

Lehrstuhl für Landtechnik
Department für Biogene Rohstoffe und Technologie der Landnutzung

**Untersuchungen zum Einsatz
verschiedener Varianten des Tierumtriebs
bei automatischen Melksystemen (Einboxenanlagen)**

Jann Henrik Harms

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: Univ.-Prof. Dr.agr. Dr.agr.habil. Alois Heißenhuber

Prüfer der Dissertation:

1. Hon.-Prof. Dr.agr. Dr.h.c.(AE Keszthely) Johann Schön
(*nur schriftliche Beurteilung*)
2. Univ.-Prof. Dr.agr. Dr.agr.habil. Hermann Auernhammer
3. apl.Prof. Dr.agr. Dr.agr.habil. Frieder J. Schwarz

Die Dissertation wurde am 30.06.04 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät *Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt* am 08.12.04 angenommen.

© 2005 by Landtechnik Weihenstephan
ISSN-Nr. 0931-6264

Alle Rechte, auch die der Übersetzung und des Nachdrucks sowie jede Art der photomechanischen Wiedergabe oder der Übernahme auf Datenträger, auch auszugsweise, bleiben vorbehalten.

Selbstverlag im Eigenvertrieb:
Technische Universität München
Lehrstuhl für Landtechnik
Am Staudengarten 2
D-85354 Freising
Telefax: +49 8161 / 71-3895

Herstellung: Hieronymus Buchreproduktions GmbH, München

Eine elektronische Version der Dissertation ist im Netz der Universitätsbibliothek der Technischen Universität München veröffentlicht und unter der Internetadresse <http://tumb1.biblio.tu-muenchen.de/publ/diss/ww/2005/harms.pdf> zugänglich.

Die Dissertation ist in identischer Form auch als Nr. 2/2005 in der Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) erschienen - Internetadresse: <http://www.LfL.bayern.de>.

**Meinem Doktorvater Prof. Hans Schön
(† 30.11.2004)
gewidmet**

Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft sowie
den Firmen Lemmer-Fullwood und DeLaval gefördert.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	15
2	Stand des Wissens	17
2.1	Verbreitung automatischer Melksysteme	17
2.2	Aufbau automatischer Melksysteme	18
2.3	Tierverhalten	21
2.3.1	Sozialverhalten und Rangordnung	21
2.3.2	Fressverhalten	23
2.3.3	Melkverhalten	31
2.4	Tierumtrieb (Kuhverkehr)	35
2.4.1	Einordnung der Tierumtriebsformen	35
2.4.2	Untersuchungen zum Tierumtrieb	37
3	Problemstellung	41
4	Zielsetzung	43
5	Material und Methoden	45
5.1	Beschreibung der untersuchten Betriebe	45
5.1.1	Betrieb Grub	45
5.1.2	Betrieb Hirschau	46
5.2	Beschreibung der untersuchten Umtriebsformen	47
5.2.1	Freier Umtrieb	48
5.2.2	Gelenkter Umtrieb	49
5.2.3	Selektiv gelenkter Umtrieb	50
5.3	Aufbau und Funktionsweise der eingesetzten Selektionstore	52
5.3.1	Betrieb Grub (passive Selektionstore)	52
5.3.2	Betrieb Hirschau (aktive Selektionstore)	54
5.4	Anlernen der Tiere an den Selektionstoren	54
5.5	Versuchsparameter der einzelnen Versuche	55
5.5.1	Allgemeine Versuchsparameter	55
5.5.2	Melkparameter	56
5.5.3	Grundfutterdaten	57
5.5.4	Krafffutterdaten	59

5.6	Datenerfassung – Erfassung des Melk- und Fressverhaltens	61
5.6.1	Melkverhalten	61
5.6.2	Fressverhalten	63
5.6.3	Verhalten der Tiere im Tagesverlauf	65
5.6.4	Nutzung der Übergänge zwischen Liege- und Fressbereich	67
5.7	Abschätzung von Dominanzwerten anhand des Fressverhaltens	68
5.8	Unterteilung der Herden in Untergruppen	68
5.9	Statistische Auswertung	70
6	Ergebnisse	73
6.1	Nutzung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich	73
6.1.1	Unerwünschte Verhaltensweisen	73
6.1.2	Vergleich der untersuchten Umtriebsformen	74
6.1.3	Nutzung der Selektionstore durch die Tiere	75
6.2	Melkverhalten	79
6.2.1	Milchleistung	79
6.2.2	Melkungen und zusätzliche Besuche der Melkbox	80
6.2.3	Wartende Tiere	89
6.2.4	Anzahl nachzutreibender Tiere	92
6.2.5	Verteilung der Zwischenmelkzeiten und Gemelksmengen	96
6.3	Fressverhalten	101
6.3.1	Fressperioden / Besuche des Fressbereichs	101
6.3.2	Futteraufnahme / Fressdauer	107
6.3.3	Anteil der Tiere im Fressbereich im Tagesverlauf	115
7	Diskussion	127
7.1	Nutzung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich	128
7.2	Melkverhalten	131
7.3	Fressverhalten	139
8	Schlussfolgerungen	147
9	Zusammenfassung	153
10	Summary	157
11	Literaturverzeichnis	161
12	Anhang	169

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung der Anzahl der Betriebe mit automatischem Melksystem weltweit	17
Abbildung 2:	Landwirtschaftliche Betriebe mit automatischen Melksystemen weltweit	18
Abbildung 3:	Baugruppen eines automatischen Melksystems (AMS)	20
Abbildung 4:	Fressverhalten von Kühen (Mischration 1-mal täglich vorgelegt)	24
Abbildung 5:	Häufigkeitsverteilung der In-ZFZ und Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für drei verschiedene Tiergruppen	29
Abbildung 6:	Verteilung der Melkungen im Tagesablauf bei 3 Praxisbetrieben (Mittelwerte über jeweils 1 Monat)	32
Abbildung 7:	Verteilung der Zwischenmelkzeiten	33
Abbildung 8:	Abhängigkeit der Melk- und Besuchsfrequenz von der Anzahl der gemolkenen Tiere	34
Abbildung 9:	Grundriss des Stalls auf dem Betrieb Grub (AMS-Bereich).....	46
Abbildung 10:	Grundriss des Stalls auf dem Betrieb Hirschau (AMS-Bereich) ..	47
Abbildung 11:	Gestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich bei freiem Umtrieb (Betrieb Hirschau).....	48
Abbildung 12:	Gestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich bei freiem Umtrieb (Betrieb Grub)	48
Abbildung 13:	Gestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich bei gelenktem Umtrieb (Betrieb Hirschau)	49
Abbildung 14:	Gestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich bei gelenktem Umtrieb (Betrieb Grub).....	49
Abbildung 15:	Gestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich bei selektiv gelenktem Umtrieb (Betrieb Hirschau)	51
Abbildung 16:	Gestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich bei selektiv gelenktem Umtrieb (Betrieb Grub).....	51
Abbildung 17:	Dezentrales Selektionstor und Einwegtor (Betrieb Grub, Nähe AMS)	53
Abbildung 18:	Zeichnung des „Smart-Selection-Gate“ der Firma DeLaval	54
Abbildung 19:	Herkunft der Daten zum Melk- und Fressverhalten.....	61
Abbildung 20:	Ansicht eines Grundfutterwiegetrogs	64

Abbildung 21:	Nutzung der verschiedenen Übergänge vom Liege- in den Fressbereich pro Tier und Tag	75
Abbildung 22:	Relativer Anteil der Tiere, die die Selektionstore im Versuchszeitraum mind. mit einer bestimmten Häufigkeit erfolgreich nutzten.....	77
Abbildung 23:	Anzahl Tiererkennungen an den Selektionstoren mit und ohne Durchgang pro Tier und Tag.....	78
Abbildung 24:	LSMEANS der Melkungen bzw. zusätzlichen Besuche der Melkbox pro Tier und Tag	81
Abbildung 25:	Anzahl der Melkungen pro Tier und Stunde im Tagesverlauf (Betrieb Grub)	85
Abbildung 26:	Anzahl der Melkungen pro Tier und Stunde im Tagesverlauf (Betrieb Hirschau)	86
Abbildung 27:	Verlauf der Bruttogewichte der Grundfutterwiegetröge im Tagesverlauf	87
Abbildung 28:	Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox pro Tier und Stunde im Tagesverlauf (Betrieb Grub).....	88
Abbildung 29:	Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox pro Tier und Stunde im Tagesverlauf (Betrieb Hirschau).....	88
Abbildung 30:	Durchschnittliche Anzahl wartender Tiere in verschiedenen Bereichen vor der Melkbox.....	89
Abbildung 31:	Anteil vor der Melkbox wartender Tiere im Tagesverlauf (Betrieb Grub)	90
Abbildung 32:	Anteil vor der Melkbox wartender Tiere im Tagesverlauf (Betrieb Hirschau)	91
Abbildung 33:	Anzahl der zum Melken geholten Tiere pro Tag bei den verschiedenen Umtriebsformen (ohne behandelte Tiere)	92
Abbildung 34:	Verteilung der Zwischenmelkzeiten unterteilt nach behandelten Tieren, Melkungen ohne Nachtreiben und überfällige Melkungen (Freier Umtrieb)	96
Abbildung 35:	Verteilung der Zwischenmelkzeiten unterteilt nach behandelten Tieren, Melkungen ohne Nachtreiben und überfällige Melkungen (Gelenkter Umtrieb)	97
Abbildung 36:	Verteilung der Zwischenmelkzeiten unterteilt nach behandelten Tieren, Melkungen ohne Nachtreiben und überfällige Melkungen (Selektiv gelenkter Umtrieb).....	98

Abbildung 37:	Relative Anteile der freiwilligen Melkungen mit einer Zwischenmelkzeit (ZMZ) unter 16 h, 14 h, 12 h an allen Melkungen	99
Abbildung 38:	Häufigkeitsverteilung der logarithmierten Intervalllängen zwischen zwei Futteraufnahmen (Betrieb Grub)	101
Abbildung 39:	Häufigkeitsverteilung der logarithmierten Intervalllängen zwischen zwei Futteraufnahmen (Betrieb Hirschau)	102
Abbildung 40:	Anzahl der Fressperioden je Tier und Tag in Abhängigkeit von der Umtriebsform und dem gewählten kritischen Intervall zur Definition einer Fressperiode (Betrieb Grub).....	103
Abbildung 41:	Anzahl der Fressperioden je Tier und Tag in Abhängigkeit von der Umtriebsform und dem gewählten kritischen Intervall zur Definition einer Fressperiode (Betrieb Hirschau)	103
Abbildung 42:	Anzahl der Wechsel zwischen Liege- und Fressbereich im Vergleich zur Anzahl der berechneten Fressperioden pro Kuh und Tag.....	105
Abbildung 43:	Grundfutteraufnahme je Tier und Tag (inkl. Ausgleichskraftfutter).....	107
Abbildung 44:	Aufsummierte Fressdauer (Kopf im Trog) pro Tier und Tag.....	110
Abbildung 45:	Beobachteter, bzw. bei verschiedenen kritischen Intervalllängen (KI) errechneter Anteil der Tiere im Fressbereich (Betrieb Grub, freier Umtrieb).....	116
Abbildung 46:	Beobachteter, bzw. bei verschiedenen kritischen Intervalllängen (KI) errechneter Anteil der Tiere im Fressbereich (Betrieb Grub, gelenkter Umtrieb)	117
Abbildung 47:	Beobachteter, bzw. bei verschiedenen kritischen Intervalllängen (KI) errechneter Anteil der Tiere im Fressbereich (Betrieb Grub, selektiv gelenkter Umtrieb)	118
Abbildung 48:	Anteil der Tiere im Fressbereich an allen Tieren im Tagesverlauf (Betrieb Grub, beobachtete Werte)	119
Abbildung 49:	Anteil der Tiere im Fressbereich an allen Tieren im Tagesverlauf (Betrieb Hirschau, errechnete Werte).....	120
Abbildung 50:	Rechnerischer Anteil der Tiere einer Dominanzwertgruppe, die sich zu einem Zeitpunkt im Fressbereich befanden, bzw. die die Melkbox innerhalb einer Stunde des Tages passierten (Betrieb Grub, freier Umtrieb).....	121

Abbildung 51:	Rechnerischer Anteil der Tiere einer Dominanzwertgruppe, die sich zu einem Zeitpunkt im Fressbereich befanden, bzw. die die Melkbox innerhalb einer Stunde des Tages passierten (Betrieb Grub, gelenkter Umtrieb)	122
Abbildung 52:	Rechnerischer Anteil der Tiere einer Dominanzwertgruppe, die sich zu einem Zeitpunkt im Fressbereich befanden, bzw. die die Melkbox innerhalb einer Stunde des Tages passierten (Betrieb Grub, selektiv gelenkter Umtrieb)	123
Abbildung 53:	Rechnerischer Anteil der Tiere einer Dominanzwertgruppe, die sich zu einem Zeitpunkt im Fressbereich befanden, bzw. die die Melkbox innerhalb einer Stunde des Tages passierten (Betrieb Hirschau, freier Umtrieb).....	124
Abbildung 54:	Rechnerischer Anteil der Tiere einer Dominanzwertgruppe, die sich zu einem Zeitpunkt im Fressbereich befanden, bzw. die die Melkbox innerhalb einer Stunde des Tages passierten (Betrieb Hirschau, gelenkter Umtrieb)	125
Abbildung 55:	Rechnerischer Anteil der Tiere einer Dominanzwertgruppe, die sich zu einem Zeitpunkt im Fressbereich befanden, bzw. die die Melkbox innerhalb einer Stunde des Tages passierten (Betrieb Hirschau, selektiv gelenkter Umtrieb)	126

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Abschätzung der Verteilung von Ein- bzw. Mehrboxenanlagen	19
Tabelle 2:	Anzahl der Fressperioden bei verschiedenen Autoren.....	31
Tabelle 3:	Einordnung der Tierumtriebsformen.....	35
Tabelle 4:	Ergebnisse der Untersuchungen von HOGVEEN ET AL. (1998).....	40
Tabelle 5:	Versuchsparameter der Umtriebsversuche auf dem Betrieb Grub	55
Tabelle 6:	Versuchsparameter der Umtriebsversuche auf dem Betrieb Hirschau.....	56
Tabelle 7:	Kriterien für das Vorliegen einer Melkberechtigung.....	56
Tabelle 8:	Kennzeichnung „überfälliger“ Tiere	57
Tabelle 9:	Zeiten für das Nachtreiben „überfälliger“ Tiere.....	57
Tabelle 10:	Aufgewertete Grundfutterrationen (inkl. Ausgleichskraftfutter)	58
Tabelle 11:	Leistungskraftfutter.....	60
Tabelle 12:	Kraftfutterzuteilung nach Milchleistung pro Tier und Tag	60
Tabelle 13:	Zugeteilte Kraftfuttermengen zu Laktationsbeginn (Betrieb Grub) ..	60
Tabelle 14:	Einstellungen zur Kraftfutterzuteilung.....	61
Tabelle 15:	Beschreibung des eingesetzten Materials zur Videoaufzeichnung .	66
Tabelle 16:	Zuordnung der Tiere zu den Laktations-Gruppen	69
Tabelle 17:	Zuordnung der Tiere zu den Laktationsdrittel-Gruppen.....	69
Tabelle 18:	Zuordnung der Tiere zu den Milchleistungs-Gruppen	69
Tabelle 19:	Zuordnung der Tiere zu den Dominanzwert-Gruppen.....	69
Tabelle 20:	Zuordnung der Tiere zu den Melkfrequenz-Gruppen	69
Tabelle 21:	Mögliche Nutzungsformen der Übergänge bei den gelenkten Umtriebsformen	73
Tabelle 22:	LSMEANS der Nutzung der Selektionstore bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Grub).....	76
Tabelle 23:	LSMEANS der Nutzung der Selektionstore bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Hirschau).....	76
Tabelle 24:	Anteil der Selektionstorbesuche, bei denen trotz Berechtigung kein Durchgang erfolgte	78

Tabelle 25:	LSMEANS der Milchleistung bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Grub).....	79
Tabelle 26:	LSMEANS der Milchleistung bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Hirschau).....	80
Tabelle 27:	LSMEANS der Anzahl Melkungen bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Grub)	82
Tabelle 28:	LSMEANS der Anzahl zusätzlicher Besuche der Melkbox bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Grub)	82
Tabelle 29:	LSMEANS der Anzahl Melkungen bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Hirschau)	83
Tabelle 30:	LSMEANS der Anzahl zusätzlicher Besuche bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Hirschau)	83
Tabelle 31:	Unterschiede zwischen den Melkfrequenz-Gruppen in der Anzahl der Melkungen und zusätzlichen Besuche der Melkbox.....	84
Tabelle 32:	Mittlere Anzahl zum Melken geholter Tiere in verschiedenen Tagesabschnitten	93
Tabelle 33:	LSMEANS der Holvorgänge pro Tier und Tag bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Grub)	94
Tabelle 34:	LSMEANS der Holvorgänge pro Tier und Tag bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Hirschau)	94
Tabelle 35:	Anzahl der Melkungen pro Tier und Tag und relative Anteile der nachzutreibenden Tiere in den verschiedenen Melkfrequenz-Gruppen	95
Tabelle 36:	Relative Anteile der Gemelke in den Gemelksmengenklassen	100
Tabelle 37:	Relative Anteile der Gemelke > halbe Tagesleistung	100
Tabelle 38:	Unterschiede in der Anzahl der Fressperioden zwischen den Umtriebsformen bei verschiedenen kritischen Intervalllängen (KI)	104
Tabelle 39:	Anzahl der Fressperioden (LSMEANS) bei einer kritischen Intervalllänge von 50 min und verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Grub).....	106
Tabelle 40:	Anzahl der Fressperioden (LSMEANS) bei einer kritischen Intervalllänge von 50 min und verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Hirschau).....	106
Tabelle 41:	LSMEANS der Grundfutteraufnahme (kg TM) bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Grub)	108
Tabelle 42:	LSMEANS der Grundfutteraufnahme (kg TM) bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Hirschau)	109

Tabelle 43:	Krafftutterzuteilung (LSMEANS) je Tier und Tag.....	110
Tabelle 44:	LSMEANS der Fressdauer [h:min] bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Grub).....	111
Tabelle 45:	LSMEANS der Fressdauer [h:min] bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb Hirschau).....	112
Tabelle 46:	Aufsummierte Fressperiodenlängen pro Tier und Tag bei verschiedenen kritischen Intervalllängen (KI).....	113
Tabelle 47:	Futteraufnahme je Fressperiode, vorangegangene Zeit ohne Futteraufnahme und Korrelation zwischen beiden Werten.....	115
Tabelle 48:	Vergleich der Ergebnisse der eigenen Untersuchung mit den Ergebnissen von THUNE (Jahr 1) und FORSBERG ET AL. (Jahr 2) zur Nutzung der Übergänge zwischen Liege- und Fressbereich...	129
Tabelle 49:	Vergleich der Ergebnisse zur Nutzung der Selektionstore mit den Resultaten von OLOFSSON ET AL. (2001) auf 5 Praxisbetrieben	130
Tabelle 50:	Vergleich der Ergebnisse zur Nutzung der Selektionstore mit den Resultaten von WIKTORSSON ET AL. (2003)	131
Tabelle 51:	Vergleich der Ergebnisse der eigenen Untersuchung mit den Ergebnissen von THUNE (Jahr 1) und FORSBERG ET AL. (Jahr 2) zum Melkverhalten (nach WIKTORSSON ET AL. (2003)	132
Tabelle 52:	Unterschiede zwischen den Melkfrequenz-Gruppen in der Anzahl der Melkungen und zusätzlichen Besuche der Melkbox.....	133
Tabelle 53:	Ergebnisse der Untersuchungen von THUNE (Jahr 1) und FORSBERG ET AL. (Jahr 2) zur Anzahl wartender Tiere	135
Tabelle 54:	Anzahl der Fressperioden bzw. aufsummierte Fressperiodenlängen je Tier und Tag im Vergleich zu den Ergebnissen von TÖLLE ET AL. (2002)	141
Tabelle 55:	Vergleich der Ergebnisse der eigenen Untersuchung mit den Ergebnissen von THUNE (Jahr 1) und FORSBERG ET AL. (Jahr 2) zum Fressverhalten (nach WIKTORSSON ET AL. (2003).....	142
Tabelle 56:	Ergebnisse der Untersuchungen von LUTHER ET AL. (2002) zum Fressverhalten.....	143
Tabelle 57:	Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der untersuchten Umtriebsformen.....	150

Abkürzungsverzeichnis

AMS	Automatisches Melksystem
DM	Dry matter (Trockenmasse)
FM	Frischmasse
g	Gramm
h	Stunde
KF	Krafftutter
kg	Kilogramm
l	Liter
ln	natürlicher Logarithmus
m	Meter
min	Minute
s	Sekunde
SEM	Standardfehler des Mittelwerts (<u>S</u> tandard <u>E</u> rror of <u>M</u> ean)
TM	Trockenmasse
r	Pearson-Korrelationskoeffizient
\bar{x}	Mittelwert
ZFZ	Zwischenfresszeit
ZMZ	Zwischenmelkzeit

1 Einleitung

Die Milchviehhaltung ist in Deutschland mit fast einem Drittel der Einnahmen der bedeutendste Betriebszweig der Landwirtschaft. Unter Berücksichtigung der Rindermast und Rinderzucht werden knappe 36 % der Einnahmen durch die Rinderhaltung erzeugt [5]. Die wirtschaftliche Situation in der Milchviehhaltung wird dabei zunehmend schwieriger, bedingt durch einen starken Wettbewerb um Milchquoten, sinkende Milchpreise und gleichzeitig eine enorme Unsicherheit bezüglich dieser beiden Produktionsfaktoren. Die Landwirte versuchen diesem Druck durch kostengünstigere Produktion, beispielsweise in Form von kapitalsparenden Außenklimaställen sowie durch Erweiterung der Produktion zu begegnen.

Insbesondere der letzte Aspekt stellt dabei immer mehr Familienbetriebe vor zunehmende Probleme hinsichtlich der Arbeitsbelastung. Im Bereich der Fütterung und bei der Entmistung stehen dem Landwirt zahlreiche Möglichkeiten zur Arbeitsentlastung zur Verfügung, bei der Melktechnik gab es allerdings bis vor einiger Zeit noch keine technische Lösung, die den Landwirt von der körperlich belastenden und zudem noch extrem termingebundenen Melkarbeit befreit. Durch die Entwicklung automatischer Melksysteme (AMS) wurde dieses Ziel inzwischen erreicht, auch wenn der Einsatz noch mit hohen Investitionskosten verbunden ist.

Der Einsatz automatischer Melksysteme hat jedoch nicht nur Auswirkungen auf den Arbeitszeitbedarf und die Arbeitsbelastung, sondern auf eine Vielzahl weiterer Parameter. So kann insbesondere erstmals die Melkfrequenz den individuellen Bedürfnissen des Tieres angepasst werden. Beim praktischen Einsatz ist dabei jedoch sicherzustellen, dass diese gewünschte Melkfrequenz auch tatsächlich erreicht wird, wozu unterschiedliche Maßnahmen ergriffen werden können.

Hierbei stellt sich die Frage, welche baulichen und technischen Möglichkeiten bestehen, um mit möglichst geringem Arbeitseinsatz die Tiere so häufig wie möglich zum Melken zu bewegen und gleichzeitig die Auswirkungen auf das übrige Tierverhalten gering zu halten. Ein zentraler Ansatzpunkt ist dabei der Tierumtrieb im Stall. Unter diesem Begriff sind sämtliche technische und bauliche Maßnahmen zusammengefasst, die den Tieren den Zutritt zu bestimmten Stallbereichen ermöglichen oder diesen verhindern.

2 Stand des Wissens

2.1 Verbreitung automatischer Melksysteme

Seit Mitte der 80er Jahre wird an der Entwicklung automatischer Melksysteme gearbeitet. Erste erfolgreiche Versuche zur Automatisierung des Melkens führten u.a. ROSSING und IPEMA (1985) sowie ARTMANN, SCHILLINGMANN und SCHÖN (1990) durch (nach SCHÖN ET AL. (2000) [81]).

1992 wurden in den Niederlanden die ersten Systeme im praktischen Betrieb eingesetzt, seit 1997 wurden größere Stückzahlen verkauft (vgl. Abbildung 1). Ende 2003 waren auf ca. 2200 Betrieben etwa 3800 Melkboxen installiert. Das Land, in dem die meisten Betriebe automatische Melksysteme einsetzen, sind nach wie vor die Niederlande, gefolgt von Frankreich, Dänemark, Schweden und Deutschland. Aber auch außerhalb Europas melken inzwischen etliche Betriebe mit automatischen Melksystemen, zu nennen ist hier insbesondere Japan (Abbildung 2) (DE KONING (2004) [12]).

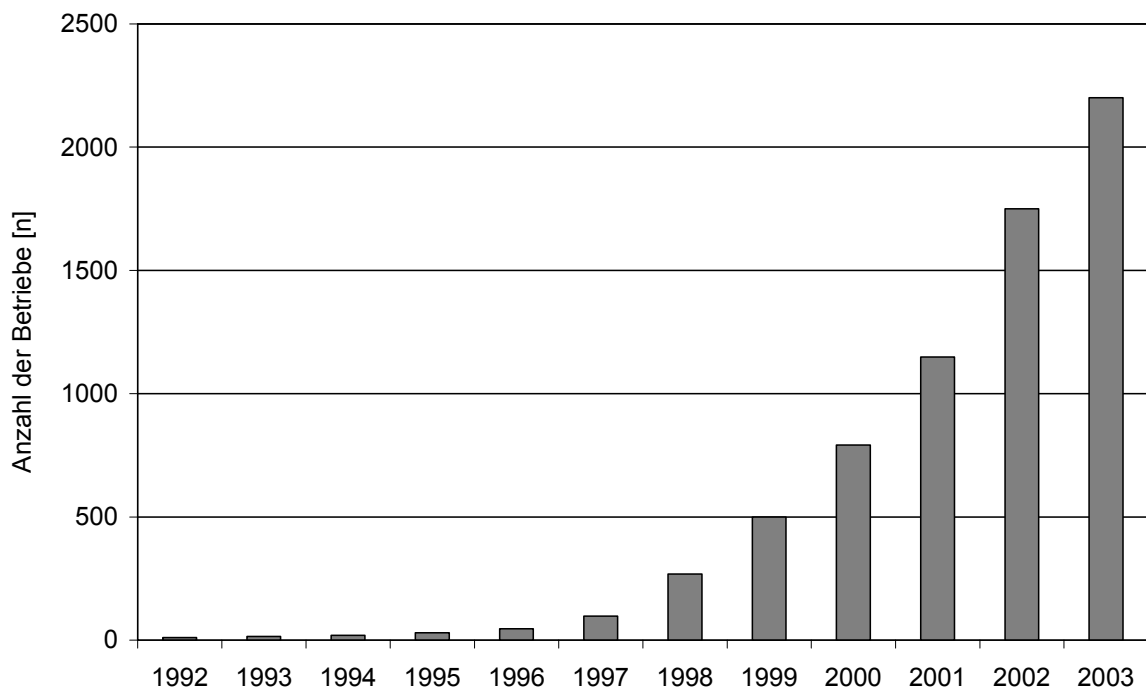


Abbildung 1: Entwicklung der Anzahl der Betriebe mit automatischem Melksystem weltweit (DE KONING (2004) [12])

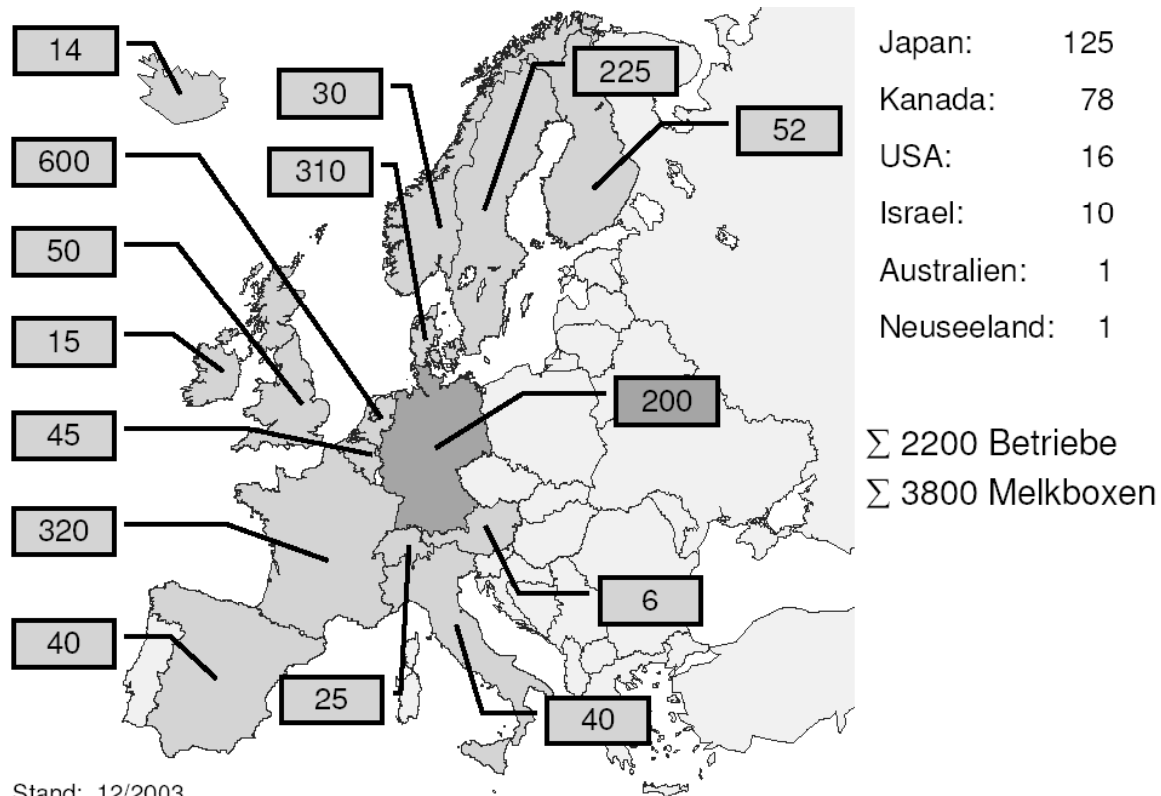


Abbildung 2: Landwirtschaftliche Betriebe mit automatischen Melksystemen weltweit (DE KONING (2004) [12] + [13])

2.2 Aufbau automatischer Melksysteme

Nach ROSSING & HOGWERF (1997) [72] wird bei allen entwickelten Systemen ein gemeinsames Ziel verfolgt: Die vollständige Automatisierung des Melkprozesses und damit eine Milchproduktion, die gleichzeitig den Bedürfnissen von Mensch und Tier Rechnung trägt. Das jeweilige Konzept und die eingesetzte Technik unterscheiden sich aber. Die verschiedenen Konzepte führen zu unterschiedlichen Bauformen automatischer Melksysteme. Diese können nach SCHÖN ET AL. (1997) [78] prinzipiell in drei Varianten unterteilt werden.

- 1) Automatische Melksysteme, die in den Melkstand herkömmlicher Systeme integriert werden. Für das Tier ändert sich wenig, da lediglich das Reinigen des Euters und das Ansetzen des Melkzeugs automatisiert wird. Es bestehen weiterhin feste Melkzeiten und ein kontrollierter Zu- und Abtrieb der Kühe. Diese Systeme eignen sich besonders für große Karussellmelkstände mit hohen stündlichen Durchsätzen sowie Schichtbetrieb, werden derzeit aber auf dem Markt nicht angeboten.

- 2) Einzelbox–Kompaktanlagen oder Einboxenanlagen sind als autonomes Melksystem mit eigenem Roboterarm und eigenständigem Melkaggregat für jede Melkbox konzipiert. Daher sind diese Anlagen im Stallgrundriss freier platzierbar. Durch die Möglichkeit der dezentralen Aufstellung im Stall ergeben sich kurze Wege für die Tiere und ein geringerer baulicher Aufwand. Geeignet sind diese Systeme für Gruppen von bis zu 60 laktierenden Kühen, da ihre maximale Leistung nach bisherigen Erkenntnissen bei ca. 180 Melkungen pro Tag liegt. Nachselektionsbuchten zur Absonderung einzelner Tiere reduzieren nach Angaben von SCHÖN ET AL. (1997) den Arbeitsaufwand und sind daher in jedem Fall empfehlenswert.
- 3) Bei Mehrboxenanlagen bedient ein verfahrbarer Roboterarm theoretisch bis zu vier hinter- oder nebeneinander angeordnete Melkboxen. Aufgrund des höheren Durchsatzes im Vergleich zur Einzelbox-Kompaktanlage sind diese Systeme für größere Herden konzipiert und werden an zentraler Stelle im Stall platziert. In der Regel verfügen diese Systeme über einen computergesteuerten Kuhumtrieb mit Vor- und Nachselektionseinrichtungen, um die Auslastung der Anlagen zu erhöhen. Gleichzeitig sinkt dadurch der Arbeitsaufwand für die medizinische Behandlung (Nachselektion) oder das Nachtreiben einzelner Tiere (Vorselektion). Die Leistung dieser Systeme ist unter anderem von der Anzahl der Melkboxen abhängig und liegt bei einer 3-Boxen Anlage bei maximal 370 Melkungen pro Tag.
- Inzwischen wurde in Untersuchungen (z.B. LUTHER ET AL. (2002) [53]) darauf hingewiesen, dass bei großen Anlagen mit zentraler Vorselektion aufgrund der langen Wege für das Tier und des Flaschenhalseffekts das normale Fressverhalten der Tiere möglicherweise eingeschränkt wird.

In der Verbreitung der verschiedenen Systeme ist ein deutlicher Unterschied zwischen Ein- und Mehrboxenanlagen zu erkennen. So lag der Anteil der Betriebe mit Mehrboxenanlagen Ende 2003 bei ca. 14 % (Tabelle 1).

