, weshalb in diesem Fall wohl die zur Futteraufnahme aufgewendete Zeit sowohl durch die längeren Aufenthalte im Liege- als auch im Wartebereich reduziert wurde. Aufgrund der erhöhten Wartedauer vor dem AMS hatten die Kühe möglicherweise ein geringeres Zeitbudget am Tag, um häufiger zum Melken zu gehen, weshalb folglich auch die Zwischenmelkzeiten anstiegen.

Wie bereits HARMS (2004) feststellte, haben Kühe ein Melkmuster, das über bestimmte Zeit bestehen bleibt. Somit kann es durch die für das Tier nicht vorhersehbare Verschiebung der Fütterungs-/Nachschiebezeiten sogar zu einer Beeinträchtigung des Verhaltens kommen, dass sie länger im Warteraum stehen müssen, die Melkfrequenz sinkt und die Zwischenmelkzeit folglich ansteigt. Aber wie bereits BELLE et al. (2012) feststellten, wird die Melkfrequenz unter anderem auch von der Anzahl zu melkender Kühe an einem AMS beeinflusst und in den durchgeführten Untersuchungen wurde mit 78 – 80 Tieren eine hohe Anzahl Kühe mit einem AMS gemolken. Außerdem hat das Nachtreiben überfälliger Kühe eine Bedeutung für die Melkfrequenz (DEMING et al., 2013; HARMS, 2004) und dies geschah vor allem während der Sommeruntersuchungen zu spät.

Das Melkverhalten wird besonders von tierbezogenen Faktoren wie Laktationsnummer und Laktationsstadium (NIXON et al., 2009) sowie der Körperkondition und dem Milchleistungsstadium beeinflusst. Es zeigte sich, dass die Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten tendenziell zu längeren Wartezeiten vor dem AMS führte, doch junge Kühe in der ersten Laktation und zu Beginn der Laktation (< 100 d) mit im Mittel $41,0 \pm 31,2$ min je Kuh und Tag geringfügig kürzer warten mussten als während der statischen Versuchsphasen ($44,4 \pm 16,8$ min). Unabhängig von statischen und dynamischen Versuchsphasen wurde im Sommer eine signifikant geringere Milchleistung bei den Kühen festgestellt als in

den Winterversuchen. Dies könnte wie bei DAS et al. (2016) beschrieben, auf die hohen Umgebungstemperaturen und folglich Hitzestressbedingungen für die Tiere zurückzuführen sein. Auch die geringeren Inhaltsstoffe der Mischfütterration im Sommer könnten einen Einflussfaktor darstellen. Die Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten resultierte vor allem bei jungen Kühen in der ersten Laktation, zu Beginn der Laktation (< 100 d) und einer Milchleistung von $10 - 20$ kg in einer signifikant höheren Melkfrequenz von $3,22 \pm 0,47$ Melkungen je Kuh und Tag im Vergleich zu $2,42 \pm 0,59$ Melkungen je Kuh und Tag während der statischen Phasen. Diese erhöhte Melkaktivität jener Kühe zeigte sich auch in der signifikant höheren Anzahl abgewiesener Besuche am Smartgate von $9,22 \pm 3,98$ während der dynamischen Phasen im Vergleich zu $3,13 \pm 2,84$ abgewiesenen Besuchen bei den statischen Startzeiten und resultierte folglich in signifikant kürzeren Zwischenmelkzeiten (statisch $10,19 \pm 1,51$ h je Kuh und Tag vs. dynamisch $7,75 \pm 0,73$ h je Kuh und Tag). Ältere Kühe ab der 4. Laktation zeigten keinen Unterschied in der Anzahl abgewiesener Melkversuche sowie in der Anzahl Melkungen zwischen den beiden Versuchsphasen statisch und dynamisch. Dies könnte daran liegen, dass junge Kühe zu Beginn der Laktation noch keinen festen Melkrhythmus in dem automatisierten Melksystem entwickelt haben, wie es bei älteren Kühen zu beobachten ist und folglich durch die Verschiebung der Fütterungszeiten stärker motiviert wurden, das AMS aufzusuchen. Es könnte aber auch darin begründet sein, dass ältere Kühe im Rang höher stehen und bei geänderten Fütterungszeiten trotzdem zum Melken gehen können, wenn sie dies möchten, während jüngere sich dann jeweils eine freie Zeit suchen müssen, die von Seite der Technik und auch von den anderen Kühen möglich ist.

Auch die Umtriebsform stellt einen bedeutenden Einflussfaktor auf das Melkverhalten dar. Wie KETELAAR (1998) und HARMS (2004) feststellten, liegen die Wartezeiten vor dem AMS bei gelenktem bzw. selektiv gelenktem Kuhverkehr auf einem höheren Niveau als bei freiem Kuhverkehr. In den vorliegenden Untersuchungen lag zwar prinzipiell freier Kuhverkehr vor, doch entstanden durch den abgesperrten Warteraum zum Teil lange Wartezeiten vor dem AMS. Dieser Effekt wird vor allem bei Überbelegung des AMS verstärkt (WENDL et al., 2000).

Wie Abbildung 56 und Abbildung 57 im Anhang zu entnehmen ist, waren die täglichen Anteile der Verhaltensweisen der Kühe im Untersuchungsbetrieb sowohl während der statischen als auch der dynamischen Versuchsphasen sehr ähnlich und durch die Motivation des Liegens (MUNKSGAARD et al., 2005) geprägt. Die gesamte Herde passte sich in seinem Verhalten an verschiedene Umgebungsbedingungen an. Jedoch gibt es, wie beschrieben,

einzelntierbezogene Unterschiede, die bei der Planung von Fütterungszeiten und -frequenzen zu berücksichtigen sind.

7.2.2.2 Vergleich der Versuchsphasen mit sieben Fütterungszeiten sowie vier Fütterungszeiten und drei Nachschiebevorgängen

Herdenverhalten

Die Vorlage frischer Futterrationen führte in beiden Versuchsphasen zu einem Anstieg des Anteils der Herde am Fressplatz, wie aus Abbildung 52 ersichtlich wird. Die Maxima des Anteils der Tiere am Fressplatz waren jedoch während der Versuchsphasen mit sieben Fütterungen im Vergleich zu den Versuchsphasen mit vier Fütterungs- und drei Nachschiebevorgängen auf einem um etwa 10 – 15 % höheren Niveau. Der Anteil der Tiere am Fressplatz war während des Lichttages höher als in den Nachtstunden. Auch der maximale Anteil der Tiere im Liegebereich war während der Versuchsphase S-stat 1 um ca. 10 % höher als während Versuchsphase S-stat 2.

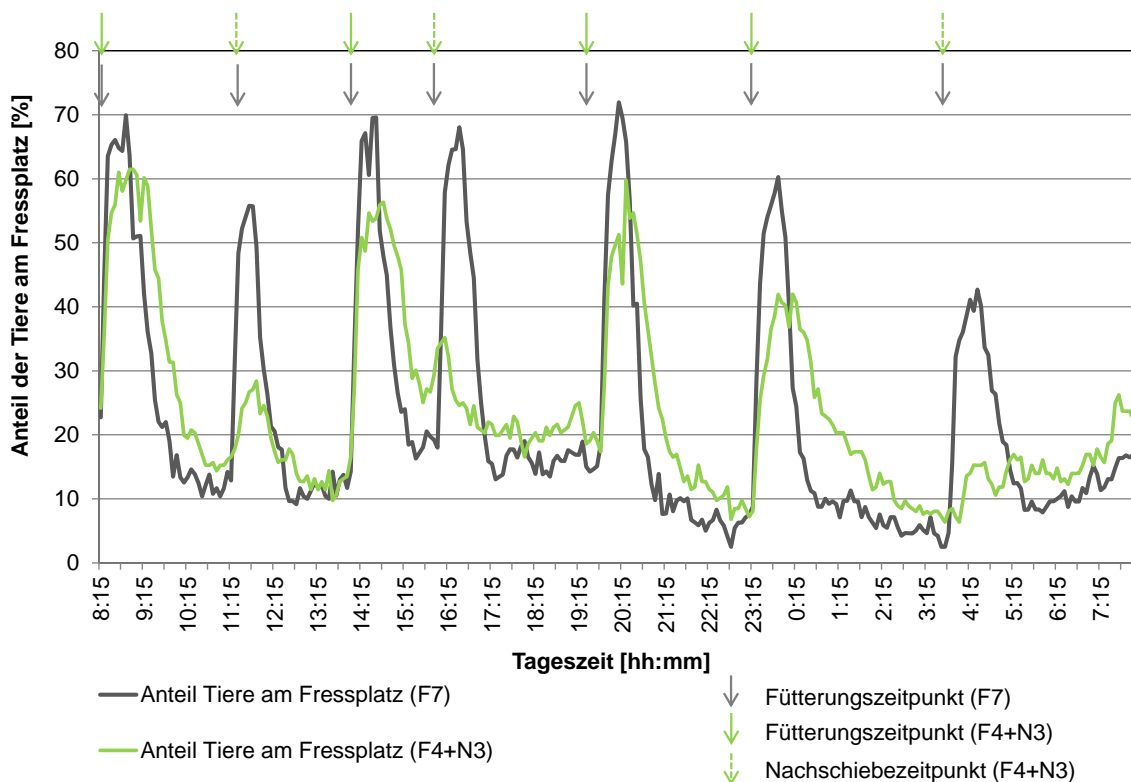


Abbildung 52: Relativer Anteil der Herde am Fressplatz im Tagesverlauf während der Versuchsphasen mit sieben Fütterungszeiten (7) sowie vier Fütterungszeiten und drei Nachschiebevorgängen (4+3) im Sommer 2015 unter Angabe der Fütterungs- und Nachschiebezeitpunkte (n=3 d; n=78 Kühe in 7; n= 80 Kühe in 4+3) (OBERSCHÄTZL-KOPP et al., 2017)

Das Verhalten der Tiere folgte somit in diesen beiden Versuchsphasen einem biphasischen Rhythmus (ALBRIGHT, 1993; SAMBRAUS, 1991; BEAUCHEMIN et al., 2002; DEVRIES et al., 2003). Es wird deutlich, dass das Verhalten von Milchkühen auch unter Stallumgebungsbedingungen endogen fixiert ist und von exogenen Zeitgebern beeinflusst wird (PORZIG und SAMBRAUS, 1991; VOLLMERS et al., 2009). Die häufigere Futtermischung bewirkte, dass sich jeweils anschließend gleichzeitig mehr Tiere, aber von signifikant kürzerer Dauer am Fressplatz aufhielten. Futternachschieben motivierte die Tiere insbesondere in den Nachtstunden wesentlich weniger, den Liegebereich zu verlassen und zum Fressplatz zu gehen. So hielten sich in den ersten 60 min nach dem Futternachschieben mit im Mittel 20 % signifikant weniger Tiere am Fressplatz auf als in den ersten 60 min nach einer Futtermischung. Wie bei DEVRIES et al. (2003) festgestellt wurde, führten zusätzliche Nachschiebezeiten zu keiner Erhöhung der Fressplatzbesuchsaktivität und die Ergebnisse von FREIBERGER (2005) können nicht bestätigt werden. Doch ist es äußerst wichtig, dass stets Futter für die Kühe im Trog verfügbar ist. Die Vorlage einer frischen Futtermischung ist somit, wie bereits von DEVRIES und VON KEYSERLINGK (2005) sowie von MELIN et al. (2005a) erläutert wurde, ein größerer Anreiz für die Tiere, den Liegebereich zu verlassen und den Fressplatz aufzusuchen. Ein möglicher Grund für den geringeren Effekt des Futternachschiebens auf den Aufenthalt am Fressplatz könnte auch die Durchführung zu Tageszeiten außerhalb der Hauptfresszeiten sein.

Die mittlere Fütterungsfrequenz von vier Futtermischungen je Tag im Vergleich zu sieben Fütterungen und eine dabei jeweils größere vorgelegte Futtermenge mit zusätzlichem Futternachschieben bewirkte jedoch einen höheren Anteil der Herde am Fressplatz auch zwischen den Fütterungszeiten. Auch im Liegebereich waren im Mittel des Tagesverlaufs mehr Kühe sowie eine gleichmäßigere Verteilung der Fressplatzbesuche und eine dort längere Aufenthaltsdauer der Kühe zu beobachten. Jene gleichmäßigere Verteilung der Fressplatzbesuche mit einer konstanteren Auslastung des Fressbereichs kann den Ausführungen von DEVRIES und VON KEYSERLINGK (2005) zufolge zu weniger Auseinandersetzungen zwischen den Kühen und mehr Ruhe bei der Futteraufnahme führen. Es ist somit ein positiver Effekt der mittleren Fütterungsfrequenz von vier Futtermischungen mit den drei Nachschiebezeiten auf das Verhalten der Milchkühe im Untersuchungsbetrieb zu vermuten. Dieser vorteilhafte Aspekt der mittleren Fütterungsfrequenz für das Tierverhalten steht jedoch im Widerspruch zu den von GASTEINER (2015) beschriebenen ernährungsphysiologischen Vorteilen einer hohen Vorlagefrequenz jeweils kleiner Futterportionen für ein gleichmäßigeres Niveau und folglich geringen Schwankungen des Pansen pH-Werts.

Der Tagesverlauf der Anzahl der Melkungen im AMS je 30 Minuten-Intervall unterlag während der Versuchsphasen mit vier Fütterungen und drei Nachschiebezeiten geringeren Schwankungen als während der Versuchsphasen mit sieben frischen Futtervorlagen. Bis auf den Nachschiebevorgang in den Nachtstunden bewirkten das Futternachschieben und die frische Futtervorlage einen darauffolgenden Anstieg der Melkungen im AMS. Auch DEVRIES et al. (2011) stellten keinen Unterschied zwischen dem Vorgang des Futternachschiebens und des Fütterungsvorganges auf die Melkaktivität fest. Während der Versuchsphasen mit vier Fütterungen und drei Nachschiebezeiten wurde im Vergleich zu einer frischen Futtervorlage in den Nachtstunden aufgrund des lediglich Futternachschiebens ein stärker ausgeprägtes Tief der Melkaktivität festgestellt. Es konnte somit wie bereits bei WENDL (2000) und HARMS (2004) festgestellt wurde, auch beim Melkverhalten ein biphasischer Rhythmus beobachtet werden, der von der Photoperiode beeinflusst wurde.

Wie Abbildung 57 im Anhang zu entnehmen ist, führten die viermal tägliche Futtervorlage und die Nachschiebezeiten im Sommer während Versuchsphase S-stat 2 lediglich zu einer tendenziellen Erhöhung von 21 % auf 24 % des Anteils der Aufenthaltsdauer der Herde am Fressplatz und zu einer gleichzeitigen Verringerung der Aufenthaltsdauer in den sonstigen Stallbereichen.

Einzelparameter

Nach TUCKER (2009) verbringen Kühe in Stallhaltung bedingt durch die Art und Konzentration des Futters 4 - 6 h täglich mit der Futteraufnahme. Unter anderem bedingt durch die Berechnungsmethode ermittelten STAMER et. al (2000) eine tägliche gesamte Mahlzeitendauer von 7,5 h. Die **Aufenthaltsdauer der Kühe am Fressplatz** in den vorliegenden Untersuchungen war während der Versuchsphase S-stat 2 mit $5,69 \pm 1,61$ h je Kuh und Tag im Vergleich zu der Versuchsphase S-stat 1 ($4,92 \pm 1,38$ h je Kuh und Tag) hoch signifikant länger. Dies widerspricht den Beobachtungen von GROTHMANN (2015), welche eine Steigerung der Futteraufnahmedauer mit erhöhter Fütterungsfrequenz beobachtet hat. Doch ist darauf hinzuweisen, dass jene Autorin das Futteraufnahmeverhalten mit Hilfe von Wiederkausensoren ermittelt hat und in den vorliegenden Untersuchungen Positionsdaten zur Ableitung des Verhaltens herangezogen wurden.

Auch die tägliche **Mahlzeitendauer** wurde beim Ersetzen der Fütterungen durch das Futternachschieben im Sommer um 17 min signifikant erhöht. Vor allem junge Kühe in der 1. Laktation profitierten von der niedrigeren Futtervorlagefrequenz und dafür mehr vorgelegtem Futter je Vorgang, weil jene Tiere sich ihren Aufenthalt am Fressplatz weniger häufig erkämpfen mussten, aber diesen signifikant länger gestalten konnten (Phase 4+3: $6,41 \pm$

1,40 h je Kuh und Tag vs. Phase 7: $5,92 \pm 1,18$ h je Kuh und Tag). Dies zeigte sich auch bei der gesamten täglichen Mahlzeitendauer. Außerdem deutet die längere mittlere Dauer der Mahlzeiten der jungen und somit vermutlich rangniederen Kühe (SCHRADER, 2009; WINCKLER, 2009) auf eine geringere Störung ihres Futteraufnahmeverhaltens hin, wenn viermal täglich eine größere Menge an Futter vorgelegt wurde (S-stat 1: $0,97 \pm 0,40$ h je Kuh; S- stat 2: $1,1 \pm 0,83$ h je Kuh).

Jedoch ist zu erwähnen, dass sich die Kühe bei der viermal täglichen Futtervorlage und den zusätzlichen Nachschiebezeiten insgesamt länger mit der Aufnahme einer vergleichbaren Futtermenge und Ration beschäftigten. Da nicht untersucht wurde, wie sich die im Trog vorgelegte Ration zusammensetzte und ob sich der Strukturanteil der Futterreste im Verlauf der Versuchstage veränderte, bleibt unklar, ob die Tiere bestimmte Futterbestandteile mehr selektierten und sich deshalb die Aufenthaltsdauer der Kühe am Fressplatz erhöhte. Sollte dies der Fall gewesen sein, hätte die verlängerte Dauer des Aufenthalts am Fressplatz einen negativen Effekt auf die Ausübung anderer wichtiger Verhaltensweisen, wie z.B. das Liegen, gehabt. Dies stellten bereits DEVRIES und VON KEYSERLINGK (2005) sowie GROTHMANN (2015) fest.

Die siebenmal tägliche Futtervorlage bewirkte nicht nur, dass die Kühe häufiger zum Fressplatz kamen und sich deshalb eindeutig mehr Mahlzeiten pro Tag (Phase 7: $7,69 \pm 2,85$ Mahlzeiten je Kuh und Tag vs. Phase 4+3: $7,05 \pm 2,21$ Mahlzeiten je Kuh und Tag) ergaben, sondern auch, dass die **Aufenthaltsperioden im Liegebereich** häufiger unterbrochen und somit mehr einzelne Aufenthalte in jenem Bereich ermittelt wurden. Es bleibt zu bedenken, dass die Kühe bei einer häufigeren Unterbrechung des Liegeverhaltens durch mehr Futtervorlagen wohl auch längere Zeit für Aufsteh- und Abliegevorgänge am Tag aufwenden mussten. Bereits DEVRIES et al. (2005) und MATTACHANI et al. (2015) beobachteten mehr Aufenthalte im Liegebereich, wenn häufiger frisches Futter vorgelegt wurde. So wurde der Aufenthalt im Liegebereich während der Versuchsphase S-stat 2 in weniger aber dafür ausgedehntere Aufenthaltsperioden ($2,01 \pm 0,66$ h vs. $1,58 \pm 0,80$ h) unterteilt. Dies lässt auf einen im Tagesverlauf gleichmäßigeren Aufenthalt im Liegebereich schließen. Die gesamte tägliche Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich war während der Versuchsphasen mit der geringeren Fütterungsfrequenz und den Nachschiebevorgängen jedoch deutlich kürzer. Diese Beobachtung wird durch die Aussagen von MÄNTYSAARI et al. (2006) unterstützt. Demnach lagen die Kühe weniger, wenn sie einmal täglich gefüttert wurden im Vergleich zu einer fünfmal täglichen Futtervorlage. Da Kühe jedoch vor allem während des Liegens wiederkauen (SAMBRAUS, 1978), ist es entscheidend, für diese es-

sentielle und wiederkäuerspezifische Aktivität auch ausreichend zusammenhängende Liegeperioden zu haben und dass diese nicht zu häufig durch die Futtervorlage unterbrochen werden. Dies trifft vor allem auf die Nachtstunden zu (SAMBRAUS, 1991).

Ältere und besser konditionierte Kühe ($\geq 3,5$) ab der 3. Laktation und somit vermutlich ranghöhere Tiere (SCHRADER, 2009; WINCKLER, 2009) waren insgesamt länger im Liegebereich als junge Kühe in der 1. Laktation und jene mit einer BCS-Bewertung von $<2,5$. Auch GROTHMANN (2015) ermittelte eine deutliche Beeinflussung des Liegeverhaltens durch tierindividuelle Parameter wie der Laktationsnummer im Vergleich zu den Versuchsparametern der veränderten Futtervorlagefrequenz. So lagen während ihrer Untersuchungen Kühe in der 2. – 4. Laktation mit 721,2 min pro Tag deutlich länger als junge Kühe in der 1. Laktation (666,2 min je Kuh und Tag). Während der Versuchsphase S-stat 2 hielten sich die Kühe allgemein länger am Fressplatz auf und zeigten auch die längste Dauer der Aufenthaltsperioden im Liegebereich. Junge Kühe in der 1. Laktation, im zweiten Laktationsdrittel mit einer Körperkondition $<2,5$ waren jedoch eher unbeeinflusst.

Während der Versuchsphasen mit sieben täglich frischen Futtervorlagen wurde eine signifikant höhere **Milchleistung** (Phase 7: $21,27 \pm 6,97$ kg je Kuh und Tag; Phase 4+3: $20,46 \pm 6,97$ kg je Kuh und Tag) ermittelt. Auch BAVA et al. (2012) beobachteten einen positiven Einfluss einer höheren Anzahl an Futtervorlagen auf die Milchleistung. Bereits NOCEK und BRAUND (1985) stellten eine tendenziell höhere Milchleistung bei erhöhter Futtervorlagehäufigkeit fest. GROTHMANN (2015) erläuterte in ihren Ausführungen ebenfalls eine Steigerung der Milchleistung mit steigender Fütterungsfrequenz. Wie bereits jene Autorin feststellte, wurde auch in den vorliegenden Untersuchungen eine Beeinflussung der Milchleistung der Tiere von Laktationsnummer und Laktationsstadium ermittelt. Vergleichbar mit den Erkenntnissen von DAS et al. (2016) wurde jedoch während der vorliegenden Sommeruntersuchungen eine signifikant niedrigere Milchleistung aufgrund der hohen Umgebungstemperaturen und des damit einhergehenden Hitzestresses für die Kühe beobachtet. In Übereinstimmung mit MATTACHANI et al. (2015) wurde insgesamt kein Unterschied der Anzahl abgewiesener Besuche sowie der Anzahl Melkungen und somit der Melkaktivität der Tiere zwischen den beiden Versuchsphasen mit veränderter Fütterungsfrequenz festgestellt. Jedoch wurden vor allem im Sommer bei jungen Kühen zu Beginn der Laktation während der Versuchsphase S-stat 2 $9,74 \pm 5,22$ abgewiesene Besuche je Kuh und Tag beobachtet im Vergleich zu der Versuchsphase S-stat 1 und $7,44 \pm 6,10$ abgewiesenen Besuchen vor dem AMS. Dies widerspricht den Ergebnissen von BELLE et al. (2012), da in den von jenen Autoren untersuchten AFS-Betrieben um 20,8 % mehr Kühe beim AMS abgelehnt wurden im Vergleich zu konventionell und folglich seltener fütternden Betrieben.

Auch die Melkfrequenz jener jungen Kühe war auf einem höheren Niveau während der beiden Versuchsphasen (S-stat 1: $2,45 \pm 0,73$ Melkungen je Kuh und Tag; S-stat 2: $2,53 \pm 0,67$ Melkungen je Kuh und Tag). Bei älteren Kühen hingegen wurde kein Unterschied in der Melkfrequenz zwischen den beiden Versuchsphasen festgestellt. Die höhere Melkaktivität junger und somit vermutlich rangniederer Kühe resultierte in verkürzten Wartezeiten vor dem AMS sowie reduzierten Zwischenmelkzeiten, wenn ihnen im Sommer viermal täglich eine größere Futtermenge vorgelegt und dreimal am Tag nachgeschoben wurde.

Insbesondere der Vergleich der Versuchsphasen mit sieben Fütterungen und jener Phasen mit vier Futtervorlagen in Kombination mit drei Nachschiebevorgängen zeigt die große Bedeutung einer ausreichend großen vorgelegten Futtermenge im Trog und eine permanente Futterverfügbarkeit. Kühe haben aufgrund ihres natürlichen Verhaltens das Bedürfnis, mehr Zeit mit der Suche geeigneter Futterkomponenten zu verbringen als es in der klassischen Stallhaltung aufgrund der hohen Nährstoffdichte der Rationen der Fall ist (TUCKER, 2009). Außerdem wird deutlich, dass durch die permanente Verfügbarkeit von Futter im Trog und eine mittlere und somit gemäßigte Fütterungsfrequenz vor allem rangniedere Kühe des Untersuchungsbetriebs profitieren und die für sie erforderlichen Verhaltensweisen im Stall, wie die Futteraufnahme, das Liegen und das Melken gleichmäßiger im Tagesverlauf und unter weniger Auseinandersetzungen ausführen können. Dies trifft vor allem zu, wenn die Umgebungsbedingungen, wie z.B. hohe Temperaturen zu allgemeinen Stresssituationen bei den Tieren führen.

7.2.3 Empfehlungen zum Fütterungsmanagement mit einem AFS

Die Umsetzung dynamischer Fütterungs- und Nachschiebezeiten durch ein AFS in der Praxis setzt einen dafür geeigneten technischen Entwicklungsstand der Fütterungssysteme und das Potenzial zur Datenvernetzung voraus. Die den Untersuchungen zugrunde liegende Methode der Echtzeitverarbeitung von tierindividuellen Positionsdaten stellt einen möglichen Ansatz dar, tier- und futterbezogene Daten verschiedener Sensortechnologien zu kombinieren.

Diese Methode bietet auch die Möglichkeit, Landwirten Empfehlungen zu den statischen Fütterungszeiten und -frequenzen eines AFS zu geben. So mussten beispielsweise während der Dynamisierungsphasen 1 der vorliegenden Untersuchungen alle Fütterungen am Vormittag früher als ursprünglich um 11:15 Uhr durchgeführt werden, da die Schwelle der Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz bereits früher als in der statischen Phase vorgesehen überschritten und kaum noch Futter im Trog vorhanden war. Dies deutet darauf hin,

dass die Motivation zur Aktivität und Futteraufnahme dem natürlichen biphasischen Futteraufnahmerhythmus von Milchkühen entsprechend am Morgen erhöht ist (SAMBRAUS, 1991; ALBRIGHT, 1993) und eine zusätzliche Futtervorlage am Morgen zwischen 8:00 – 9:30 Uhr bzw. eine größere vorgelegte Futtermenge, wie sie während der Versuchsphasen 2 ausdosiert wurde, den Futteraufnahmerhythmus der Kühe unterstützen und dem Bedarf der Tiere gerecht werden kann. Die vorgelegte Futtermenge sollte somit an die Hauptaktivitätsphasen der Tiere angepasst werden. Der Andrang am Fressplatz und somit auch in anderen Funktionsbereichen im Stall könnte dadurch im Untersuchungsbetrieb entzerrt werden. Da 75 % aller Futtervorlagen früher durchgeführt werden sollten, kann daraus der Schluss gezogen werden, dass die Fütterungsfrequenz in dem Untersuchungsbetrieb höher, z.B. 8 bzw. 9 Mal, eingestellt sein sollte oder dass je Fütterungsvorgang mehr Futter vorgelegt werden sollte. Dies wären im Untersuchungsbetrieb 600 kg statt der üblichen 450 – 500 kg je Fütterungsvorgang für 78 – 80 Milchkühe und somit eine insgesamt höhere Futtermenge im gesamten Tagesverlauf bzw. zu den Hauptaktivitätszeiten

Des Weiteren zeigt sich, dass es wichtig ist, statische Fütterungszeiten an die Jahreszeiten und die damit verbundene Änderung der Tageslichtlänge regelmäßig anzupassen. So sollte beispielsweise im Sommer bei hohen Umgebungstemperaturen den Kühen seltener und/oder weniger Futter während des Lichttages vorgelegt und die eingesparten Mengen mehr in die Dämmerungs- und Dunkelphase und somit Zeiten kühlerer Umgebungsbedingungen verschoben werden. Mit automatischen Fütterungssystemen hat der Landwirt die Möglichkeit, diese Anpassungen an den Bedarf der Tiere ohne einen zusätzlichen Mehraufwand vorzunehmen. Außerdem ist es wichtig, den Tieren in den Nachtstunden eine längere zusammenhängende Ruhephase im Stall zu bieten. So sollte im Untersuchungsbetrieb die erste Fütterung des Tages um etwa 4:30 Uhr im Sommer und im Winter erst gegen 5:30 – 6:00 Uhr durchgeführt werden. Selbstverständlich steht dieser längeren zusammenhängenden Ruhephase das Ziel der Betriebsleiter gegenüber, ihr AMS möglichst gleichmäßig im Tagesverlauf und somit auch in den Nachtstunden auszulasten. So wäre als Kompromisslösung im Untersuchungsbetrieb denkbar, in den Nachtstunden (nach 24 Uhr) lediglich eine Nachschiebefahrt einzuplanen. Dadurch würden die Tiere weniger gestört, da nur vereinzelt Kühe zum Fressen und anschließend zum Melken gehen könnten.