Tabelle 1: Abschätzung der Verteilung von Ein- bzw. Mehrboxenanlagen (Stand 12/2003, Quelle: Herstellerangaben)

	Betriebe mit	
	Einboxenanlagen	Mehrboxenanlagen
Anzahl Betriebe [n]	1900	300
Anteil [%]	86	14

Annahme: Anteil der Mehrboxenanlagen bei GM/Prolion: 90 %

Die eingesetzte Technik lässt sich bei allen Systemen, trotz unterschiedlicher Bauformen, zu sechs Baugruppen zusammenfassen [52] (vgl. auch Abbildung 3).

1. *Melkbox* mit Ein- und Auslasstoren zur groben Fixierung der Kuh
2. *Sensorsystem* zur Tiererkennung, Lokalisierung der Zitzen und Datenerfassung (Milchmenge, Milchfluss, Melkdauer, elektr. Leitfähigkeit der Milch, usw.)
3. *System zur Euterreinigung*
4. *Roboterarm* zum Ansetzen (und evtl. Abnehmen) des Melkzeugs
5. Konventionelle *Melk- und Spültechnik*
6. *Managementprogramm* zur Datenverarbeitung und -sicherung sowie als Schnittstelle zum Menschen.

Zusätzlich zu diesen sechs Baugruppen ist noch ein System zur automatischen Kraftfutterzuteilung integriert. Dadurch wird die Motivation der Tiere erhöht, die Melkbox aufzusuchen (z.B. PRESCOTT ET AL. (1998) [68]). Wenn die Kraftfuttermengen, die pro Tier und Tag verfüttert werden sollen nicht zu hoch sind, lässt sich auf diese Weise ein separater Kraftfutterabrufautomat einsparen.

Auf eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Baugruppen wird im Rahmen dieser Arbeit, unter Verweis auf die Arbeiten von ROSSING & HOGEWERF (1997) [72] S. 1-17, LIEBLER (1998) [52] S. 16-20, sowie die KTBL-Schrift 395 „Automatische Melksysteme“ [82] S. 9-47 verzichtet.

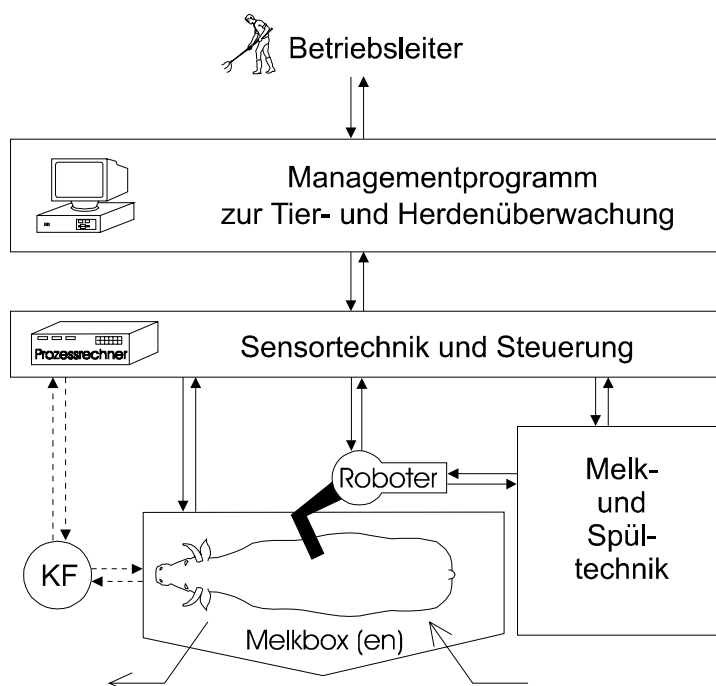


Abbildung 3: Baugruppen eines automatischen Melksystems (AMS)

2.3 Tierverhalten

2.3.1 Sozialverhalten und Rangordnung

Rinder leben sozial, sie lassen sich durch das Verhalten anderer Gruppenmitglieder zur gleichen Tätigkeit anregen. Ein einzelnes Tier entfernt sich selten von der Herde, passt sich in sie ein und verhält sich innerhalb der Gruppe entsprechend seines Rangplatzes. Jede Gruppe ist hierarchisch organisiert. Die Rangordnung ermöglicht stabile soziale Beziehungen und schafft so die Voraussetzungen für Tiergesundheit und Leistungsfähigkeit (PORZIG (1987) [66]).

2.3.1.1 Rangordnung

Zu der Frage, was unter dem Begriff Rangordnung genau zu verstehen ist, und wie eine solche Rang- oder Dominanzordnung bestimmt werden kann, finden sich in der Literatur zahlreiche Abhandlungen. Diese sind zum Beispiel bei DREWS (1993) [19] in kompakter Form zusammengefasst. Von besonderer Bedeutung ist die soziale Rangordnung, wenn Ressourcen wie Futter oder Wasser nur begrenzt zugänglich oder knapp sind, wobei die Begrenzung zeitlich oder räumlich sein kann (SYME & SYME (1979) [92]). In der Regel können in solchen Fällen ranghohe Tiere die knappen Ressourcen ungehindert aufsuchen, während die rangniederen Tiere von dort verdrängt werden, bzw. gar nicht erst dorthin gelangen.

Die meisten Konzepte zur Bestimmung der Dominanz beruhen auf der Erfassung und Bewertung von aggressivem und submissivem Verhalten in einer Konkurrenzsituation (CRAIG (1986) [9]). Traditionell werden diese Konkurrenzsituationen visuell (durch direkte Beobachtung oder mittels Videoaufzeichnung) erfasst. Dieser Vorgang erweist sich in der Regel als extrem zeitaufwändig, insbesondere wenn die beobachtete Tiergruppe im Normalfall nur selten Aggressivität zeigt. Damit treten in einem bestimmten Beobachtungszeitraum nicht immer alle Tiere miteinander in Kontakt.

Bei der Versuchsanstellung zur Bestimmung der Rangordnung ist generell zwischen Feldbeobachtungen und experimentellen Versuchen zu unterscheiden. Ziel der experimentellen Versuche ist in der Regel eine Erhöhung der Anzahl der Konkurrenzsituationen. Auf diese Weise soll die Anzahl der auswertbaren Interaktionen gesteigert werden, wodurch die Feststellung der Rangfolge schneller erfolgen kann. Bei diesen Versuchen ist jedoch besonders zu beachten, dass bei verschiedenen Konkurrenzsituationen verschiedene Rangfolgen auftreten können, so dass die so gewonnenen Ergebnisse nicht ohne vorherige Prüfung auf den Normalfall

übertragen werden können (SYME (1974) [90], SYME, ET AL. (1974) [91], RUSHEN (1984) [73]). Nach FRIEND & POLAN (1976) [25] ist darüber hinaus zu beachten, dass bei zunehmender Konkurrenz die Aggression im Vordergrund steht und ein so ermittelter Aggressionsrang nicht immer mit dem sozialen Rang eines Tieres in der Herde übereinstimmt. Daher werden Gruppenversuche mit limitiertem Futter und limitierten Ruheplätzen als zum Teil ungeeignet eingestuft, die Dominanzstruktur einer Milchviehherde zu untersuchen.

Eine weitere Möglichkeit, die von verschiedenen Autoren beschrieben wird, ist die Verwendung von Daten zum Melk- oder Fressverhalten. Solche Daten lassen sich beispielsweise in der Melkbox, an Krafffutterabrufautomaten, aber auch an entsprechend ausgestatteten elektronischen Grundfutterwiegetrögen gewinnen. Dabei wird der Umstand genutzt, dass in der Konkurrenzsituation um den Zutritt zur Melkbox oder um den besten Fressplatz ranghöhere Tiere in der Regel die rangniederen verdrängen. Übereinstimmend wird von den Autoren jedoch berichtet, dass eine so gefundene Rangordnung nicht ohne weiteres auf das Verhalten in anderen Bereichen übertragen werden kann (RUTTER ET AL. (1987) [74], KENWRIGHT und FORBES (1993) [45], OLOFSSON (2000) [62]). Beim Vergleich der Dominanzwerte, die aus den Daten der Grundfutterwiegetröge bzw. des automatischen Melksystems errechnet worden waren, fand aber beispielsweise OLOFSSON (2000) [62], dass zwischen beiden eine hochsignifikante Korrelation ($r=0,74$, $p<0,001$) bestand. Eine genauere Beschreibung zur Abschätzung von Dominanzwerten anhand des Fressverhaltens findet sich unter Punkt 5.7 auf Seite 68.

Neben der Gewinnung der Daten zur Bestimmung der Rangfolge, stellt deren Bewertung ein Problem dar. So müssen beispielsweise sich widersprechende Beobachtungen, wie die Aggression gegen ein bereits als ranghöher eingestuftes Tier, eingeordnet werden. Solche Beobachtungen wurden beispielsweise von BRANTAS (1967) [4] in ca. 2 % aller Fälle beschrieben. Darüber hinaus müssen Rangbeziehungen von miteinander nicht in Kontakt getretenen Tieren ermittelt werden. Hierfür fasst BRANTAS (1967) [4] folgende Lösungsmöglichkeiten zusammen.

- 1) Bei einer Dominanz von Tier A über Tier B und von Tier B über Tier C, wird angenommen, dass Tier A Tier C dominiert.
- 2) Dominiert Tier A mehr Tiere als Tier B wird Tier A als dominant über Tier B eingestuft.
- 3) Berechnung von Rangindizes (s.a. CRAIG (1986) [9]):
Hierbei werden nicht mehr die direkten Beziehungen zwischen den Tieren angegeben, sondern ein Maß dafür, über wie viele Tiere ein Tier jeweils dominiert, bzw. von wie vielen es dominiert wird.

2.3.1.2 Synchronisation des Verhaltens

SAMBRAUS (1978) [75] beschreibt die Neigung des Rindes, in der Nähe der übrigen Herdenmitglieder zu sein, als Ursache für dessen typisches Herdenverhalten. Daraus ergibt sich auch eine weitgehende Synchronisation im Verhalten der Tiere. SAMBRAUS schränkt dies jedoch mit dem Hinweis ein, dass beispielsweise auf Portionsweiden, auf denen sich die Tiere immer in unmittelbarer Nähe zueinander befinden, diese Synchronisation deutlich eingeschränkt ist, so dass nahezu ständig Tiere fressen, während andere liegen. Inwiefern diese Aussage auch auf das Verhalten in einem Stall übertragbar ist, wird von SAMBRAUS nicht erwähnt.

WEBSTER (1993) [100] erweitert die Aussagen von SAMBRAUS. Nach seiner Ansicht ist das Herdenverhalten in erster Linie in der Sicherheit für das Einzeltier in der Herde begründet. Ist diese Sicherheit gegeben, basieren Entscheidungen der Milchkuh, insbesondere bei der Futteraufnahme, wahrscheinlich auf individuellen physiologischen oder psychologischen Bedürfnissen. Demnach könnte bei ausreichendem Schutz eine Synchronisation des Verhaltens auch Ausdruck ähnlicher individueller Bedürfnisse sein.

Nach POTTER & BROOM (1987) [67] deutet eine fehlende Synchronisation des Verhaltens auf eine zu starke Restriktion der Liegeplätze, Fressplätze oder des Zugangs zum Futter hin. Dabei leiden unter dieser Einschränkung der synchronen Aktivitäten normalerweise rangniedere Tiere zuerst.

2.3.2 Fressverhalten

2.3.2.1 Tagesrhythmus

Das natürliche (Fress-)verhalten der Kuh ist nach SAMBRAUS (1991) [76] durch einen relativ regelmäßigen Tagesablauf geprägt. Gleichzeitig zeigt es eine starke Abhängigkeit von äußeren Einflüssen. In der Natur oder bei extensiver Weidehaltung fressen Rinder stets in der Morgen- und in der Abenddämmerung. Die übrigen Fresszeiten verteilen sich je nach Tageslänge. In den Monaten Mai bis Juli liegen zwischen der Morgen- und Abendfressphase zwei weitere Graseperioden. Die Nachtruhe wird in dieser Zeit nicht zum Grasens unterbrochen. Im August, bei abnehmender Tageslänge, fressen die Tiere zwischen den Morgen und Abendstunden allmählich nur noch 1-mal, dafür entwickelt sich ca. um Mitternacht eine weitere Fressperiode. Die Morgen- und Abendfressperiode ist gekennzeichnet durch eine starke Abhängigkeit vom Sonnenauf- bzw. -untergang.

Nach SAMBRAUS (1991) [76] entspricht bei Stallhaltung und limitierter Fütterung die Zahl der Fressperioden der Anzahl der Fütterungen, doch auch bei ad-libitum-Fütterung bleibt die Futterraufnahme deutlich biphasisch. Dies wird auch von KENWRIGHT & FORBES (1993) [45] beschrieben, die als Ursache auch das Melken anführen. SAMBRAUS geht leider nicht näher auf mögliche Zusammenhänge dieses biphasischen Fressverhaltens und der festen Melkzeiten in den Morgen- und Abendstunden ein. Ursache für ein bi- oder mehrphasiges Fressverhalten auch bei Stallhaltung könnte nach den Ausführungen von SAMBRAUS (1978) [75] und PORZIG (1987) [66], der starke Einfluss äußerer „Zeitgeber“ auf das Herdenverhalten sein. Danach reagieren Rinder beispielsweise auf den Zeitpunkt des Sonnenauf- bzw. -untergangs, die Futtervorlage im Stall, Temperaturschwankungen, aber auch auf eine erhöhte Aktivität im Stall, sei sie durch den Menschen oder durch einzelne Tiere der Herde hervorgerufen. Ob in diesem Zusammenhang auch das gemeinsame Melken der Herde als ein solcher Zeitgeber fungieren kann, wird nicht erörtert.

PIRKELMANN (1992) [64] konstatiert, dass das Fressverhalten stark von der Frequenz der Futtervorlage beeinflusst wird. Regelmäßiges Füttern mehrmals am Tag führte zu einem ausgeprägten Tagesrhythmus und einer Synchronisation der Futterraufnahme zu den Fütterungszeiten. Wurde das Futter hingegen nur 1-mal täglich vorgelegt, so wurde der Fressbereich gleichmäßiger besucht. Es war allerdings auch dann noch ein Tagesrhythmus mit Spitzen am frühen Vormittag, zwischen 17:00 und 20:00 sowie um Mitternacht erkennbar (Abbildung 4).

Nr	Uhrzeit																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
13			II					II		II		I	II				II	II	I					III	
17		I	I					I		II	III	I					III	II			I	II	II		
18						I	II	III		II	II					I	III	II	III	II		II	II	II	
19						I	II			II		I					II	II	III					II	
20	II					I	II	I		III	II		III	II	I		III	III	II	II	II	II		II	II
22	III	II					III	I		II	II	II	III			II	III	II	II						II
39			I		I	III	II	III		II				III	I	I	III	II	II	I			III		
44		I	I					I		I	I			I				II	II	II	II	II	I		
45						I		I		II	I			II	II		II	II		I	I	II			
48	I						II			II						I	II	II	II		II				II
49					I			I		II	II			II	II	II	III	II					III		
60	III						III	II		III	II			I	III		II	III	II						II
62	I	II					III	I					II				I	III	I		III	I			
63										II	II					I	III	III	II				III	III	
67			I				II			II	I		II	I		II		II	II				III	III	
75							I	I		I	I						II	II	III				I	III	II

Dauer einer Fressperiode: I = bis 10 min, II = 10-20 min, III = über 30 min

Abbildung 4: Fressverhalten von Kühen (Mischration 1-mal täglich vorgelegt) (Quelle: übersetzt aus PIRKELMANN (1992) [64])

SAMBRAUS (1978) [75] betont, dass die Neigung der Rinder in der Nähe der übrigen Herdenmitglieder zu sein, die wesentliche Ursache für die Synchronisation ist. Er verdeutlicht dies mit dem Verhalten von Rindern auf Portionsweiden, auf denen die Synchronisation bei weitem nicht so stark ausgeprägt ist, so dass hier fast ständig Rinder grasen und ruhen.

Ein ähnliches Verhalten wird von verschiedenen Autoren (PORZIG (1987) [66], SAMBRAUS (1978) [75], SCHÖN (1969) [77]) auch bei ad-libitum-Fütterung im Laufstall beschrieben. Die Herde zeigt weiterhin eine gewisse Synchronisation, das Fressverhalten einzelner Tiere kann aber stark von dem der Herde abweichen. Die soziale Rangordnung innerhalb der Herde spielt dabei offensichtlich eine große Rolle. Die Autoren berichten übereinstimmend, dass insbesondere schwächere Tiere häufig von ihrem Fressplatz verdrängt werden, bzw. den Fressbereich gar nicht aufsuchen, wenn dort bereits zu viele Tiere fressen. Diese Tiere versuchen dann zum Futter zu kommen, wenn die Mehrzahl der Herde ruht. Gewisse Unterschiede bestehen dagegen in den Ansichten der genannten Autoren zum Fressverhalten der ranghohen Tiere. SCHÖN (1969) [77] betont, dass neben den schwächeren Tieren auch die ranghohen Tiere besonders häufig den Fressplatz wechseln, um andere Tiere zu verdrängen. Die schwachen Tiere weichen dann auf einen anderen Fressplatz aus, oder sie unterbrechen die Futteraufnahme. Nach SAMBRAUS (1978) [75] hingegen fressen ranghohe Tiere ungehindert und ausdauernd. Beide Aussagen legen aber den Schluss nahe, dass die schwächeren Tiere in ihrem Fressverhalten von dem der Herde abweichen.

Nach SCHÖN (1969) [77] wird dieses Phänomen durch ein enges Fressplatzverhältnis verstärkt. So wurden die 4-5 Fressperioden im Fressrhythmus einer Herde mit Maissilagefütterung bis zu einem Tier-Fressplatz-Verhältnis von 2:1 nur unwesentlich beeinflusst. Erst bei einer weitergehenden Einschränkung der Fressplätze waren einzelne Fressperioden der Herde nicht mehr erkennbar und auch die gesamte Verzehrsdauer der Herde ging zurück. Beides sei insbesondere auf die Verdrängung der schwächeren Herdenmitglieder zurückzuführen, während die dominanten Tiere weiterhin zu den gewohnten Zeiten fraßen. POTTER & BROOM (1987) [67] bestätigen die Ergebnisse von SCHÖN. Bei einer ausreichenden Fressplatzbreite von 0,70 m pro Tier und freiem Zugang zum Futter gingen rangniedere Tiere nicht später zum Fressen als ranghohe Tiere. Auch OLOFSSON (2000) [62] und MORITA ET AL. (1996) [57] kommen zu dem Ergebnis, dass rangniedere Tiere bei einer Einschränkung der Fressplätze mehr Futter in der Nacht aufnehmen müssen, da sie am Tag Schwierigkeiten haben, die notwendigen Mengen aufzunehmen.

2.3.2.2 Futteraufnahme / Fressdauer

Hinsichtlich der Auswirkungen des Tier-Fressplatz-Verhältnisses auf die Fressdauer bzw. auf die gesamte Futteraufnahme lassen sich die Aussagen verschiedener Autoren folgendermaßen zusammenfassen: Bis zu einem Tier-Fressplatz-Verhältnis von 4:1 ergeben sich keine Veränderungen in der Grundfutteraufnahme und bis 2:1 nur geringe Veränderungen in der Fresszeit (SCHÖN (1969) [77], GERSTLAUER (1979) [27], KONGGAARD (1983) [49], HARB ET AL. (1985) [29], IPEMA ET AL. (1988) [39], OLOFSSON (1994) [60], OLOFSSON (1999) [61]). Bei der Bestimmung der Anzahl erforderlicher Fressplätze ist allerdings zu beachten, dass je nach vorgelegtem Futtermittel unterschiedlich hohe Verzehrszeiten pro Tier angesetzt werden müssen. So benötigt eine Kuh bei Grünfütterung ca. 8 h pro Tag, um die notwendige Futtermenge aufzunehmen, bei Silagen und Heu reichen ihr hingegen ca. 5 h (SCHÖN (1969) [77]). In Untersuchungen von STAMER ET AL. (2000) [86] verbrachten die Kühe ca. 4 h im Fressgitter, 1 h in der Krafftutterstation und 2,5 h mit Warten und Wechseln vor bzw. zwischen diesen Bereichen. Dabei wurde eine Grundfutteraufnahme von 11,1 kg TM festgestellt, aufgeteilt auf 9 Mahlzeiten. Die Krafftutteraufnahme lag bei 7,3 kg FM. Die Anzahl der Mahlzeiten wurde wie das übrige Fressverhalten von der Laktationsnummer, dem Laktationsabschnitt und dem Gewicht der Tiere beeinflusst. Nach den Aussagen weiterer Autoren verbringen Kühe im allgemeinen 3-7 h fressend und 10-14 h ruhend. Die Dauer der Futteraufnahme ist dabei abhängig vom Futter, von der Milchleistung, vom Laktationsstand, vom Tiergewicht und von den Bedingungen im Stall (FRIEND ET AL. (1977) [26], KONGGAARD (1983) [49], RIST (1989) [70], WIERENGA ET AL. (1985) [106], WIERENGA & HOPSTER (1990) [107], WINTER ET AL. (1992) [109]). COFFEY ET AL. (2002) [8] beobachteten eine geringere Futteraufnahme in der ersten Laktation. Gleichzeitig war jedoch die Milchleistung geringer, so dass sich hinsichtlich der Energiebilanz nur geringe Unterschiede ergaben.

Keinen Einfluss auf die Dauer oder den Zeitpunkt der Futteraufnahme sowie die aufgenommene Futtermenge hat dagegen nach POTTER & BROOM (1987) [67] der Rang eines Tieres. Auch nach PORZIG (1966) [65] und HÖGERMEYER (1978) [38] nehmen rangniedere Kühe genauso lange Futter auf wie ihre ranghohen Artgenossen, benötigen dazu jedoch mehr Fressperioden, die jeweils kürzer ausfallen (Ranghohes Tier: 7 Fressperioden à 39 min; Rangniederes Tier: 12 Fressperioden à 22 min). Ungeklärt blieb dabei jedoch, ob sie auch die gleiche Futtermenge und -qualität verzehrten.

2.3.2.3 Krafffutter

Hinsichtlich der Zuteilung von Krafffutter wird bei allen bisher auf dem Markt befindlichen automatischen Melksystemen angestrebt, dieses möglichst in der Melkbox zu verfüttern. Die Einstellung der Krafffuttermengen und die Überwachung des Verzehrs erfolgt dabei über das Managementprogramm des AMS. Damit sollen auf der einen Seite die Kosten für einen separaten Krafffutterabrufautomaten eingespart werden, auf der anderen Seite dient das Krafffutter dazu, die Tiere in die Melkbox zu locken. So erhöhen nach DEVIR ET AL. (1996a) [17], STEFANOWSKA ET AL. (1997) [87] und PRESCOTT ET AL. (1998) [68] Krafffuttergaben in der Melkbox die Anzahl der Besuche. Keine erkennbare Korrelation zur Besuchshäufigkeit konnte nach PRESCOTT ET AL. (1998) [68] dagegen zum Laktationsstand oder zum Füllungsgrad des Euters gefunden werden. Allerdings war die Dauer des Trainings mit jeweils 3 Tagen kurz bemessen, so dass sich während der Versuche noch Änderungen im Verhalten zeigten. Nach STEFANOWSKA ET AL. (1999) [88] ist in diesem Zusammenhang jedoch zu beachten, dass eine Erhöhung der Besuchsfrequenz auch eine Verringerung der zum Melken zur Verfügung stehenden Kapazität bedingt.

Nach SCHÖN ET AL. (1998) [80] beträgt die Fressgeschwindigkeit bei mehligem Futter ca. 200 g/min und bei Pellets 300-400 g/min. Ob ausgehend von diesen Verzehrsgeschwindigkeiten die Melkdauer ausreicht, um in der Melkbox während des Melkvorgangs die notwendigen Krafffuttermengen aufzunehmen, war aus der vorliegenden Literatur nicht ersichtlich. Hierbei stellt sich auch die Frage, ob die Verfütterung von größeren Mengen Krafffutter in kurzer Zeit (Melkdauer) und größeren Abständen (Zwischenmelkzeit) aus physiologischer Sicht empfehlenswert ist. BURGSTALLER (1999) [6] führt beispielsweise an, dass pro Mahlzeit maximal 3-4 kg Krafffutter gegeben werden sollten.

2.3.2.4 Fressperioden

Bei der Bewertung des Fressverhaltens wird teilweise die Anzahl der Futteraufnahmen (mit Fressplatzwechsel oder ohne) analysiert (z.B. NIELSEN ET AL. (1995) [58]). Es stellt sich hierbei jedoch die Frage, inwiefern diese Einheit relevant für die Bewertung des Fressverhaltens ist. Zahlreiche Autoren (z.B. FORBES (1995) [22], SILBY ET AL. (1990) [83]) kommen zu dem Schluss, dass Fressperioden (oder *Mahlzeiten*, eng.: *Meals*) aussagekräftigere Ergebnisse darstellen. Als Fressperiode wird dabei eine Anzahl von Futteraufnahmen definiert, die von kurzen Intervallen unterbrochen, und von der nächsten Fressperiode durch ein längeres Intervall ohne Futteraufnahme getrennt ist (WIEPKEMA (1968) [105], METZ (1975) [56], FAGEN & YOUNG (1978) [21], MAYES & DUNCAN (1986) [55], SILBY ET AL. (1990)

[83]). Leider gehen die genannten Autoren nicht darauf ein, ob bei Laufstallhaltung der Fressbereich zwischen diesen Fressperioden verlassen wird.

Die Herausforderung besteht darin, die kritische Intervalllänge zu bestimmen, bei der (kürzere) Intervalle innerhalb einer Fressperiode von (längeren) Intervallen zwischen Fressperioden getrennt werden können.

Eine Möglichkeit stellt die Analyse der Überlebenskurven (*survivorship curves*) dar, bei welcher auf der y-Achse die (meist logarithmierte) Häufigkeit der Intervalle zwischen zwei Futteraufnahmen mit einer Länge $> t$ gegen die Intervalllänge t auf der x-Achse aufgetragen wird (z.B. WIEPKEMA (1968) [105], METZ (1975) [56], DADO & ALLEN (1993) [10], MORITA ET AL. (1996) [57]).

Eine weitere Möglichkeit ist die Darstellung als Häufigkeitsverteilung (*frequency curve*). Hier wird die (logarithmierte) Anzahl der Futteraufnahmen über dem zeitlichen Abstand zwischen zwei Futteraufnahmen aufgetragen. Problematisch ist dabei, dass für die Analyse dieser zeitliche Abstand zwischen zwei Futteraufnahmen in Intervalle eingeteilt werden muss, was das Ergebnis beeinflusst (WIEPKEMA (1968) [105], SILBY ET AL. (1990) [83]).

Vorgehensweise bei zahlreichen Autoren ist es, die genannten Häufigkeitsverteilungen möglichst genau durch zwei (z.B. MAYES & DUNCAN (1986) [55], SILBY ET AL. (1990) [83], STAMER ET AL. (1997) [85]) oder mehr (z.B. MACHLIS (1977) [54], BERDOY (1993) [3], LANGTON ET AL. (1995) [51]) sich überlagernde (Exponential-) Funktionen auszudrücken. Durch die Berechnung des Schnittpunkts der beiden Funktionen kann dann die kritische Intervalllänge ermittelt werden. Grundlegende Annahme ist meist, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Futteraufnahme unabhängig von dem Zeitpunkt der letzten Futteraufnahme ist und sich die Häufigkeitsverteilungen daher wie negative Exponentialfunktionen verhalten (METZ (1975) [56], SLATER & LESTER (1982) [84], BERDOY (1993) [3]).

Nach TOLKAMP ET AL. (1998) [94] ist diese Annahme jedoch als kritisch zu betrachten. Vielmehr müsste eine erneute Futteraufnahme nach einer abgeschlossenen Fressperiode aufgrund der Sättigung des Tieres unwahrscheinlicher sein, als nach einer langen Zeit ohne Futteraufnahme. Die Wahrscheinlichkeit des Beginns einer Fressperiode wäre demnach nicht unabhängig von der Dauer der Zeit ohne Futteraufnahme und die Anzahl von kürzeren Intervallen zwischen den Fressperioden müsste reduziert sein. Negative Exponentialfunktionen könnten daher als Beschreibung der Intervalle nicht in Frage kommen.

TOLKAMP ET AL. (1998), [94] bestätigten diese Annahmen durch die Auswertung eigener Versuche und weiterer Ergebnisse aus der Literatur (METZ (1975) [56], STAMER ET AL. (1997) [85], DADO & ALLEN (1993) [10]). Zur Analyse schlagen sie

vor, die Häufigkeiten über den logarithmierten Intervalllängen aufzutragen und dann möglichst genau durch die Addition von zwei Verteilungen auszudrücken, die jeweils einer Gausschen Glockenkurve entsprechen. Dadurch werden die Verteilungen der Intervalle innerhalb und zwischen den Fressperioden nicht mehr als negative Exponentialfunktionen betrachtet, sondern als extrem schiefe Verteilungen. Ein weiterer Vorteil dieses Modells besteht nach Angaben der Autoren in der Möglichkeit, auch die beobachtete Reduzierung der sehr kurzen Intervalle innerhalb der Fressperioden zu erklären, welche dadurch entsteht, dass es den Tieren nicht möglich ist, unterhalb einer bestimmten Zeitspanne beispielsweise den Fressplatz zu wechseln. In weiteren Untersuchungen (TOLKAMP ET AL. (1999a) [95], YEATES ET AL. (2001) [111]) wurde das Konzept weiter verbessert. Neben der Einführung einer weiteren Funktion zur Erklärung von etwas längeren Intervallen innerhalb einer Fressperiode (z.B. zur Wasseraufnahme, vgl. Abbildung 5), wurden auch andere Funktionen zur Anpassung an die gefundenen Häufigkeitsverteilungen vorgestellt.

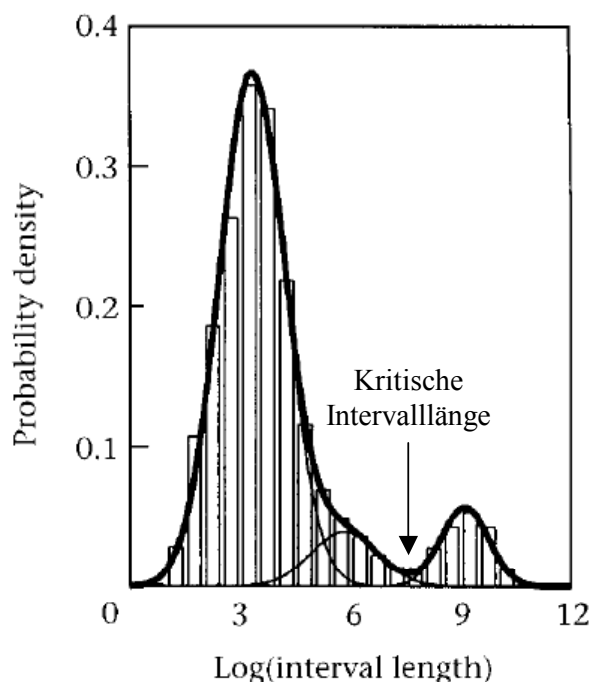


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der In-ZFZ und Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für drei verschiedene Tiergruppen (Nach Figure 6a aus TOLKAMP ET AL. (1999a) [95])

Als kritisches Intervall zur Trennung der Intervalle innerhalb von Fressperioden und der Intervalle zwischen Fressperioden fanden TOLKAMP ET AL. (1998) [94] in ihrer einzeltierbezogenen Auswertung einen Mittelwert von 41,8 min bei einem

Minimum von 26,4 und einem Maximum von 63,7 min. In einer weiteren Untersuchung (TOLKAMP ET AL. (1999a) [95]) fanden die Autoren je nach Methode (Überlebenskurve, Anpassung an die logarithmierten Intervalllängen mit zwei oder drei Gausschen Glockenkurven) unterschiedliche kritische Intervalle. Bei der Verwendung der Überlebenskurven wurden Werte von ca. 7-8 min gefunden, bei der Analyse der logarithmierten Intervalllängen anhand zweier Gausscher Glockenkurven Werte von ca. 30-40 min. Durch die Erweiterung des Modells auf drei Gaussche Glockenkurven lagen die kritischen Intervalle schließlich zwischen ca. 40 und 45 min.

Von anderen Autoren (DADO & ALLEN (1993, 1994) [10], [11]; ELIZALDE (1993) [20], FORBES ET AL. (1986) [23], HEINRICHS & CONRAD (1987) [33], JACKSON ET AL. (1991) [43]) wurden Grenzwerte zwischen ca. 5 und 8 min vorgeschlagen, um eine Fressperiode von der nächsten zu trennen. Allerdings zeigte beispielsweise bei DADO & ALLEN (1993) [10] die Überlebenskurve in einem Bereich zwischen ca. 10 und 50 min nur sehr wenige Intervalle. Andere Autoren kommen zu kritischen Intervallen von ca. 20 min, wobei auch hier teilweise berichtet wird, dass erhebliche Erhöhungen ohne eine nennenswerte Beeinflussung der Ergebnisse möglich sind (METZ (1975) [56], VASILATOS & WANGSNESS (1980) [99], KABUGA ET AL. (1985) [44], FRANCKE (1990) [24], MORITA ET AL. (1996) [57]). STAMER ET AL. (1997) [85] beschreiben in ihrer Untersuchung zwei Mahlzeitenkriterien von $T_1 = 9,1$ und $T_2 = 37,6$ min, wobei sie das längere der beiden favorisierten.

Bei freiem oder nur leicht eingeschränktem Zugang zum Futter wurden in der Literatur hinsichtlich der Anzahl der Fressperioden folgende Werte ermittelt (Tabelle 2). TOLKAMP ET AL. (1998) [94] kamen mit der oben beschriebenen Methode auf 5,7 Fressperioden pro Tier und Tag, PIRKELMANN (1992) [64] beobachtete 7 bis 10 Mahlzeiten pro Tier und Tag, wobei keine Abhängigkeit zur Milchleistung der Tiere gefunden wurde. SCHÖN (1969) [77] berichtet bei einem Tier-Fressplatz-Verhältnis von 2:1 von 4-5 Fressperioden. DADO & ALLEN (1994) [11] ermittelten bei Anbindehaltung 11 Fressperioden, in denen durchschnittlich 2,2 kg TM aufgenommen wurden. STAMER ET AL. (1997) [85] bestimmten bei Verwendung des Mahlzeitenkriteriums T_2 (s.o.) 9,0 Fressperioden. POTTER & BROOM (1987) [67] zählten bei freiem Zugang die Besuche des Fressbereichs und kamen auf einen Wert von 5,2, wobei rangniedere Tiere nicht später zum Fressen gingen als ranghohe Tiere.

Tabelle 2: Anzahl der Fressperioden bei verschiedenen Autoren

Autor	Versuchsbeschreibung	Kritische Intervalllänge [min]	Anzahl Fressperioden
SCHÖN (1969) [77]	Freier Zugang zum Futter Tier:Fressplatz 2:1	nicht angegeben	4-5
PIRKELMANN (1992) [64]	Freier Zugang zum Futter	nicht angegeben	7-10
DADO & ALLEN (1994) [11]	Anbindehaltung, Totale Mischraktion	7,5	11
STAMER ET AL. (1997) [85]	Freier Zugang zum Futter Tier:Fressplatz 2,1:1 bzw. 1,4:1	37,6	9,0
TOLKAMP ET AL. (1998) [97]	Freier Zugang zum Futter Tier:Fressplatz 1,8:1	41,8	5,7

Inwiefern die einzelnen Parameter zur Beschreibung des Fressverhaltens miteinander korrelieren, wurde beispielsweise von DADO & ALLEN (1994) [11] ermittelt. Dabei wurden Korrelationen von 0,38 zwischen Futteraufnahme je Fressperiode und Intervalllänge vor der entsprechenden Fressperiode gefunden. Eine Korrelation in gleicher Höhe bestand auch zwischen Fressperiodenlänge und Intervalllänge vor der entsprechenden Fressperiode. Auch andere Autoren berichten bei zunehmender Länge der Intervalle vor den Fressperioden von einem Anstieg der Futteraufnahme je Fressperiode (METZ (1975) [56], OLOFSSON (2000) [62]). Es wurden jedoch auch gegenteilige Ergebnisse gefunden (CHASE ET AL. (1976) [7]).

2.3.3 Melkverhalten

Das „Melkverhalten“ von Rindern in der Natur oder bei Mutterkuhhaltung ist ebenso wie das Fressverhalten durch einen deutlichen Tagesrhythmus gekennzeichnet. Die Kälber saugen vor allem bei Tagesanbruch und in den Abendstunden. Dazwischen liegen je nach Alter des Kalbes unterschiedlich viele Saugperioden. In der Nacht finden dagegen kaum Saugvorgänge statt. In den ersten Lebenswochen saugt das Kalb bis zu 8-mal pro Tag, es nimmt dabei jeweils nur kleine Mengen Milch auf. Mit zunehmendem Alter geht die Anzahl der täglichen Saugperioden stetig zurück, Kälber im Alter von drei Monaten saugen täglich noch 4-6 mal, mit sechs Monaten nur noch 2-mal. Zwar wollen ältere Kälber häufiger saugen, die Kuh lässt dies aber im allgemeinen nicht mehr zu (SAMBRAUS (1991) [76]).

WENDL ET AL. (2000) [103] fanden beim Einsatz automatischer Melksysteme einen ähnlichen Melkrhythmus der Tiere (Abbildung 6). Die höchste Anzahl der Melkungen war in den Morgenstunden zu verzeichnen. Mittags konnte auf allen Betrieben

ein Minimum beobachtet werden, das teilweise durch die Milchabholung verstärkt wurde. Am Nachmittag und Abend fanden wieder mehr Melkungen pro Stunde statt. In der Nacht zwischen ca. 2:00 und 6:00 war eine deutliche Ruhephase erkennbar. Generell stieg die Anzahl der Melkungen pro Stunde mit zunehmender Auslastung der Anlagen, die Ruhephase wurde hiervon jedoch nicht beeinflusst.

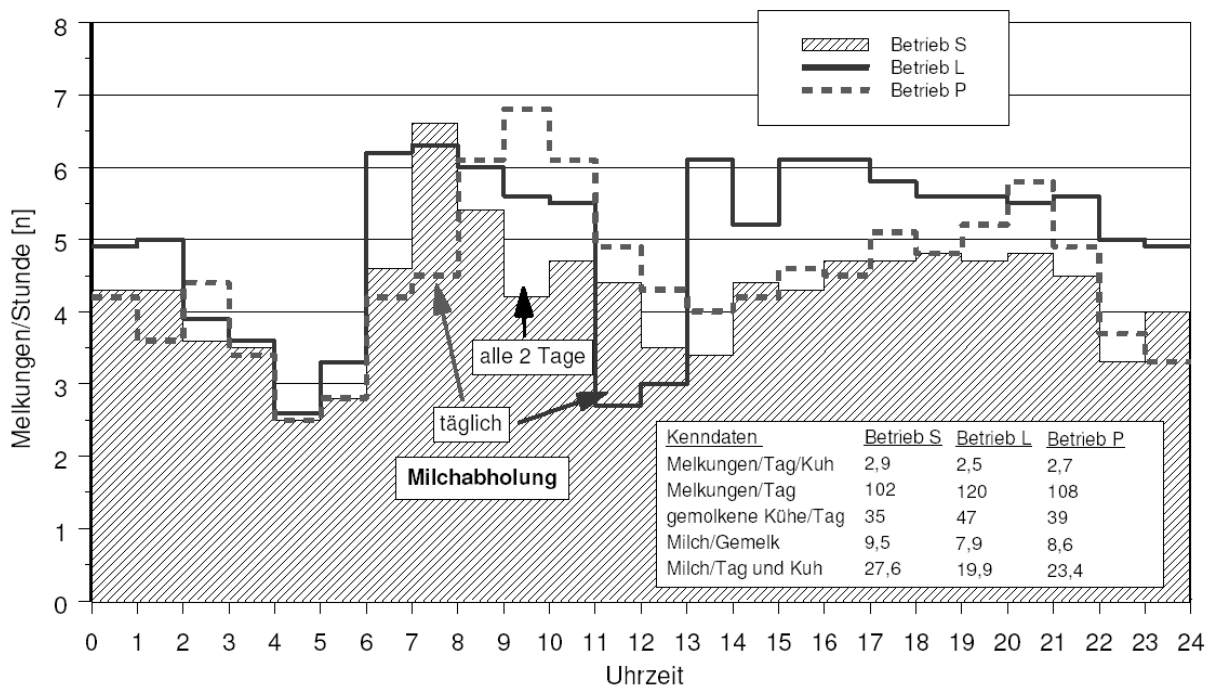


Abbildung 6: Verteilung der Melkungen im Tagesablauf bei 3 Praxisbetrieben (Mittelwerte über jeweils 1 Monat) (WENDL ET AL. (2000) [103])

Auch OLOFSSON (2000) [62] beschreibt in seiner Arbeit eine gewisse Ruhephase zwischen ca. 24:00 und 4:00. Abgesehen von dieser Ruhephase und den Reinigungszeiten wurde die Anzahl der Melkungen im Tagesverlauf als relativ konstant eingestuft, wobei im Durchschnitt nur fünf Melkungen pro Stunde erreicht wurden.

ROSSING ET AL. (1985) [71] fanden bei Untersuchungen an Hochleistungskühen, dass Milchmengen von über 12 kg pro Melkung einen negativen Einfluss auf die Gesamtleistung haben. Darüber hinaus stellten sie in ihren Untersuchungen fest, dass eine Steigerung der Melkfrequenz von 2 auf 5,4 Melkungen pro Tag die Milchleistung im Durchschnitt um 11 % ansteigen ließ. RABOLD (1986) [69] erzielte in Versuchen, bei denen in einer Krafftutterabrufstation „Melken in Selbstbedienung“ simuliert wurde, ein ähnliches Ergebnis. Die Milchleistung der Versuchsgruppe mit ca. 4 Melkungen pro Tag lag um 15 % höher als die der Kontrollgruppe mit 2 festen Melkzeiten.

Eine Analyse der Zwischenmelkzeiten von IPEMA & DE KONING (1997) [42] ergab, dass Milchkühe, die ihre Melkzeiten weitgehend frei bestimmen konnten, in der Regel nicht erst nach 12 h wieder zum Melken gingen, sondern im Durchschnitt bereits nach 8 h. Wie in Abbildung 7 ersichtlich ist, suchten 32 % der Tiere des Versuchs die Melkbox bereits nach weniger als 7 h wieder auf, 44 % der Tiere zeigten eine Zwischenmelkzeit von 7-9 h und bei 24 % der Besuche lag diese bei mehr als 9 h. Nur 1,5 % der Tiere suchten die Melkbox für mehr als 15 h nicht auf.

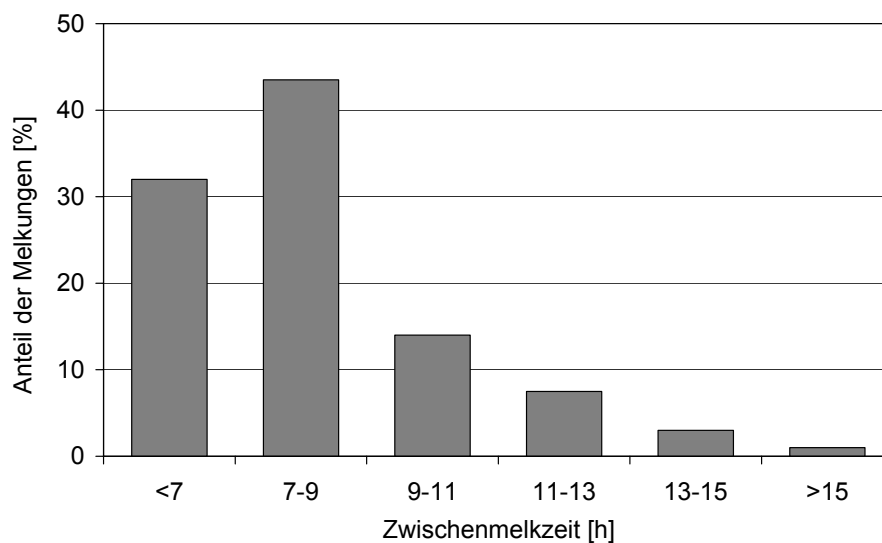


Abbildung 7: Verteilung der Zwischenmelkzeiten
(Quelle: IPEMA & DE KONING, (1997) [42])

LIEBLER (1998) [52] fand in seinen Untersuchungen auf einem Praxisbetrieb mit ca. 35 melkenden Kühen (\varnothing Milchleistung 21,8 kg pro Tier und Tag), dass die durchschnittliche Milchmenge pro Gemelk in 65 % der Fälle bei 6-10 kg lag. Gemelksmengen über 14 kg wurden nur in 2,2 % der Fälle gefunden. Hierbei ist nach LIEBLER jedoch zu berücksichtigen, dass diese Werte stark von Vorgaben in der Steuerung des AMS abhängig sind.

Hinsichtlich der Zwischenmelkzeiten über 15 h bestätigte LIEBLER die Ergebnisse von IPEMA & DE KONING, (1997) [42]. In zwei Drittel der Fälle schwankten die Zwischenmelkzeiten zwischen 6 und 10 h. Auch diese Werte sind nach LIEBLER aber von den Vorgaben durch den Landwirt abhängig. Darüber hinaus weist er ausdrücklich darauf hin, dass diese Ergebnisse nicht auf das Einzeltier übertragen werden dürfen, da hier teilweise ein stark vom Durchschnitt abweichendes Verhalten beobachtet werden konnte.

Problematisch bei der Bewertung dieser Ergebnisse ist in vielen Fällen die geringe Größe der untersuchten Herden. Pro Tier und Tag wurden so teilweise Melk- und Besuchsfrequenzen ermittelt, die bei einer praxisüblichen Auslastung der Anlage möglicherweise nicht erreicht worden wären. Anhand der Ergebnisse einer Umfrage von WENDL ET AL. (2000) [102] auf bayerischen Praxisbetrieben mit automatischen Melksystemen konnte gezeigt werden, dass mit zunehmender Herdengröße die Melk- bzw. Besuchsfrequenz zurückgeht (Abbildung 8). Es wurde jedoch auch deutlich, dass bei hohen Besuchsfrequenzen nicht generell hohe Melkfrequenzen erzielt wurden.

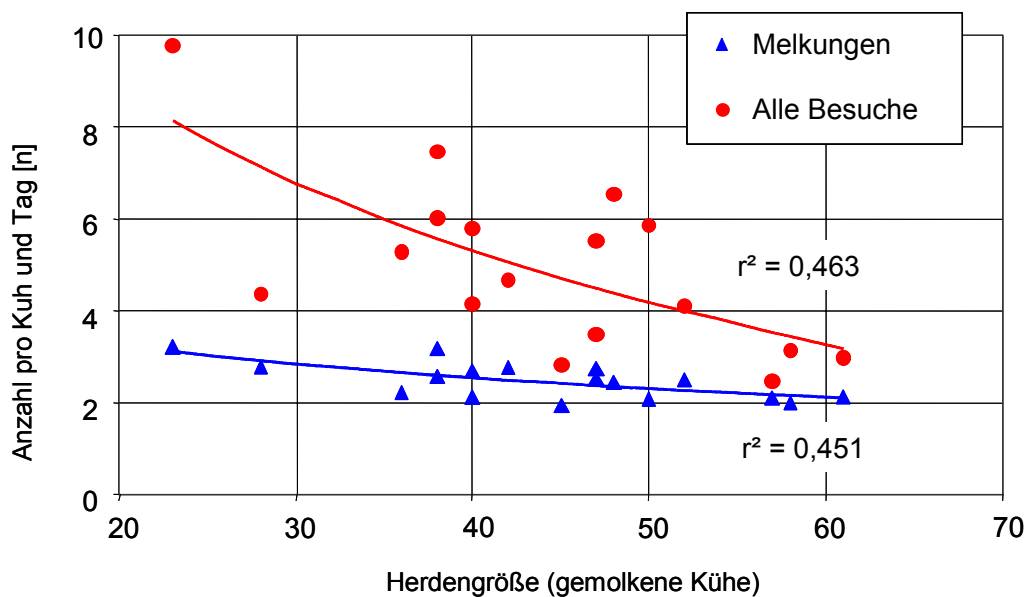


Abbildung 8: Abhängigkeit der Melk- und Besuchsfrequenz von der Anzahl der gemolkene Tiere (Quelle: WENDL ET AL. (2000) [102])

2.4 Tierumtrieb (Kuhverkehr)

Im Folgenden wird der Stand des Wissens zu Beginn der Untersuchungen dargestellt (2000). Erkenntnisse in der Literatur, die während der Untersuchungen hinzukamen, werden in der Diskussion der Ergebnisse (ab S. 127) behandelt.

2.4.1 Einordnung der Tierumtriebsformen

Zum Zeitpunkt der Untersuchungen werden in der Literatur verschiedene Formen des Tierumtriebs unterschieden (z.B. [15], [16], [36], [39], [41], [46], [48], [57], [78], [79], [80], [87], [109]). Aus der Zusammenfassung der beschriebenen Umtriebsformen, lässt sich dabei folgende prinzipielle Einordnung erstellen (Tabelle 3).

Tabelle 3: Einordnung der Tierumtriebsformen

A) Generelle Einordnung
Freier Umtrieb
Gelenkter Umtrieb
Teilweise gelenkter Umtrieb
B) Zusätzliche Unterschiede
Anordnung der Melkbox
i.d.R. im Liegebereich oder zwischen Liege- und Fressbereich
Anordnung der Selektionseinrichtungen
Selektionsort (Vorselektion, Nachselektion)
Selektionsziele (Liegebereich, Fressbereich, Melkbox, Vorwartebereich)
Potentielle Lockmittel
Art (Krafffutter, besonderes Grundfutter, Bürsten)
Ort (Melkbox, Liegebereich, Fressbereich, Vorwartebereich)
Zugang begrenzt durch (Melkbox, Selektionseinrichtung)
Zusatzeinrichtungen (mit nur geringem Einfluss auf den Tierumtrieb)
Selektionsbucht zur Behandlung von einzelnen Tieren
Manuell absperrbarer Vorwartebereich

zu A) Generelle Einordnung

Prinzipiell können drei verschiedene Umtriebsformen unterschieden werden, die in erster Linie vom Stallgrundriss und der Ausgestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich abhängig sind.

Freier Umtrieb

Die Tiere können jederzeit frei zwischen Liege- und Fressbereich wechseln. Möglich ist eine zusätzliche Vorselektion, die aber lediglich den Zutritt zur Melkbox steuert, ohne den Zutritt zu bestimmten Stallbereichen zu regulieren.

Gelenkter Umtrieb

Der Zutritt zu mindestens einem Stallbereich mit essentiellen Funktionen (Liegen, Grund- oder Krafftutteraufnahme) ist nur über Selektionseinrichtungen bzw. die Melkbox(en) möglich. In der Regel erfolgt eine Abtrennung zwischen dem Liege- und Fressbereich. In jedem Fall entsteht für die Tiere dadurch ein Zwang, die Melkbox oder eine vorgeschaltete Selektionseinrichtung aufzusuchen.

Teilweise gelenkter Umtrieb

Die genannten Stallbereiche sind nicht durchgängig (zeitlich oder räumlich) durch Einwegtore, Melkbox oder Selektionseinrichtungen voneinander getrennt. Teilweise ist ein freier Wechsel möglich (z. B. beim dreireihigen Liegeboxenlaufstall).

zu B) Zusätzliche Unterschiede

Über zusätzliche Angaben werden die verschiedenen Umtriebsformen genauer beschrieben und eingeordnet. Diese Angaben lassen sich in die Anordnung der Melkbox und der Selektionseinrichtungen gliedern, sowie in das Vorhandensein potentieller Lockmitteln sowie Zusatzeinrichtungen (mit nur geringer Bedeutung für den Tierumtrieb).

Anordnung der Melkbox

Die Melkbox wird in der Regel im Liegebereich oder am Übergang zwischen Liege- und Fressbereich angeordnet. Durch den Einbauort wird festgelegt, aus welchem Funktionsbereich die Tiere die Melkbox betreten können, und in welchen sie diese verlassen. Dies kann jedoch durch Nachselektionseinrichtungen für einzelne Tiere abgeändert werden. So kann beispielsweise die Abfolge der Funktionsbereiche von „Liegebereich → Fressbereich“ für ein unvollständig gemolkenes Tier auf „Liegebereich → Liegebereich“ geändert werden.

Anordnung der Selektionseinrichtungen

Selektionseinrichtungen zur Umtriebssteuerung können in unterschiedlichen Bereichen im Stall installiert werden. Generell sind folgende Varianten zu unterscheiden:

Vorselektion:

Hierbei werden die Tiere vor der Melkbox identifiziert und entsprechend der Vorgaben des Herdenmanagementprogramms in eine bestimmte Richtung geleitet. In der Regel werden Zweiwegtore verwendet. Die Tiere werden dabei entweder in die Melkbox bzw. einen separateren Vorwartebereich oder in einen anderen Stallbereich geleitet.

Nachselektion:

Soll die Nachselektion zur Steuerung des Tierumtriebs verwendet werden, so erfolgt dies in der Regel dadurch, dass das betreffende Tier bei Bedarf (z.B. misslungene Melkung) wieder in den Stallbereich geleitet wird, von dem aus die Melkbox zugänglich ist. Eine Nachselektion in eine Nachselektionsbucht kann in der Regel nicht der Umtriebssteuerung zugerechnet werden.

Potentielle Lockmittel

Potentielle Lockmittel sollen die Tiere dazu bewegen, die Melkbox oder eine Vorselektionseinrichtung häufiger freiwillig zu besuchen, um auf diese Weise mehr Melkungen zu erzielen oder den Abstand zwischen den Melkungen regelmäßiger zu gestalten. Bei diesen Lockmitteln wird zum einen hinsichtlich der Art des potentiellen Lockmittels (z.B. Krafftutter, besonderes Grundfutter, Bürsten) unterschieden. Zum anderen ist der Ort von Bedeutung, an dem das potentielle Lockmittel platziert wird (z.B. Melkbox, Liegebereich, Fressbereich, Vorwartebereich) und ob der Zugang begrenzt ist (z.B. durch Melkbox, Selektionseinrichtung).

Zusatzeinrichtungen (mit nur geringer Bedeutung für den Tierumtrieb)

Neben den aufgeführten Punkten werden häufig auch Angaben zu zusätzlichen Einrichtungen gemacht, die jedoch nur von untergeordneter Bedeutung für den Tierumtrieb sind. Hierzu gehören beispielsweise manuell absperbare Wartebereiche oder Selektionseinrichtungen zur arbeitssparenden Abtrennung von Tieren, die behandelt oder kontrolliert werden müssen.

2.4.2 Untersuchungen zum Tierumtrieb

KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. (1998) [48] untersuchten das Verhalten von je 20 Tieren in einem durch einen Krafftutterabrufautomaten simulierten automatischen Melksystem (siehe auch KETELAAR-DE LAUWERE (1992) [46]). Die Tiere wurden hierbei jedoch nicht gemolken. Bezüglich der **Fressdauer** berichten die Autoren, dass die Kühe bei freiem Zugang zum Fressbereich signifikant länger beim Fressen standen, als wenn dieser Bereich nur über die „Melkbox“ bzw. über eine direkt vorgeschaltete Vorselektionsbucht erreichbar war. Auch die Anzahl der **Besuche des Fressbereichs** lag beim freien Umtrieb mit ca. 10-14 deutlich über der beim gelenkten Umtrieb (ca. 6-9 je nach Versuchsvariante). Die Autoren kommen daher zu dem Schluss, dass ein freier Kuhumtrieb zur Sicherstellung einer ausreichenden Grundfutteraufnahme sinnvoll ist. Einen Zwangsumtrieb empfehlen sie

aufgrund der reduzierten Fressdauer nur für eine zeitlich begrenzte Eingewöhnungsphase. WINTER ET AL. (1992) [109] ermittelten bei der Installation von Einwegtoren zur Trennung des Fress- und Liegebereichs ebenfalls eine sinkende Anzahl der Besuche des Fressbereichs (von 8,8 auf 6,7 pro Tier und Tag), während die Dauer eines Besuchs anstieg (von durchschnittlich 43 min auf 64 min). Gleichzeitig wurde beim gelenkten Umtrieb eine weniger stark ausgeprägte **Synchronisation des Fressverhaltens**, bzw. ein etwas gleichmäßigerer Besuch des Fressbereichs festgestellt.

Die **Auswirkungen des Rangs eines Tieres** auf das Fress- und Melkverhalten wurde von KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. (1996) [47] ermittelt. Die Autoren beschreiben, dass der Anteil der ranghohen Tiere im Fressbereich zwischen 12:00 und 18:00 (nach der Futtervorlage) signifikant erhöht war. Die rangniederen Tiere hielten sich dagegen im Vergleich zu den ranghohen Tieren verstärkt nachts im Fressbereich auf und nutzten auch das automatische Melksystem (inkl. Vorselektionseinrichtung) eher in der Nacht. Dies bestätigen auch die Untersuchungen von OLOFSSON (2000) [62] an einem AMS mit gelenktem Tierumtrieb. Hier erzielten die zehn ranghöchsten Tiere mehr Melkungen und damit häufigeren Zugang zum Fressbereich als die zehn rangniedrigsten Tiere. Auffällig war dabei, dass die Unterschiede zu den Zeiten der Futtervorlage im Stall jeweils am höchsten waren. KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. (1996) [47] stellten außerdem fest, dass die rangniederen Tiere in der Anzahl der Besuche nicht auf zusätzliche Kraftfuttergaben reagierten, während ranghohe Tiere offenbar noch Spielraum für die Anpassung ihres Verhaltens hatten. Hinsichtlich der reinen Fressdauer (Kopf im Fressgitter) wurden dagegen keine Einflüsse des Rangs festgestellt.

Bezüglich der Anzahl der **Melkungen und zusätzlicher Besuche** ergaben Untersuchungen von IPEMA ET AL. (1997) [41] mit 24 Kühen an einer Box einer Zweiboxenanlage, dass unabhängig von der Umtriebsform jede Kuh im Durchschnitt ca. 2,9-mal pro Tag gemolken wurde. Dies entspricht einer durchschnittlichen Zwischenmelkzeit von 8,3 h. Dazu kamen beim freien Kuhverkehr ohne Vorselektion durchschnittlich 2,2 Besuche ohne Melken. KREMER & ORDOLFF (1992) [50] fanden in ihren Untersuchungen Melkfrequenzen von 2,8 bei freiem Umtrieb, wobei hier ein Prototyp einer Zweiboxen-Anlage und eine Herdengröße von nur 14 Tieren untersucht wurden. HOGEVEEN ET AL. (1998) [36] beobachteten bei ihrem Vergleich zwischen freiem und gelenktem Umtrieb mit 53 Tieren an einer Zweiboxen-Anlage keinen signifikanten Unterschied in der Anzahl der Melkungen pro Tier und Tag. Die Melkfrequenz lag für die hochleistenden Tiere bei 2,6 - 2,8, für die Tiere mit geringer Leistung bei ca. 1,9 - 2,0 Melkungen pro Tier und Tag. Unterschiede

ergaben sich jedoch in der Gesamtzahl der Besuche der Melkbox. Hier wies der gelenkte Umtrieb höhere Werte auf, als der freie Umtrieb (Tabelle 4).

In Untersuchungen, bei denen ein automatisches Melksystem in einem Krafftutter-abrufautomaten simuliert wurde, zeigten IPEMA ET AL. (1988) [39], dass beim gelenkten Umtrieb einige Tiere die „Melkbox“ zu häufig besuchten. Dies wurde als negativ für die **Kapazität des Systems** eingestuft, was auch von STEFANOWSKA ET AL. (1999) [88] bestätigt wird. Um die zu häufigen Besuche der Melkbox zu verhindern, gleichzeitig aber den gelenkten Umtrieb beibehalten zu können, wurde vorgeschlagen Selektionstore unmittelbar vor der Melkbox zu installieren (z.B. SWIERSTRA & SMITS (1989) [89], DEVIR ET AL. (1993) [14], DEVIR ET AL. (1996b) [18]).

IPEMA ET AL. (1997) [41] beschrieben in ihren Untersuchungen auch die **Verteilung der Zwischenmelkzeiten**. Dabei wiesen beim freien Umtrieb ca. 57 % aller freiwilligen Melkungen eine Zwischenmelkzeit unter 8 h auf, beim gelenkten Umtrieb waren dies ca. 65 %. Allerdings war das automatische Melksystem mit 24 Tieren nicht ausgelastet und das Nachtreiben der Tiere erfolgte bereits ab Zwischenmelkzeiten von 7 h, jedoch nur 2-mal pro Tag.

Der Anteil der nicht rechtzeitig stattfindenden Melkungen (**nachzutreibende Tiere**) betrug bei IPEMA ET AL. (1997) [41] beim gelenkten Umtrieb ca. 13 %, beim freien Umtrieb ca. 9 %, wobei sich dieser Anteil ebenfalls auf ca. 13 % erhöhte, wenn der Vorselektion ein kleiner Wartebereich (9 m²) nachgeschaltet wurde. Die Anzahl der nachzutreibenden Tiere war bei HOGVEEN ET AL. (1998) [36] beim freien Umtrieb deutlich höher als beim gelenkten Umtrieb (Tabelle 4), was hinsichtlich des **Arbeitszeitbedarfs** als negativ eingestuft wurde. Auch OBERDELLMANN ET AL. (2000) [59] ermittelten in ihrer Untersuchung, dass 27 % des Gesamtarbeitszeitbedarfs für das Melken mit einem AMS auf das Nachtreiben von Tieren entfallen, was die Bedeutung dieses Parameters verdeutlicht.

HOGVEEN ET AL. (1998) [36] ermittelten die Anzahl der Melkungen und Besuche der Melkbox sowie die Anzahl der nachzutreibenden Tiere in **Abhängigkeit von der Laktationsnummer der Tiere**. Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 4 zusammengefasst. Hinsichtlich der Anzahl der nachzutreibenden Tiere lagen die Werte der Tiere ab der zweiten Laktation deutlich über den Werten der ersten beiden Laktationen. Mit zunehmender Laktationsnummer suchten die Kühe die Melkbox immer seltener auf, was auch von WENDL ET AL. (1999) [101] bestätigt wird.

Tabelle 4: Ergebnisse der Untersuchungen von HOGVEEN ET AL. (1998) [36]

Laktation	Anzahl Tiere	Freier Umtrieb 1	Gelenkter Umtrieb 1	Freier Umtrieb 2	Gelenkter Umtrieb 2
Besuche der Melkbox (Melkungen und zusätzliche Besuche) [n]					
1	17	5,9	8,3	9,4	9,8
2	18	5,6	7,0	7,1	7,6
>2	18	3,8	5,0	4,6	5,0
Total	53	5,1	6,7	7,0	7,4
Anteil der Kühe, die zum Melken geholt werden mussten [%]					
1	17	7,6	0,0	4,1	0,6
2	18	5,6	1,7	1,7	1,7
>2	18	31,7	12,8	20,0	11,7
Total	53	15,1	4,9	8,7	4,7
Anzahl Kühe, die zum Melken geholt werden mussten [n]					
1	17	1,3	0,0	0,7	0,1
2	18	1,0	0,3	0,3	0,3
>2	18	5,7	2,3	3,6	2,1
Total	53	8,0	2,6	4,6	2,5

Bei den **Wartezeiten vor der Melkbox** bzw. der **Anzahl wartender Tiere** zeigten HOGVEEN ET AL. (1998) [36] und KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. (1998) [48], dass diese bei gelenktem Umtrieb höher sind als bei freiem Umtrieb. Dies trifft nach Aussagen von KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. (1998) [48] oder DEVIR ET AL. (1996a) [17] vor allem bei einer hohen Auslastung der Anlagen zu. Dabei treten nach KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. (1996) [47] die längeren Wartezeiten eher bei den rangniedrigen Tieren auf. WINTER & HILLERTON (1995) [110] kommen zu dem Schluss, dass mehr Melkboxen oder ein Wartebereich mit Zugang zum Futter die Probleme des gelenkten Umtriebs reduzieren könnten. Als weitere Lösung zur Reduzierung der Wartezeiten werden beispielsweise von DEVIR ET AL. (1996a) [17] Selektionseinrichtungen unmittelbar vor dem automatischen Melksystem vorgeschlagen. Die Autoren empfehlen dabei pro Melkbox zwei dieser Einrichtungen. Insgesamt zeigte sich jedoch, dass auch bei dieser Form der Vorselektion noch Staus vor der Selektionseinrichtung zu beobachten waren (SWIERSTRA & SMITS (1989) [89], DEVIR ET AL. (1993) [14], DEVIR ET AL. (1996b) [18], KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. (1998) [48], KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. (1996) [47]).

Bei der **Länge notwendiger Umstellungsphasen** zwischen einzelnen Versuchen zum Tierumtrieb weisen HOGVEEN ET AL. (1998) [36] darauf hin, dass es bei einer größeren Herde (in diesem Fall 53 Tiere an einer Zweiboxen-Anlage) vermutlich länger als 2 Wochen dauert, bis sich nach der Umstellung der Umtriebsform ein stabiles Herdenverhalten einstellt. Dies sollte bei zukünftigen Untersuchungen beachtet werden.

3 Problemstellung

Beim Einsatz automatischer Melksysteme ergeben sich neue Bedingungen, sowohl für den Menschen, der das AMS betreut, als auch für das Tier, das durch das AMS gemolken wird. Gleichzeitig eröffnen sich durch den Einsatz eines AMS, im Vergleich zu konventionellen Systemen, aber auch neue Möglichkeiten, den individuellen Bedürfnissen von Mensch und Tier Rechnung zu tragen.

Eine wichtige Maßnahme zur Optimierung des Gesamtsystems Automatisches Melken stellt der Tierumtrieb dar. Unter diesem Begriff lassen sich sämtliche technischen und baulichen Maßnahmen zusammenfassen, die den Tieren den Zutritt zu bestimmten Stallbereichen ermöglichen oder diesen verhindern. Als Umtriebsformen kommen in der Regel der einfach gelenkte und der freie Umtrieb zum Einsatz, darüber hinaus wird (insbesondere bei Mehrboxenanlagen) mit zum Teil umfangreichen Vor- und Nachselektionseinrichtungen gearbeitet.

Bei diesen Umtriebsformen wird in der Literatur jedoch von spezifischen Nachteilen berichtet. So wird beim freien Umtrieb häufig die Melkfrequenz als zu gering, bzw. die Anzahl der nachzutreibenden Tiere als zu hoch eingestuft. Beim gelenkten Umtrieb wird in der Regel die geringere Fressdauer bzw. Aufenthaltsdauer im Fressbereich und teilweise eine geringere Grundfutteraufnahme als kritisch eingeschätzt. Dazu kommt die hohe Anzahl vor der Melkbox bzw. vor der Selektionseinrichtung wartender Tiere, sowie die vermehrten zusätzlichen Besuche der Melkbox, welche die Kapazität der Anlagen verringern. Die bisherigen Untersuchungen wurden zudem mit geringen, nicht praxisüblichen Herdengrößen durchgeführt, höhere Tierzahlen dürften die Nachteile jedoch noch verstärken.

Die vorgeschlagenen Lösungsansätze zur Verbesserung des gelenkten Umtriebs beziehen sich meist auf die Einführung von zentralen Selektionseinrichtungen vor dem automatischen Melksystem. Hierbei ist jedoch von einem erheblichen baulichen und finanziellen Aufwand auszugehen, da diese Lösungen mit einem großen Raumbedarf verbunden sind. Gleichzeitig werden die Tiere dadurch gezwungen, für jeden Besuch des Fressbereichs einen zentralen Bereich des Stalls aufzusuchen, dabei weite Wegstrecken zurückzulegen und sich dort möglicherweise einem erhöhten sozialen Konkurrenzdruck auszusetzen.