DEMING et al. (2013) stellten fest, dass in einem AMS-Betrieb nur dann eine ausreichende Liegedauer erreicht werden kann, wenn die Kühe genügend Fressplätze und ständig verfügbares Futter vorfinden. Diese zentrale Bedeutung einer ausreichenden Futtermenge im Trog kann durch die vorliegenden Untersuchungen ebenfalls herausgestellt werden. Auch wenn den Tieren mehrfach täglich frisches Futter vorgelegt wird, darf der Trog selbst beim

Einsatz eines AFS niemals leer sein. Die vorgelegte Futtermenge sollte so eingestellt werden, dass vor einer erneuten Futtervorlage noch etwa 5 % Restfutter der vorhergehenden Mischung im Trog und somit für die Tiere verfügbar sein sollte. Somit ist es auch für rangniedere Tiere möglich, nach der Hauptfresszeit der ranghöheren Kühe Futter aufzunehmen und nicht einen leeren Trog vorfinden zu müssen. Dieser Vorteil zeigte sich vor allem während der Versuchsphasen mit einer mittleren Fütterungsfrequenz von vier Futtervorlagen, einer größeren vorgelegten Futtermenge und drei Nachschiebezeiten, weshalb diese Vorgehensweise in der Praxis im Untersuchungsbetrieb zu empfehlen ist. Deshalb ist es unerlässlich, dass auch das Futternachschieben und nicht nur die reine Futtervorlage mit einem automatischen Fütterungssystem möglich ist.

Wie die durchgeführten Untersuchungen zeigen, kann die im Trog vorhandene Futtermenge mit Hilfe der über die Positionsdaten ermittelten Aufenthaltsdauer der Tiere am Fressplatz geschätzt werden, doch liegen dem Landwirt diese Informationen in der Regel nicht vor. Eine einfache und praxistaugliche Möglichkeit stellt die subjektive Bewertung der im Trog vorhandenen Futtermenge direkt nach der Futtervorlage, nach 60 min und vor einer erneuten Futtervorlage dar. Liegt zu diesem Zeitpunkt < 5% der ursprünglich vorgelegten Futtermenge im Trog, muss die jeweils gefütterte Menge erhöht werden.

8. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der **Voruntersuchungen zum Einfluss der Fütterungsfrequenz** auf das Verhalten von Milchkühen in einem AMS-Betrieb an den LLA Triesdorf zeigen, dass der Kuhverkehr durch die sechsmal tägliche Fütterung eines AFS im Vergleich zu nur zwei in der Praxis üblichen Futtevorlagen pro Tag entzerrt wird, so dass eine gleichmäßigere Verteilung der Tiere der Herde am Fressplatz und in der Folge auch am AMS zu beobachten ist. Es kann somit der Schluss gezogen werden, dass die Kühe dabei unter reduzierten Stressbedingungen Futter aufnehmen können und somit das Tierwohl gefördert werden kann. Außerdem können von baulicher Seite die Fressplätze effektiver genutzt werden und trotz eingeschränktem Tier-Fressplatzverhältnis eine ausreichende Futteraufnahme und Entzerrung des Kuhverkehrs erreicht werden, wenn häufiger am Tag frisches Futter vorgelegt wird.

Aus den darauf basierenden **Hauptuntersuchungen im Praxisbetrieb** können nachfolgende Schlüsse bezüglich der angewendeten Datenerfassungs- und Berechnungsmethode der Mahlzeiten sowie des Tierverhaltens gezogen werden.

Die **Verarbeitung der tierindividuellen Positionsdaten** und die Anpassung von zwei Gauss- sowie einer Weibullkurve an die beobachtete Häufigkeitsverteilung der \log_e -transformierten Intervalllängen zwischen den Fressplatzbesuchen mit Hilfe des R-Pakets „mixdist“ ist auch für weitere Berechnungen zur Ermittlung der tierindividuellen und versuchsphasenbezogenen Mahlzeitenkriterien zu empfehlen und anzuwenden. Hiermit wurde eine Grundlage geschaffen, Positionsdaten zur Beschreibung des Futteraufnahmeverhaltens zu verarbeiten und auszuwerten.

Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen die große Bedeutung des tierindividuellen Status der Kühe hinsichtlich Laktationsnummer, Laktationsstadium, Milchleistungsniveau und Körperkondition für das beobachtete Verhalten im Untersuchungsbetrieb mit AFS und AMS. Gemäß den Ergebnissen des **Vergleichs der statischen und dynamischen Fütterungs- und Nachschiebezeiten** zeigt sich, dass die Dynamisierung der Fütterungszeiten in Anlehnung an die Aufenthaltsdauer der Kühe am Fressplatz sowie die im Trog vorhandene Futtermenge einen den statischen Futtevorlagezeiten ähnlichen Tagesverlauf der Verhaltensweisen der Milchviehherde im Untersuchungsbetrieb bewirkt, doch mit einer dem Fütterungsintervall entsprechenden zeitlichen Verschiebung. Es wird deutlich, dass die Dynamisierung der sieben Futtevorlagen im Vergleich zu den statischen Startzeiten lediglich im Sommer zu einem geringeren Andrang an den Fressplatz im Untersuchungsbetrieb führt. Die Kühe kommen verzögerter und halten sich dort aber länger pro Tag auf.

Auch die tägliche Mahlzeitendauer bewegt sich im Sommersversuch bei dynamischer siebenmaliger Vorlage auf einem höheren Niveau. Es kann somit auf eine gleichmäßigere Verteilung der Fressplatzbesuche und Mahlzeiten, mit reduzierten Auseinandersetzungen und einer gleichmäßigeren Zugänglichkeit zu frischem Futter unter hohen Umgebungstemperaturbedingungen geschlossen werden. Die dynamische Anpassung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten führte vor allem auf Einzeltierbasis bei rangniederen Kühen zu der Möglichkeit, ihr Futteraufnahmeverhalten gleichmäßiger im Tagesverlauf ausüben zu können. Diese mussten im Versuch bei Dynamisierung der Futtervorlagezeiten signifikant kürzer im Fressgang warten, bis sie Zugang zu einem Fressplatz erhielten. Ähnlich gilt dies auch für das Liegeverhalten. Obwohl die Dynamisierung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten tendenziell zu längeren Wartezeiten vor dem AMS im Untersuchungsbetrieb führt, müssen junge Kühe in der ersten Laktation und zu Beginn der Laktation geringfügig kürzer warten, bis sie das AMS betreten können.

Die Untersuchungen einer **Futtervorlagefrequenz von sieben Fütterungen pro Tag und einer gemäßigten Vorlagehäufigkeit von vier Fütterungen ergänzt durch drei Nachschiebevorgänge** zeigten, dass die unterschiedlichen Fütterungsfrequenzen eines AFS als bedeutende Einflussfaktoren auf das Futteraufnahme und Ruheverhalten sowie die tägliche Wartedauer der Kühe vor dem AMS einzuordnen sind. Es wird ersichtlich, dass die frische Futtervorlage im Vergleich zum Futternachschieben einen größeren Anreiz für die Tiere darstellt, den Liegebereich zu verlassen und den Fressplatz aufzusuchen. Die mittlere Fütterungsfrequenz von vier Futtervorlagen je Tag im Vergleich zu sieben Fütterungen und eine dabei jeweils größere vorgelegte Futtermenge mit kontinuierlichem Futternachschieben bewirkt jedoch eine gleichmäßigere Verteilung der Fressplatzbesuche. Die Tiere zeigen dort eine im Mittel um etwa 19 min längere tägliche Aufenthaltsdauer pro Kuh mit ebenfalls längeren Mahlzeiten. Es kann dadurch zu weniger Auseinandersetzungen zwischen den Kühen und mehr Ruhe bei der Futteraufnahme kommen. Außerdem deutet die längere mittlere Dauer der Mahlzeiten der jungen und somit rangniederen Kühe im Untersuchungsbetrieb auf eine geringere Störung ihres Futteraufnahmeverhaltens hin, wenn viermal täglich eine größere Menge an Futter vorgelegt wird. Dabei wird der Aufenthalt im Liegebereich seltener unterbrochen, so dass die Kühe dort weniger aber dafür längere Aufenthaltsperioden zeigen. Die höhere Melkaktivität junger und rangniederer Kühe im Sommer resultiert in verkürzten Wartezeiten vor dem AMS sowie reduzierten Zwischenmelkzeiten, wenn ihnen viermal täglich eine größere Futtermenge vorgelegt und dreimal nachgeschoben wird.

Der Vergleich der Versuchsphasen mit sieben Fütterungen und jener Phasen mit vier Futtervorlagen in Kombination mit drei Nachschiebevorgängen zeigt insbesondere die große Bedeutung einer ausreichend vorgelegten und im Trog stets verfügbaren Futtermenge. Außerdem wird deutlich, dass vor allem rangniedere Kühe von der ständigen Futterverfügbarkeit profitieren. Dies wird an den für sie essentiellen Verhaltensweisen im Stall, wie der Futteraufnahme, dem Liegen und dem Melken erkenntlich, da sie diese gleichmäßiger im Tagesverlauf und unter weniger Auseinandersetzungen ausüben können. Es kann somit der Schluss gezogen werden, dass durch diese Art des Fütterungsmanagements das Wohlbefinden insbesondere von rangniederen Tieren im Untersuchungsbetrieb gefördert werden kann.

Die Umsetzung dynamischer Fütterungs- und Nachschiebezeiten durch ein AFS in der Praxis stellt verschiedene technische Anforderungen. Zum einen ist es notwendig, die Futtermenge im Trog in kurzen, regelmäßigen Abständen zu bestimmen oder über das Tierverhalten am Fressplatz durch die tierindividuelle Erfassung der Positionsdaten zu schätzen. Zum anderen sind ein dafür geeigneter technischer Entwicklungsstand der Fütterungssysteme hinsichtlich integrierter Sensortechniken und das Potenzial zur Datenvernetzung erforderlich. Die den Untersuchungen zugrunde liegende Methode der Echtzeitverarbeitung von tierindividuellen Positionsdaten stellt einen möglichen Ansatz dar, tier- und futterbezogene Daten verschiedener Sensortechnologien zu vereinen. Sie bietet auch die Möglichkeit, **Empfehlungen** für Landwirte zu den Einstellungen der statischen Fütterungszeiten und -Frequenzen ihres AFS zu geben. So sollte aufgrund der frühzeitigen Schwellenwertsüberschreitung und der Ergebnisse der Futterbewertung im Untersuchungsbetrieb beispielsweise am Morgen zwischen 8:00 – 9:30 Uhr eine zusätzliche Futtervorlage durchgeführt bzw. eine größere Futtermenge vorgelegt werden. Dadurch soll der Futteraufnahmerhythmus der Kühe unterstützt werden. Darüber hinaus zeigte sich, dass entgegen der bisherigen Praxis auch statische Fütterungszeiten sowie die vorgelegte Futtermenge an die Jahreszeiten und die damit verbundenen Tageslichtlängen vom Landwirt angepasst werden sollten.

Aus den Untersuchungen kann die Empfehlung abgeleitet werden, dass selbst beim Einsatz eines AFS der Trog niemals leer sein sollte. Eine Ausnahme stellt die Zeit kurz vor dem Trog säubern dar. Zur praktischen Orientierung sollten vor einer erneuten Futtervorlage immer noch etwa 5 % Restfutter der vorhergehenden Mischung im Trog und somit für die Tiere verfügbar sein. Dies zeigt sich vor allem während der Versuchsphasen mit einer Fütterungsfrequenz von nur vier Futtervorlagen, aber einer größeren vorgelegten Einzel-

futtermenge und drei Nachschiebezeiten. Es ist somit unerlässlich, dass auch das Futter nachschieben und nicht nur die reine Futtevorlage mit einem AFS möglich ist. Mit dem angewendeten subjektiven Futterbewertungsschema liegt dem Landwirt eine praxistaugliche Methode vor, die ausreichende Futterverfügbarkeit für seine Kühe zu bewerten.

In weiteren Untersuchungen sollten die sensorbasierte Erfassung des im Trog vorhandenen Futters und dessen Qualität sowie eine dynamische Anpassung der Fütterungsfrequenzen und der vorgelegten Futtermenge getestet werden. Darüber hinaus ist es wichtig, die aus den in Echtzeit verarbeiteten Positionsdaten ermittelten Schwellenwerte in Abhängigkeit der Tages- und Jahreszeit in anderen Betrieben zu evaluieren. Um den Fokus zukünftig weniger auf das Herdenverhalten sondern mehr auf Fütterungsgruppen bzw. sogar das Einzeltier zu setzen, sollten die angewendeten Schwellenwerte und die daraus resultierenden Futtevorlagen für verschiedene Fütterungsgruppen und Niveaus der Herdenleistung analysiert werden.