Für den Landwirt gibt es damit derzeit keine befriedigende technische Möglichkeit, die Vorteile des freien und gelenkten Umtriebs miteinander zu kombinieren, bzw. deren Nachteile zu reduzieren.

4 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es festzustellen, ob durch eine neue Variante des Tierumtriebs, des „selektiv gelenkten Umtriebs“, die Nachteile des freien bzw. gelenkten Tierumtriebs reduziert werden können und der Kuhverkehr damit optimiert werden kann. Kern dieses selektiv gelenkten Umtriebs sind von Gruppenfütterungstoren abgeleitete Selektionstore, die nicht zentral vor der Melkbox, sondern dezentral zwischen Liege- und Fressbereich angeordnet sind.

Dazu soll geklärt werden, in welchem Umfang die in der Literatur beschriebenen Vor- und Nachteile des freien und gelenkten Umtriebs hinsichtlich des Melk- und Fressverhaltens bei praxisüblichen Herdengrößen auftreten, und in welchem Umfang dies bei der neuen Umtriebsform der Fall ist. Hierzu sollen die Anzahl der Melkungen und zusätzlichen Melkbox-Besuche, der wartenden und nachzutreibenden Tiere, der Fressperioden und Besuche des Fressbereichs, sowie die Zwischenmelkzeiten, die Fressdauer und die Futteraufnahme unter möglichst vergleichbaren Bedingungen erfasst werden. Berücksichtigt werden sollen dabei auch der Einfluss der Milchleistung, der Laktationsnummer, des Laktationsdrittels oder des Rangs eines Tieres.

Weiterhin soll untersucht werden, in welchem Umfang die Tiere die Übergänge zwischen Liege- und Fressbereich nutzen, und insbesondere, wie sie die dezentralen Selektionstore annehmen. Diese sollen sowohl in aktiver als auch in passiver Ausführung untersucht werden, um Unterschiede hinsichtlich der Nutzung durch die Tiere zu erfassen.

Die Untersuchungen sollen auf zwei verschiedenen Betrieben durchgeführt werden, um mögliche Einflüsse von Stallgrundriss, Melksystem, Herdenleistung oder Fütterung abzuschätzen, aber auch um eventuelle Übereinstimmungen sichtbar zu machen.

Es sollen Einboxenanlagen zum Einsatz kommen, da diese in der Praxis die meiste Verbreitung gefunden haben. Die Herden sollen 45-50 melkende Tiere umfassen, um einerseits eine Vergleichbarkeit mit praktischen Bedingungen zu ermöglichen, andererseits eine mögliche Verfälschung der Ergebnisse durch eine Überlastung der Anlagen bei bestimmten Umtriebsformen zu vermeiden.

5 Material und Methoden

5.1 Beschreibung der untersuchten Betriebe

5.1.1 Betrieb Grub

Der Betrieb Grub liegt ca. 10 km östlich von München. Er ist ein Versuchsgut der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Der 1997 als Außenklimastall errichtete dreireihige Milchviehstall (siehe Abbildung 9) wurde zunächst nur mit einem 2x6er Fischgrätenmelkstand betrieben. Als Besonderheit bei der dreireihigen Ausführung des Stalls ist zu beachten, dass die Liegeboxenreihen nicht wie üblich angeordnet sind. Durch einen zusätzlichen Laufgang im Liegebereich wurde eine räumliche Trennung von Fress- und Liegebereich ermöglicht. Das automatische Melksystem vom Typ „Merlin“ der Firma Lemmer-Fullwood wurde im Mai 1998 in Betrieb genommen. Dem AMS wurden 49 der insgesamt 119 Liegeboxen zugeordnet. Dabei waren aufgrund anderer Versuche die Liegeboxen 1-5, 16-20 und 41-49 als eingestreute Hochboxen ausgeführt, die übrigen Liegeboxen als Tiefboxen. Alle Liegeboxen hatten eine Gesamtlänge von 2,4 m.

Der den Tieren zur Verfügung stehende Futtertisch war ca. 30 m lang. Zusammen mit einer Breite des Fressbereichs von 3,80 m ergab sich für diesen Bereich eine Fläche von 114 m². Der Wartebereich vor dem Eingang zum automatischen Melksystem hatte eine Breite von 12 m und eine Tiefe von 5 m. Abzüglich der abgesperrten Fläche von ca. 4 m², die zur Erzeugung eines leicht keilförmigen Wartebereichs diente, ergab sich ein Wartebereich von 56 m². Der Laufgang an der Nordwand war 2,2 m breit und 21 m lang. Der zentrale Gang zwischen den Liegeboxenreihen hatte eine Breite von 2,5 m und eine Länge von 27,5 m, der Quergang war auf der Länge von 3 Liegeboxen (7,2 m) ebenfalls 2,5 m breit. Die Laufgangfläche betrug damit insgesamt ca. 133 m². Alle Laufgänge und der Wartebereich waren als Spaltenboden ausgeführt.

Zur automatischen Erfassung der Grundfutteraufnahme und des Fressverhaltens (siehe auch 5.6.2) standen 24 elektronische Grundfutterwiegetröge zur Verfügung. Krafffutter (Pellets) wurde nur für die Dauer der Melkung in der Melkbox gefüttert, zusätzliche Krafffutterstationen waren nicht installiert.

Die durchschnittliche Milchleistung der Fleckviehherde mit 48-50 Kühen betrug zum Zeitpunkt der Untersuchung etwa 7.000 kg/Laktation.

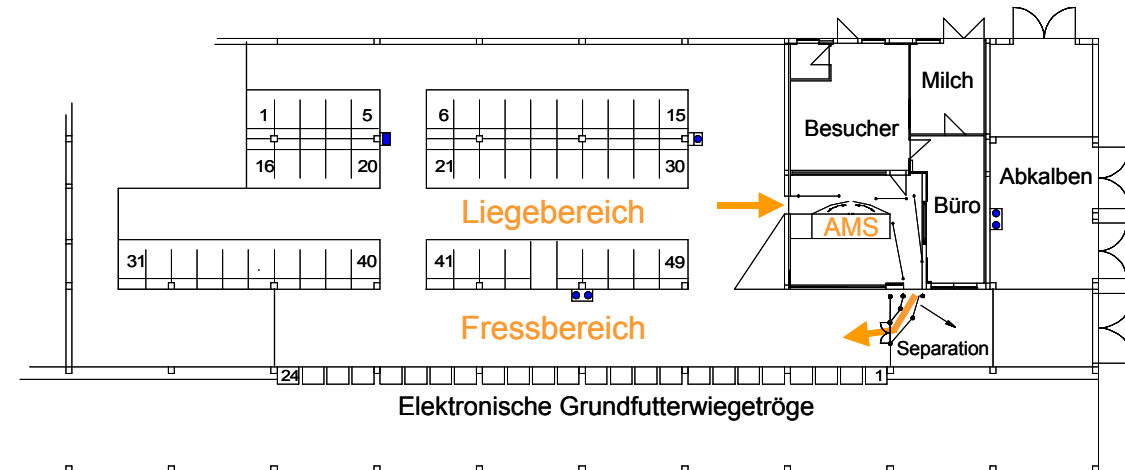


Abbildung 9: Grundriss des Stalls auf dem Betrieb **Grub** (AMS-Bereich)

5.1.2 Betrieb Hirschau

Der Betrieb Hirschau liegt in ca. 5 km Entfernung zu Freising. Er ist ein Versuchsgut der Technischen Universität München (TUM).

Der Stall wurde 1996 von einem Anbindestall zu einem Laufstall mit 95 Liegeboxen, außenliegendem Fressbereich und 2x5 Fischgrätenmelkstand der Firma DeLaval umgebaut. Im September 2001 wurde zusätzlich ein automatisches Melksystem „VMS“ der Firma DeLaval eingebaut, dem 47 Liegeboxen zugeordnet wurden (Grundriss siehe Abbildung 10).

Alle Liegeboxen waren als eingestreute Hochboxen ausgeführt und hatten eine Gesamtlänge von 2,4 m bei einer Breite von 1,2 m.

Der den Tieren zur Verfügung stehende Futtertisch war ca. 31 m lang. Zusammen mit einer Breite des Fressbereichs von 3,8 m ergab sich für diesen Bereich eine Fläche von 112 m² (6 m² entfielen auf den Treibgang zur Selektionsbucht). Der absperrbare Wartebereich vor dem Eingang zum automatischen Melksystem hatte eine Fläche von 24 m². Der nördliche Laufgang war 21 m lang und ebenso wie der mittlere Gang zwischen den Liegeboxenreihen 2,1 m breit. Dieser hatte eine Länge von 19 m. Der zentrale Quergang hatte auf der einen Seite eine Breite von 3,7 m auf der anderen war dieses Maß durch eine Kraffutterstation um 0,9 m reduziert. Der hintere Quergang war aufgrund der Abwurfschächte für den Klappschieber nur 1,2 m breit. Beide Quergänge waren 4,8 m lang. Zusätzlich standen den Tieren je nach Versuchsanstellung bis zu 3 Übergänge zum Fressbereich mit jeweils 3 m² zur Verfügung. Die Laufgangfläche betrug insgesamt ca. 114 m². Alle Flächen waren planbefestigt und mit Gussasphalt versehen.

Zur automatischen Erfassung der Grundfutteraufnahme und des Fressverhaltens (siehe auch 5.6.2) standen wie im Versuchsgut Grub 24 elektronische Grundfuterwiegetröge zur Verfügung. Krafffutter aus der eigenen Mahlanlage wurde an zwei Krafffutterstationen im Stall und in der Melkbox gefüttert.

Die durchschnittliche Milchleistung der Herde mit 44-48 rotbunten Kühen betrug zum Zeitpunkt der Untersuchung etwa 8.200 kg/Laktation.

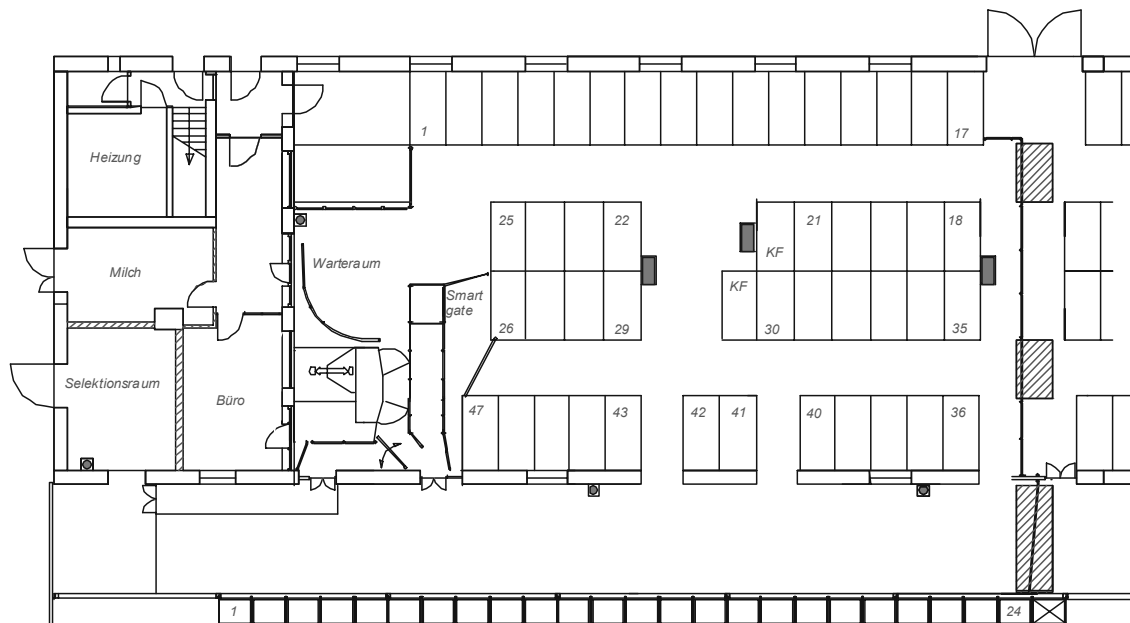


Abbildung 10: Grundriss des Stalls auf dem Betrieb **Hirschau** (AMS-Bereich)

5.2 Beschreibung der untersuchten Umtriebsformen

Auf beiden Versuchsbetrieben wurden drei Umtriebsformen untersucht. Neben dem in der Praxis üblicherweise eingesetzten freien und gelenkten Umtrieb war dies ein selektiv gelenkter Umtrieb mit jeweils zwei dezentralen Selektionstoren. Diese Umtriebsform war 1998 aufgrund der Ergebnisse der eigenen Vorversuche zum freien und gelenkten Umtrieb entwickelt worden.

5.2.1 Freier Umtrieb

Bei freiem Umtrieb waren die Übergänge zwischen Liege- und Fressbereich so gestaltet, dass für die Tiere jederzeit ein freier Wechsel zwischen diesen Bereichen möglich war. Auf dem Betrieb Hirschau hatten die Tiere zusätzlich zum automatischen Melksystem drei Möglichkeiten zwischen Liege- und Fressbereich zu wechseln (siehe Abbildung 11). Auf dem Betrieb Grub standen nur zwei Übergänge zusätzlich zum automatischen Melksystem zur Verfügung, die mit 2,5 m jedoch deutlich breiter waren als auf dem Betrieb Hirschau (siehe Abbildung 12).

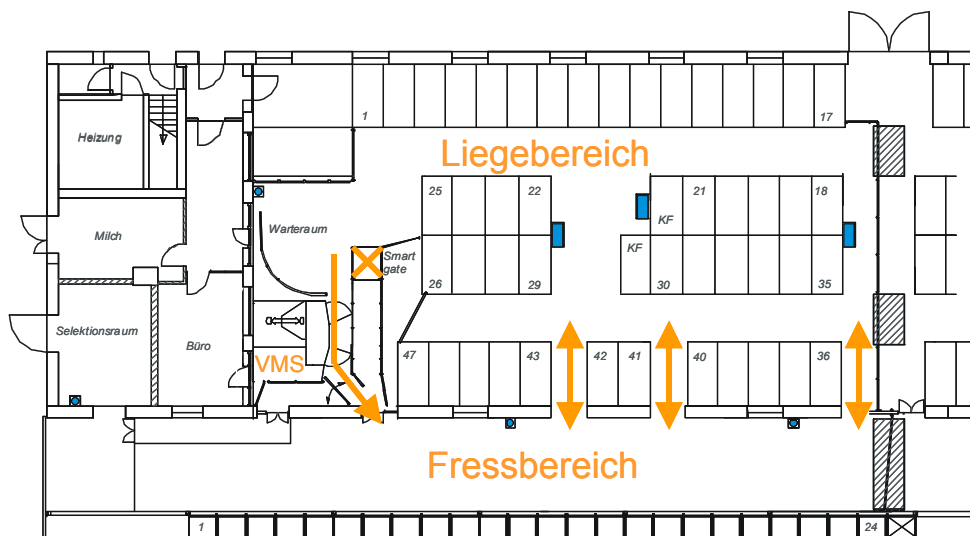


Abbildung 11: Gestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich bei freiem Umtrieb (Betrieb **Hirschau**)

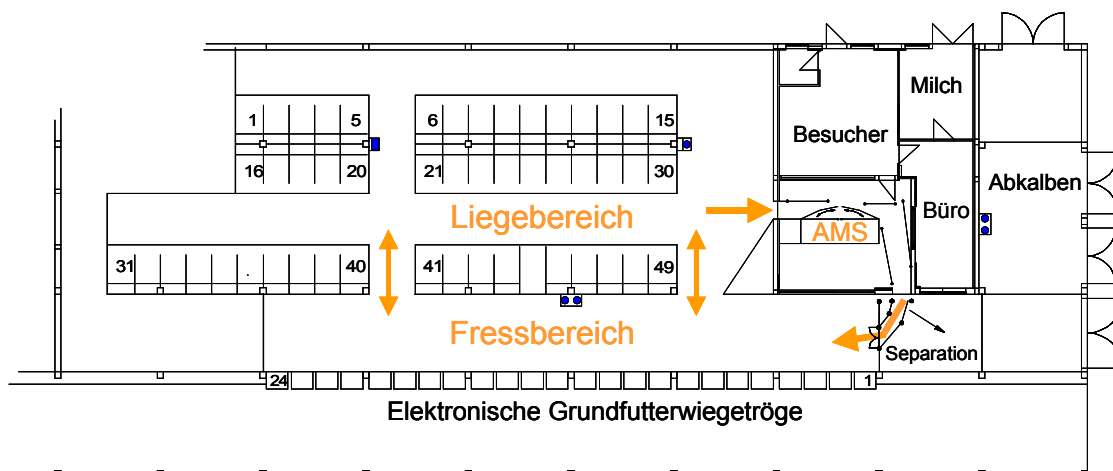


Abbildung 12: Gestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich bei freiem Umtrieb (Betrieb **Grub**)

5.2.2 Gelenkter Umtrieb

Bei gelenktem Umtrieb war auf dem Betrieb Hirschau der mittlere Durchgang komplett gesperrt, die beiden übrigen Übergänge wurden mit Einwegtoren versehen, so dass der Durchgang vom Liege- zum Fressbereich versperrt war (Abbildung 13). Auch auf dem Betrieb Grub wurden die beiden Übergänge zwischen Liege- und Fressbereich mit Einwegtoren versehen (Abbildung 14). Die Tiere konnten somit auf beiden Betrieben den Fressbereich nur über das automatische Melksystem erreichen.

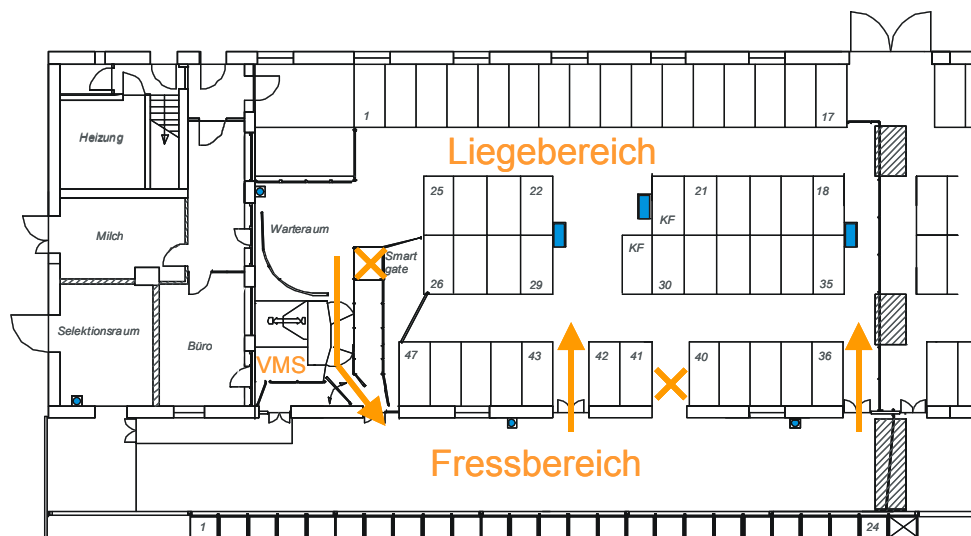


Abbildung 13: Gestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich bei gelenktem Umtrieb (Betrieb **Hirschau**)

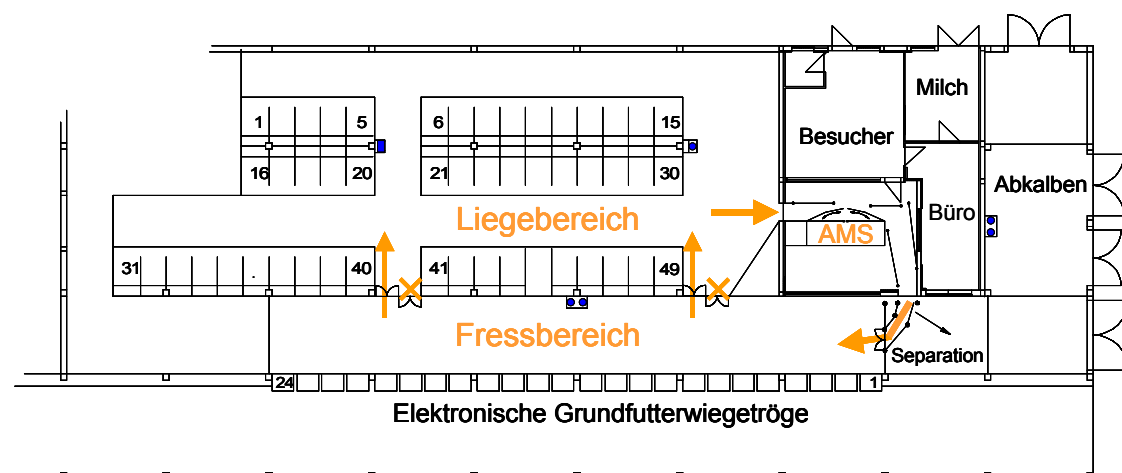


Abbildung 14: Gestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich bei gelenktem Umtrieb (Betrieb **Grub**)

5.2.3 Selektiv gelenkter Umtrieb

Bei der Variante „Selektiv gelenkter Umtrieb“ wurden auf beiden Betrieben zusätzlich zu den Einwegtoren Selektionstore installiert, um den Tieren weitere Möglichkeiten zu geben, vom Liegebereich in den Fressbereich zu wechseln. Auf dem Betrieb Hirschau wurde nach der Auswertung der Daten des freien Umtriebs ein Tor im mittleren Durchgang zwischen Liege- und Fressbereich installiert, das andere unmittelbar neben dem Eingang der Melkbox (siehe Abbildung 15). Die genaue Position musste hierbei mehrfach angepasst werden, um eine optimale Funktionalität zu erreichen. So wurde das Tor am mittleren Übergang so weit in Richtung Fressbereich gerückt, dass kein enger Ausgangsbereich mehr vorhanden war, der von einer einzelnen Kuh von außen blockiert werden konnte. Das Selektionstor neben der Melkbox, dessen Eingang sich ursprünglich in Höhe des Eingangs der Melkbox befand, wurde um ca. eine Tierlänge nach hinten versetzt. Hierdurch sollte verhindert werden, dass das Tor übermäßig durch wartende Tiere blockiert wird, wie es in den Vorversuchen häufig beobachtet wurde.

Auf dem Betrieb Grub wurden beide Selektionstore jeweils unmittelbar neben den Einwegtoren angebracht (Abbildung 16), wobei ebenfalls darauf geachtet wurde, dass sich der Ausgang nicht in einer Ecke oder in einem engen Gang befand. In Vorversuchen war analog zu den Beobachtungen auf dem Betrieb Hirschau festgestellt worden, dass die Tore in diesen Fällen übermäßig häufig durch Tiere von außen blockiert wurden.

Auf beiden Betrieben wurden die dezentralen Selektionstore vom automatischen Melksystem angesteuert. Sie wurden so eingestellt, dass eine Kuh das Tor nicht mehr passieren konnte, sobald ihr das automatische Melksystem den Status „melkberechtigt“ zugewiesen hatte.

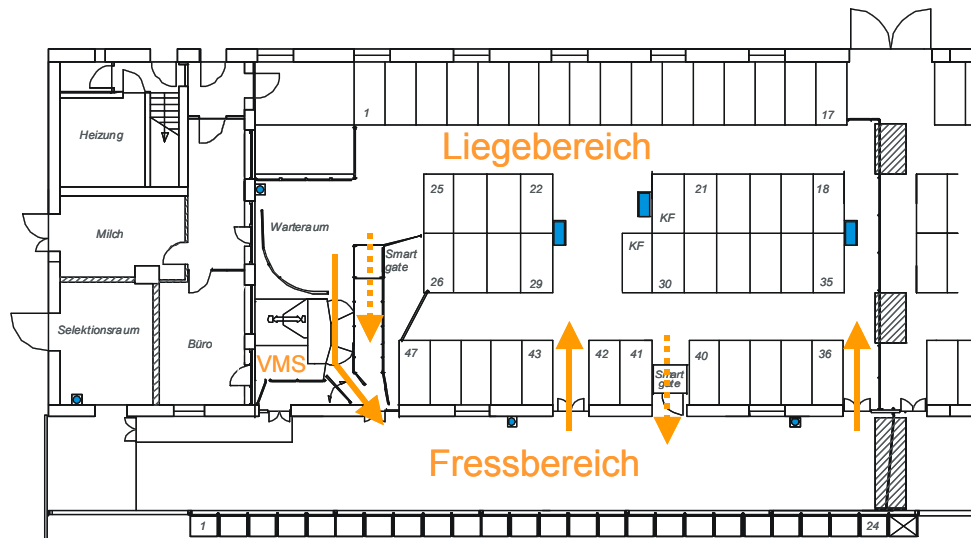


Abbildung 15: Gestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich bei selektiv gelenktem Umtrieb (Betrieb **Hirschau**)

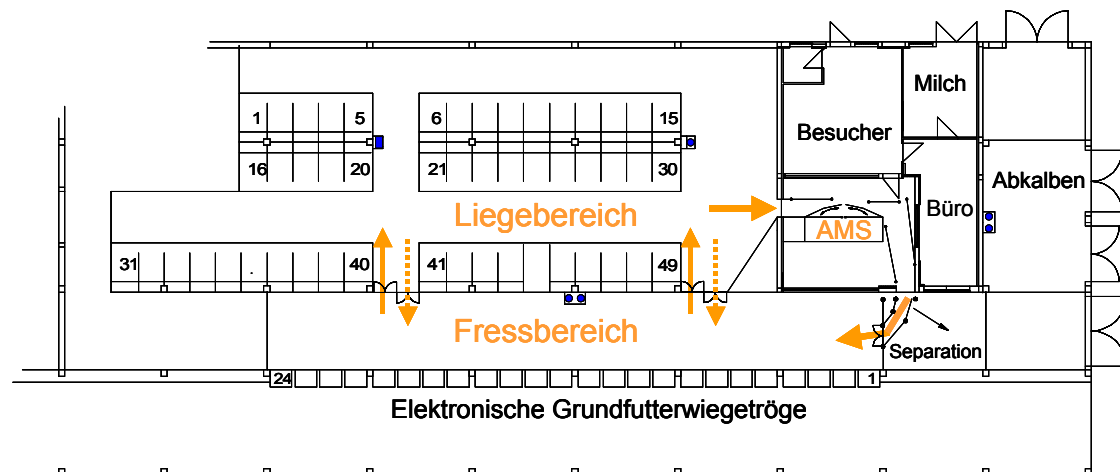


Abbildung 16: Gestaltung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich bei selektiv gelenktem Umtrieb (Betrieb **Grub**)

5.3 Aufbau und Funktionsweise der eingesetzten Selektionstore

5.3.1 Betrieb Grub (passive Selektionstore)

Auf dem Betrieb Grub mussten zwei vorhandene passive Selektionstore der Firma WestfaliaSurge („Feedselect“, siehe Abbildung 17) und die Software der Firma Lemmer–Fullwood so modifiziert werden, dass sie den Erfordernissen für die Durchführung des Versuchs zum selektiv gelenkten Umtrieb genügten. Dies geschah im Rahmen von Vorversuchen 1998 und 1999.

Ein zentraler Schwachpunkt der Tore war der Einsatz eines exzentrisch auf der Welle eines Motors angebrachten Stiftes zur Entriegelung der Torflügel. Da die Entriegelung erst erfolgte, wenn dieser Stift einen gewissen Winkel erreicht hatte, wurde das Tor erst mit einiger Verzögerung nach der Erkennung des Tieres entriegelt. Darüber hinaus war nur eine Umdrehung des Stiftes pro Erkennung vorgesehen. Somit hätte jedes Tier nur einen Versuch gehabt, das Tor zu passieren. Anschließend hätte ein weiteres Tier an der Antenne identifiziert werden müssen, bevor ein weiterer Versuch des ersten Tieres möglich gewesen wäre. Zunächst wurde daher der vorhandene Kontakt des Stellsensors abgegriffen und mit diesem Signal am Ende der Umdrehung des Motors der Erkennungszähler in der Software auf Null gesetzt, so dass beliebig viele Erkennungen desselben Tieres hintereinander möglich waren. Der Motor drehte sich nun, solange sich das Tier im Feld der Antenne befand. Bedingt durch die kontinuierliche Drehung öffnete und schloss sich der Verriegelungsmechanismus jedoch in regelmäßigen Abständen. Dieser Umstand in Kombination mit der verzögerten Entriegelung bei der ersten Erkennung führte in den Vorversuchen zu einer unbefriedigenden Annahme der Tore durch die Kühe. Es mussten daher weitere Verbesserungsmaßnahmen vorgenommen werden.

Die wichtigste Änderung war die Entwicklung eines neuen Verriegelungsmechanismus, bei welchem die beiden Torflügel direkt durch zwei an einem Elektromagneten angebrachten Bolzen verriegelt wurden. Dadurch konnte eine sehr kurze Reaktionszeit des Entriegelungsmechanismus nach der Tiererkennung realisiert werden. Ein weiterer Vorteil dieser Lösung bestand darin, dass die Haltezeit der Bolzen nach der letzten Erkennung des Tieres beliebig verändert werden konnte. Weitere Maßnahmen betrafen die Software des automatischen Melksystems „Merlin“, um die Selektionstore in Abhängigkeit der Melkberechtigung ansteuern zu können. Hierbei mussten beispielsweise auch Tiere berücksichtigt werden, die noch nicht bzw. manuell im System gemolken wurden. In diesen Fällen war einstellbar, ob sich die Selektionstore generell öffnen oder geschlossen bleiben sollten.

In den weiteren Vorversuchen zeigte sich, dass die getroffenen Maßnahmen eine deutlich verbesserte Annahme der Tore durch die Tiere bewirkten. Allerdings wurde beobachtet, dass einige Tiere die Tore nicht aufdrückten, obwohl diese entriegelt waren. Daher wurde ein Summer installiert, der bei entriegeltem Tor diesen Zustand durch ein akustisches Signal anzeigte. Diese Maßnahme verbesserte die Nutzung der Tore durch die Tiere noch einmal, es wurde jedoch deutlich, dass der Einsatz passiver Selektionstore nur bei intensivem Anlernen der Tiere erfolgversprechend war.

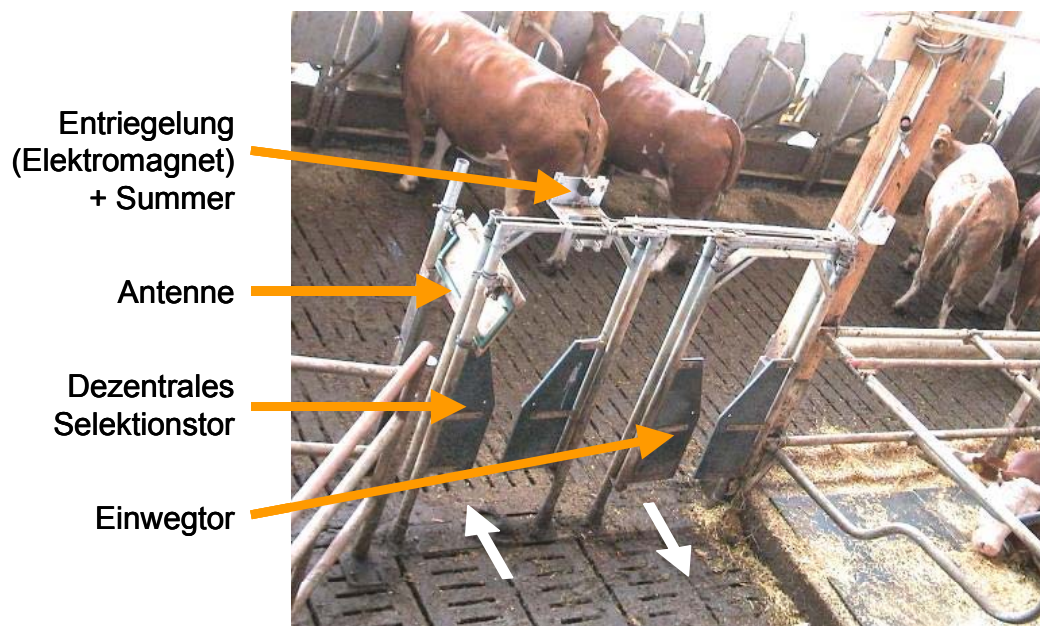


Abbildung 17: Dezentrales Selektionstor und Einwegtor
(Betrieb Grub, Nähe AMS)

5.3.2 Betrieb Hirschau (aktive Selektionstore)

Auf dem Betrieb Hirschau konnte auf Selektionstore („Smart-Selection-Gate“ oder kurz „Smart-Gate“) des Herstellers DeLaval zurückgegriffen werden (siehe Abbildung 18). Die Öffnung des Tors erfolgte bei dieser Konstruktion nicht passiv durch das Tier, sondern aktiv über einen Druckluftzylinder. Im Vergleich zu den passiven Toren auf dem Betrieb Grub zeigte sich bereits in den Vorversuchen eine deutlich bessere Annahme der Tore durch die Tiere, so dass an der Hardware keine Änderungen vorgenommen werden mussten. Hinsichtlich der Software wurde im Rahmen eines Updates die Möglichkeit geschaffen, die Selektionstore entsprechend der Melkberechtigung der Tiere anzusteuern.

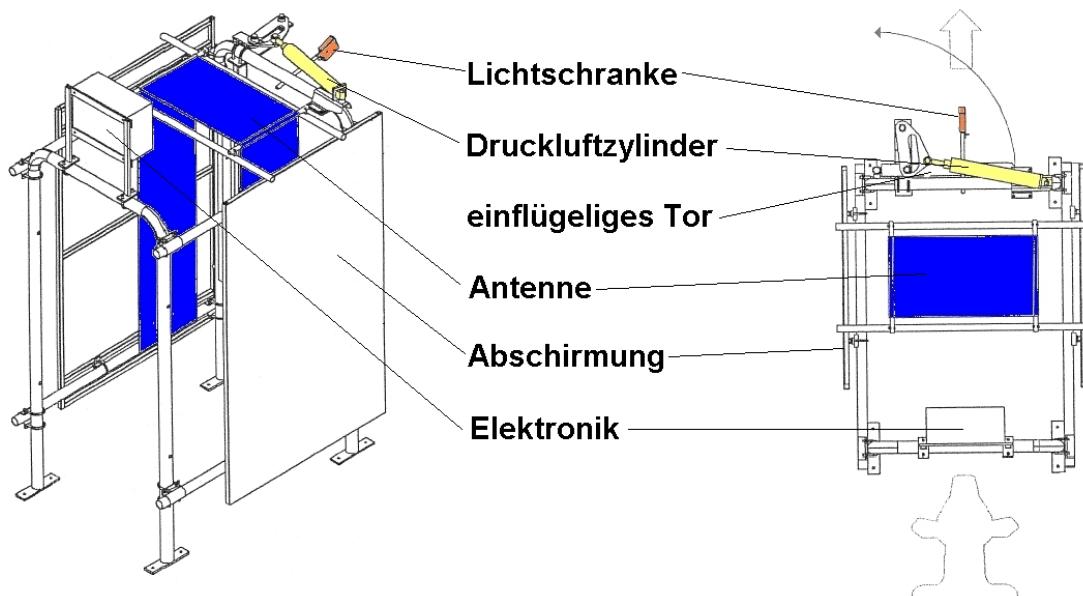


Abbildung 18: Zeichnung des „Smart-Selection-Gate“ der Firma DeLaval

5.4 Anlernen der Tiere an den Selektionstoren

Auf beiden Betrieben erfolgte das Anlernen der Tiere an die Selektionstore nach folgendem Schema. Zunächst wurden die Tore für mindestens vier Wochen so eingestellt, dass sie bei jedem Besuch durch ein Tier geöffnet, bzw. entriegelt wurden. Damit wurde praktisch ein freier Umtrieb realisiert, bei dem die Tiere jedoch die Selektionstore passieren mussten. Die passiven Tore auf dem Betrieb Grub wurden dabei in den ersten Tagen zusätzlich in einer halb offenen Stellung arretiert, so dass die Tiere den Zustand der Tore auch optisch erkennen konnten. Innerhalb der ersten Woche wurde jedes Tier mehrfach, mindestens jedoch 3-mal, mittels Krafffutter durch die Tore gelockt, um es mit der Funktionsweise vertraut zu

machen. In den nächsten Wochen wurden die Daten der Tore regelmäßig ausgewertet. Tiere, die die Tore nicht oder nur selten aufsuchten, wurden dann gezielt mit Kraftfutter durch die Tore gelockt.

Nach dieser Angewöhnungsphase, in der sich die Tore in jedem Fall öffneten bzw. entriegelten, wurden diese so eingestellt, dass sie sich nur noch öffneten, wenn das Tier noch kein Melkanrecht besaß.

In den nächsten beiden Wochen wurde die Daten der Tore regelmäßig ausgewertet und Problemtiere mit Kraftfutter durch die Tore gelockt.

Nach dieser Anlernphase an die Selektionstore erfolgte keine weitere Unterstützung der Tiere, um bis zum Versuchsbeginn einen ungestörten Gewöhnungsprozess von mindestens sechs Wochen sicherzustellen.

5.5 Versuchsparemeter der einzelnen Versuche

5.5.1 Allgemeine Versuchsparemeter

In Tabelle 5 und Tabelle 6 sind wichtige Parameter der durchgeführten Versuche zusammengestellt.

Tabelle 5: Versuchsparemeter der Umtriebsversuche auf dem Betrieb Grub

Umtriebsform	Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Selektiv gelenkter Umtrieb
Beginn des Versuchs	29.06.2000	30.08.2000	08.04.2000
Ende des Versuchs	10.07.2000	10.09.2000	19.04.2000
Dauer	12 Tage	12 Tage	12 Tage
Lernphase vor Beginn	8 Wochen	7 Wochen	12 Wochen
∅ Anzahl Tiere im Versuch	49	49	49
∅ Milchleistung pro Kuh und Tag [kg]	22,1	22,3	23,1
∅ Fettgehalt der Tankmilch ^x [%]	3,97	4,05	4,02
∅ Eiweißgehalt der Tankmilch ^x [%]	3,49	3,55	3,48
∅ Laktationstag zu Beginn des Versuchs	133	150	108
∅ Anzahl Laktationen	1,9	1,9	2,0
Grundfutter Fütterungszeitpunkt (ca.)	04:30-05:30	04:30-05:30	04:30-05:30
Sonnenaufgang ^{xx}	05:23	06:38	06:30
Sonnenuntergang ^{xx}	21:14	19:47	20:00

^x Mittelwert aus je 2 Proben

^{xx} In der Mitte des Versuchs

Tabelle 6: Versuchsp Parameter der Umtriebsversuche auf dem Betrieb Hirschau

Umtriebsform	Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Selektiv gelenkter Umtrieb
Beginn des Versuchs	06.08.2002	27.04.2002	22.11.2002
Ende des Versuchs	15.08.2002	06.05.2002	01.12.2002
Dauer	10 Tage	10 Tage	10 Tage
Lernphase vor Beginn	12 Wochen	12 Wochen	13 Wochen
∅ Anzahl Tiere im Versuch	45	45	45
∅ Milchleistung pro Kuh und Tag	25,9	27,4	23,4
∅ Fettgehalt der Tankmilch ^x [%]	3,92	3,81	4,55
∅ Eiweißgehalt der Tankmilch ^x [%]	3,34	3,34	3,35
∅ Laktationstag zu Beginn des Versuchs	153	158	175
∅ Anzahl Laktationen	2,0	1,8	1,8
Grundfutter Fütterungszeitpunkt (ca.)	05:30-08:00	05:30-07:00	06:30-08:30
Sonnenaufgang ^{xx}	06:03	05:59	07:41
Sonnenuntergang ^{xx}	20:35	20:26	16:23

^x Mittelwert aus je 10 Proben

^{xx} In der Mitte des Versuchs

5.5.2 Melkparameter

Die Melkberechtigung gibt beim automatischen Melksystem an, ob eine Kuh bei einem Besuch der Melkbox gemolken wird oder nicht. Sie wird meist in Abhängigkeit von der rechnerisch angesparten Milchmenge, der verstrichenen Zeit seit der letzten Melkung oder aus einer Kombination beider Faktoren ermittelt. In Tabelle 7 sind die Vorgaben für das Vorliegen einer Melkberechtigung auf den beiden untersuchten Systemen dargestellt.

Tabelle 7: Kriterien für das Vorliegen einer Melkberechtigung

Betrieb Grub	Betrieb Hirschau
<i>Eine Kuh ist melkberechtigt, wenn sie entweder seit der letzten Melkung rechnerisch mehr als 7,5 kg Milch angespart hat, <u>oder</u> wenn sie seit mehr als 10 h nicht gemolken wurde.</i>	<i>Eine Kuh ist melkberechtigt, wenn sie entweder seit der letzten Melkung rechnerisch mehr als 7,0 kg Milch angespart hat, <u>oder</u> wenn sie seit mehr als 8 h nicht gemolken wurde.</i>

Nachzutreiben waren Tiere, die im System als „überfällig“ gekennzeichnet waren. Die Kennzeichnung erfolgte abhängig von der Milchleistung in drei Klassen (Tabelle 8). Darüber hinaus wurden Tiere gekennzeichnet, deren letzte Melkung unvollständig war. Aufgrund der höheren Herdenleistung wurden die Tiere auf dem Betrieb Hirschau im Gegensatz zum Betrieb Grub spätestens bei einer Zwischenmelkzeit von 12 h als überfällig gekennzeichnet, um zu lange Zwischenmelkzeiten zu vermeiden.

Tabelle 8: Kennzeichnung „überfälliger“ Tiere

Milchleistung M [kg]	Zwischenmelkzeit ab welcher eine Kennzeichnung als „überfällig“ erfolgte [h]	
	Betrieb Grub	Betrieb Hirschau
$M < 20$	14	12
$20 \leq M < 30$	12	11
$30 \leq M$	10	9

Nachzutreibende oder zu behandelnde Tiere wurden 5-mal pro Tag zu bestimmten Tageszeiten zum Melken geholt (siehe Tabelle 9). Der zweite Termin war dabei für das Personal je nach Anzahl wartender Tiere und dem Zeitpunkt der Milchabholung wählbar. Zu jedem Zeitpunkt wurden jedoch nur maximal fünf Tiere gleichzeitig geholt. Danach erfolgte eine Pause, um den Melkrhythmus der übrigen Tiere nicht zu sehr zu stören.

Tabelle 9: Zeiten für das Nachtreiben „überfälliger“ Tiere

Termin	Betrieb Grub	Betrieb Hirschau
1	05:00	07:00
2	09:00 bzw. 11:00	08:30 bzw. 10:30
3	15:00	15:00
4	18:00	17:00
5	21:00	19:00

5.5.3 Grundfutterdaten

Auf beiden Betrieben wurde eine aufgewertete Grundfutterration gefüttert, die 1-mal am Tag in den elektronischen Grundfutterwiegetrögen vorgelegt wurde. Die Ration auf dem Betrieb Grub war auf eine Milchleistung von ca. 22 l ausgelegt, was in etwa auch der durchschnittlichen Milchleistung der Herde entsprach. Auf

dem Betrieb Hirschau lag dieser Wert bei ca. 18 l. Die Rationskomponenten, der Trockenmassegehalt und die Energie- bzw. nXP-Gehalte sind in Tabelle 10 zusammengefasst. Diese aufgewertete Grundfütterration soll im Folgenden zur Vereinfachung „Grundfutter“ genannt werden.

Auf dem Betrieb Hirschau konnte aufgrund des Betriebsablaufs das Grundfutter nicht immer zur selben Tageszeit vorgelegt werden. Dies war dadurch bedingt, dass der Melker des parallel betriebenen Melkstands das Futter vorlegte und der Fütterungstermin deshalb vom Arbeitsanfall im Melkstand abhängig war. Es wurde jedoch angestrebt, die Fütterungszeiten innerhalb eines Umtriebsversuchs nicht zu stark zu variieren (Fütterungszeiten siehe Tabelle 5 und Tabelle 6 ab S. 55). Aufgrund der Bauform der Wiegetröge entfiel das Nachschieben des Futters auf beiden Betrieben.

Tabelle 10: Aufgewertete Grundfütterrationen (inkl. Ausgleichskraftfutter)

		Betrieb Grub			Betrieb Hirschau		
		Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Selektiv gel. Umtrieb	Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Selektiv gel. Umtrieb
Zusammensetzung der Ration (TM):							
Rationskomponente	Grassilage [kg / %]	5,3 / 31	5,3 / 31	5,3 / 31	4,1 / 28	4,1 / 28	4,1 / 28
	Maissilage [kg / %]	5,4 / 32	5,6 / 33	6,5 / 38	7,7 / 53	7,7 / 53	7,7 / 53
	Heu [kg / %]	1,9 / 11	1,7 / 10	1,7 / 10	xx	xx	xx
	Kraftfutter [kg / %]	4,4 / 26	4,4 / 26	3,6 / 21	2,8 / 19	2,8 / 19	2,8 / 19
	Summe [kg / %]	17,0/100	17,0/100	17,0/100	14,5/100	14,5/100	14,5/100
TM-Gehalt	TM/FM [%]	42,7 ^x	40,1 ^x	46,0 ^x	45,4 ^x	53,6 ^x	44,0 ^x
In der Trockenmasse (TM) je kg:							
Energie	[MJ NEL]	6,4	6,5	6,5	6,73	6,70	6,72
Nutzbares Rohprotein	nXP [g]	146,8	149,9	156,3	148	149	149
Ruminale N-Bilanz	RNB [g]	0,5	1,0	2,7	-3,0	-1,6	-1,9
Berechnete Milchleistung aus der aufgewerteten GF-Ration^{xxx} [l]							
	Berechnet nach MJ NEL [l]	21,5	22,1	22,1	18,1	18,0	18,1
	Berechnet nach g nXP [l]	24,1	24,7	26,0	20,0	20,1	20,1

^x Mittelwert aus jeweils 2 Proben

^{xx} Maximal 2 kg FM pro Tier und Tag in zwei gesonderten Wiegetrögen

^{xxx} Annahmen: Erhaltungsbedarf (Tiergewicht Ø 650 kg): 37,7 MJ NEL und 450 g nXP
Bedarf für 1l Milch (Fettgehalt 4 %, Eiweißgehalt 3,4 %): 3,3 MJ NEL und 85 g nXP
(Quelle: GfE (2001) [28])

5.5.4 Kraftfutterdaten

Auf dem **Betrieb Grub** wurde nur in der Melkbox pelletiertes Leistungskraftfutter (Tabelle 11) gefüttert, weitere Kraftfutterstationen waren nicht vorhanden. Das Kraftfutter in der Melkbox wurde abhängig von der Milchleistung zugeteilt und 1-mal pro Woche angepasst. Als Grundfutterleistung (inkl. Ausgleichskraftfutter in der Mischung) wurden für alle drei Versuche 22 kg angenommen. Für jedes kg über dieser Milchleistung wurde die Kraftfutter-Tagesration um 0,5 kg (FM) bis zu einem Maximum von 7,5 kg erhöht. Als Mindestmenge erhielten die Tiere in der Melkbox unabhängig von der Milchleistung 0,6 kg (FM) Kraftfutter pro Tag (Tabelle 12). Um zu gewährleisten, dass die Tiere möglichst bei jeder Melkung Kraftfutter erhielten, wurde bei Tieren mit einer durchschnittlichen Melkfrequenz über 2,3 die maximale Kraftfuttermenge auf 40 % der Tagesration begrenzt. Tiere mit einer Melkfrequenz unter 2,3 erhielten maximal 50 % der Tagesration pro Besuch. Die maximal übertragbare Kraftfuttermenge entsprach ebenfalls diesen Werten. Tiere, die bei einem Besuch der Melkbox weniger als 20 % der Tagesration angespart hatten erhielten kein Kraftfutter (Tabelle 14). Bis zum 40sten Laktationstag wurde das Kraftfutter unabhängig von der Milchleistung entsprechend Tabelle 13 zugeteilt.

In der Melkbox, sowie in den beiden Kraftfutterabrufstationen des **Betriebs Hirschau** wurde gemahlene Kraftfutter (siehe Tabelle 11) gefüttert. Die Ration der Melkbox war dabei nicht an den Kraftfutterstationen abrufbar und umgekehrt. Als Verzehrsgeschwindigkeit wurde ein Wert von 200 g/min angenommen, wobei die Zuteilungsgeschwindigkeit mit 150 g/min geringer gewählt wurde, um insbesondere in der Melkbox den Verzehr der zugeteilten Menge sicherzustellen. Darüber hinaus war in der Melkbox die Maximalmenge pro Melkung auf 0,6 kg (FM) begrenzt, so dass nach 4 min kein Kraftfutter mehr zugeteilt wurde. In der Melkbox wurden pro Tag maximal 1,5 kg (FM) gefüttert. In Verbindung mit der Kraftfuttermenge an den beiden Abrufstationen sollte auf diese Weise anders als auf dem Betrieb Grub eine möglichst gleichmäßig über den Tag verteilte Versorgung der Tiere mit Kraftfutter erfolgen. Als Mindestmenge erhielten die Tiere in der Melkbox 1 kg (FM) Kraftfutter pro Tag, in den Kraftfutterstationen mindestens 0,5 kg (FM). Eine detaillierte Auflistung der Einstellungen findet sich in Tabelle 14.

Ausgehend von einer Grundfutterleistung von 18 kg (inkl. Ausgleichskraftfutter in der Mischung) wurde das Kraftfutter abhängig von der Milchleistung nach Tabelle 12 zugeteilt. Die Anpassung erfolgte 1-mal pro Woche. Beim gelenkten Umtrieb wurden die Mengen in der Kraftfutterstation für alle Leistungsklassen irrtümlich um 1 kg (FM) erhöht, da bedingt durch den hohen Trockenmassegehalt des Futters (vgl. Tabelle 10, S. 58) eine zu geringe Grundfuturaufnahme angenommen worden war, die Kraftfutterzuteilung in der Melkbox blieb jedoch unverändert.

Tabelle 11: Leistungskrafftutter

		Betrieb Grub		Betrieb Hirschau	
		je kg FM	je kg TM	je kg FM	je kg TM
Trockenmassegehalt	[%]	88		88	
Energie	NEL [MJ]	6,7	7,6	7,2	8,2
Nutzbares Rohprotein	nXP [g]	151	172	179	203
Ruminale N-Bilanz	RNB [g]	+2,9	+3,3	+5	+5,7

Tabelle 12: Krafftutterzuteilung nach Milchleistung pro Tier und Tag

Milchleistung M [kg]	Betrieb Grub		Betrieb Hirschau		
	Gesamt * [kg FM] ([TM])		Gesamt [kg FM] ([TM])	Melkbox [kg FM] ([TM])	Krafftutterstation* [kg FM] ([TM])
M < 18	0,6 (0,5)		1,5 (1,3)	1,0 (0,9)	0,5 (0,4)
18 ≤ M < 19	0,6 (0,5)		1,5 (1,3)	1,0 (0,9)	0,5 (0,4)
19 ≤ M < 20	0,6 (0,5)		1,5 (1,3)	1,0 (0,9)	0,5 (0,4)
20 ≤ M < 21	0,6 (0,5)		1,5 (1,3)	1,0 (0,9)	0,5 (0,4)
21 ≤ M < 22	0,6 (0,5)		2,0 (1,8)	1,5 (1,3)	0,5 (0,4)
22 ≤ M < 23	0,6 (0,5)		2,5 (2,2)	1,5 (1,3)	1,0 (0,9)
23 ≤ M < 24	1,0 (0,9)		3,0 (2,6)	1,5 (1,3)	1,5 (1,3)
24 ≤ M < 25	1,5 (1,3)		3,5 (3,1)	1,5 (1,3)	2,0 (1,8)
....
35 ≤ M < 36	7,0 (6,2)		9,0 (7,9)	1,5 (1,3)	7,5 (6,6)
36 ≤ M < 37	7,5 (6,6)		9,5 (8,4)	1,5 (1,3)	8,0 (7,0)
37 ≤ M < 38	7,5 (6,6)		10,0 (8,8)	1,5 (1,3)	8,5 (7,5)
38 ≤ M < 39	7,5 (6,6)		10,5 (9,2)	1,5 (1,3)	9,0 (7,9)
39 ≤ M < 40	7,5 (6,6)		11,0 (9,7)	1,5 (1,3)	9,5 (8,4)
40 ≤ M < 41	7,5 (6,6)		11,5 (10,1)	1,5 (1,3)	10,0 (8,8)
41 ≤ M	7,5 (6,6)		12,0 (10,6)	1,5 (1,3)	10,5 (9,2)

* Beim gelenkten Umtrieb war die Zuteilung in allen Gruppen um 1 kg erhöht

Tabelle 13: Zugeteilte Krafftuttermengen zu Laktationsbeginn (Betrieb Grub)

Laktationstag L	Zugeteilte Krafftuttermenge pro Tag [kg FM] ([TM])
L < 10	2,0 (1,8)
10 ≤ L < 15	3,0 (2,6)
...	...
30 ≤ L < 35	7,0 (6,2)
35 ≤ L < 40	7,5 (6,6)
L > 40	nach Milchleistung

Tabelle 14: Einstellungen zur Kraftfutterzuteilung

Parameter	Betrieb Grub	Betrieb Hirschau	
	Melkbox	Melkbox	KF-Station
Maximalmenge je Melkung bzw. je Besuch der KF-Station [kg FM]	-	0,6	2,0
Maximalmenge je Melkung [% der Tagesration]	50/40*	50	50
Max. übertragbare Restmenge auf den nächsten Tag [% der Tagesration]	50/40*	30	30
Minimale notwendige Ansparmenge [% der Tagesration]	20	-	-
Minimale notwendige Ansparmenge [kg FM]	-	0,1	0,1
Dosiergeschwindigkeit [kg FM/Minute]	0,30	0,15	0,15

* weniger/mehr als 2,3 Melkungen pro Tag

5.6 Datenerfassung – Erfassung des Melk- und Fressverhaltens

Die Datenerfassung zum Melk- und Fressverhalten gestaltete sich auf beiden Betrieben aufwändig, da die Daten an verschiedenen Stellen erfasst und zusammengeführt werden mussten. Die wichtigsten Datenquellen sind in Abbildung 19 dargestellt.

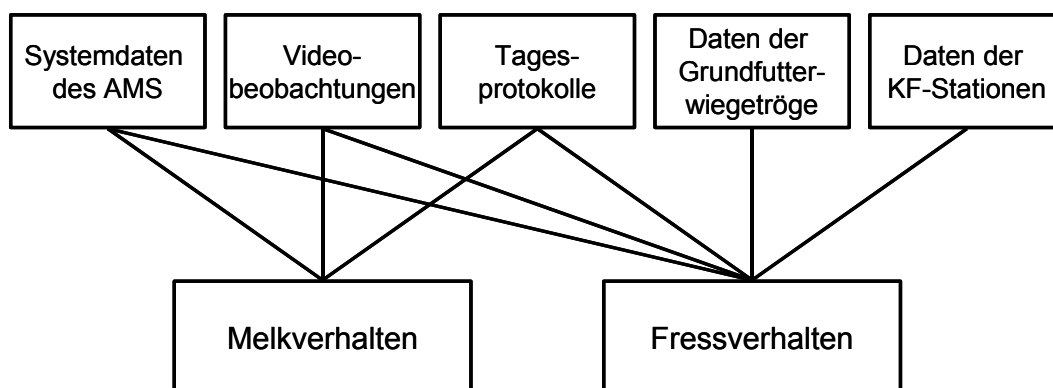


Abbildung 19: Herkunft der Daten zum Melk- und Fressverhalten

5.6.1 Melkverhalten

Die Daten zum Melkverhalten basieren hauptsächlich auf den Daten der automatischen Melksysteme. Da die Datenbanken dieser Systeme nicht primär für die Gewinnung von Daten zur weiteren Auswertung ausgelegt sind, mussten zahlreiche Maßnahmen zur Datensicherung vorgenommen werden. Dazu waren neben

speziellen Softwarelösungen der Firmen auch eigen entwickelte Programme notwendig, beispielsweise für die regelmäßige Sicherung oder die Rettung der Daten nach Stromausfällen. Am System „Merlin“ der Firma Lemmer-Fullwood wurde das Programm „logview“ verwendet, welches fast alle Aktionen des automatischen Melksystems aufzeichnet und in Form von Dateien für einzelne Zeitabschnitte weitergibt. Beim System „VMS“ der Firma DeLaval konnte auf die Datenbank des Systems zurückgegriffen werden. Diese musste jedoch täglich gesichert werden, da einige Werte beim Tageswechsel des Systems überschrieben wurden.

Hinsichtlich der Vollständigkeit und logischen Stimmigkeit der Daten mussten Kontroll- und Korrekturmaßnahmen vorgenommen werden, die hier jedoch nur für die ausgewerteten Parameter dargestellt werden sollen. Hinsichtlich des Melkverhaltens waren dies der Zeitpunkt des Eintritts in die Melkbox und die Milchmenge. Beim Eintrittszeitpunkt mussten insbesondere Situationen herausgefiltert werden, bei denen ein Tier mehrmals in unmittelbarer Folge gemolken wurde. Dies war zum Beispiel der Fall, wenn eine oder mehrere Melkungen missglückten und manuell eingegriffen wurde. Bei der Milchmenge zeigte das Milchmengenmessgerät für die Gesamtmenge in einigen Fällen nicht den korrekten Wert an. In diesen Fällen wurden die Werte der Viertelgemelksmessung addiert und zur weiteren Verrechnung verwendet. Zur Kontrolle der beiden Parameter wurden darüber hinaus auch andere Werte der Datenbank herangezogen. Dies waren der Austrittszeitpunkt, die Leitfähigkeit (Gesamt- und Viertelgemelk) und die Melkdauer.

Neben diesen mehr oder weniger automatisch erfassten Daten wurde vom Versuchspersonal ein umfangreiches Tagebuch geführt (vgl. Anhang 2 bis Anhang 7 ab S. 170). In diesem Tagebuch wurden u.a. folgende Daten erfasst:

- geholte Tiere mit Uhrzeit und Grund,
- technische Abweichungen mit Uhrzeit,
- Melkpausen mit Uhrzeit und Ursache,
- Behandlungen der Tiere,
- durchgeführte Wartungsarbeiten / Reparaturen mit Uhrzeit und Grund,
- Abweichungen der Milchmengenmessgeräte zur Tankmenge um evtl. Störungen frühzeitig zu erkennen.

In erster Linie diente das Führen des Tagebuchs aber dazu, den reibungslosen Betrieb des Systems über Eingewöhnungsphase und Versuchszeitraum sicherzustellen. Hierzu enthielt das Tagebuch eine Checkliste, anhand der wichtige Aufgaben (z.B. Kontrolle sämtlicher Füllstände inkl. Kraftfutter, der Selektionstore, der

Tränkebecken, Videowechsel, Datensicherung, Milchkühlung) abgearbeitet wurden. Darüber hinaus wurden auf diese Weise wichtige Daten (z.B. Gesundheitsstatus einzelner Tiere) so erfasst, dass sie für alle Beteiligten schnell zugänglich waren.

5.6.2 Fressverhalten

5.6.2.1 Kraftfutterverzehr

Da auf dem Betrieb Grub das Kraftfutter (Pellets) nur in der Melkbox gefüttert wurde, erfolgte die Erfassung über das Programm „logview“ (vgl. 5.6.1 Melkverhalten). Hierdurch war es möglich, die zugeteilte Menge bei jeder Melkung zu erfassen. Auf dem Betrieb Hirschau war nur die Summe der zugeteilten Kraftfuttermenge pro Tier und Tag verfügbar. Es konnte jedoch unterschieden werden, ob das Kraftfutter in der Melkbox oder in einer der beiden Kraftfutterstation abgerufen worden war. Auf beiden Betrieben konnte nur die zugeteilte Kraftfuttermenge, nicht aber die tatsächlich verzehrte Menge erfasst werden, da die Wiegung der Fressschalen nicht möglich war. Die in der Melkbox zugeteilten Mengen sowie die Dosiergeschwindigkeit wurden jedoch so gewählt, dass ein Verzehr während der Melkdauer problemlos möglich war. Auf beiden Betrieben wurden in Vorversuchen keine nennenswerten Kraftfutterreste festgestellt.

5.6.2.2 Grundfutter – Aufnahme

Auf beiden Versuchsstationen waren 24 elektronische Grundfutterwiegetröge installiert (Abbildung 20). Durch die individuelle Erkennung des Einzeltiers über einen TIRIS-HDX-Transponder am Ohr, konnte jedes Tier an allen Trögen fressen. Für jeden Besuch wurde die Zeit der ersten Erkennung sowie der Zeitpunkt des Verlassens des Trogs aufgezeichnet. Darüber hinaus lag für jeden Besuch das Anfangs- und Endgewicht des Trogs vor. Durch das Konstruktionsprinzip der Tröge wurde das Gewicht immer bei verriegeltem Sperrtor bestimmt, was eine genaue Wiegung ermöglichte. Die Frischmasseaufnahme wurde durch Differenzbildung der jeweiligen Anfangs- und Endgewichte errechnet und den Tieren zugeordnet. Durch die Verrechnung mit dem durchschnittlichen Trockenmassegehalt der Ration konnte daraus die Trockenmasseaufnahme pro Tier und Besuch und daraus auch pro Tier und Tag bestimmt werden (eine detaillierte Beschreibung des Aufbaus und der Funktionsweise der Wiegetröge findet sich bei WENDL ET AL. [104]). Zwischen 23:40 und 00:00 konnten die Sperrtore von den Tieren nicht geöffnet werden. Hierdurch sollte die Ermittlung des Tagesverzehrs vereinfacht

werden. Die Tiere konnten den aktuellen Fressvorgang aber normal beenden. Durch diese Einschränkung entstand möglicherweise eine kurzzeitige Beeinflussung des Fressverhaltens, was bei der Beurteilung der Ergebnisse zu beachten ist.

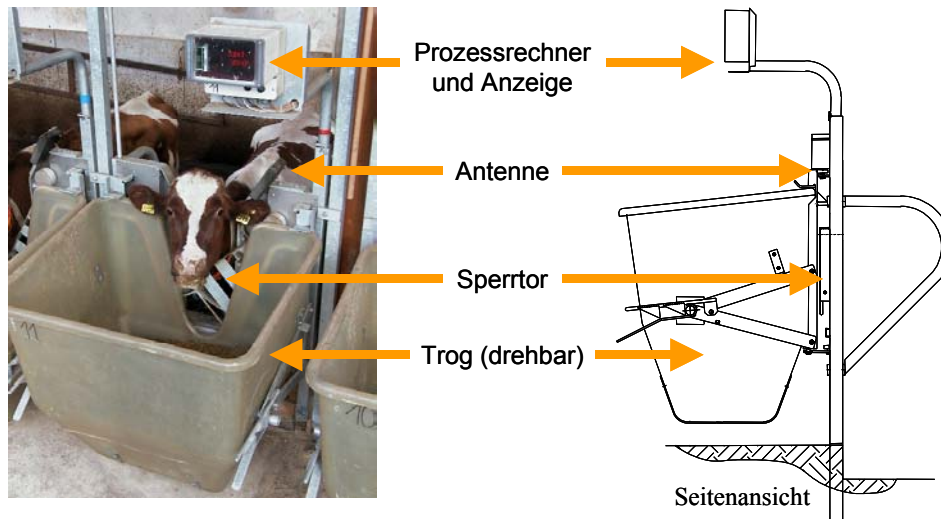


Abbildung 20: Ansicht eines Grundfutterwiegetrogs

5.6.2.3 Grundfutter – Anzahl der Fressperioden

Zur Bestimmung der Anzahl der Fressperioden wurden zunächst die Einzelereignisse „Futteraufnahme“ (Kopf des Tieres im Trog) erfasst. Entsprechend der Vorgehensweise bei TOLKAMP ET AL. (1998) [94] wurden die Häufigkeiten der Intervalllängen zwischen zwei Futteraufnahmen über den logarithmierten (Basis e) Intervalllängen aufgetragen (siehe Seite 28). Eine solche Intervalllänge wurde analog zum Begriff „Zwischenmelkzeit“ (ZMZ) als „Zwischenfresszeit“ (ZfZ) bezeichnet. Als Unterteilung der X-Achse wurde dabei $0,5 \ln(\text{ZfZ})$ gewählt. Ausgehend von dieser Darstellung wurde das kritische Intervall visuell bestimmt, bei der (kürzere) Intervalle innerhalb einer Fressperiode von (längeren) Intervallen zwischen Fressperioden getrennt werden können. Dazu wurde zur Vereinfachung angenommen, dass dieser Punkt bei dem typischen lokalen Minimum der Häufigkeitsverteilung gegeben ist (vgl. Abbildung 5, S. 29). Um den Einfluss einer falschen visuellen Bestimmung abschätzen zu können, wurden dabei drei kritische Intervalle im Abstand von $0,5 \ln(\text{ZfZ})$ gewählt, und in die weiteren Auswertungen einbezogen. Dabei wurden bei allen Versuchen die gleichen kritischen Intervalllängen verwendet, um die Ergebnisse zwischen den Betrieben und verschiedenen Umtriebsformen vergleichbar zu machen, auch wenn die Graphen evtl. eine differenziertere Bestimmung ermöglicht hätten.

Auf Basis der so ermittelten kritischen Intervalllängen wurden folgende Werte berechnet:

- Beginn, Ende und Dauer einer Fressperiode,
- aufgenommene Futtermenge innerhalb der Fressperiode (Addierte Mengen der Einzelereignisse „Futteraufnahme“ (Kopf des Tieres im Trog))
- der Fressperiode vorausgegangene Zwischenfresszeit (Zfz),
- Anzahl der Fressperioden pro Tier und Tag,
- Aufsummierte Fressperiodenlänge pro Tier und Tag (= Anzahl x Dauer der Fressperioden).

Darüber hinaus wurde durch Addition der Einzelereignisse „Futteraufnahme“ (Kopf des Tieres im Trog) die reine Fressdauer pro Tier und Tag bestimmt.

5.6.2.4 Grundfutter – Besuche des Fressbereichs

Die Besuche der Tiere des Fressbereichs wurden durch Auszählung der Übergänge vom Liege- zum Fressbereich bestimmt (siehe 5.6.4). Beim gelenkten Umtrieb konnten diese Übergänge nur über die Melkbox erfolgen, beim selektiv gelenkten Umtrieb zusätzlich über die beiden dezentralen Selektionstore und beim freien Umtrieb über die Melkbox und unbeschränkt im Stall. Eine Zuordnung zum Einzeltier erfolgte nur bei den beiden gelenkten Umtriebsformen, da hier die Tiere beim Übergang in den Fressbereich identifiziert wurden. Bei freiem Umtrieb war bei den Übergängen zwischen Liege- und Fressbereich keine Zuordnung zum Einzeltier möglich, so dass nur Durchschnittswerte pro Tier und Tag errechnet werden konnten.

Die Anzahl der Besuche des Fressbereichs ist hierbei nicht gleichzusetzen mit der Anzahl der Fressperioden pro Tier und Tag. Die Tiere konnten den Fressbereich besuchen ohne einen Trog aufzusuchen. Ebenso waren bei einem Besuch des Fressbereichs mehrere Fressperioden möglich. Damit konnten sich bei der Anzahl der Fressperioden andere Werte ergeben als bei der Anzahl der Besuche des Fressbereichs.