9. Zusammenfassung

Automatische Fütterungssysteme (AFS) gewinnen in der Milchviehhaltung zunehmend an Bedeutung. Folgende Aspekte sind für den Landwirt hinsichtlich der Investitionsentscheidung für diese Technik bedeutend: Arbeitszeitreduzierung und –flexibilisierung, mehrmals tägliche Vorlage frisch gemischter Rationen vergleichbarer Zusammensetzung, gleichmäßigere Auslastung eines automatischen Melksystems (AMS). Wie die Literaturübersicht zeigt, wird das Verhalten einer Milchkuh in Stallhaltung neben vielen anderen Faktoren insbesondere vom gewählten Fütterungsmanagement beeinflusst. Jedoch lagen zu Beginn der durchgeführten Erhebungen bezüglich der Frage nach den Effekten einer erhöhten Fütterungsfrequenz auf das Verhalten von Milchkühen (Futterraufnahme-, Ruhe-, Melkverhalten) nur wenige Ergebnisse aus Betrieben mit konventionellen Melksystemen vor. Außerdem werden Fütterungszeiten und –frequenzen der AFS derzeit meist nach den betrieblichen Gegebenheiten und den Vorstellungen des Betriebsleiters zu fixen Zeitpunkten (statisch) festgelegt, ohne die sich im Jahresverlauf ändernden Bedürfnisse der Tiere zu kennen und zu berücksichtigen. Bis auf wenige Praxiserfahrungen liegen bisher noch kaum belastbare Aussagen zu den optimalen Einstellungen der Fütterungsfrequenzen, dem Futternachschiebemanagement bzw. der Kombination aus beiden beim Einsatz eines AFS vor.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es deshalb, zunächst im Rahmen eines Vorversuchs die Auswirkungen einer höheren Fütterungsfrequenz durch ein AFS von einer in der Praxis verbreiteten sechsmaligen Futterrationsvorlage im Vergleich zu einer unter konventionellen Bedingungen üblichen zweimaligen Fütterung pro Tag auf das Verhalten von Milchkühen in einem Betrieb mit einem AMS zu erfassen. Basierend darauf sollten dann weiterführende Untersuchungen die Auswirkungen einer von einem AFS siebenmal täglich frisch gemischten und vorgelegten Futterrationsvorlage im Vergleich zu einer viermaligen Vorlage ergänzt durch drei Nachschiebevorgänge auf das Verhalten von Milchkühen in einem AMS-Betrieb beleuchten. Ferner waren mit dem AFS sowie einem Positionierungssystem eine jahreszeitlich dynamische Anpassung der Futterrationsvorlage- und der Futternachschiebezeiten an die Aufenthaltsdauer der Kühe am Fressplatz und damit indirekt an die im Trog vorhandene Futtermenge zu realisieren und dabei die Effekte auf das Verhalten der Kühe zu analysieren. Aus den Ergebnissen sollten Empfehlungen für Landwirte zum Fütterungsmanagement mit einem AFS abgeleitet werden.

Die Voruntersuchungen wurden im Winter 2012/2013 im AMS-Stall der Landwirtschaftlichen Lehranstalten Triesdorf über einen Zeitraum von 10 Wochen durchgeführt. Im Liegeboxenlaufstall wurden die ca. 60 Fleckviehkühe mit einem AMS bei freiem Kuhverkehr gemolken und mit einem AFS gefüttert. Der Untersuchungszeitraum wurde in zwei Versuchsphasen mit sechs bzw. zwei Fütterungen pro Tag und eine Umstellungsphase gegliedert. Die weiterführenden Erhebungen wurden auf einem Praxisbetrieb im Winter 2014/2015 sowie im Sommer 2015 durchgeführt. Etwa 78 laktierende Kühe der Rasse Fleckvieh wurden mit einem AMS bei selektiv gelenktem Kuhverkehr gemolken und mit einem AFS gefüttert. Der Untersuchungszeitraum beinhaltete je Jahreszeit vier Versuchsphasen mit jeweils täglich sieben bzw. vier Fütterungen und drei Nachschiebevorgängen zu statischen und dynamischen Zeiten. Auf das tierindividuelle Verhalten wurde in beiden Untersuchungen durch die Bestimmung des Aufenthaltsortes mit einem Positionierungssystem geschlossen. Durch die Echtzeitverarbeitung der Positionsdaten mit Hilfe eines programmierten Algorithmus und die damit mögliche Bestimmung der Aufenthaltsdauer aller Kühe am Trog sowie die kontinuierliche subjektive Bewertung der im Trog vorhandenen Futtermenge wurde über die Zeitpunkte der durchzuführenden Fütterungen und Nachschiebevorgänge des AFS während der dynamischen Versuchsphasen entschieden.

Während der Voruntersuchungen hielten sich die Kühe mit 4,06 h im Vergleich zu 2,65 h signifikant länger am Fressplatz (Kopf im Trog) auf, wenn sie täglich sechsmal gefüttert wurden. Gleichzeitig wurde eine erhöhte Dauer des Aufenthalts im Fressgang bei einer nur zweimal täglichen Futtervorlage beobachtet. Die Kühe verbrachten damit mehr Zeit mit Warten bis eine aktive Futteraufnahme am Trog möglich war. Eine erhöhte Fütterungsfrequenz kann somit zu einem gleichmäßigeren Trogbesuch der Herde und einer besseren Auslastung eines AMS mit einer erhöhten Melkfrequenz der Tiere führen ($2,46 \pm 0,09$ Melkungen je Kuh und Tag vs. $2,34 \pm 0,05$ Melkungen je Kuh und Tag).

Im Rahmen der weiterführenden Hauptuntersuchungen im Praxisbetrieb wurden die Effekte von versuchsbezogenen (Fütterungsfrequenz, statische und dynamische Startzeiten, Jahreszeit) und tierseitigen Einflussfaktoren (Laktationsstadium, Laktationsnummer, Körperkondition, Milchleistungsniveau) auf verschiedene Verhaltensparameter analysiert (Aufenthalte am Fressplatz, Mahlzeiten, Aufenthalte im Liegebereich, Melkfrequenz, Aufenthalte im Warteraum, Zwischenmelkzeiten, Milchleistung). Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen die große Bedeutung des tierindividuellen Status der Kühe für das beobachtete Verhalten im Untersuchungsbetrieb.

Das Verhalten der Tiere unterliegt selbst beim Einsatz eines AFS und AMS einem deutlichen circadianen Rhythmus und die Vorlage einer frischen Futterration führte unabhängig

von den Versuchsbedingungen zu einem Anstieg des Anteils der Tiere am Fressplatz. Dieser Anstieg war entsprechend der veränderten Fütterungsintervalle während der dynamischen Versuchsphasen verschoben. Futternachschieben motivierte die Tiere weniger zur Futteraufnahme als die Futtervorlage. Die unterschiedlichen Fütterungsfrequenzen des automatischen Fütterungssystems zeigten sich als bedeutende Einflussfaktoren auf das Futteraufnahme- und Ruheverhalten sowie die tägliche Wartedauer der Kühe vor dem AMS. So mussten die Kühe täglich weniger Zeit für das Warten vor dem AMS aufwenden, wenn sie viermal täglich mit einer frischen Ration versorgt wurden und diese nachgeschoben wurde im Vergleich zu sieben täglichen Futtervorlagen. Gleichzeitig konnten sie mehr Zeit mit der Futteraufnahme verbringen. Die dynamische Anpassung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten führte vor allem auf Einzeltierbasis bei rangniederen Kühen zu der Möglichkeit, ihr Futteraufnahmeverhalten gleichmäßiger im Tagesverlauf ausüben zu können. Das Ruheverhalten veränderte sich mit weniger Aufenthaltsperioden im Liegebereich von längerer Dauer, wenn Fütterungs- und Nachschiebezeiten dynamisiert wurden und war somit gleichmäßiger. Auch die Jahreszeiten und somit die Temperatur sowie Tageslichtlänge zeigten sich als bedeutende Einflussfaktoren auf das beobachtete Verhalten der Tiere. So führte die Dynamisierung der Fütterungszeiten im Sommer zu einer signifikant längeren Aufenthaltsdauer der Kühe am Fressplatz in den ersten 60 min nach der Futtervorlage.

Die in Echtzeit verarbeiteten Positionsdaten zur Bestimmung der Aufenthaltsdauer der Kühe am Fressplatz sowie die Bewertungsergebnisse der im Trog vorhandenen Futtermenge erwiesen sich als geeignete Steuerkenngößen der Fütterungs- und Nachschiebevorgänge eines AFS mit einem dynamischen Fütterungskonzept. Die Untersuchungen zeigen die große Bedeutung, den natürlichen biphasischen Futteraufnahmerrhythmus der Kühe durch zusätzliche Fütterungszeiten bzw. eine größere vorgelegte Futtermenge in den Morgen- und Abendstunden zu unterstützen sowie je nach Jahreszeit in den Nachtstunden eine Fütterungspause zwischen 2:00 und 5:00 Uhr einzuhalten. Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass eine Anpassung der Fütterungszeiten und -frequenzen eines AFS durch die Dynamisierung vor allem im Sommer bei Hitzestress zu einer gleichmäßigeren Verteilung des Futteraufnahme- und Liegeverhaltens von Milchkühen führen kann. Darüber hinaus zeigt sich, dass entgegen der bisherigen Praxis, vom Landwirt statische Fütterungszeiten eines AFS und die vorgelegte Futtermenge an die Jahreszeiten und die damit verbundenen Tageslichtlängen angepasst werden sollten.

10. Summary

Automatic feeding systems (AFS) gain in importance in dairy farming due to the following investment reasons: possibility of reducing and flexibilization of labour time, more frequent feeding of fresh mixed rations, more even spreading of milkings in an automatic milking system (AMS). According to the review of literature, behaviour of dairy cows housed in barns is, amongst others, especially affected by the feeding management. But investigations on effects of a higher feeding frequency on behaviour of dairy cows have been mainly conducted in farms with conventional milking systems. Furthermore, AFS are used with static settings for feeding times and frequencies without considering alternating animal demands during the year. Despite some practical experiences there are little reliable results regarding settings of feeding frequencies and management of feed pushing when using an AFS.

Therefore, initially the aim of the study was to analyze the effects of under practical conditions set six feed delivery times by an AFS compared to conventionally common two feed delivery times on the behaviour of dairy cows milked in an AMS. The effects of a feeding frequency of seven times a day with a moderate number of four feedings by an AFS combined with three feed pushing events on behaviour of dairy cows should be analyzed during further investigations. Furthermore, a seasonally dynamic adaption of feeding and feed pushing times according to cows' duration of stay at the feed bunk and the amount of feed in the trough should be realized by an AFS and a real time positioning system and the effects of this feeding management on animal behaviour should be analyzed. Based on that, recommendations for farmers on feeding management with an AFS should be derived.

Preliminary studies have been conducted in the AMS barn of the agricultural school in Triesdorf during winter time 2012/2013 over a period of ten weeks. About 60 Simmental cows housed in a free stall barn have been milked by an AMS with free cow traffic and were fed by an AFS. Investigation period was divided into two phases with six, respectively two feed delivery times per day and a transition period. Further investigations have been conducted in a commercial dairy farm during winter time 2014/2015 and summer time 2015. About 78 Simmental cows have been milked by an AMS with selectively controlled cow traffic and have been fed by an AFS. Investigation period was divided into four trial periods per season with daily seven, respectively four feeding times and three feed pushing periods set at static and dynamic times. Individual animal behaviour was detected by the results of a positioning system. Due to real time procession of these positioning data using a programmed algorithm and continuously subjective evaluation of amount of feed in the trough

decisions were made on feeding and pushing times of the AFS during dynamical experiments.

With 4.06 h compared to 2.65 h cows stayed significantly longer at the feed bunk (with their head in the trough) during the preliminary studies with six feeding times per day. Simultaneously a longer duration of standing and waiting in the feed alley without feed intake was detected when the animals were just fed twice per day. A higher feeding frequency can lead to a more equal access to fresh feed and a more balanced utilization of an AMS with an increased milking frequency per cow and day (2.46 ± 0.09 milkings per cow and day vs. 2.34 ± 0.05 milkings per cow and day).

During further main investigations in the commercial dairy farm effects of trial related (feeding frequency, static and dynamic times of feeding and feed pushing, season) and animal related aspects (stage of lactation, number of lactation, body condition, level of milk yield) on various behaviour parameters have been analyzed. The results confirm the important role of animal individual status for observed behaviour of animals in the investigated barn.

Even use of an AFS and an AMS, animal behaviour follows an obvious circadian rhythm and regardless of trial conditions delivery of fresh feed led to an increase of the presence of cows at the feed bunk. This increase was just shifted according to the changed feeding intervals during dynamic trial periods. Feed pushing was not as a great stimulus for feed intake as feed delivery. Various feeding frequencies influenced significantly feeding and lying behaviour as well as the waiting duration in front the AMS. Cows had to spend less time on waiting for milking when they have been fed four times per day with a fresh mixed ration in combination with three feed pushing events. Simultaneously they could spend more time on feed intake. Due to dynamical adjustment of feeding and feed pushing times especially lower ranked cows had the possibility for feed intake spread more evenly throughout the day. Lying behaviour of dairy cows was separated in significantly less periods of stay in the lying area of significantly longer duration and was consequently spread more evenly within 24 h. Seasons and therefore temperature conditions as well as daylight length were important influencing factors for observed behaviour. In summer period cows stayed longer at the feed bunk in the first 60 min after dynamic feeding times.

Real time processed positioning data for monitoring cows' stay at the feed bunk and evaluation results of amount of feed in the trough are suitable control parameters for a dynamical feeding concept performed by an AFS. According to the investigations it is crucial to meet the biphasic feeding behaviour of cows by additional feed delivery times or a higher amount of delivered feed in the morning and evening during their main activity period.

Nightly feeding intermissions (2:00 - 5:00 h) and the adaption of usually fixed feeding times as well as the delivered amount feed of an AFS according to season time and the daylight length are strongly recommended to be done by the farmer.

11. Literaturverzeichnis

- Adeili, S.; Haidn, B.; Robert, M. (2015):** Development of a control unit for the autonomous guidance of manure removal-, cubicle cleaning- and bedding machines, as well as of automotive fodder-mixing-vehicles. In: *Proceedings of International Scientific XXXVI CIOSTA & CIGR Section V Conference*, 149-152. Saint Petersburg State Agrarian University. ISBN 978-5-85983-256-9.
- Albright, J. (1993):** Nutrition, Feeding, and Calves - Feeding Behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 76 (2): 485-498.
- Alsaad, M. (2012):** Nutzung von Informationstechniken in der Milchviehhaltung zur Früherkennung von Lahmheiten. Dissertation der Universität Bonn, Institut für Landtechnik.
- Alzahal, H.; Benford, J.; Widowski, T.; Walton, J.; Plaizier, J.; Duffield, T.; Odongo, N.E.; McBride, B.W. (2006):** Effects of frequency of feed delivery on dairy cattle behavior. *The professional Animal Scientist* 22: 80 – 83.
- Bach, A.; Devant, M.; Iglesias, C.; Ferrer, A. (2009):** Forced traffic in automatic milking systems effectively reduces the need to get cows, but alters eating behavior and does not improve milk yield of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 92 (3): 1272 – 1280.
- Baile, C. (1975):** Control of feed intake in ruminants. In: McDonald, I.W.; Warber, A.C.J. (Hrsg.): *Digestion and metabolism in the ruminant*. Armidale (NSW), University of New England, 333-350.
- Bava, L.; Tamburini, A.; Penati, C.; Riva, E.; Mattachani, 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*: e42.
- Beauchemin, K.; Maekawa, M.; Christensen, D. (2002):** Effect of diet and parity on meal patterns of lactating dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 82: 215-223.
- Belle, Z.; André, G.; Pompe, J. (2012):** Effect of automatic feeding of total mixed rations on the diurnal visiting pattern of dairy cows to an automatic milking system. *Biosystems Engineering* 1: 33-39.
- Bonsels, T. (2009):** Automatische Melksysteme erfolgreich managen. Vortrag im Rahmen der ALB-Fachtagung „Milchviehhaltung“. 12. März 2009, Universität Hohenheim. Verfügbar unter <https://alb-bw.uni-hohenheim.de/2teOrdnung/Tagungen-pdf-Dateien/2009/Bonsels%20Manuskript.pdf>. Abgerufen am 12. Mai 2016.
- Bonsels, T. (2014):** Automatische Melksysteme in der Praxis. *Milchpraxis* (1/14): 13
- Bonsels, T. (2015):** Automatisierung der Futtervorlage in Milchkuhbetrieben. *Milchpraxis* 4: 23.
- Bonsels, T.; Malkow-Nerge, K.; Priesmann, T. (2013):** 55 Antworten zur automatischen Futtervorlage beim Rind. DLG e.V., Frankfurt am Main. ISBN (13): 978-3-7690-2030-4.
- Borderas, T.; Fournier, A.; Rushen, J.; de Passilé, A. (2008):** Effect of lameness on dairy cows` visits to automatic milking systems. *Can. J. Anim. Sci.* 88: 1-8.

- Calderon, D. and Cook, N. (2011):** The effect of lameness on the resting behavior and metabolic status of dairy cattle during the transition period in a freestall-housed dairy herd. *Journal of Dairy Science* 94 (6): 2883-2894.
- Campbell, S.; Tobler, I. (1984):** Animal Sleep. A Review of Sleep Duration Across Phylogeny. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* Vol. 8: 269-300.
- 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 Postruminal Nutrient Flows in Steers. *Journal of Dairy Science* 73 (9): 2470-2479.
- Cooper, M. D; Arney, D. R.; Phillips, C. J. C. (2007):** Two- or Four-Hour Lying Deprivation on the Behavior of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 90 (3): 1149-1158.
- Dado, R. G.; Allen, M. S. (1993):** Continuous Computer Acquisition of Feed and Water Intakes, Chewing, Reticular Motility, and Ruminant pH of Cattle. *Journal of Dairy Science* 76 (6): 1589-1600.
- Das, R.; Sailo, L; Verma, N.; Bharti, P.; Saikia, J.; Kumar, I. (2016):** Impact of heat stress on health and performance of dairy animals. *Veterinary World* 9 (3): 2231-2316.
- Deming, J. A.; Bergeron, R.; Leslie, K. E.; DeVries, T. J. (2013):** Association of housing, management, milking activity, and standing and lying behavior of dairy cows milked in automatic systems. *Journal of Dairy Science* 96 (1): 344-351.
- DeVries, T. J.; Deming, J. A.; Rodenburg, J. Seguin, G.; Leslie, K. E.; Barkema, H. W. (2011):** Association of standing and lying behavior patterns and incidence of intramammary infection in dairy cows milked with an automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 94 (8), 3845-3855.
- DeVries, T. J; von Keyserlingk, M.; Beauchemin, K. (2003):** Short communication: Diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86 (12), 4079-4082.
- DeVries, T.; von Keyserlingk, M. (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.; von Keyserlingk, M. (2006):** Feed stalls affect the sozial and feeding behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89 (9): 3522-3531.
- DeVries, T.; von Keyserlingk, M.; Beauchemin, K. (2005):** Frequency of feed delivery affects the behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88 (10), 3553-3562.
- DeVries, T.; von Keyserlingk, M. (2009):** Understanding feeding behavior to maximize the potential of dairy rations. In: *Proceedings Mid-South Ruminant Nutrition Conference*, Arlington, Texas, 23-30.
- DeVries, T. J.; von Keyserlingk, M.; Weary, D. M. (2004):** Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87 (5), 1432-1438.
- Dollinger, J.; Kaufmann, O. (2013):** Feeding behaviour in dairy cows with and without the influence of clinical diseases or subclinical disorders. *Archiv Tierzucht* 56, 149-159.
- Edmonson, A.L. (1989):** A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 72 (1), 68-78.
- Endres, M.; DeVries, T. J.; von Keyserlingk, M.; Weary, D. M. (2005):** Short communication: Effect of feed barrier design on the behavior of loose-housed lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88 (7), 2377-2380.

- Fagen, R.; Young, D. (1978):** Temporal patterns of behaviors: Durations, intervals, latencies, and sequences. In: Colgan, P. (Hrsg.): *Quantitative Ethologie*, John Wiley and Sons, New York. 79-114.
- Feys, J. (2015):** Package 'npIntFactRep'. Verfügbar unter <https://cran.r-project.org/web/packages/npIntFactRep/npIntFactRep.pdf>. Abgerufen am 4. September 2015.
- Forbes, J. M. (1995):** Feeding Behaviour. In: *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford, CAB International. 11-37.
- Fregonesi, J. and 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): 205-216.
- Fregonesi, J.; Tucker, C. and Weary, D. M. (2007a):** Overstocking Reduces Lying Time in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 90 (7), 3349–3354.
- Fregonesi, J.; Veira, D.; von Keyserlingk, M. and Weary, D. M. (2007b):** Effects of Bedding Quality on Lying Behavior of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 90 (12), 5468–5472.
- Freiberger, F. (2005):** Tierverhalten beim Einsatz eines AMS. In: Kuratorium für Technik und Bauen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): *Automatisches Melken in modernen Milchviehställen*. KTBL-Schrift 430, Darmstadt.
- Friend, T. H; Polan, C. E. (1974):** Social rank, feeding behavior, and free stall utilization by dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 57 (10), 1214-1220.
- Fuchs, C.; Fübekker, A.; Harms, J.; Hartmann, W.; Häußermann, A.; Kaufmann, R.; Reinecke, F.; Rose-Meierhöfer, S.; Wolter, W.; Zähner, M.; Achilles, W.; Röstel, M.; Kuwan, K. (2013):** *Automatische Melksysteme - Verfahren, Kosten, Bewertung*. KTBL-Schrift 497, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.), Darmstadt.
- Gasteiner, J. (2015):** Neuere Erkenntnisse zur Pansenphysiologie und Pansenpathologie bei Milchkühen. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): *Automatische Grundfutturvorgänge für Rinder*, Grub, 5. März 2015. 7-23.
- Geidel, S.; Graff, K. (2013):** Kuhverkehr am Roboter: Drei System im Vergleich. *topagrar April 2013*, R32-R36.
- Göbel, T. (2014):** 40 % weniger Milch. *DLG-Mitteilungen* 130 (2014) H. 11, 88-90.
- González, L. A.; Tolkamp, B. J.; Coffey, M. P.; Ferret, A.; Kyriazakis, I. (2008):** Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 91 (3), 1017-1028.
- Grant, R.; Albright, J. (2000):** Feeding behavior. In: D`Mello, J.P.F (Hrsg.): *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK, 365-382.
- Greter, A.; AlZahal, O.; Duffield, T.; McBride, B.; Widowski, T.; DeVries, T. (2014):** Effect of frequency of feed delivery on the feeding behaviour, growth, and rumen temperature of limit-fed dairy heifers. *Can. J. Anim. Sci.* 94, 11-20.
- Grothmann, A. (2015):** Einfluss von automatischen Fütterungsverfahren in der Milchviehhaltung auf das Tierverhalten und die Futterqualität. Dissertation der Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik und der Forschungsanstalt Agroscope Tänikon. *Forschungsbericht 550 Agrartechnik des Fachausschusses Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG)*.

- Grothmann, A.; Moser, L.; Nydegger, F.; Steiner, A.; Zähler, M. (2014):** Influence of different feeding frequencies on the rumination and lying behaviour of dairy cows. In: *Proceedings International Conference of Agricultural Engineering*, 6 – 10 July 2014, Zurich.
- Gutermann, G.; Freiberger, M.; Lecker, J.; Böck, S.; Peis, R.; Enders, S.; Haidn, B. (2005):** Stallklimadaten und Liegeverhalten von Milchkühen als Bestimmungsgrößen für die Steuerung von Curtains im Liegeboxenlaufstall. In: *7. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung*, 1.-3. März 2005, Braunschweig, 115-120.
- Haidn, B.; Leicher, C. (2015):** Maßnahmen zur Verbesserung des Tierwohls im Milchviehstall. In: Wendl, G. (Hrsg.): *Milchviehhaltung – nachhaltig und zukunftsorientiert. Landtechnisch - bauliche Jahrestagung*, 26. November 2015, Marktoberdorf. 15-40.
- Haidn, B.; Leicher, C. (2017):** Automatisches Füttern – Neues aus Praxis und Forschung. In: Wendl, G. (Hrsg.): *Automatische Grundfuttermittelvorgabe für Rinder. LfL-Information*, März 2017. 47 – 68.
- Haidn, B.; Macuhova, J. (2009):** Arbeitsorganisation in bayerischen Milchviehbetrieben - Analyse und Entwicklung. In: Wendl, G. (Hrsg.): *Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe. Landtechnisch - bauliche Jahrestagung*, 25. November 2009, Triesdorf, 37-53.
- Haidn, B.; Macuhova, J.; Maier, S.; Oberschätzl, R. (2013):** Automatisierung der Milchviehhaltung in Beständen bis 200 Kühe - Schwerpunkt Fütterung. In: *Tagungsband der 14. Jahrestagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V.*, 17. – 19. September 2013, Kiel. Verfügbar unter <http://www.wgmev.de/download/jahrestagungen.html?task=document.viewdoc&id=218>. Abgerufen am 12. Oktober 2017.
- Harms, J. (2004):** Untersuchungen zum Einsatz verschiedener Varianten des Tierumtriebs bei automatischen Melksystemen (Einboxenanlagen). *Dissertation Technische Universität München-Weihenstephan*.
- Harms, J. (2016):** Automatisches Melken – Erfahrungen, Tipps und Tricks. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): *Automatisches Melken*. Grub, 17. Februar 2016. 7-18.
- Harms, J.; Reinecke, F. (2007):** Automatische Melksysteme – Kontrollpunkte und Erfahrungsaustausch. In: *Tagungsband der 8. Jahrestagung der Wissenschaftlichen Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V., Poing-Grub 2007*, 29-32.
- Harms, J.; Wendl, G. (2009):** Automatisierung in der Milchviehhaltung – Stand der Technik und Entwicklungstendenzen. In: Wendl, G. (Hrsg.): *Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe. Landtechnisch - bauliche Jahrestagung*, 25. November 2009, Triesdorf, 15-35.
- Hart, K. D.; McBride, B. W.; Duffield, T. F.; DeVries, T. J. (2014):** Effect of frequency of feed delivery on the behavior and productivity of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97 (3): 1713-1724.
- Heber, I. (2011):** Automatische Fütterungssysteme - Bestandsaufnahmen. In: *Fachtag Bau und Technik*. 13. April 2011, Köllitsch.
- Hedderich, J.; Sachs, L. (2012):** Angewandte Statistik-Methodensammlung mit R. 14. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

- Helmreich, S.; Gygax, L.; Wechsler, B.; Hauser, R. (2010):** Auswirkung des automatischen Melksystems auf das Liegeverhalten von Milchkühen. *ART-Tagungsband IGN 24*, 85-87.
- Hessel, E.; Nordhausen, S.; Van den Weghe, H. (2013):** Lahmheitsdetektion bei Milchkühen mithilfe von automatisch erfassten Aktivitäts- und Liegeparametern. In: *11. Internationale Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung*, Vechta, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, 269-274. ISBN 978-3-941583-80-1.
- Hogeveen, H.; Ouweltjes, W.; de Koning, C.; Stelwagen, K. (2001):** Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. *Livestock Production Science* 72: 157-167.
- Howie, J.; Tolkamp, B.; Avendano, S.; Kyriazakis, I. (2009):** A novel flexible method to split feeding behaviour into bouts. *Applied Animal Behaviour Science* 116 (2-4): 101-109.
- Hoy, S. (2009):** Methoden der Nutztierethologie. In: Hoy, S. (Hrsg.): *Nutztierethologie*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 39-40. ISBN 3-8252-3312-9.
- Huzzey, J.; DeVries, T. J.; Valois, P.; von Keyserlingk, M. (2006):** Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 89 (1): 126-133.
- Ipema, A.; de Koning, C. (1997):** Melken mit dem Melkroboter. *Milchpraxis* 35, Nr. 2, 72-73.
- Ito, K.; von Keyserlingk, M.; LeBlanc, S.; Weary, D. (2010):** Lying behavior as an indicator of lameness in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93 (8): 3553-3560.
- Ito, K.; Weary, D.; von Keyserlingk, M. (2009):** Lying behavior: Assessing within- and between- herd variation in free-stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92 (9): 4412-4420.
- Ketelaar-de Lauwere, C.; Devir, S.; Metz, J. (1996):** The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science* 49 (2): 199-211.
- Ketelaar-de-Lauwere, C.; Hendriks, M.; Metz, J.; Schouten, W. (1998):** Behaviour of dairy cows under free or forced cow traffic in a simulated automatic milking system environment. *Applied Animal Behaviour Science* 56 (1): 13-28.
- Kudrna, V. (2003):** Effect of Different Feeding Frequency Employing Total Mixed Ration (TMR) on Dry Matter Intake and Milk Yield in Dairy Cows during the Winter. *Acta Vet Brno* 72: 533-539.
- Lexer, D. (2005):** Automatische Melksysteme - Technische Gestaltung und Auswirkungen auf Verhalten und Gesundheit von Milchkühen. In *Gumpensteiner Bautagung*, Raumberg-Gumpenstein, 33-35.
- Liebhart, S. (2009):** Auswirkungen einer Änderung der Haltungsumwelt auf ethologische, morphologische und hygienische Parameter einer Milchviehherde. *Dissertation LMU München, Tierärztliche Fakultät*.
- Lüpschen, C. (1997):** Aussagekraft des Body-Condition-Score Test im Hinblick auf das Partus-Syndrom. *Dissertation Hohe Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn*.
- Macdonald, P.; Du, J. (2015):** Package 'mixdist'. Verfügbar unter <https://cran.r-project.org/web/packages/mixdist/mixdist.pdf>. Abgerufen am 4. September 2015.