5.6.3 Verhalten der Tiere im Tagesverlauf

5.6.3.1 Werte aus Videobeobachtungen

Im Versuchsstall des Betriebs Grub wurde für alle drei Umtriebsformen jeweils über die gesamte Versuchsdauer die Anzahl der Tiere in den verschiedenen Funktionsbereichen mittels Videoaufzeichnungen bestimmt (verwendetes Material siehe Tabelle 15). Hierzu wurden über dem Liegebereich zwei Kameras installiert, die

den Wartebereich ebenfalls mit erfassten. Der Fressbereich wurde über zwei weitere Kameras abgedeckt. Obwohl beide Kameras im Liegebereich über eine elektronische Empfindlichkeitsanhebung verfügten, war die Nachtbeleuchtung des Stalls (2 Leuchtstoffröhren) zwar ausreichend aber nicht gleichmäßig genug. Durch das Hinzuschalten von zwei weiteren Leuchtstoffröhren konnte die Ausleuchtung so gestaltet werden, dass eine Erfassung der Tiere in allen Stallbereichen möglich war. Die Beleuchtungsstärke im Stall betrug damit je nach Messort zwischen 2,5 und 10 Lux.

Die Auszählung der Tiere erfolgte im Raster von 30min. Zur Vereinfachung wurden dabei alle Tiere im Wartebereich als wartend bezeichnet. Die Anzahl der Tiere im Melkbereich konnte nicht erfasst werden. In diesem Bereich konnten sich bis zu fünf Tiere aufhalten (ein wartendes Tier, ein melkendes Tier und bis zu drei Tiere im Ausgangsbereich). In der Regel verließen die Tiere den Melkbereich jedoch zügig. Zu den Zeiten, während derer die Melkbox belegt war, wurde daher von zwei Tieren in diesem Bereich ausgegangen, ansonsten von keinem Tier.

Tabelle 15: Beschreibung des eingesetzten Materials zur Videoaufzeichnung

Gerätebezeichnung	Beschreibung	Einsatzort
2 x Panasonic WV-BP550	Digitale CCD Kamera (schwarz/weiß) Elektron. Empfindlichkeitsanhebung Bildwinkel: 98°	Grub: Liegebereich Hirschau: Wartebereich
2 x Panasonic WV-BP510	Digitale CCD Kamera (schwarz/weiß) Elektron. Empfindlichkeitsanhebung Bildwinkel: 98°	Hirschau: Selektionstore
1 x Panasonic TC-714 X	Digitale CCD Kamera (farbig) Bildwinkel: 98°	Grub: Fressbereich
1 x Panasonic WV-CP610	Digitale CCD Kamera (schwarz/weiß) Bildwinkel: 98°	Grub: Fressbereich
1 x Sprite 4 Plex	4-Quadranten Multiplexer	Beide Betriebe
1 x Panasonic AG TL700	S-VHS Langzeitvideorekorder	Beide Betriebe

Auf dem Betrieb Hirschau war eine Auszählung der Tiere in den verschiedenen Bereichen mit vertretbarem Aufwand nicht möglich. Aufgrund der blickdichten Trennwände der Liegeboxen zu den Laufgängen und der begrenzten Deckenhöhe (3,20 m) hätten sehr viele Kameras angebracht werden müssen. Die Anzahl der fressenden Tiere wurde daher über die elektronischen Wiegetröge erfasst. Über

Videoaufzeichnungen wurden die Tierwechsel zwischen Liege- und Fressbereich sowie die Tiere im Wartebereich und im dem Wartebereich vorgelagerten Gang mit jeweils zwei Kameras erfasst (siehe Tabelle 15). Analog zur Vorgehensweise auf dem Betrieb Grub wurden dabei alle Tiere im Wartebereich als wartend eingestuft. In dem vorgelagerten Gang wurden dagegen nur Tiere als wartend eingestuft, die den Gang innerhalb ca. 10 min nicht wieder verließen. Da die Bereiche der Durchgänge bereits von der Nachtbeleuchtung ausreichend ausgeleuchtet wurden, musste nur der Wartebereich zusätzlich beleuchtet werden.

5.6.3.2 Werte aus Daten der Grundfutterwiegetröge

Neben der visuellen Erfassung der Tiere im Fressbereich wurde auf beiden Betrieben ausgehend von den Daten der Grundfutterwiegetröge ein Schätzwert für die Anzahl der Tiere im Fressbereich errechnet. Dazu wurde jeder Tag in ein 30 min Raster unterteilt und rechnerisch ermittelt, wie viele Tiere sich zum jeweiligen Zeitpunkt innerhalb einer Fressperiode (vgl. 5.6.2.3, S. 64) befanden. Unter der Annahme, dass die Tiere den Fressbereich innerhalb einer Fressperiode nicht verlassen, zusätzliche Besuche ohne Futteraufnahme aber prinzipiell möglich waren, wurde so ein (unterer) Schätzwert für die Anzahl der Tiere im Fressbereich errechnet.

5.6.4 Nutzung der Übergänge zwischen Liege- und Fressbereich

Die Nutzung der Übergänge zwischen Liege- und Fressbereich basierte auf den Ergebnissen der Videoaufzeichnungen sowie den Daten der Selektionstore und des automatischen Melksystems. Bei den Videoaufzeichnungen wurde bestimmt, wie viele Tiere die Übergänge zwischen Liege- und Fressbereich innerhalb von 30 min passieren. Eine Zuordnung zum Einzeltier erfolgte dabei nur bei der Nutzung eines Selektionstores oder der Melkbox für den Wechsel in den Fressbereich. Bei der Melkbox konnten die Daten des Systems übernommen werden, da es hier für die Tiere nahezu unmöglich war, nach einem Besuch oder einer Melkung nicht in den Fressbereich zu wechseln. Bei den Selektionstoren war jedoch zum einen ein Wechsel in den Fressbereich bei geöffnetem Tor nicht zwingend, zum anderen konnte es passieren, dass ein weiteres Tier das geöffnete Tor zum Wechseln in den Fressbereich nutzte. Zusätzlich war es möglich, dass ein Tier bei den gelenkten Umtriebsformen trotz der Einwegtore vom Liege- in den Fressbereich wechselte. Um diese Fälle zu erfassen, wurden die Daten der Selektionstore mit den tatsächlich erfolgten Übergängen abgeglichen und die Übergänge an den Einwegtoren in beide Richtungen anhand der Videoaufzeichnungen erfasst.

Problematisch erwies sich im Betrieb Grub bei gelenktem Umtrieb an wolkenfreien Tagen der Einfall von Sonnenlicht. Dadurch wurde ein schmaler Streifen im Stall (ca. 1 m) für etwa eine halbe Stunde sehr stark beleuchtet. Eine automatische Anpassung der Kameras an die Lichtverhältnisse hätte dazu geführt, dass das Bild in den übrigen Bereichen des Stalls zu dunkel geworden wäre. Aus diesem Grund wurde eine feste Einstellung der Kamera gewählt. Hierdurch konnte sichergestellt werden, dass der größte Teil des Stalls in jedem Fall ausgezählt werden konnte. Allerdings konnte bei sehr starkem Lichteinfall die Nutzung der Durchgänge zwischen Liege- und Fressbereich nicht sicher erfasst werden. Diese Einschränkung trat an zwei von zwölf Versuchstagen auf.

5.7 Abschätzung von Dominanzwerten anhand des Fressverhaltens

Entsprechend der Vorgehensweise von RUTTER ET AL. (1987) [74] wurden die Daten der Grundfutterwiegetröge zur Abschätzung der Dominanzwerte der einzelnen Tiere herangezogen. Verließ eine Kuh ihren Fressplatz und wurde dieser Fressplatz innerhalb einer Minute durch eine andere Kuh besetzt, so wurde dies als Verdrängung der ersten durch die zweite Kuh bewertet. Eine Kuh wurde innerhalb eines Kuhpaars als dominant bewertet, wenn sie die andere Kuh mindestens doppelt so oft verdrängt hatte wie sie selber von ihr verdrängt wurde. In einem zweiten Schritt wurde anschließend ein Dominanzwert für jede Kuh ermittelt. Dazu wurde der Anteil der Kuhpaare, in denen sie als dominant eingestuft worden war, an der Summe aller Kuhpaare, an denen sie beteiligt war, berechnet. Die auf diese Weise bestimmten Dominanzwerte konnten somit Werte von 0 (subdominant allen Kühen gegenüber) bis 1 (dominant über alle Kühe) erreichen.

Im Gegensatz zu den bei RUTTER ET AL. (1987) [74] geforderten 3 Wochen zur Bestimmung der Rangordnung standen in den eigenen Untersuchungen nur jeweils 10 bzw. 12 Tage zur Verfügung. Außerdem war das Tier/Fressplatz Verhältnis bei weitem nicht so extrem wie bei RUTTER ET AL. (1987) [74], die 18 bzw. 12 Tiere an 5 bzw. 4 Fressplätzen untersuchten.

5.8 Unterteilung der Herden in Untergruppen

Zur Abschätzung, ob die Laktation, der Laktationsstand, die Milchleistung oder der Dominanzwert der Tiere einen Einfluss auf die Ergebnisse haben, wurde die Herde bei jedem Versuch für die genannten Kriterien jeweils in drei Untergruppen eingeteilt (Tabelle 16 bis Tabelle 19).

Tabelle 16: Zuordnung der Tiere zu den Laktations-Gruppen

Laktation	Laktations-Gruppe
1	1
2	2
> 2	3

Tabelle 17: Zuordnung der Tiere zu den Laktationsdrittel-Gruppen

Laktationstag zu Versuchsbeginn	Laktationsdrittel-Gruppe
< 100	1
100 - 200	2
≥ 200	3

Tabelle 18: Zuordnung der Tiere zu den Milchleistungs-Gruppen

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

Tabelle 19: Zuordnung der Tiere zu den Dominanzwert-Gruppen

Dominanzwert (vgl. 5.7, S. 68)	Dominanzwert-Gruppe
< 0,4	1
0,4 - 0,6	2
> 0,6	3

Zusätzlich wurde die Herde für jeden Versuch entsprechend Tabelle 20 in drei Melkfrequenz-Gruppen unterteilt. Diese Untergruppierung wurde vorgenommen, um die Auswirkungen der verschiedenen Umtriebsformen auf die Anzahl der Melkungen, der zusätzlichen Besuche der Melkbox sowie der nachzutreibenden Tiere zu verdeutlichen. Eine Aufnahme in das statistische Modell erfolgte nicht.

Tabelle 20: Zuordnung der Tiere zu den Melkfrequenz-Gruppen

Anteil der Herde	Melkfrequenz-Gruppe
25 % der Herde mit den niedrigsten Melkfrequenzen	1
Rest der Herde (50 %)	2
25 % der Herde mit den höchsten Melkfrequenzen	3

5.9 Statistische Auswertung

Alle statistischen Auswertungen wurden mit Hilfe des Programmpakets SAS[®] (SAS Institute, Version 8.02) durchgeführt. Mittelwerte, Standardabweichungen und Standardfehler wurden mit der MEANS-Prozedur berechnet, Varianzanalysen erfolgten mit der GLM-Prozedur. Mittelswertsvergleiche wurden mit dem Test nach Tukey durchgeführt, da dieser auch beim multiplen Test das Signifikanzniveau α (multiples Niveau α) garantiert.

Ob auf dem jeweiligen Versuchsort ein Einfluss der Umtriebsform und der verschiedenen Untergruppen der Herden (siehe Punkt 5.8 auf Seite 68) auf die untersuchten Zielgrößen statistisch absicherbar war, wurde varianzanalytisch ermittelt. Dabei wurde angenommen, dass die Stichproben aus normalverteilten und varianzhomogenen Grundgesamtheiten stammen. Zur Gegenüberstellung von Mittelwerten einzelner Effektgruppen wurden Mittelwerte mit der Methode der kleinsten Quadrate unter Berücksichtigung der übrigen Einflussfaktoren in der GLM-Prozedur ermittelt. Diese Mittelwerte werden im Folgenden als Least Squares Means LSMEANS bezeichnet. Bei der Bewertung der Ergebnisse ist dabei zu berücksichtigen, dass Korrelationen zwischen dem Laktationsdrittel und der Leistungsgruppe und teilweise zwischen Laktations- und Leistungsgruppe bestanden (siehe Anhang 1).

Hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen den Einflussfaktoren zeigte sich in Voranalysen, dass nur zwischen der Umtriebsform und dem Laktationsdrittel bzw. der Leistungsgruppe signifikante Wechselwirkungen bestanden. Daher wurden nur diese Wechselwirkungen in das endgültige Modell aufgenommen (Gleichung 1).

Zur Darstellung der statistischen Signifikanz wurden in den Abbildungen bzw. Tabellen folgende Abkürzungen verwendet:

- *** höchst signifikant ($\alpha = 0,001$)
- ** hoch signifikant ($\alpha = 0,01$)
- * signifikant ($\alpha = 0,05$)
- n.s. nicht signifikant ($\alpha = 0,05$)

$$Y_{ijklmn} = \mu + U_i + L_j + D_k + M_l + R_m + U_i D_k + U_i M_l + e_{ijklm} \quad (\text{Gleichung 1})$$

- mit: Y_{ijklm} = Beobachtungswert der Zielgröße,
 μ = gemeinsamer Mittelwert für alle Y_{ijklm} ,
 U_i = fixer Effekt der Umtriebsform i ($i = 1,2,3$),
 L_j = fixer Effekt der Laktation j ($j = 1,2,\geq 3$),
 D_k = fixer Effekt des Laktationsdrittels k ($k = 1,2,3$),
 M_l = fixer Effekt der Leistungsgruppe l ($l = 1,2,3$),
 R_m = fixer Effekt der Dominanzwert-Gruppe m ($m = 1,2,3$),
 $U_i D_k$ = fixer Effekt der Wechselwirkung zwischen Umtriebsform i und Laktationsdrittel k ,
 $U_i M_l$ = fixer Effekt der Wechselwirkung zwischen Umtriebsform i und Leistungsgruppe l ,
 e_{ijklm} = zufälliger Restfehler.

Zielgrößen (jeweils pro Tier und Tag):

- Anzahl der Fressperioden
- Fressdauer (Kopf im Wiegetrog)
- Milchmenge
- Melkungen
- Zusätzliche Besuche der Melkbox
- Grundfutteraufnahme (kg TM)
- Kraftfutteraufnahme (kg TM)
- Fressperiodenlänge (Summe)
- Besuche der Selektionstore (nur selektiv gelenkter Umtrieb).

Für die Zielgrößen wurden im Modell die Mittelwerte pro Tier und Tag als Durchschnitt jedes Umtriebsversuchs errechnet, der Versuchstag wurde nicht in die Modelle aufgenommen. Ausschlaggebender Grund für diese Entscheidung war die problematische Darstellung einiger Werte für den einzelnen Versuchstag. Dies betraf z.B. die Milchleistung, die aufgenommenen Futtermengen, die Anzahl der Melkungen oder die Anzahl der Besuche. Diese stellen einen kontinuierlichen Prozess dar, der willkürlich durch den Tageswechsel unterbrochen wird. Die sich zwischen den Versuchstagen ergebenden Unterschiede könnten daher auch durch die Art und Weise der Berechnung bedingt sein.

6 Ergebnisse

6.1 Nutzung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich

Zentraler Unterschied zwischen den untersuchten Umtriebsformen war die Gestaltung der Übergänge zwischen dem Fress- und Liegebereich. Da sich die Nutzung dieser Übergänge sowohl auf das Melk- als auch auf das Fressverhalten auswirkt, werden die Ergebnisse unter diesem Punkt zusammengefasst.

6.1.1 Unerwünschte Verhaltensweisen

Wie unter 5.6.4 auf Seite 67 beschrieben, waren bei den gelenkten Umtriebsformen verschiedene Nutzungsmöglichkeiten der Durchgänge zwischen Liege- und Fressbereich möglich. In Tabelle 21 sind diese erwünschten und unerwünschten Nutzungsmöglichkeiten dargestellt.

Tabelle 21: Mögliche Nutzungsformen der Übergänge bei den gelenkten Umtriebsformen

Untersuchtes Tor	Status in Richtung Fressbereich	Ergebnis der Videoaufzeichnung	
		Tier durchgegangen	Tier nicht durchgegangen
Einwegtor	Geschlossen in Richtung Fressbereich	unerwünscht	erwünscht
Selektionstor	Offen	erwünscht	unerwünscht
	Geschlossen	unerwünscht	erwünscht

Unerwünschtes Verhalten an den Einwegtoren bei den gelenkten Umtriebsformen trat in keinem Versuch auf, d.h. es gelang keinem Tier die Einwegtore vom Liege- in den Fressbereich zu passieren.

Ein Übergang in den Fressbereich trotz geschlossenem Selektionstor erfolgte ebenfalls in keinem Versuch und auch der Übergang eines zweiten Tieres unmittelbar nach einem durchgangsberechtigten Tier wurde nicht beobachtet. Bei den passiven Selektionstoren auf dem Betrieb Grub wurden während der gesamten Versuchsdauer sechs Fälle beobachtet bei denen ein Tier in der Liegebox mit dem Kopf in die Reichweite der Antenne des Selektionstors gelangte und dieses entriegelte, so dass ein anderes Tier passieren konnte. Diese Fälle wurden in den folgenden Auswertungen nicht berücksichtigt, die Antenne wurde jedoch aufgrund dieser Erkenntnis nach hinten abgeschirmt.

Auf die Fälle, bei denen trotz geöffnetem oder entriegeltem Selektionstor kein Übergang durch das betreffende Tier erfolgte, wird in 6.1.3 eingegangen.

6.1.2 Vergleich der untersuchten Umtriebsformen

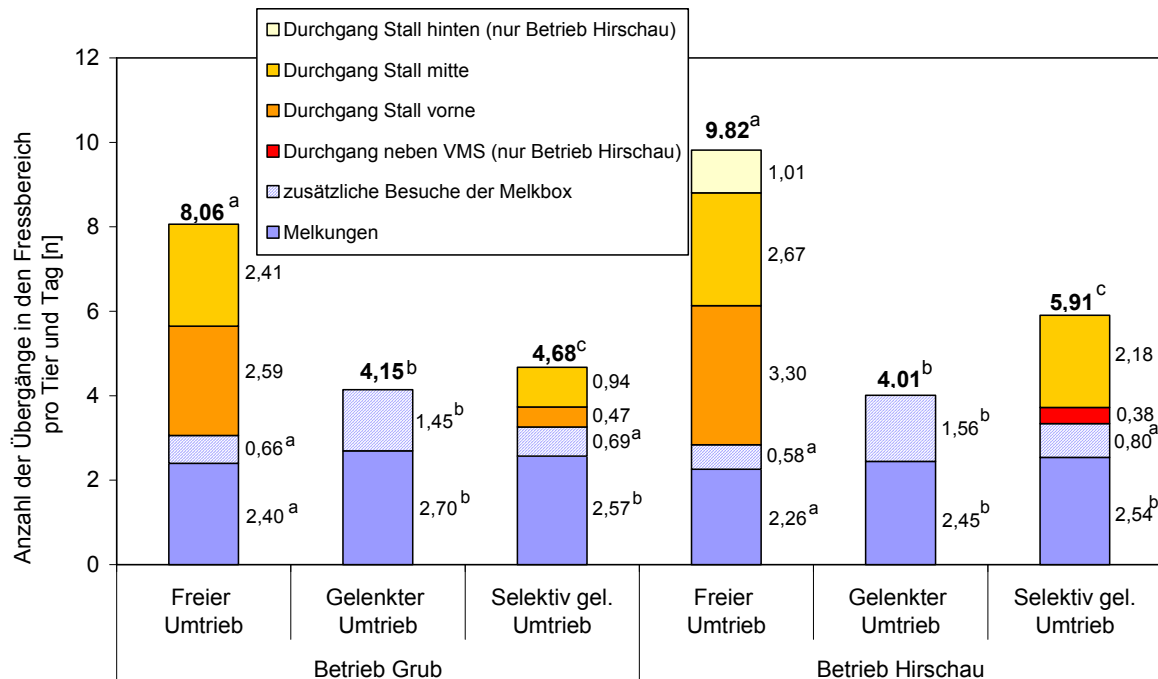
Wie aus Abbildung 21 ersichtlich wird, unterschieden sich die untersuchten Umtriebsformen hinsichtlich der Nutzung der Übergänge zum Wechsel in den Fressbereich deutlich voneinander. Zwischen den beiden Versuchsorten waren jedoch starke Ähnlichkeiten zu erkennen.

In beiden Fällen wurden bei freiem Umtrieb mit 8,1 (Betrieb Grub) bzw. 9,8 (Betrieb Hirschau) Übergängen pro Tier und Tag die höchsten Werte ermittelt. Der größte Teil dieser Übergänge fand mit Werten von 5,0 bzw. 7,0 an den freien Durchgängen zwischen Liege und Fressbereich statt. Die Melkbox wurde im Vergleich zu den gelenkten Umtriebsformen mit 3,1 bzw. 2,8 Übergängen pro Tier und Tag am seltensten für einen Wechsel in den Fressbereich genutzt.

Auffällig war beim freien Umtrieb auf dem Betrieb Hirschau die geringe Nutzung des Durchgangs, welcher am weitesten vom automatischen Melksystem entfernt war („Stall hinten“). Ursache könnte die Tatsache sein, dass sich der Ausgang dieses Durchgangs in einer Ecke des Fressbereichs befand (siehe Grundriss in Abbildung 11, S. 48). Dadurch war es Tieren im Fressbereich einfach möglich, diesen Ausgang zu blockieren. Dieses Verhalten wurde vom Versuchspersonal wiederholt festgestellt und konnte indirekt auch über die Videoaufzeichnungen im Inneren des Stalls bestätigt werden. Dieser Umstand führte dazu, dass für den selektiv gelenkten Umtrieb, welcher auf den freien Umtrieb folgte, dieser Durchgang als Position für das dezentrale Selektionstor ausgeschlossen wurde, und die Installation am mittleren Durchgang erfolgte.

Beim gelenkten Umtrieb war das Aufsuchen des Fressbereichs nur über die Melkbox möglich. Auf dem Betrieb Grub wurden hier 4,2 Übergänge pro Tier und Tag ermittelt, auf dem Betrieb Hirschau 4,0.

Auch beim selektiv gelenkten Umtrieb unterschied sich die Nutzung der Melkbox zum Wechsel in den Fressbereich nicht wesentlich. Auf beiden Betrieben wurden jeweils ca. 3,3 Besuche pro Tier und Tag gezählt. Deutliche Unterschiede waren jedoch hinsichtlich der Nutzung der Selektionstore zu erkennen. Diese Unterschiede bestanden sowohl zwischen den Betrieben, als auch zwischen den Selektionstoren innerhalb eines Betriebs. Eine detaillierte Darstellung erfolgt gesondert unter Punkt 6.1.3.



abc: Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb eines Versuchsortes ($\alpha = 0,05$)

Abbildung 21: Nutzung der verschiedenen Übergänge vom Liege- in den Fressbereich pro Tier und Tag

6.1.3 Nutzung der Selektionstore durch die Tiere

Wie in Punkt 6.1.2 angesprochen, bestanden hinsichtlich der Nutzung der Selektionstore zwischen den beiden Betrieben, aber auch zwischen den Selektionstoren innerhalb eines Betriebs deutliche Unterschiede.

Aus Abbildung 21 (S. 75) wurde bereits ersichtlich, dass die aktiven Selektionstore auf dem Betrieb Hirschau mit 2,56 Übergängen pro Tier und Tag häufiger genutzt wurden als die passiven Tore auf dem Betrieb Grub (1,42 Übergänge pro Tier und Tag). Auf beiden Betrieben bevorzugten die Tiere die Selektionstore in der Stallmitte. Die Selektionstore in der Nähe der automatischen Melksysteme wurden auf dem Betrieb Grub nur 0,47-mal pro Tier und Tag erfolgreich genutzt, auf dem Betrieb Hirschau lag dieser Wert bei 0,38.

Hinsichtlich der verschiedenen Untergruppen der Herde (Einteilung siehe 5.8, S. 68) war auf beiden Betrieben nur bei der Laktationsnummer ein signifikanter Einfluss feststellbar. Auf dem Betrieb Hirschau nutzten die Tiere in der ersten Laktation die Selektionstore deutlich häufiger als die Tiere in den folgenden Laktationen, auf dem Betrieb Grub war ein ähnliches Bild zu beobachten, nur dass hier die Tiere der ersten und zweiten Laktation die Tore häufiger nutzten als die Tiere der folgenden Laktationen (Tabelle 22 und Tabelle 23).

Tabelle 22: LSMEANS der Nutzung der Selektionstore bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Grub**) $r^2=0,27$ *

		Dominanzwert-Gruppe	Laktations-Gruppe	Laktations-drittel	Leistungs-Gruppe
Signifikanz des Einflusses		n.s.	*	n.s.	n.s.
Stufen der Untergruppen	1	1,48 ^a	1,80 ^a	0,81 ^a	1,49 ^a
	2	1,60 ^a	2,17 ^a	2,12 ^a	1,56 ^a
	3	1,85 ^a	0,96 ^b	2,00 ^a	1,88 ^a

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS innerhalb einer Untergruppe (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

Tabelle 23: LSMEANS der Nutzung der Selektionstore bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Hirschau**) $r^2=0,33$ *

		Dominanzwert-Gruppe	Laktations-Gruppe	Laktations-drittel	Leistungs-Gruppe
Signifikanz des Einflusses		n.s.	*	n.s.	n.s.
Stufen der Untergruppen	1	2,23 ^a	3,45 ^a	3,22 ^a	2,40 ^a
	2	2,60 ^a	1,92 ^b	2,26 ^a	2,75 ^a
	3	2,39 ^a	1,84 ^b	1,73 ^a	2,06 ^a

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS innerhalb einer Untergruppe (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

Da bei der Bewertung der Nutzung der Selektionstore nicht nur die durchschnittliche Nutzung pro Tier und Tag von Interesse ist, wurde bestimmt, welcher Anteil der Herde die Selektionstore wie häufig aufsuchte (Abbildung 22). Die Auswertung ergab, dass auf dem Betrieb Grub 30,6 % der Tiere die passiven Selektionstore während des ganzen Versuchs nicht erfolgreich genutzt hatten und bei keinem Tier mehr als 5,5 Übergänge zu verzeichnen waren. Nur bei etwas mehr als 50 % der Tiere war im Durchschnitt mehr als ein erfolgreicher Besuch pro Tag zu verzeichnen.

Die aktiven Selektionstore auf dem Betrieb Hirschau wurden erwartungsgemäß besser angenommen, hier nutzten alle Tiere die Tore, wenn zum Teil auch sehr selten. Knapp 85 % der Tiere nutzten die Tore jedoch mindestens 1-mal pro Tag. Nur drei Tiere passierten die Tore durchschnittlich mehr als 5-mal pro Tag, sie

erreichten dabei Werte von mehr als acht erfolgreichen Übergängen pro Tag. Kein Tier nutzte die Selektionstore im Durchschnitt mehr als 9-mal pro Tag.

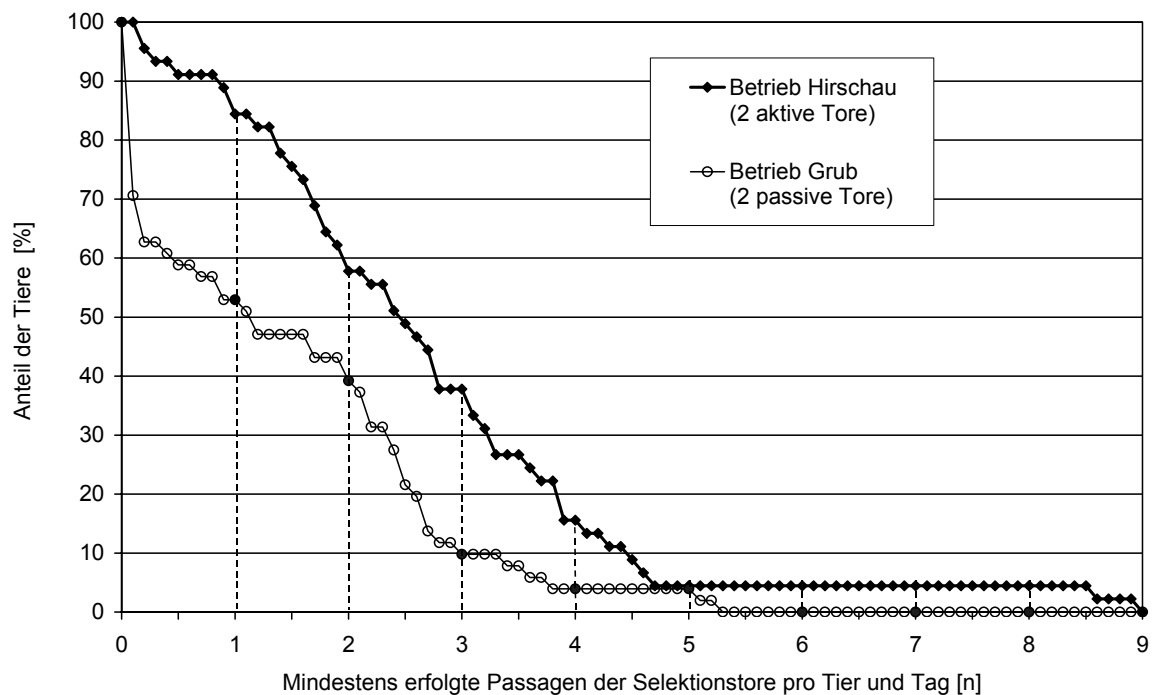


Abbildung 22: Relativer Anteil der Tiere, die die Selektionstore im Versuchszeitraum mind. mit einer bestimmten Häufigkeit erfolgreich nutzten

Auf dem Betrieb Grub ergab der Vergleich der 15 Tiere, welche die Selektionstore nicht besuchten, zum Rest der Herde (34 Tiere), folgendes Ergebnis: In der Milchleistung und in den Dominanzwerten der Tiere waren die Unterschiede der Mittelwerte sehr gering und nicht signifikant ($\alpha = 0,05$). Hinsichtlich des Laktationsstandes lagen die 15 Tiere mit 88,2 Laktationstagen zwar unter dem Rest der Herde (121,2 Laktationstage), der Unterschied war jedoch ebenfalls nicht signifikant ($\alpha = 0,05$). Die durchschnittliche Laktationszahl bei den Tieren, die die Selektionstore nicht nutzten, lag mit 2,2 Laktationen über dem Wert von 1,9 Laktationen für den Rest der Herde. Auch hier bestand aber kein signifikanter Unterschied ($\alpha = 0,05$).

Die Ergebnisse zu den Besuchen der Tore, bei denen trotz Berechtigung kein Durchgang erfolgte, sind in Abbildung 23 und Tabelle 24 zusammengefasst. Auf beiden Betrieben wurden die Selektionstore in der Nähe der Melkbox häufiger trotz Berechtigung nicht passiert als in der Stallmitte. Besonders deutlich war dieser Unterschied auf dem Betrieb Hirschau. Hier wurde das Tor neben der Melkbox pro Tier und Tag 0,21-mal wieder verlassen, obwohl es geöffnet war. Dies entspricht einem Anteil von 35,5 % aller Tiererkennungen an diesem Tor.

Dagegen wurde das Tor in der Stallmitte pro Tier und Tag 2,18-mal erfolgreich genutzt, pro Tier und Tag traten jedoch nur 0,05 Fälle auf, bei denen trotz Berechtigung kein Durchgang erfolgte, was einem Anteil von 2,2 % entspricht. Insgesamt wurden die Tore auf dem Betrieb Hirschau in 9,2 % aller Fälle trotz Berechtigung nicht passiert.

Auf dem Betrieb Grub wurde das Tor in der Nähe der Melkbox pro Tier und Tag 0,27-mal wieder verlassen, obwohl es geöffnet war, was einem Anteil von 36,2 % aller Tiererkennungen an diesem Tor entspricht. Das Tor in der Stallmitte wurde pro Tier und Tag 0,94-mal erfolgreich genutzt, pro Tier und Tag traten hier 0,18 Fälle auf, bei denen trotz Berechtigung kein Durchgang erfolgte. Dies entspricht einem Anteil von 15,9 %. Zusammengezählt wurden die Tore auf dem Betrieb Grub in 24,0 % aller Fälle trotz Berechtigung nicht passiert.