-
- 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 (11): 4312-4320.
- Mattachani, G.; Riva, E.; Pompe, J. and Provolò, G. (2015):** Automatic monitoring of cow behaviour to assess the effects of variations in feeding delivery frequency. In: Proceedings *Precision Livestock Farming 2015*, 15. – 18. September 2015, Mailand, 473-481.
- Melin, M.; Svennersten-Sjaunja, K.; Wiktorsson, H. (2005a):** Feeding patterns and performance of cows in controlled cow traffic in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science* 88 (11): 3913-3922.
- Melin, M.; Wiktorsson, H.; Norell, L. (2005b):** Analysis of feeding and drinking patterns of dairy cows in two cow traffic situations in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science* 88 (1): 71-85.
- Metz, J. (1975):** Time patterns of feeding and rumination in domestic cattle. Dissertation, Wagenigen.
- Morita, S.; Devir, S.; Ketelaar-de Lauwere, C. C.; Smits, A. C.; Hogeveen, H.; Metz, J. H. M. (1996):** Effects of Concentrate Intake on Subsequent Roughage Intake and Eating Behavior of Cows in an Automatic Milking System. *Journal of Dairy Science* (9): 1572-1580.
- Munksgaard, L.; Jensen, M.; Pedersen, L.; Hansen, S.; Matthews, L. (2005):** Quantifying behavioural priorities-effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Applied Animal Behaviour Science* 92 (1-2): 3-14.
- Munksgaard, L.; van Reenen, C.; van C.G.; Boyce, R. (2006):** Automatic monitoring of lying, standing and walking behavior in dairy cattle. *Journal of Animal Science* 84 (Suppl): 304.
- Müller, C.; Herrmann, H.; Knierim, U.; Hesse, D. (2000):** Bewertung der Tiergerechtheit von automatischen Melksystemen. In: Schön, H. (Hrsg.): *Automatische Melksysteme*. Darmstadt, KTBL, 132-135.
- Müller, J. (2013):** Vollautomatisch mit Greifer und Mischer. *dlz primus Rind* 10, S. 30-34.
- N.N. (2015):** PostgreSQL. Verfügbar unter <http://www.postgresql.org/about/>. Abgerufen am 26. November 2015.
- 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 (11): 4249-4260.
- Niu, M.; Ying, Y.; Bartell, P. A.; Harvatine, K. J. (2014):** The effects of feeding time on milk production, total-tract digestibility, and daily rhythms of feeding behavior and plasma metabolites and hormones in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97 (12): 7764-7776.
- Nixon, M.; Bohmanova, J.; Jamrozik, J.; Schaeffer, L. R.; Hand, K.; Miglior, F. (2009):** Genetic parameters of milking frequency and milk production traits in Canadian Holsteins milked by an automated milking system. *Journal of Dairy Science* 92 (7): 3422–3430.
- 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 (9): 2238-2247.

- Oberschätzl, R. (2013):** Roboter lockt Kühe an den Futtertisch. *top agrar* 08/2013: R20-R21.
- Oberschätzl R.; B. Haidn; DLG Ausschuss für Technik in der tierischen Produktion (2015a):** DLG-Merkblatt 398 - Automatische Fütterungssysteme für Rinder-Technik, Leistung, Planungshinweise. DLG e.V., Frankfurt am Main.
- Oberschätzl, R.; Haidn, B.; Neiber, J.; Neser, S. (2015b):** Energieverbrauch automatischer Fütterungssysteme in Praxisbetrieben. In: *Tagungsband 12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung*. 8. – 10. September 2015, Freising, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 116-121.
- Oberschätzl, R.; Haidn, B.; Neiber, J.; Neser, S. (2015c):** Energieverbrauch automatischer Fütterungssysteme in Praxisbetrieben. Vortrag im Rahmen der *12. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung*. 8. – 10. September 2015, Freising, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), unveröffentlicht.
- Oberschätzl-Kopp, R.; B. Haidn; R. Peis; K. Reiter; H. Bernhardt (2016a):** Untersuchungen zum Verhalten von Milchkühen bei automatischer Fütterung in einem AMS-Betrieb. *Landtechnik* 71 (2): 55-65.
- Oberschätzl-Kopp, R.; B. Haidn; R. Peis; K. Reiter; H. Bernhardt (2016b):** Effects of an automatic feeding systems with dynamic feeding times on the behavior of dairy cows. In: *Proceedings Conference on Precision Dairy Farming 2016*, 21 – 23 June 2016, Leeuwarden, Netherlands Wageningen Academic Publishers, 363-369. ISBN 978-90-8686-283-2.
- Oberschätzl-Kopp, R.; B. Haidn; R. Peis; K. Reiter; H. Bernhardt (2016c):** Effects of an automatic feeding systems with dynamic feed delivery times on the behaviour of dairy cows. In: *Proceedings CIGR-AgEng conference*, 26 – 29 June 2016, Aarhus, Denmark. Verfügbar unter http://conferences.au.dk/uploads/tx_powermail/oberschaeztl-kopp_et_al_cigrageng_automatic_feeding.pdf. Abgerufen am 10. Dezember 2016.
- Oberschätzl-Kopp, R.; B. Haidn; R. Peis; K. Reiter; H. Bernhardt (2017):** Bedeutung des Futternachschiebens anstelle einer automatischen Futtervorlage für das Futteraufnahme- und Ruheverhalten von Milchkühen in einem AMS-Betrieb. In: *Tagungsband 13. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung*. 18. – 20. September 2017, Hohenheim, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 246-251.
- Olofsson, J. (1999):** Competition for total mixed diets fed for ad libitum intake using one or four cows per feeding station. *Journal of Dairy Science* 82 (1): 69-79.
- Ominski, K. H.; Kennedy, A. D.; Wittenberg, K. M. (2002):** Physiological and Production Responses to Feeding Schedule. *Journal of Dairy Science* 85 (4): 730–737.
- Pahl, C.; Haeussermann, A.; Hartung, E.; Grothmann, A.; Mahlkow-Nerge, K. (2014):** Ability to estimate feed intake from feeding time, chewing and rumination activity. In: *Proceedings International Conference of Agricultural Engineering*, 6 – 10 July 2014, Zurich, 1-7.
- Phillips, C. J. C.(2002):** Cattle Behaviour and Welfare. Second edition. Blackwell Science Ltd, a Blackwell Publishing Company.

- 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 (9): 1979-1987.
- Pompe, J.; Alders, D.; Heutinck, L.; Lokhorst, C. (2007):** Automatic individual feeding systems for dairy cows: observations of facility utilization. In: *Proceedings Precision livestock farming 2007*, Wageningen Academic Publishers, Netherlands, Skiathos, Greece, 24-51.
- Porzig, E. (1969):** Verhalten von Rindern. In: Porzig, E. (Hrsg.): *Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 144.
- Porzig, E.; Sambraus, H. H. (1991):** Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Berlin, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH.
- Prescott, N.; Mottram, T.; Webster, A. (1998):** Relative motivations of dairy cows to be milked or fed in a Y-maze and an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science* 57 (1-2): 23-33.
- Rackwitz, R. (2015):** Mögliche technische und technologische Lösungen für den NullEmissions-Stall. In: *Tagungsband 24. Milchrindtag 2015 Mecklenburg-Vorpommern*. Verfügbar unter http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Tierproduktion/Milcherzeugung/24Milchrindtag/7_Rackwitz_2015_02_ANMS.pdf. Abgerufen am 18. April 2017.
- Reith, S.; Hoy, S. (2011):** Interindividuelle Variabilität des Aktivitäts- und Wiederkauverhaltens von Kühen im periöstralen Zeitraum. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung*. KTBL-Schrift 389, Darmstadt.
- Rodenburg, J. (2002):** Robotic milkers: What, where,...and how much!?? In: *Proceedings Ohio Dairy Management Conference*, The Ohio State University, Columbus, USA, 1-18.
- Sambraus, H. H. (1973):** Die Ursachen synchronen Verhaltens bei weidenden Rindern. *Journal of Animal Breeding and Genetics*: 192-198.
- Sambraus, H. H. (1978):** Rind. In: Sambraus, H. H. (Hrsg.): *Nutztierethologie*. Verlag Paul Paray, Berlin und Hamburg.
- Sambraus, H. H. (1990):** Verhalten des Rindes. In: *Tagung der Fachgruppe „Verhaltensforschung“*. *Angewandte Verhaltenskunde bei Nutztieren*. 20. – 22. März 1990, Grub. Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V., 42 ff.
- Sambraus, H. (1991):** Nutztierkunde. Biologie, Verhalten, Leistung und Tierschutz. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.
- Schindhelm, K. (2016):** Automatische Erkennung von Lahmheiten bei Milchkühen mittels Leistungs- und Aktivitätsdatenanalyse. *Dissertation der LMU München, Tierärztliche Fakultät*.
- Schrader, L. (2009):** Tierschutz und Tierhaltung in der Milchviehhaltung. *Züchtungskunde* 81 (6): 414-420.
- Schumann, J.; Zeitler-Feicht, M.; Reiter, K. (2010):** Untersuchung zum Futteraufnahmeverhalten innerhalb von Mahlzeiten bei Milchkühen. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung*. KTBL-Schrift 482, Darmstadt. 50-60.

- Scott, V. E.; Thomson, P. C.; Kerrisk, K. L.; Garcia, S. C. (2014):** Influence of provision of concentrate at milking on voluntary cow traffic in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 97 (3): 1481-1490.
- 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): 1848-1854.
- Sibly, R.; Nott, H.; Fletcher, D. (1990):** Splitting behaviour into bouts. *Anim. Behav* 39: 63-69.
- Slater, P.; Lester, N. (1982):** Minimising errors in splitting behaviour into bouts. *Behaviour* 79: 153-161.
- Spolders, M. (2002):** Effekte eines automatischen Systems des Milchentzugs ("Melkroboter") auf Futteraufnahmemenge, -rhythmik, Kau- und Wiederkauaktivität sowie stoffwechsel- und leistungsbiologische Zusammenhänge bei Hochleistungskühen im Vergleich zum herkömmlichen Melksystem. *Dissertation der Tierärztlichen Hochschule Hannover*.
- Stamer, E.; Junge, W. und Kalm, E. (1997):** Die Zeitstruktur des Futteraufnahmeverhaltens von Milchkühen unter Laufstallbedingungen. *Archiv für Tierzucht, Dummerstorf* 40 (1997) 3: 195-214.
- Stamer, E.; Reinsch, N.; Junge, W. (2000):** Merkmale des Fressverhaltens zur Schätzung der Grundfutteraufnahme von Milchkühen unter Laufstallbedingungen. *Züchtungskunde* 72 (5): 340-358.
- Statistisches Bundesamt (2014):** *Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland*. Landwirtschaftsverlag GmbH Münster-Hiltrup. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuch2014.pdf?__blob=publicationFile, Abgerufen am 26. Juli 2014.
- Statistisches Bundesamt (2017):** Land und Forstwirtschaft, Fischerei-Viehbestand. Fachserie 3 Reihe 4.1., Erschienen 28.06.2017. Verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ViehbestandTierischeErzeugung/Viehbestand2030410175314.pdf;jsessionid=B2C71E14D0653514024922663C6FDBAF.cae1?__blob=publicationFile. Abgerufen am 4. August 2017.
- Süss, M.; Andreae, U. (1984):** Rind. In: Bogner, H.; Grauvogl, A. (Hrsg.): *Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.
- Tilger, M. (2005):** Biologische Rhythmen bei Nutztieren - Eine Literaturstudie. Dissertation der LMU München, Tierärztliche Fakultät.
- Tober, O.; Loebstin, C. (2013):** Das Verhalten von laktierenden Milchkühen in einem Außenklima-Laufstall in Abhängigkeit der Außentemperatur. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 126: 388-393.
- Tolkamp, B. J.; Allcroft, D. J.; Austin, E. J.; Nielsen, B. L.; Kyriazakis, I. (1998):** Satiety Splits Feeding Behaviour into Bouts. *Journal of theoretical Biology* 194: 235-250.
- Tolkamp, B. J.; Friggens, N. C.; Emmans, G. C.; Kyriazakis, I.; Oldham, J. D. (2002):** Meal patterns of dairy cows consuming mixed foods with a high or a low ratio of concentrate to grass silage. *Animal Science* 74: 369-382.
- Tolkamp, B.; Schweitzer, D. P. N.; Kyriazakis, I. (2000):** The biologically relevant unit for the analysis of short-term feeding behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83 (9): 2057-2068.

- Tölle, K.-H.; Joulaud, O.; Janknecht, G.; Krieter, J. (2002):** Futteraufnahme von Kühen in einem automatischen Melkverfahren mit gelenktem Kuhverkehr. *Züchtungskunde* 74 (5): 330-340.
- Tucker, C. (2009):** Behavior of Cattle. In: Jensen, P. (Hrsg.): *The Ethology of Domestic Animals*. 2nd Edition, CAB International.
- Tucker, C.; Rogers, A.; Schutz, K. (2008):** Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science* 109: 142-154.
- Ubisense (2017):** Dimension4 Tag Options. Verfügbar unter https://ubisense.net/application/files/7314/8551/8964/Dimension4_Tag_Options_Fixed27.01.17.pdf. Abgerufen am 26. Februar 2017.
- Uetake, K.; Hurnik, J.; Johnson, L. (1997):** Behavioral pattern of dairy cows milked in a two-stall automatic milking system with a holding area. *Journal of Animal Science* 75 (4): 954-958.
- Urton, G.; von Keyserlingk, M.; Weary, D. (2005):** Feeding behavior identifies dairy cows at risk for metritis. *Journal of Dairy Science* 88 (8): 2843-2849.
- Vollmers, C.; Gill, S.; DiTacchio, L.; Pulivarthy, SR.; Le, HD.; Panda, S. (2009):** Time of feeding and the intrinsic circadian clock drive rhythms in hepatic gene expression. In: *Proc Natl Acad Sci USA* 106 (50): 21453–21458.
- Wagner-Storch, A.; Palmer, R. (2003):** Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 86 (4): 1494-1502.
- Webster, A. (1987):** Animal Welfare. A Cool Eye Toward Eden. Blackwell Science, Oxford.
- Wechsler, B.; Neuffer, I.; Helmreich, S.; Gygax, L.; Hauser, R. (2012):** Automatische Melksysteme-Aspekte der Tiergerechtigkeit. ART-Bericht 752, Ettenhausen.
- Wendl, G. (2011a):** Entwicklungstendenzen in der Haltungstechnik für die Milchviehhaltung. In: Wendl, G. (Hrsg.): Tierhaltung in Bayern – Quo vadis? Landtechnisch-bauliche Jahrestagung und Eröffnung der Lehrschau, Grub, 25. Oktober 2011, ISSN 1611-4159 .
- Wendl, G. (2011b):** Fütterungstechnik für die Milchviehhaltung. Vortrag im Rahmen der Landsberger Praxistage „Fütterungstechnik für die Rinderhaltung“. Landsberg, 7. Februar 2011. Verfügbar unter <http://www.agrarbildungszentrum-landsberg.de/pdf/Vortrag01.pdf>. Abgerufen am 11. September 2017.
- Wendl, G. (2014):** Technik in der Rinderhaltung. In: Frerichs, L. (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2014. 1-10.
- Wendl, G.; Harms, J. (2007):** Technik zur Vorlage und Registrierung von Grund- und Kraftfutter. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Hrsg.): „Precision Dairy Farming“ *Elektronikeinsatz in der Landwirtschaft*. KTBL-Schrift 457, ISBN 978-3-939371-28-1. 53-65.
- Wendl, G.; Harms, J. (2012):** Technik in der Tierhaltung. In: Frerichs, L. (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. 1-9.
- Wendl, G.; Sedlmeyer, F.; Harms, J.; Klindworth, K.; Schön, H. (2000):** Untersuchungen zum Einsatz automatischer Melksysteme in Praxisbetrieben. In:

-
- Schön, H. (Hrsg.): *Automatische Melksysteme*. KTBL Schrift 395, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, 88-105.
- Wierenga, H. (1990):** Sozial dominace in dairy cattle and the influences of housing and management. *Applied Animal Behavior Science* 27: 201-229.
- Winckler, C. (2009):** Verhalten der Rinder. In: Hoy, S. (Hrsg.): *Nutztierethologie*, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 83-94.
- Yeates, M.; Tolkamp, B. J.; Allcroft, D. J.; Kyriazakis, I. (2001):** The use of Mixed Distribution Models to Determine Bout Criteria for Analysis of Animal Behaviour. *Journal of theoretical Biology* 213: 413-425.
- Yeates, M.; Tolkamp, B. J.; Kyriazakis, I. (2002):** The relationship between meal composition and long-term diet choice. *Journal of Animal Science* 80: 3165-3178.

12. Anhang

Tabelle 33: Ration der laktierenden Kühe im Praxisbetrieb

Komponente	Menge (kg FM)
Grassilage	26,50
Maissilage	15,00
Heu	0,50
Stroh	0,50
Getreideschrot (hofeigene Mischung)	1,20
Raps-/Sojamischung	1,00
Mineralfutter 1	0,03
Mineralfutter 2	0,07

Tabelle 34: Übersicht der Laborergebnisse der Mischfutterproben im Praxisbetrieb im Mittel der Winter- und Sommersversuchsphasen

Kennwerte	Einheit	Winter	Sommer
Rohnährstoffe			
Trockenmasse	g	306,67	325,33
Rohasche	g	83,67	89,00
Rohprotein	g	144,33	160,67
Rohfaser	g	221,33	253,33
Rohfett	g	39,67	36,00
Stärke	g	134,67	95,67
Zucker	g	36,00	55,00
Enzymlösl.Org.Substanz	g	600,00	615,00
Proteinwerte			
Nutzbares Protein (nXP)	g	142,33	142,33
Ruminale N-Bilanz (RNB)	g	0,67	3,33
Energiewerte			
ME Wiederkäuer (MJ)	MJ	10,26	9,84
NEL (MJ)	MJ	6,13	5,82

Tabelle 36: Versuchsprotokoll während der Versuchsphasen W-dyn 1 und S-dyn 1

Tageszeit	Aufgaben/Aktionen	Zeitfenster
07:30	Futterbewertung	1
07:45	Trog räumen	
08:15	Fütterung zu fester Zeit	
08:45	Futterbewertung	
10:00	Futterbewertung	2
10:30	Futterbewertung	
11:00	Futterbewertung	
11:15	Plan Fütterung	
11:15	Futterbewertung	
11:30	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
11:45	Futterbewertung (wenn Fütterung planmäßig)	
12:00	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
12:30	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
12:40	letzte Möglichkeit Fütterung zu starten	
nach Fütterung	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
13:30	Futterbewertung	3
14:00	Futterbewertung	
14:00	Plan Fütterung	
14:15	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
14:30	Futterbewertung (wenn Fütterung planmäßig)	
14:40	letzte Möglichkeit Fütterung zu starten	
nach Fütterung	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
15:00	Futterbewertung	4
15:30	Futterbewertung	
16:00	Futterbewertung	
16:00	Plan Fütterung	
16:15	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
16:30	Futterbewertung (wenn Fütterung planmäßig)	
16:40	letzte Möglichkeit Fütterung zu starten	
nach Fütterung	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
19:30	Futterbewertung	5
19:45	Plan Fütterung	
20:00	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
20:15	Futterbewertung (wenn Fütterung planmäßig)	
20:30	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
20:40	letzte Möglichkeit Fütterung zu starten	
nach Fütterung	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
22:00	Futterbewertung	6
22:30	Futterbewertung	
23:15	Plan Fütterung	
23:15	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
23:30	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
23:45	Futterbewertung (wenn Fütterung planmäßig)	
00:00	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
00:30	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
01:00	letzte Möglichkeit Fütterung zu starten	
nach Fütterung	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	
02:00	Futterbewertung	7
02:30	Futterbewertung	
03:00	Futterbewertung	
03:15	Futterbewertung	
03:30	Futterbewertung	
nach Fütterung	Futterbewertung (wenn Fütterung vorgezogen)	
03:45	Plan Fütterung	
03:45	letzte Möglichkeit Fütterung zu starten	
04:15	Futterbewertung (wenn Fütterung planmäßig)	

Tabelle 37: Versuchsprotokoll während der Versuchsphasen W-dyn 2 und S-dyn 2

Tageszeit	Aufgaben/Aktionen	Fütterung/Nachschieben	Zeitfenster
07:30	Futterbewertung		1
07:45	Trog räumen		
08:15	Fütterung zu fester Zeit (Doppel)	Zeitfenster fixe Fütterung	
09:15	Futterbewertung	Zeitfenster fixe Fütterung	
10:30	Futterbewertung	Zeitfenster für Nachschieben	2
11:00	Futterbewertung	Zeitfenster für Nachschieben	
11:15	Plan Nachschieben	Zeitfenster für Nachschieben	
11:15	Futterbewertung	Zeitfenster für Nachschieben	
11:30	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Nachschieben	
11:45	Futterbewertung (wenn Fütterung planmäßig)	Zeitfenster für Nachschieben	
12:00	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Nachschieben	
12:30	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Nachschieben	
12:45	letzte Möglichkeit für Futternachschieben	Zeitfenster für Nachschieben	
nach Nachschieben	Futterbewertung (wenn Nachschieben verschoben)	Zeitfenster für Nachschieben	
13:30	Futterbewertung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	3
14:00	Futterbewertung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
14:00	Plan Fütterung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
14:15	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
14:30	Futterbewertung (wenn Fütterung planmäßig)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
14:40	letzte Möglichkeit Fütterung zu starten	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
15:00	letzte Möglichkeit für Futternachschieben		
nach Nachschieben oder Fütterung	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
15:30	Futterbewertung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	4
16:00	Futterbewertung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
16:00	Plan Nachschieben/Fütterung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
16:15	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
16:30	Futterbewertung (wenn Fütterung planmäßig)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
16:05	letzte Möglichkeit Fütterung zu starten	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
16:40	letzte Möglichkeit für Futternachschieben	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
nach Nachschieben oder Fütterung	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
19:30	Futterbewertung	Zeitfenster für Einzelfütterung	5
19:45	Plan Fütterung	Zeitfenster für Einzelfütterung	
20:00	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Einzelfütterung	
20:15	Futterbewertung (wenn Fütterung planmäßig)	Zeitfenster für Einzelfütterung	
20:30	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Einzelfütterung	
20:40	letzte Möglichkeit Fütterung zu starten	Zeitfenster für Einzelfütterung	
nach Fütterung	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Einzelfütterung	
22:00	Futterbewertung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	6
22:30	Futterbewertung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
23:15	Plan Fütterung/Nachschieben	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
23:15	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
23:30	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
23:45	Futterbewertung (wenn Fütterung planmäßig)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
00:00	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
00:30	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
01:00	letzte Möglichkeit Fütterung zu starten	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
01:00	letzte Möglichkeit für Futternachschieben	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
nach Fütterung	Futterbewertung (wenn Fütterung verschoben)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
02:00	Futterbewertung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	7
02:30	Futterbewertung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
03:10	letzte Möglichkeit Fütterung zu starten	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
03:15	Futterbewertung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
03:30	Futterbewertung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
nach Fütterung	Futterbewertung (wenn Fütterung vorgezogen)	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
03:45	Plan Nachschieben	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
03:45	letzte Möglichkeit Fütterung zu starten	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	
Nach Nachschieben oder Fütterung	Futterbewertung	Zeitfenster für Doppelfütterung bzw. Nachschieben	

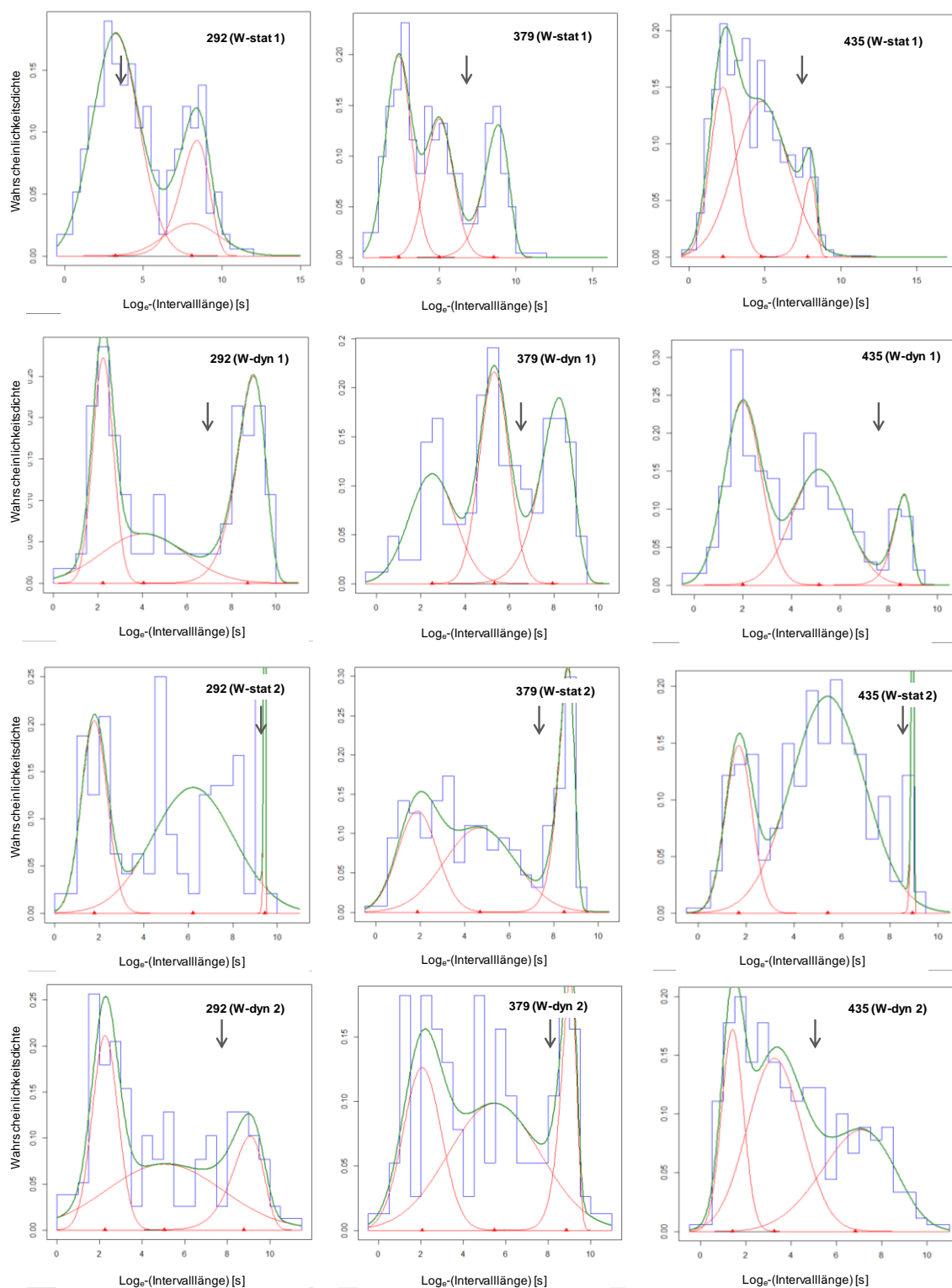


Abbildung 54: Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (grüne Kurve) bestehend aus zwei Gauss- und einer Weibullverteilung (rote Kurven) der beobachteten Häufigkeitsverteilung der \log_e -transformierten Intervalle zwischen den Fressplatzbesuchen (blaue Balken) für die Fokuskühe 292, 379 und 435 während der Winterversuchsphasen (W-stat 1, W-dyn 1, W-stat 2, W-dyn 2) einschließlich der Kennzeichnung des Mahlzeitenkriteriums (grauer Pfeil)