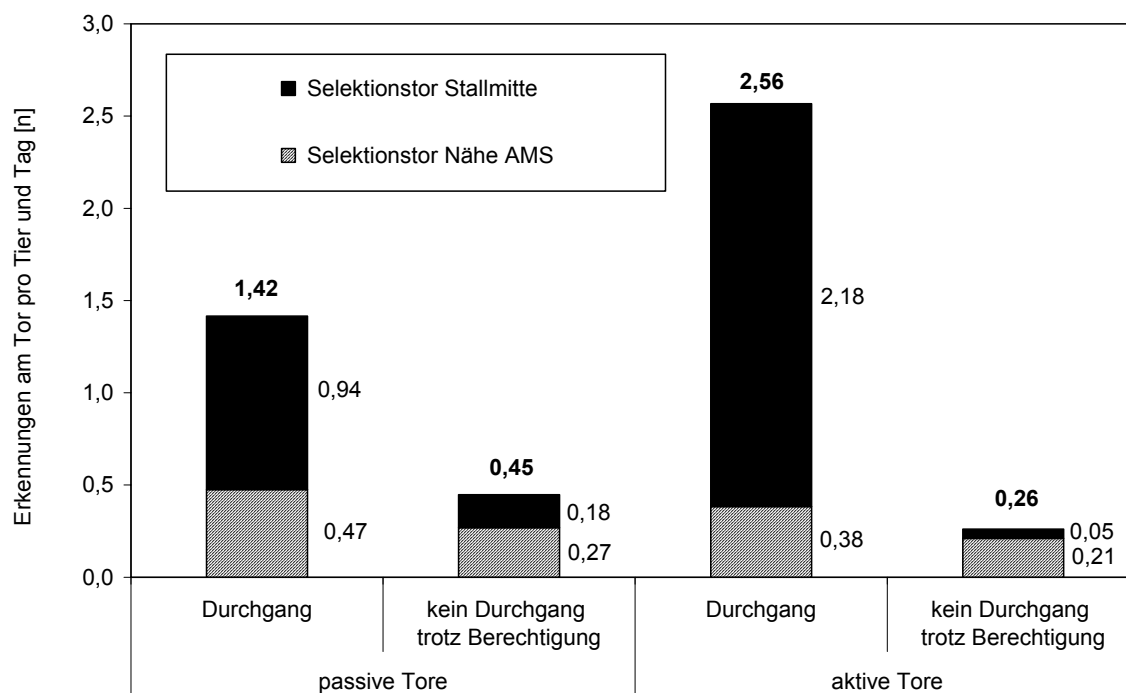


Abbildung 23: Anzahl Tiererkennungen an den Selektionstoren mit und ohne Durchgang pro Tier und Tag

Tabelle 24: Anteil der Selektionstorbesuche, bei denen trotz Berechtigung kein Durchgang erfolgte

	Betrieb Grub	Betrieb Hirschau
Tor neben VMS (Betrieb Hirschau)		35,5 %
Tor nahe AMS (Betrieb Grub)	36,2 %	
Tor Stallmitte	15,9 %	2,2 %
Mittelwerte für beide Selektionstore	24,0 %	9,2 %

6.2 Melkverhalten

6.2.1 Milchleistung

Auf dem Betrieb Grub (Tabelle 25) hatte die Laktationsnummer einen signifikanten Einfluss auf die Milchleistung, diese stieg mit zunehmender Anzahl Laktationen an. Auf dem Betrieb Hirschau (Tabelle 26) war dieser Einfluss nicht feststellbar. Erwartungsgemäß beeinflussten Leistungsgruppe und Laktationsdrittel die Milchleistung auf beiden Betrieben, während zwischen den verschiedenen Dominanzwert-Gruppen kein signifikanter Unterschied feststellbar war. Wichtig für die weiteren Ergebnisse ist jedoch, dass sich auf beiden Betrieben die untersuchten Umtriebsformen hinsichtlich der Milchleistung nicht signifikant voneinander unterschieden. Anzumerken ist darüber hinaus, dass keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen Umtriebsform und Leistungsgruppe bzw. Laktationsdrittel bestanden, die verschiedenen Untergruppen also nicht unterschiedlich auf die jeweilige Umtriebsform reagierten.

Tabelle 25: LSMEANS der Milchleistung bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Grub**) $r^2=0,88$ ***

		Umtriebs- form		Dominanz- wert-Gruppe	Laktations- Gruppe	Laktations- drittel	Leistungs- Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		n.s.		n.s.	**	***	***	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	24,8 ^a	Stufe des Einfluss- faktors	1	24,8 ^a	23,9 ^a	26,4 ^a	16,8 ^a
	Gelenkter Umtrieb	24,5 ^a		2	24,1 ^a	24,2 ^a	24,3 ^b	24,0 ^b
	Selektiv gelenkter Umtrieb	24,6 ^a		3	24,9 ^a	25,8 ^b	23,1 ^b	33,0 ^c

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

Tabelle 26: LSMEANS der Milchleistung bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Hirschau**) $r^2=0,88$ ***

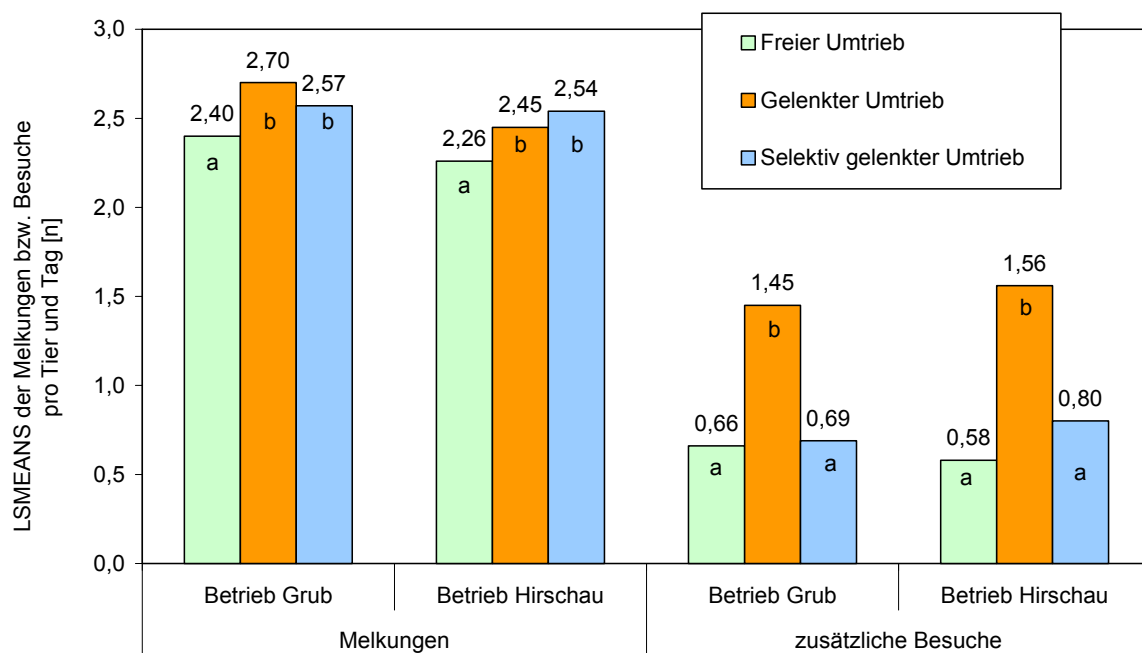
		Umtriebs- form		Dominanz- wert-Gruppe	Laktations- Gruppe	Laktations- drittel	Leistungs- Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		n.s.		n.s.	n.s.	**	***	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	27,4 ^a	Stufe des Einflussfaktors	1	25,9 ^a	26,4 ^a	28,0 ^a	17,6 ^a
	Gelenkter Umtrieb	26,2 ^a		2	26,4 ^a	26,3 ^a	26,0 ^b	25,5 ^b
	Selektiv gelenkter Umtrieb	25,6 ^a		3	26,9 ^a	26,5 ^a	25,3 ^b	36,1 ^c

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

6.2.2 Melkungen und zusätzliche Besuche der Melkbox

6.2.2.1 Tagesmittelwerte der Melkungen und zusätzlichen Besuche

Der Vergleich der Melkungen pro Kuh und Tag zeigte, dass beim freien Umtrieb die Melkfrequenz deutlich unter den beiden gelenkten Umtriebsformen lag. Die Anzahl der zusätzlichen Besuche war beim freien Umtrieb geringer als beim gelenkten Umtrieb und lag auf dem Niveau des selektiv gelenkten Umtriebs (Abbildung 24). Die Varianzanalyse ergab auf beiden Betrieben hinsichtlich der Melkungen und zusätzlichen Besuche der Melkbox pro Tier und Tag einen signifikanten Einfluss der Umtriebsform (Tabelle 27 bis Tabelle 30), jedoch keine signifikante Wechselwirkung zwischen Umtriebsform und Laktationsdrittel bzw. Leistungsgruppe.



abc: Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb eines Versuchsortes ($\alpha = 0,05$)

Abbildung 24: LSMEANS der Melkungen bzw. zusätzlichen Besuche der Melkbox pro Tier und Tag

Hinsichtlich der Untergruppen der Herden hatte auf beiden Betrieben die Dominanzwert-Gruppe keinen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Melkungen bzw. zusätzlichen Besuche der Melkbox, wobei in der Gruppe der rangniederen Tiere (Dominanzwert-Gruppe 1) tendenziell weniger Besuche ermittelt wurden als in den beiden übrigen Gruppen. Die Laktationsnummer hatte auf keinem Betrieb einen Einfluss auf die Anzahl der Melkungen und nur auf dem Betrieb Hirschau einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der zusätzlichen Besuche. Dieser Wert war hier bei den Tieren in der ersten Laktation höher als in den folgenden Laktationen. Dieses Ergebnis ist damit dem der Nutzung der Selektionstore auf dem Betrieb Hirschau sehr ähnlich (vgl. Tabelle 23, S. 76). Auch hier nutzten die Tiere in der ersten Laktation die Selektionstore wesentlich häufiger als Tiere in den folgenden Laktationen (Tabelle 27 bis Tabelle 30).

Tabelle 27: LSMEANS der Anzahl Melkungen bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Grub**) $r^2=0,69$ ***

		Umtriebs- form		Dominanz- wert-Gruppe	Laktations- Gruppe	Laktations- drittel	Leistungs- Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		**		n.s.	n.s.	***	***	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	2,40 ^a	Stufe des Einfluss- faktors	1	2,57 ^a	2,65 ^a	2,90 ^a	2,11 ^a
	Gelenkter Umtrieb	2,70 ^b		2	2,54 ^a	2,47 ^a	2,55 ^b	2,51 ^b
	Selektiv gelenkter Umtrieb	2,57 ^b		3	2,57 ^a	2,55 ^b	2,22 ^c	3,06 ^c

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

Tabelle 28: LSMEANS der Anzahl zusätzlicher Besuche der Melkbox bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Grub**) $r^2=0,34$ ***

		Umtriebs- form		Dominanz- wert-Gruppe	Laktations- Gruppe	Laktations- drittel	Leistungs- Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		***		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	0,66 ^a	Stufe des Einfluss- faktors	1	0,86 ^a	0,89 ^a	1,04 ^a	0,95 ^a
	Gelenkter Umtrieb	1,45 ^b		2	0,95 ^a	0,99 ^a	0,87 ^a	0,83 ^a
	Selektiv gelenkter Umtrieb	0,69 ^a		3	0,99 ^a	0,91 ^a	0,89 ^a	1,02 ^a

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

Tabelle 29: LSMEANS der Anzahl Melkungen bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Hirschau**) $r^2=0,56$ ***

		Umtriebs- form		Dominanz- wert-Gruppe	Laktations- Gruppe	Laktations- drittel	Leistungs- Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		**		n.s.	n.s.	n.s.	***	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	2,26 ^a	Stufe des Einfluss- faktors	1	2,35 ^a	2,53 ^a	2,44 ^a	2,08 ^a
	Gelenkter Umtrieb	2,45 ^b		2	2,43 ^a	2,42 ^a	2,47 ^a	2,33 ^b
	Selektiv gelenkter Umtrieb	2,54 ^b		3	2,46 ^a	2,30 ^a	2,34 ^a	2,84 ^c

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

Tabelle 30: LSMEANS der Anzahl zusätzlicher Besuche bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Hirschau**) $r^2=0,44$ ***

		Umtriebs- form		Dominanz- wert-Gruppe	Laktations- Gruppe	Laktations- drittel	Leistungs- Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		***		n.s.	**	n.s.	***	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	0,58 ^a	Stufe des Einfluss- faktors	1	0,87 ^a	1,35 ^a	1,03 ^a	1,52 ^a
	Gelenkter Umtrieb	1,56 ^b		2	1,02 ^a	0,80 ^b	1,10 ^a	0,84 ^b
	Selektiv gelenkter Umtrieb	0,80 ^a		3	1,05 ^a	0,79 ^b	0,81 ^a	0,58 ^b

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

Der Vergleich der Melkfrequenz-Gruppen hinsichtlich der Melkfrequenz und der Anzahl der zusätzlichen Besuche pro Tier und Tag machte deutlich, dass insbesondere die geringen Melkfrequenzen der unteren Melkfrequenzgruppe, die beim freien Umtrieb auftraten, durch die gelenkten Umtriebsformen angehoben wurden. Bei der Anzahl der zusätzlichen Besuche war dagegen kein einheitlicher Effekt zu beobachten. Bemerkenswert war beim gelenkten Umtrieb auf dem Betrieb Hirschau, dass in der Melkfrequenz-Gruppe 1 trotz 1,7 zusätzlicher Besuche der Melkbox nur 1,8 Melkungen pro Tier und Tag stattfanden (Tabelle 31).

Tabelle 31: Unterschiede zwischen den Melkfrequenz-Gruppen in der Anzahl der Melkungen und zusätzlichen Besuche der Melkbox

Betrieb	Umtriebsform	Melkungen pro Tier und Tag			Zusätzl. Besuche pro Tier und Tag		
		Melkfrequenz-Gruppe					
		1	2	3	1	2	3
Grub	freier Umtrieb	1,5 ^a	2,2 ^b	3,3 ^c	0,3 ^a	0,5 ^a	1,1 ^b
	gelenkter Umtrieb	1,8 ^a	2,6 ^b	3,7 ^c	1,7 ^a	1,2 ^b	1,9 ^a
	selektiv gel. Umtrieb	1,9 ^a	2,5 ^b	3,3 ^c	0,4 ^a	0,7 ^b	0,9 ^b
Hirschau	freier Umtrieb	1,7 ^a	2,1 ^b	2,9 ^c	0,2 ^a	0,7 ^b	0,6 ^b
	gelenkter Umtrieb	1,9 ^a	2,6 ^b	3,3 ^c	1,3 ^a	1,8 ^b	1,3 ^a
	selektiv gel. Umtrieb	2,0 ^a	2,4 ^b	3,1 ^c	0,8 ^a	0,9 ^a	0,8 ^a

^{abc} Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb einer Umtriebsform an
^x aus den Angaben der Autoren zur Gesamtbesuchszahl errechnet

6.2.2.2 Melkungen und zusätzliche Besuche der Melkbox im Tagesverlauf

Die Anzahl der Melkungen pro Tier und Stunde im Tagesverlauf ergab auf dem Betrieb Grub ein für den Einsatz von automatischen Melksystemen sehr typisches Bild. Bei allen drei Umtriebsformen wurde jeweils am frühen Morgen zwischen 4:00 und 5:00 ein Minimum beobachtet, dem ein rascher Anstieg folgte. Am Vormittag lagen alle drei Umtriebsformen auf einem konstanten Niveau, wobei sich der freie Umtrieb immer etwas unter den beiden gelenkten Umtriebsformen bewegte. Durch die Tank- und Systemreinigung (Dauer ca. 50 min) fanden im Zeitraum zwischen 12:00 und 13:00 nur wenige Melkungen statt. Am Nachmittag erreichten die beiden gelenkten Umtriebsformen wieder das Niveau des Vormittags, der freie Umtrieb lag etwas darunter. Ab ca. 20:00 ging bei allen drei Umtriebsformen die Anzahl der Melkungen pro Tier und Stunde bis ca. 24:00 leicht zurück, ab 24:00 war ein stärkerer Rückgang zu beobachten.

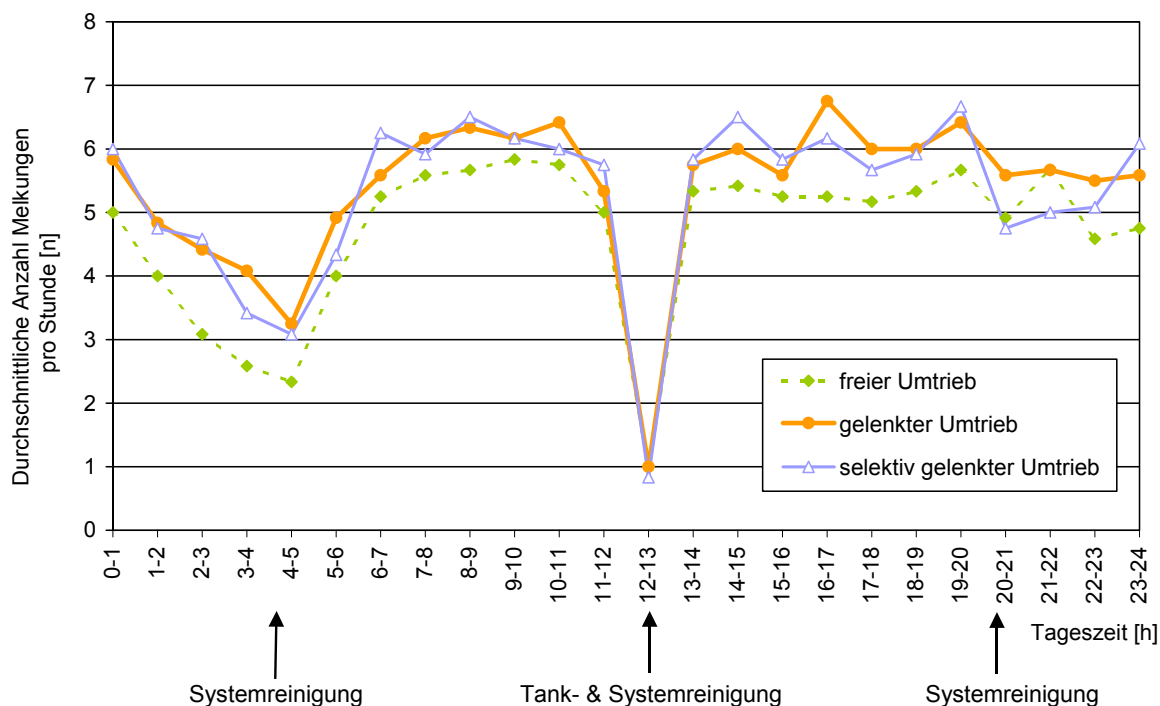


Abbildung 25: Anzahl der Melkungen pro Tier und Stunde im Tagesverlauf (Betrieb **Grub**)

Auf dem Betrieb Hirschau war der Tagesrhythmus nicht so deutlich zu erkennen wie auf dem Betrieb Grub (Abbildung 26). Beim freien Umtrieb zeigte sich eine Abhängigkeit des Verlaufs von den Zeiten, zu denen Tiere nachgetrieben wurden (vgl. auch Tabelle 32, S. 93). Beim selektiv gelenkten Umtrieb konnte ein solcher möglicher Zusammenhang nur zwischen 7:00 und 9:00 beobachtet werden. Der gelenkte Umtrieb zeigte keine Erhöhungen in der Anzahl der Melkungen zu den Zeiten, zu denen Tiere nachgetrieben wurden. Das auf dem Betrieb Grub beobachtete Minimum in der Anzahl der Melkungen am frühen Morgen war auf dem Betrieb Hirschau nur beim freien und selektiv gelenkten Umtrieb zwischen 2:00 und 3:00 ausgeprägt. Beim gelenkten Umtrieb war zu dieser Zeit lediglich eine geringe Reduzierung der Melkungen pro Tier und Stunde erkennbar.

Daneben wird deutlich, dass das automatische Melksystem auf dem Betrieb Hirschau eine etwas geringere Durchsatzleistung pro Stunde aufwies. Die zu den Zeiten der höchsten Auslastung durchschnittlich erzielte Anzahl Melkungen pro Stunde lag hier etwas um 0,5 Melkungen unter den Werten auf dem Betrieb Grub. Neben weiteren möglichen Faktoren ist eine Ursache hierfür im größeren Zeitbedarf für die Zitzenreinigung beim System „VMS“ zu sehen. Im Gegensatz zum System „Merlin“ auf dem Betrieb Grub müssen bei diesem System die Zitzen auch zur Reinigung lokalisiert werden.

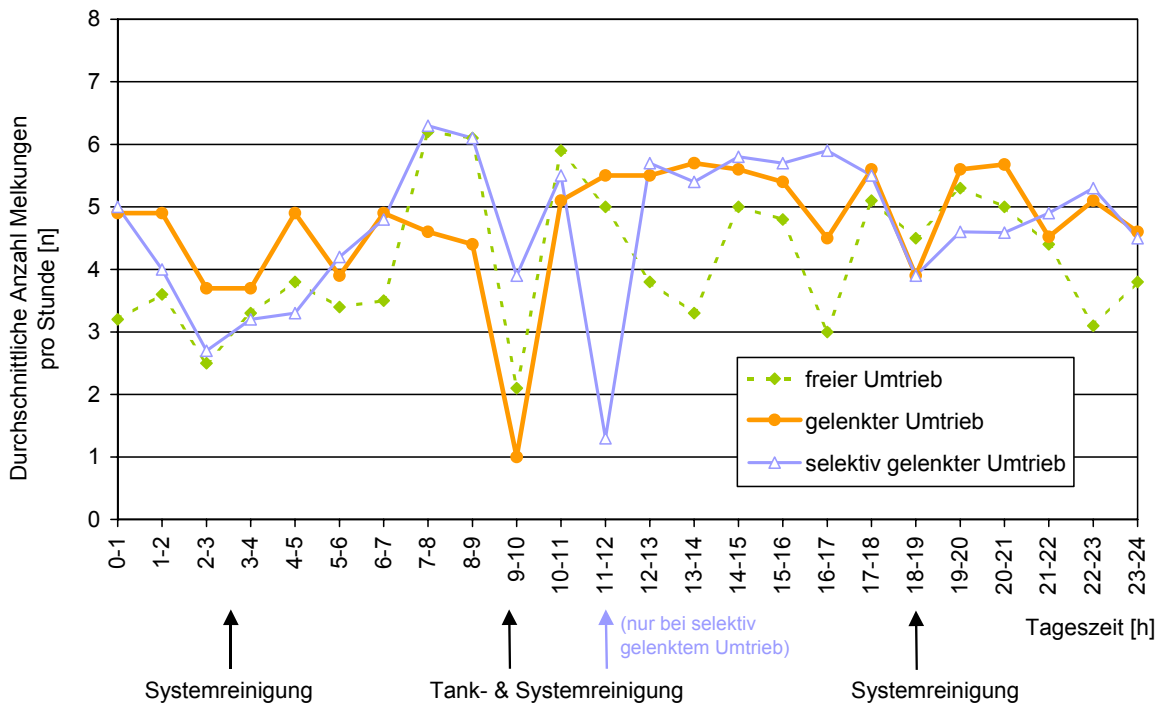


Abbildung 26: Anzahl der Melkungen pro Tier und Stunde im Tagesverlauf (Betrieb **Hirschau**)

Neben der genannten geringeren Durchsatzleistung des Systems auf dem Betrieb Hirschau, könnte eine weitere mögliche Ursache für den insgesamt schwächer ausgeprägten Tagesrhythmus die Tatsache sein, dass die Futtermenge hier weniger limitiert war. In Abbildung 27 ist daher die Entwicklung der Bruttotroggewichte (Trog inkl. Futter (FM)) im Tagesverlauf dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die Wiegetröge auf dem Betrieb Grub immer nahezu vollständig leer gefressen wurden, auf dem Betrieb Hirschau war dies nur beim freien Umtrieb der Fall. Bei den beiden gelenkten Umtriebsformen befand sich dagegen im Versuchsmittel vor der Futtermenge noch ein Futterrest in den Trögen.

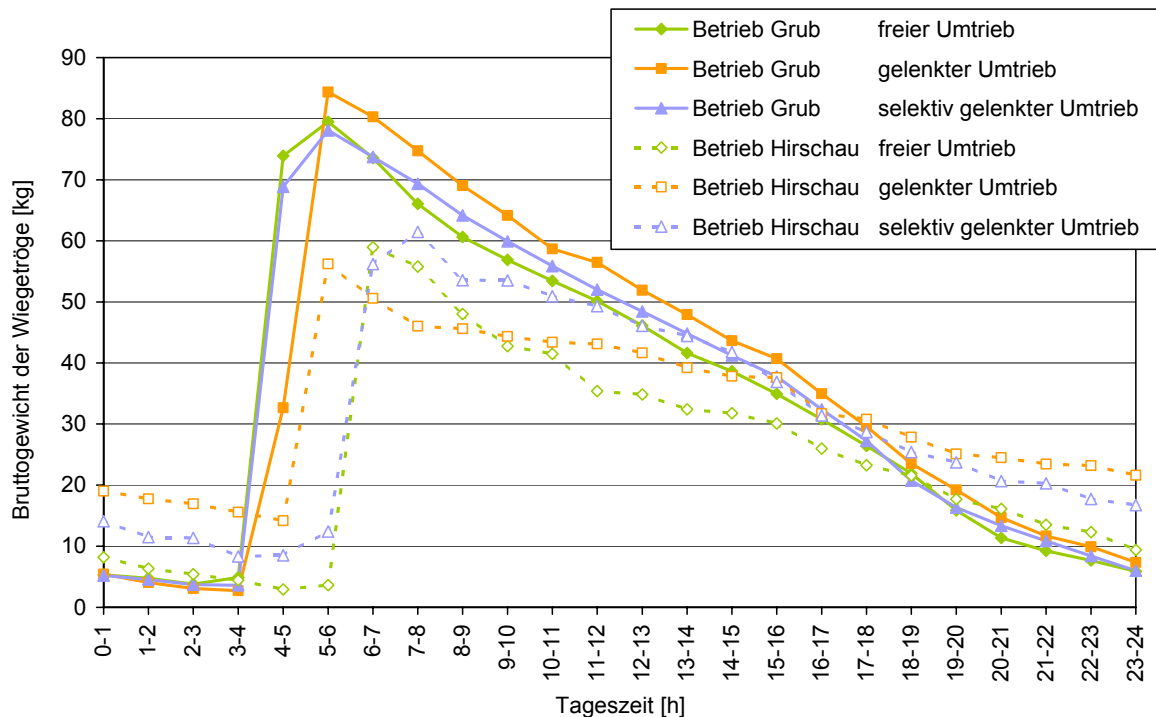


Abbildung 27: Verlauf der Bruttogewichte der Grundfutterwiegetröge im Tagesverlauf

Wie aus Abbildung 28 und Abbildung 29 ersichtlich wird, ergaben sich bei der Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox pro Tier und Stunde auf beiden Betrieben ähnliche Tagesverläufe. Der gelenkte Umtrieb führte über den ganzen Tag zu den meisten Besuchen, gefolgt vom selektiv gelenkten und freien Umtrieb. Auf beiden Betrieben wurden vormittags die wenigsten zusätzlichen Besuche der Melkbox aufgezeichnet, am Nachmittag stieg die Anzahl an.

Auf dem Betrieb Grub war beim gelenkten Umtrieb zwischen 5:00 und 7:00 ein deutlicher Einfluss des Nachtreibens von Tieren festzustellen. Da gegen 5:00 die nachzutreibenden Tiere in den Wartebereich gesperrt wurden, konnten die übrigen Tiere die Melkbox erst passieren, nachdem diese Tiere gemolken waren. Dies führte zu einer geringeren Anzahl Besuche zwischen 5:00 und 6:00 und einem deutlichen Peak zwischen 6:00 und 7:00.

Im Gegensatz zum Betrieb Grub, auf dem sich die Zeiten der Systemreinigung morgens und abends nicht in der Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox widerspiegeln, war auf dem Betrieb Hirschau eine deutliche Reduzierung zu diesen Zeiten zu beobachten. Mögliche Ursache hierfür könnte die längere Reinigungsdauer von ca. 25 min bei diesem System sein. Auf dem Betrieb Grub betrug dieser Wert nur ca. 12 min.

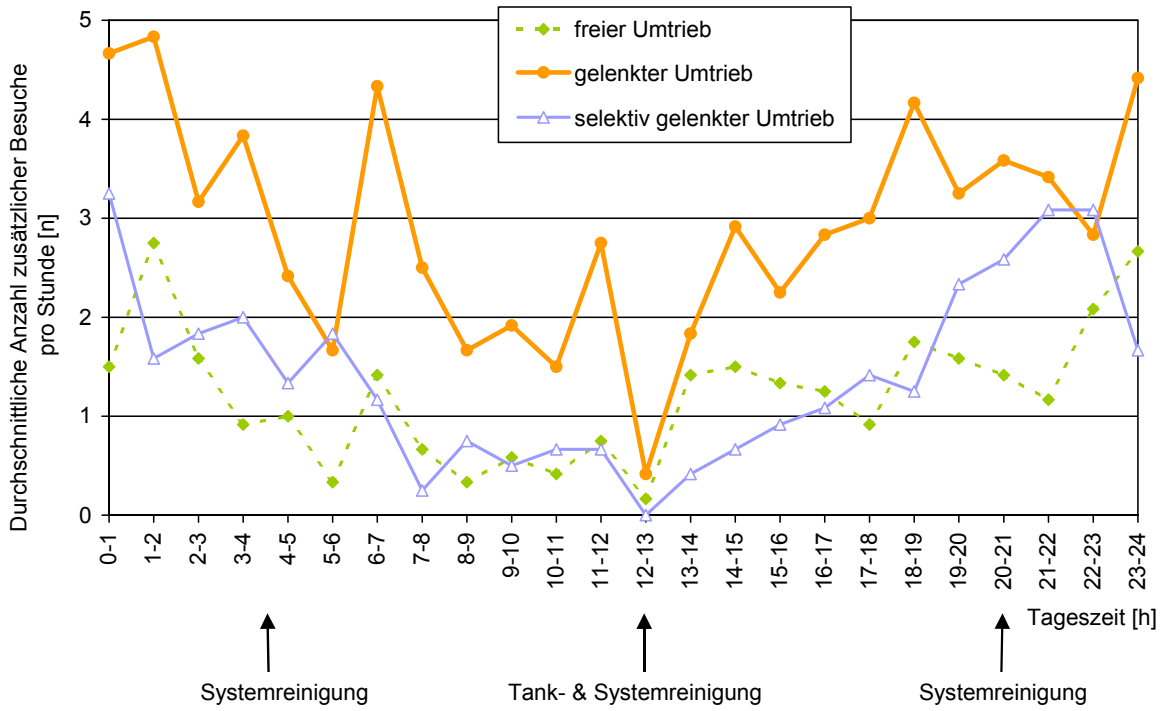


Abbildung 28: Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox pro Tier und Stunde im Tagesverlauf (Betrieb **Grub**)

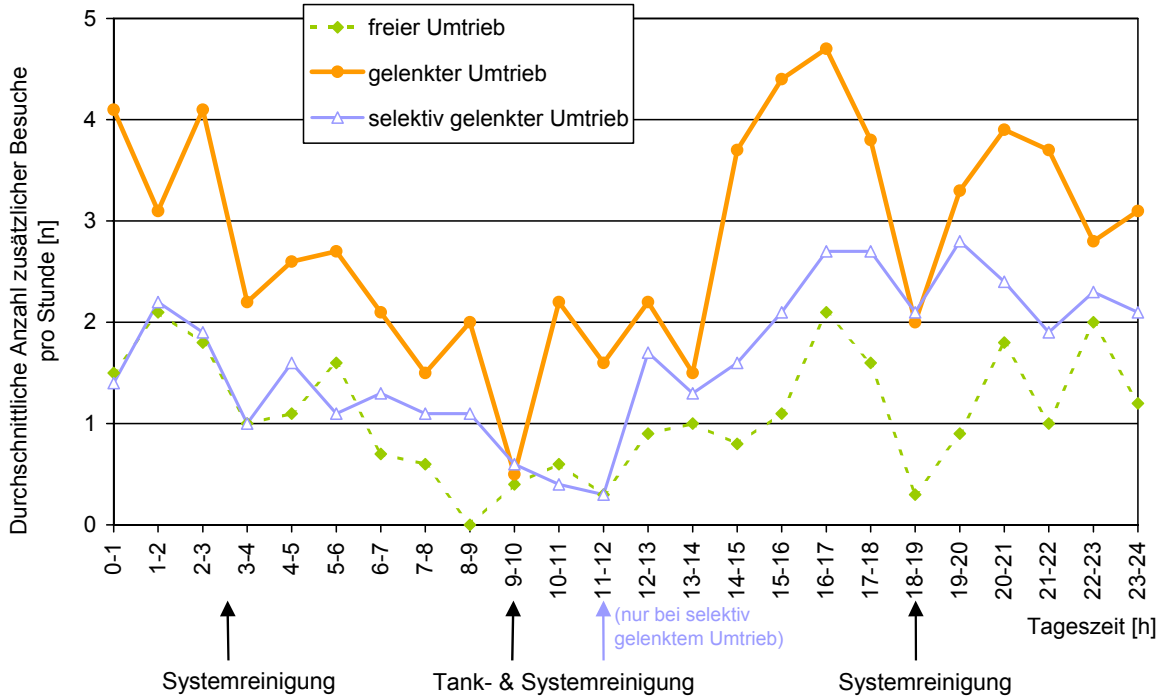


Abbildung 29: Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox pro Tier und Stunde im Tagesverlauf (Betrieb **Hirschau**)

6.2.3 Wartende Tiere

In Abbildung 30 ist für die einzelnen Umtriebsversuche die durchschnittliche Anzahl der Tiere dargestellt, die sich im Bereich vor der Melkbox befanden. Es wird deutlich, dass sich beim freien Umtrieb auf beiden Betrieben jeweils die wenigsten Tiere im Wartebereich aufhielten. Bei den beiden gelenkten Umtriebsformen ergab sich dagegen kein einheitliches Bild. Auf dem Betrieb Grub lagen beide auf gleichem Niveau von 3,12 beim gelenkten Umtrieb bzw. 3,23 beim selektiv gelenkten Umtrieb und unterschieden sich damit signifikant vom freien Umtrieb. Auf dem Betrieb Hirschau unterschied sich nur der gelenkte Umtrieb signifikant vom freien Umtrieb, beim selektiv gelenkten Umtrieb war dagegen kein signifikanter Unterschied zum freien Umtrieb festzustellen. Da sich auf dem Betrieb Hirschau die Tiere teilweise bis in den Gang vor dem Wartebereich stauten, wurde dieser bei der Auswertung ebenfalls berücksichtigt. Der gelenkte Umtrieb unterschied sich mit durchschnittlich 1,14 Tieren auch in diesem Bereich signifikant vom freien (0,16) und selektiv gelenkten Umtrieb (0,15). Damit ergab sich ein noch größerer Unterschied zwischen dem gelenkten Umtrieb und den beiden übrigen Umtriebsformen. Auf dem Betrieb Grub wurden die Tiere im Gang vor dem Wartebereich nicht berücksichtigt, da sich die Tiere aufgrund der Größe des Wartebereichs (vgl. Grundriss auf Seite 46) nie bis in diesen Bereich stauten.