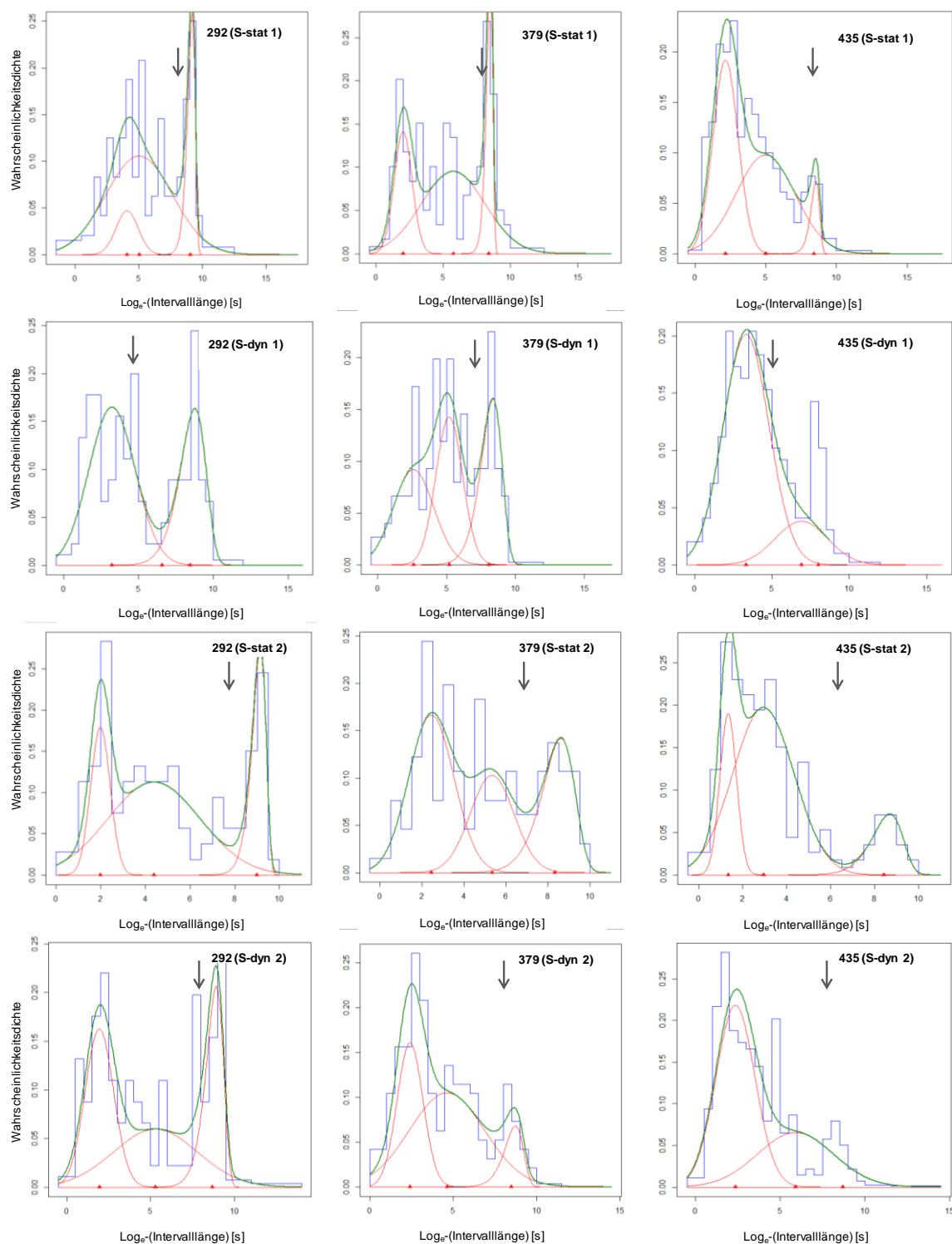


Abbildung 55: Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (grüne Kurve) bestehend aus zwei Gauss- und einer Weibullverteilung (rote Kurven) der beobachteten Häufigkeitsverteilung der \log_e -transformierten Intervalle zwischen den Fressplatzbesuchen (blaue Balken) für die Fokuskühe 292, 379 und 435 während der Sommerversuchsphasen (S-stat 1, S-dyn 1, S-stat 2, S-dyn 2) einschließlich der Kennzeichnung des Mahlzeitenkriteriums (grauer Pfeil)

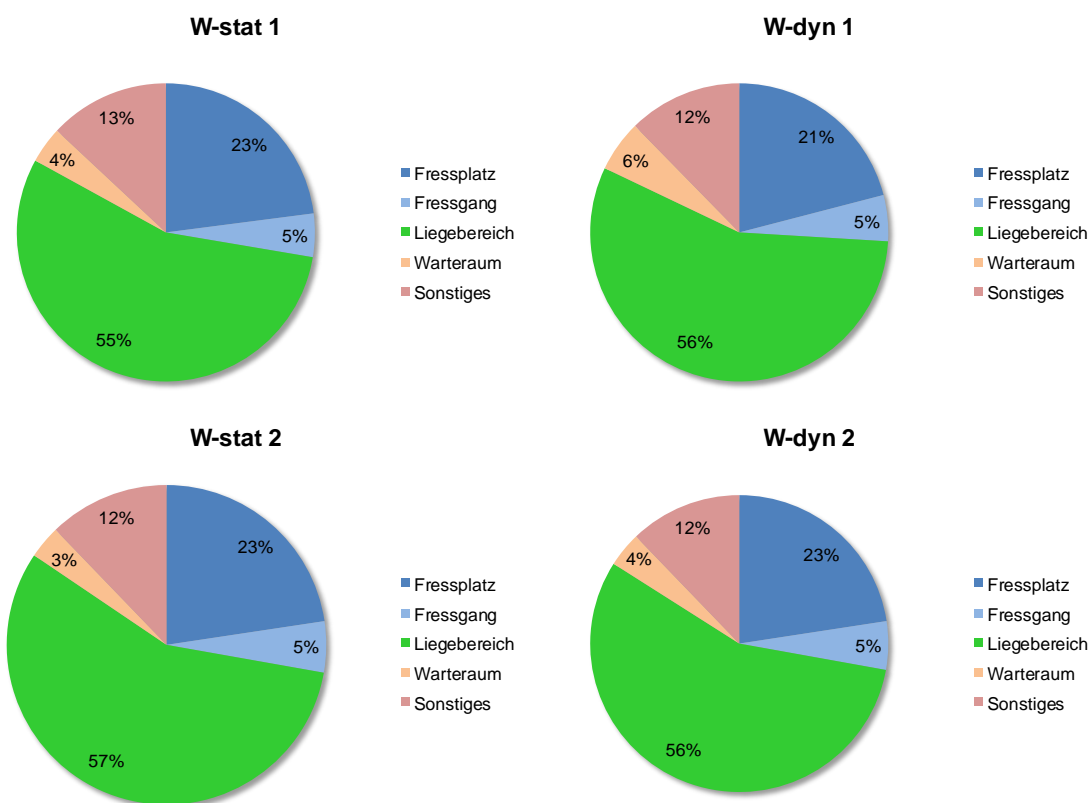


Abbildung 56: Anteile der Verhaltensweisen der Herde im Untersuchungsbetrieb während der Winterversuchsphasen W-stat 1, W-dyn 1, W-stat 2 und W-dyn 2

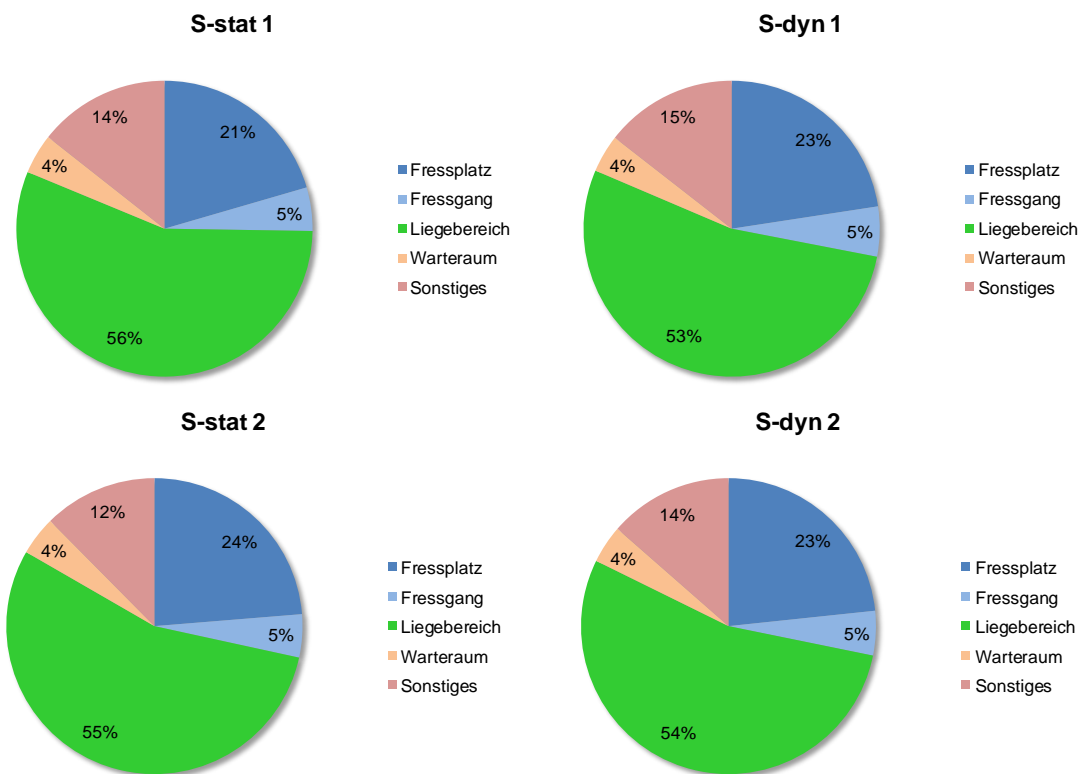


Abbildung 57: Anteile der Verhaltensweisen der Herde im Untersuchungsbetrieb während der Sommerversuchsphasen S-stat 1, S-dyn 1, S-stat 2 und S-dyn 2

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem früheren Chef und Mentor Herrn Dr. B. Haidn vom ILT der LfL in Grub für die Überlassung des sehr interessanten Themas. Er ist mir stets mit wertvollen Anregungen und motivierenden Worten zur Seite gestanden. Ganz herzlich danken möchte ich auch meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. H. Bernhardt, für die konstruktiven Diskussionen und die essentielle Unterstützung während der gesamten Promotionsdauer. Weiterhin danke ich Herrn Prof. Dr. K. Reiter für seine Hilfestellungen bei ethologischen Fragestellungen und die wertvollen Hinweise zur Arbeit sowie Herrn Prof. Dr. W. Windisch für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes. Für die großzügige finanzielle Unterstützung geht mein Dank an das Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Bei dem Kollegium des ILT möchte ich mich für das produktive aber auch freundschaftliche Arbeitsumfeld bedanken. Hervorzuheben ist Herr R. Peis. Er hat mich tatkräftig beim Versuchsaufbau, der Datenerfassung und –verarbeitung unterstützt. Für die Hilfe bei statistischen Fragestellungen geht ein Dankeschön an Herrn Dr. H. Petermeier vom Lehrstuhl für Mathematische Modelle biologischer Systeme der TUM.

Ich danke der Firma DeLaval, ohne deren technische und großzügige Unterstützung die Untersuchungen zur Dynamisierung nicht möglich gewesen wären. Besonders danke ich dabei den Herren Dr. G. Schläiß, M. Bauer, A. Nährig, M. Huber und P. Roth, dass sie die Installation und jegliche Einstellungen des Fütterungssystems übernommen haben. Außerdem danke ich den Firmen Wasserbauer und GEA für die Hilfe bei der Gewinnung von Fütterungs-, Herden- und Managementdaten in den LLA in Triesdorf. Die Untersuchungen konnten nur durch die Bereitschaft von Betrieben durchgeführt werden. Deshalb danke ich Herrn U. Mohr und dem Personal der LLA in Triesdorf für ihre gewissenhafte Unterstützung sowie meiner Familie für die Bereitstellung ihres Milchviehstalls und ihre Mithilfe.

Bei meinen Eltern bedanke ich mich für ihre Aufgeschlossenheit, die Freiräume und Förderung, die mir diese Arbeit erst ermöglichten und bei meinen Brüdern, dass sie mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite standen. Mein besonderer Dank geht schließlich an meinen Ehemann Max, der mich bei der Erreichung dieses Ziels immer unterstützt und motiviert hat.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass die vorliegende Dissertation unter der Anleitung und Betreuung durch Prof. Dr. agr. habil. Heinz Bernhardt ohne sonstige Hilfe erstellt und bei der Abfassung nur die angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt wurden. Ich habe keine Organisation eingeschaltet, die gegen Entgelt Betreuerinnen und Betreuer für die Anfertigung von Dissertationen sucht, oder die mir obliegenden Pflichten hinsichtlich der Prüfungsleistungen für mich ganz oder teilweise erledigt. Ich versichere, dass die Dissertation in dieser oder ähnlicher Form in keinem anderen Prüfungsverfahren als Prüfungsleistung vorgelegt wurde, ich den angestrebten Doktorgrad noch nicht erworben habe und nicht in einem früheren Promotionsverfahren für den angestrebten Doktorgrad endgültig gescheitert bin.

Rosemarie Oberschätzl-Kopp

St.Christoph, den 18.10.2017