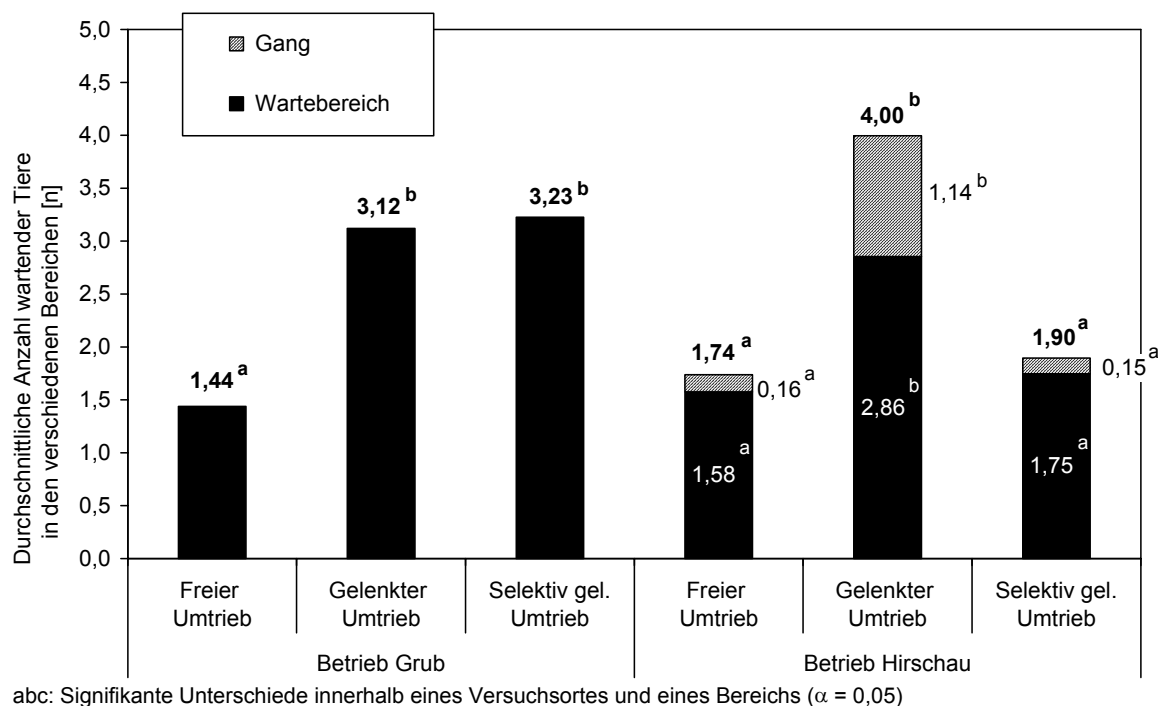


Abbildung 30: Durchschnittliche Anzahl wartender Tiere in verschiedenen Bereichen vor der Melkbox

In Abbildung 31 und Abbildung 32 ist für beide Betriebe dargestellt, wie sich die Anzahl wartender Tiere im Tagesverlauf bei den verschiedenen Umtriebsformen änderte. Entsprechend den Ergebnissen zum Melkverhalten (vgl. Abbildung 25, S. 85) war auf dem Betrieb Grub auch bei der Anzahl wartender Tiere ein deutlich ausgeprägter Tagesrhythmus feststellbar. Zwischen 21:00 und 04:30 unterschieden sich die drei Umtriebsformen nur unwesentlich, wobei der freie Umtrieb wie auch im übrigen Tagesverlauf fast immer den niedrigsten Wert aufwies. Zwischen 06:00 und 19:00 lag die Anzahl der wartenden Tiere bei den beiden gelenkten Umtriebsformen eng zusammen, mit jeweils einem Anstieg am frühen Vormittag sowie am Abend. Der Verlauf beim freien Umtrieb war prinzipiell mit dem der beiden gelenkten Umtriebsformen vergleichbar, er verlief nur auf einem niedrigeren Niveau.

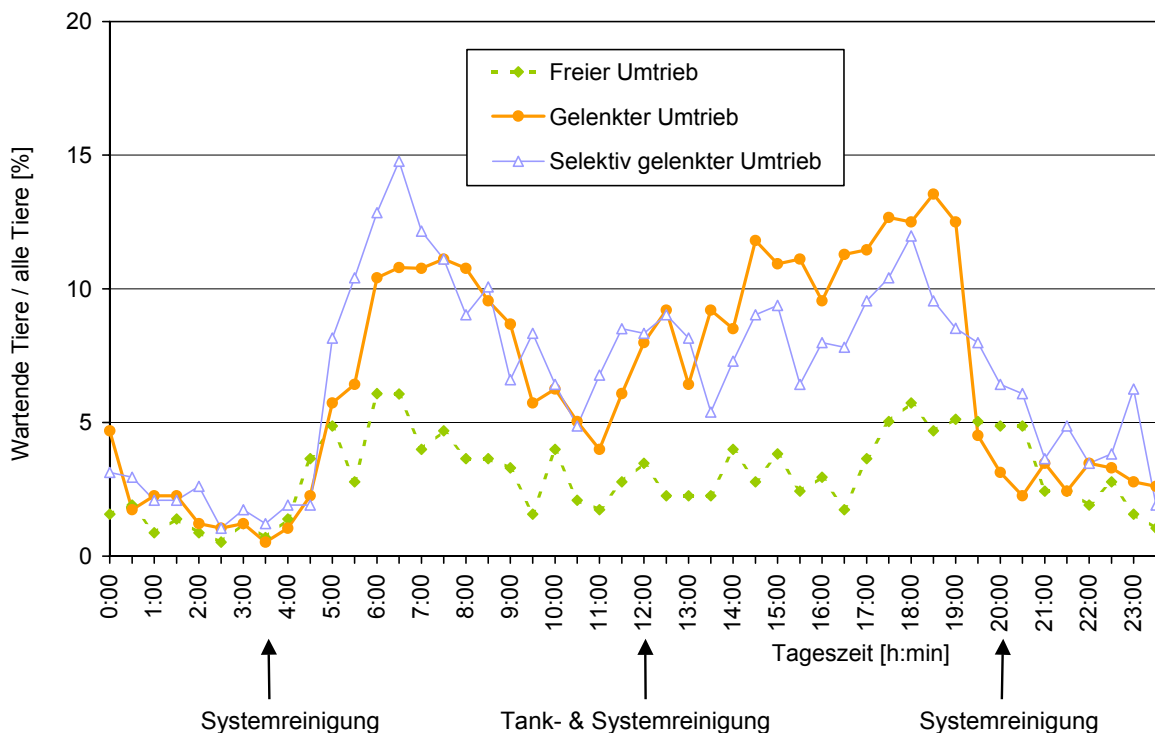


Abbildung 31: Anteil vor der Melkbox wartender Tiere im Tagesverlauf (Betrieb **Grub**)

Auf dem Betrieb Hirschau konnte das Bild, das bereits beim Tagesverlauf der Melkungen (vgl. Abbildung 26, S. 86) gewonnen wurde, bestätigt werden. Auch bei der Anzahl der wartenden Tiere zeigte sich beim freien Umtrieb ein erkennbarer Einfluss der Zeiten, zu denen die Tiere zum Melken geholt wurden. So warteten tagsüber in den Zeiträumen 07:00 - 08:00, 10:00 - 11:00, 14:30 - 15:30 17:00 - 17:30 sowie um 19:00 mehr Tiere als zu den übrigen Zeiten.

Durch das Nachtreiben von Tieren nicht zu erklären war jedoch die große Anzahl wartender Tiere nach 20:00, da etwa ab diesem Zeitpunkt im Normalfall alle nachgetriebenen Tiere die Melkbox passiert hatten und das automatische Melksystem wieder frei zugänglich war. Dieses Phänomen konnte auch beim gelenkten Umtrieb deutlich und beim selektiv gelenkten Umtrieb in abgeschwächter Form beobachtet werden. Ob ein Zusammenhang zwischen dem Dienstende des Stallpersonals und der damit eintretenden Ruhe im Stall besteht, konnte nicht ermittelt werden, es könnte jedoch eine mögliche Erklärung sein. Der Verlauf beim selektiv gelenkten Umtrieb glich in weiten Teilen dem des freien Umtriebs. Lediglich zwischen 11:30 und 14:00 warteten deutlich mehr Tiere vor der Melkbox als beim freien Umtrieb. Hierbei handelte es sich nicht um nachgetriebene Tiere, die Ursache konnte nicht geklärt werden. Als möglicher Aspekt wäre jedoch der spätere Zeitpunkt der Tank- und Systemreinigung zu nennen.

Insgesamt war die Anzahl der wartenden Tiere in allen drei Umtriebsformen konstanter als auf dem Betrieb Grub. Auch dies entsprach dem Ergebnis des Tagesverlaufs der Melkungen pro Tier und Stunde und deutet wieder auf eine geringere Durchsatzleistung des Systems oder einen Einfluss der geringeren Limitierung des Futters hin.

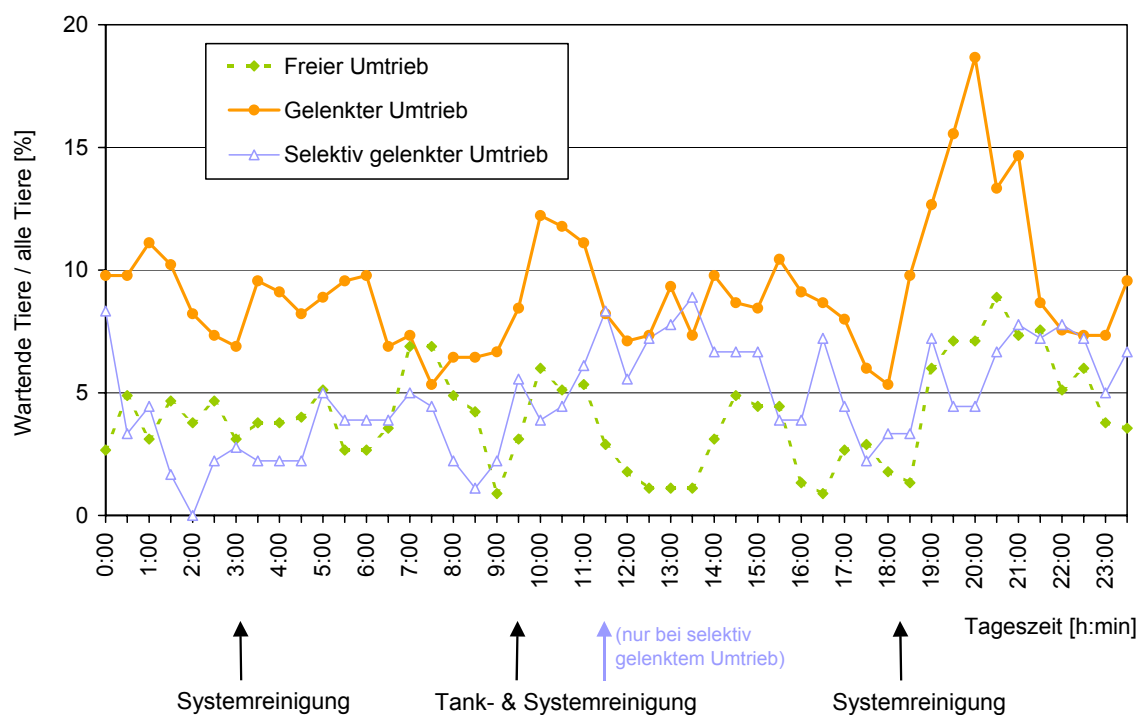


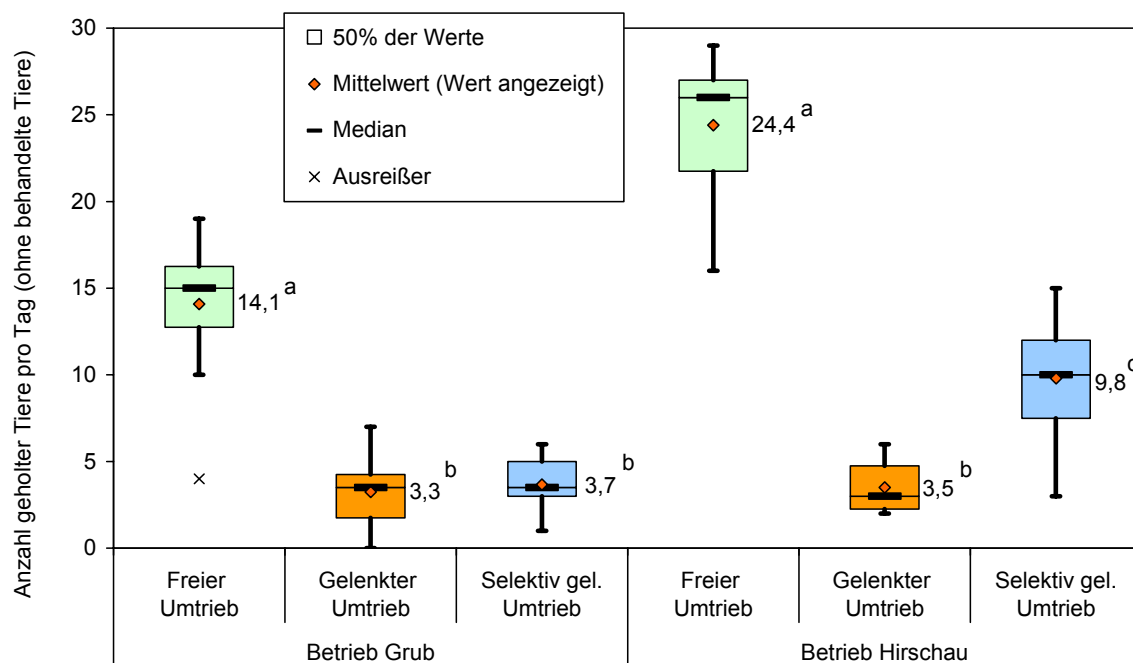
Abbildung 32: Anteil vor der Melkbox wartender Tiere im Tagesverlauf (Betrieb **Hirschau**)

6.2.4 Anzahl nachzutreibender Tiere

Bei der Anzahl der nachzutreibenden Tiere pro Tag (mehrmals am Tag geholte Tiere wurden auch mehrfach gezählt, behandelte Tiere wurden nicht mitgezählt) zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Umtriebsformen, aber auch zwischen den Betrieben (Abbildung 33). Auf beiden Betrieben lag der freie Umtrieb über den beiden gelenkten Umtriebsformen, wobei der Betrieb Hirschau mit durchschnittlich 24,4 nachzutreibenden Tieren wiederum über dem Betrieb Grub mit 14,1 nachzutreibenden Tieren lag.

Der gelenkte Umtrieb führte auf beiden Betrieben zu der geringsten Anzahl nachzutreibender Tiere, die gefundenen Werte lagen mit 3,3 (Betrieb Grub) bzw. 3,5 (Betrieb Hirschau) auf gleichem Niveau. Beim selektiv gelenkten Umtrieb unterschied sich die Anzahl nachzutreibender Tiere auf dem Betrieb Grub mit einem Wert von 3,7 nicht signifikant vom gelenkten Umtrieb. Auf dem Betrieb Hirschau war hier mit 9,8 nachzutreibenden Tieren pro Tag ein signifikanter Unterschied sowohl zum gelenkten als auch zum freien Umtrieb gegeben.

Auf beiden Betrieben mussten morgens die meisten Tiere zum Melken geholt werden (Tabelle 32).



abc: Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb eines Versuchsortes an ($\alpha = 0,05$)

Abbildung 33: Anzahl der zum Melken geholten Tiere pro Tag bei den verschiedenen Umtriebsformen (ohne behandelte Tiere)

Tabelle 32: Mittlere Anzahl zum Melken geholter Tiere in verschiedenen Tagesabschnitten

Versuchsort	Umtriebsform	Zeitraum [h]	Mittlere Anzahl nachgetriebener Tiere [n]				
			5-9	9-13	13-17	17-19	19-24
Grub	Zeiten für das Nachtreiben*	5:00 und 9:00 / 11:00			15:00	18:00	21:00
	Freier Umtrieb		3,9	3,8	2,3	2,1	1,9
	Gelenkter Umtrieb		1,5	0,8	0,3	0,3	0,3
	Selektiv gel. Umtrieb		1,7	0,4	1,2	0,3	0,1
Hirschau	Zeiten für das Nachtreiben*	7:00 und 8:30 / 10:30			15:00	17:00	19:00
	Freier Umtrieb		8,4	5,4	5,2	2,8	2,6
	Gelenkter Umtrieb		1,7	0,5	0,0	1,2	0,1
	Selektiv gel. Umtrieb		5,2	3,5	0,0	0,8	0,3

* vgl. 5.5.2, Tabelle 9, S. 57

Hinsichtlich der verschiedenen Untergruppen der Herden wurden auf den Betrieben folgende Ergebnisse ermittelt: Die Anzahl der Holvorgänge pro Tier und Tag (ohne behandelte Tiere) war auf beiden Betrieben abhängig von der Umtriebsform und der Leistungsgruppe in der sich das Tier befand (Tabelle 33 und Tabelle 34). Bei den Leistungsgruppen wurde auf dem Betrieb Grub ein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe 1 und den übrigen Leistungsgruppen, auf dem Betrieb Hirschau zwischen Gruppe 3 und den übrigen Leistungsgruppen ermittelt. Auf beiden Betrieben mussten die Tiere dabei mit abnehmender Leistung häufiger geholt werden. Dominanzwertgruppe, Laktationsnummer und Laktationsdrittel hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Holvorgänge. Hinsichtlich der Umtriebsform unterschied sich der freie Umtrieb jeweils signifikant von den beiden gelenkten Umtriebsformen.

Tabelle 33: LSMEANS der Holvorgänge pro Tier und Tag bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Grub**) $r^2=0,32$ ***

		Umtriebs- form		Dominanz- wert-Gruppe	Laktations- Gruppe	Laktations- drittel	Leistungs- Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		***		n.s.	n.s.	n.s.	**	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	0,22 ^a	Stufe des Einfluss- faktors	1	0,13 ^a	0,08 ^a	0,15 ^a	0,23 ^a
	Gelenkter Umtrieb	0,05 ^b		2	0,11 ^a	0,07 ^a	0,05 ^a	0,07 ^b
	Selektiv gelenkter Umtrieb	0,03 ^b		3	0,06 ^a	0,15 ^b	0,10 ^a	0,00 ^b

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

Tabelle 34: LSMEANS der Holvorgänge pro Tier und Tag bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Hirschau**) $r^2=0,47$ ***

		Umtriebs- form		Dominanz- wert-Gruppe	Laktations- Gruppe	Laktations- drittel	Leistungs- Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		***		n.s.	n.s.	n.s.	*	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	0,48 ^a	Stufe des Einfluss- faktors	1	0,22 ^a	0,19 ^a	0,31 ^a	0,34 ^a
	Gelenkter Umtrieb	0,10 ^b		2	0,30 ^a	0,30 ^b	0,20 ^a	0,30 ^a
	Selektiv gelenkter Umtrieb	0,20 ^b		3	0,27 ^a	0,29 ^b	0,28 ^a	0,14 ^b

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

Der Vergleich der relativen Anteile nachzutreibender Tiere in den verschiedenen Melkfrequenz-Gruppen ergab erwartungsgemäß, dass die Tiere der Melkfrequenz-Gruppe 1 am häufigsten nachgetrieben werden mussten. Dabei waren jedoch Unterschiede zwischen den verschiedenen Umtriebsformen erkennbar. Beim freien Umtrieb lag der Anteil der nachzutreibenden Tiere auf dem Betrieb Grub bei 42,9 % und auf dem Betrieb Hirschau bei 58,0 %. Gleichzeitig wurden nur 1,5 bzw. 1,7 Melkungen pro Tier und Tag erzielt. Bei den gelenkten Umtriebsformen war der Anteil der nachzutreibenden Tiere geringer als beim freien Umtrieb, die Melkfrequenz war gleichzeitig aber höher. Generell waren die Melkfrequenzen in der Gruppe 1 auf dem Betrieb Hirschau höher als auf dem Betrieb Grub. Es wurden jedoch auch mehr Tiere nachgetrieben.

Bemerkenswert ist, dass auch in der Melkfrequenz-Gruppe 3 beim freien Umtrieb noch 7,6 % bzw. 6,3 % der Tiere nachgetrieben werden mussten, während dieser Anteil bei den gelenkten Umtriebsformen maximal bei 1,8 % lag (Tabelle 35).

Tabelle 35: Anzahl der Melkungen pro Tier und Tag und relative Anteile der nachzutreibenden Tiere in den verschiedenen Melkfrequenz-Gruppen

Betrieb	Umtriebsform	Anzahl der Melkungen pro Tier und Tag			relative Anteile der nachzu- treibenden Tiere [%]		
		Melkfrequenz-Gruppe			1	2	3
		1	2	3	1	2	3
Grub	freier Umtrieb	1,5 ^a	2,2 ^b	3,3 ^c	42,9	6,0	7,6
	gelenkter Umtrieb	1,8 ^a	2,6 ^b	3,7 ^c	9,6	1,8	0,0
	selektiv gel. Umtrieb	1,9 ^a	2,5 ^b	3,3 ^c	10,5	1,1	1,0
Hirschau	freier Umtrieb	1,7 ^a	2,1 ^b	2,9 ^c	58,0	27,5	6,3
	gelenkter Umtrieb	1,9 ^a	2,6 ^b	3,3 ^c	7,5	2,2	1,8
	selektiv gel. Umtrieb	2,0 ^a	2,4 ^b	3,1 ^c	23,5	7,4	0,8

^{abc} Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb einer Umtriebsform an
^x aus den Angaben der Autoren zur Gesamtbesuchszahl errechnet

6.2.5 Verteilung der Zwischenmelkzeiten und Gemelksmengen

In Abbildung 34 bis Abbildung 36 sind die Häufigkeitsverteilungen der Zwischenmelkzeiten bei den verschiedenen Umtriebsformen im 1 h-Raster dargestellt. Dabei wurde nach Melkungen von behandelten Tieren, Melkungen ohne Nachtreiben und Melkungen mit Nachtreiben (aufgrund unvollständiger Melkungen bzw. zu langer Zwischenmelkzeiten) unterschieden.

Beim freien Umtrieb konnte auf beiden Betrieben mit 31,8 % (Betrieb Grub) bzw. 32,1 % (Betrieb Hirschau) ein deutlich höherer Anteil Melkungen mit Zwischenmelkzeiten von über 12 h beobachtet werden, als bei den gelenkten Umtriebsformen, wo dieser Anteil jeweils nur bei knappen 20 % lag. Der Anteil der Melkungen mit Zwischenmelkzeiten zwischen 5 h und 12 h lag auf beiden Betrieben bei etwas über 65 %, während der Anteil der Melkungen mit Zwischenmelkzeiten unter 5 h bei 2,4 % (Betrieb Grub) bzw. 1,6 % (Betrieb Hirschau) lag (Abbildung 34).

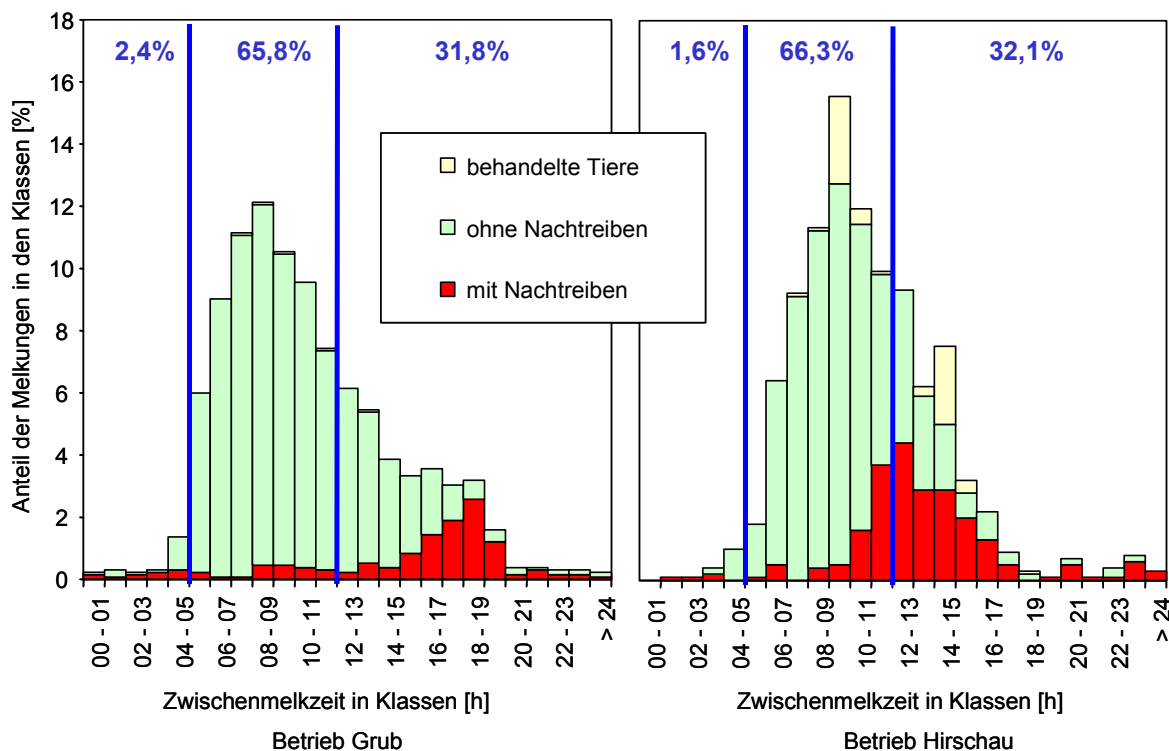


Abbildung 34: Verteilung der Zwischenmelkzeiten unterteilt nach behandelten Tieren, Melkungen ohne Nachtreiben und überfällige Melkungen (**Freier Umtrieb**)

Bei den gelenkten Umtriebsformen betrug der Anteil der Melkungen mit Zwischenmelkzeiten zwischen 5 h und 12 h jeweils etwas über 75 % und lag damit deutlich über dem freien Umtrieb. Gleichzeitig waren auch die Anteile der Melkungen mit Zwischenmelkzeiten unter 5 h erhöht, was dafür spricht, dass durch die häufigeren Besuche der Melkbox die frühen Melkberechtigungen der hochleistenden Tiere öfter in eine Melkung umgesetzt wurden als beim freien Umtrieb (Abbildung 35).

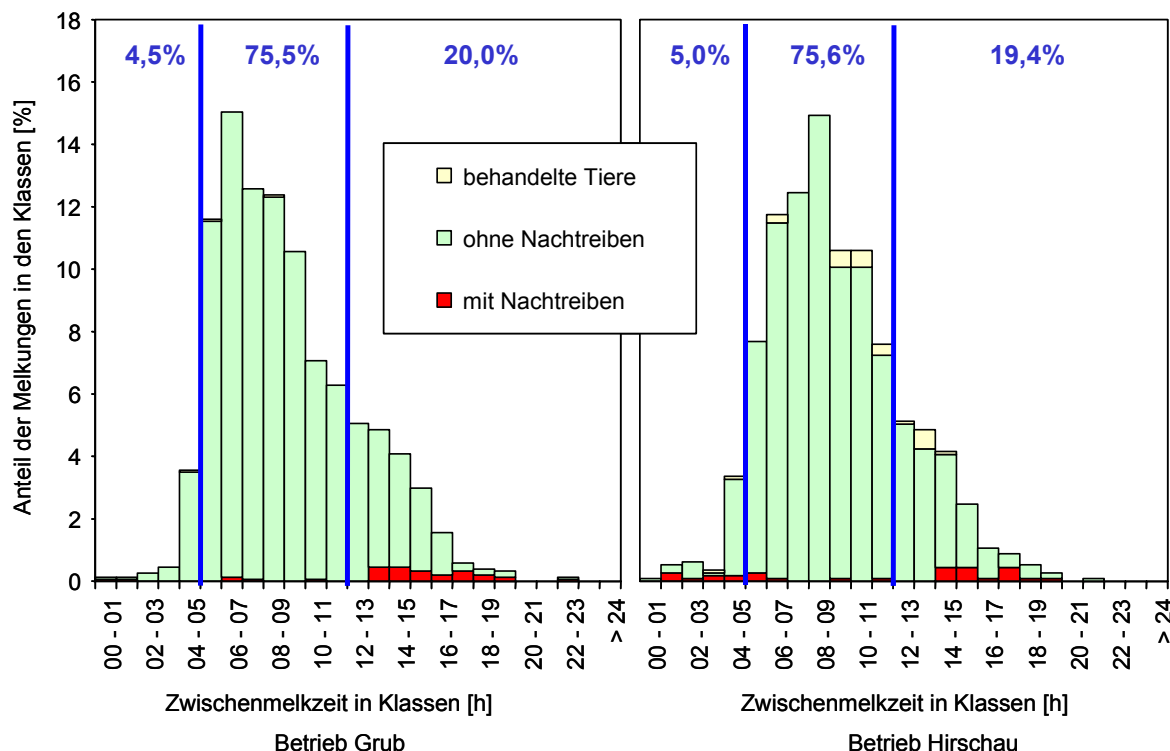


Abbildung 35: Verteilung der Zwischenmelkzeiten unterteilt nach behandelten Tieren, Melkungen ohne Nachtreiben und überfällige Melkungen (**Gelenkter Umtrieb**)

Der selektiv gelenkte Umtrieb nahm auf beiden Betrieben hinsichtlich der Verteilung der Zwischenmelkzeiten eine Position zwischen dem gelenkten und dem freien Umtrieb ein. So lag der Anteil der Melkungen mit Zwischenmelkzeiten über 12 h auf dem gleichen Niveau wie beim gelenkten Umtrieb, der Anteil der Melkungen mit Zwischenmelkzeiten unter 5 h war mit dem des freien Umtriebs vergleichbar. Hinsichtlich des Anteils der Melkungen mit Zwischenmelkzeiten zwischen 5 h und 12 h erreichte der selektiv gelenkte Umtrieb mit 79,3 % (Betrieb Grub) bzw. 79,7 % (Betrieb Hirschau) auf beiden Betrieben den höchsten Wert der drei Umtriebsformen. Beim Vergleich der Anteile der gehaltenen Tiere war auffällig, dass auf dem Betrieb Grub zwar weniger Tiere nachgetrieben werden mussten, dafür aber mit 1,1 % auch etwas mehr Zwischenmelkzeiten über 18 h beobachtet wurden als auf dem Betrieb Hirschau (0,4 %) (Abbildung 36).

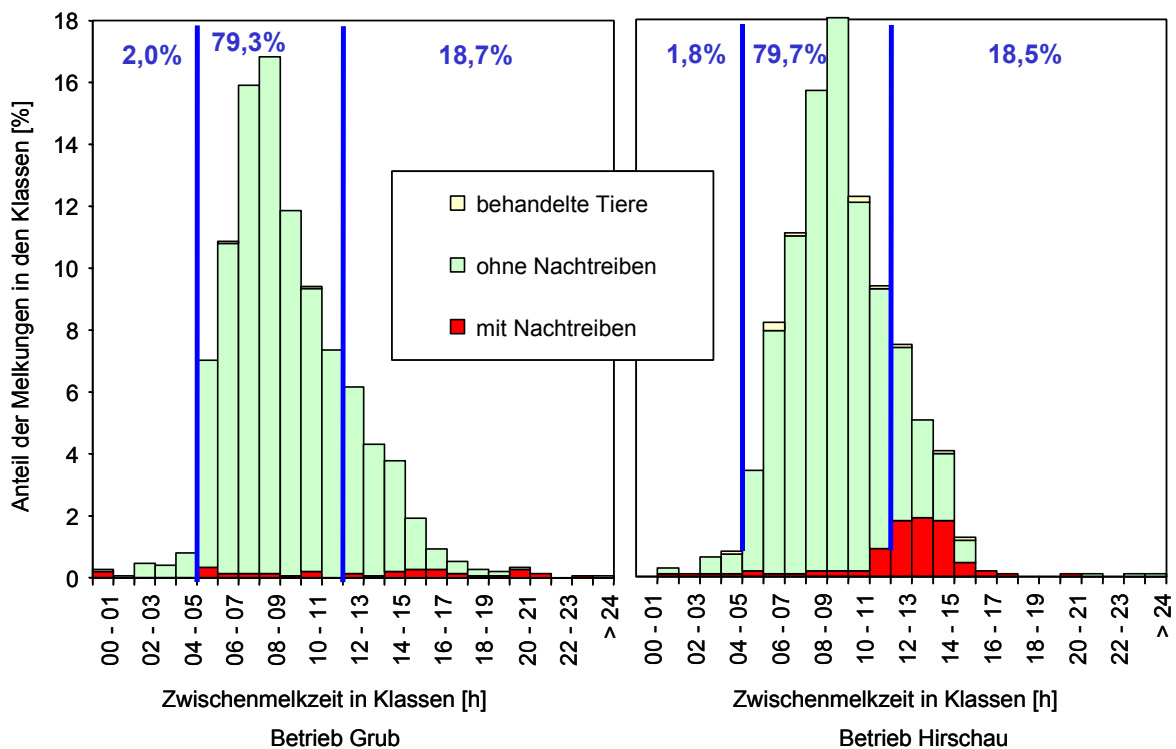


Abbildung 36: Verteilung der Zwischenmelkzeiten unterteilt nach behandelten Tieren, Melkungen ohne Nachtreiben und überfällige Melkungen (**Selektiv gelenkter Umtrieb**)

Zur Veranschaulichung der Unterschiede zwischen den Umtriebsformen wurden in Abbildung 37 die Anteile der freiwilligen Melkungen mit Zwischenmelkzeiten unter 12 h, 14 h bzw. 16 h gegenübergestellt. Es wird sichtbar, dass der freie Umtrieb das Niveau der beiden gelenkten Umtriebsformen nicht erreichte. Gleichzeitig ist auffällig, dass bei den beiden gelenkten Umtriebsformen zwischen den Betrieben nur geringe Unterschiede bestanden. Im Gegensatz dazu war beim freien Umtrieb ein Unterschied zwischen den Betrieben erkennbar. Der Anteil der freiwilligen Melkungen auf dem Betrieb Grub war dabei stets höher als auf dem Betrieb Hirschau.

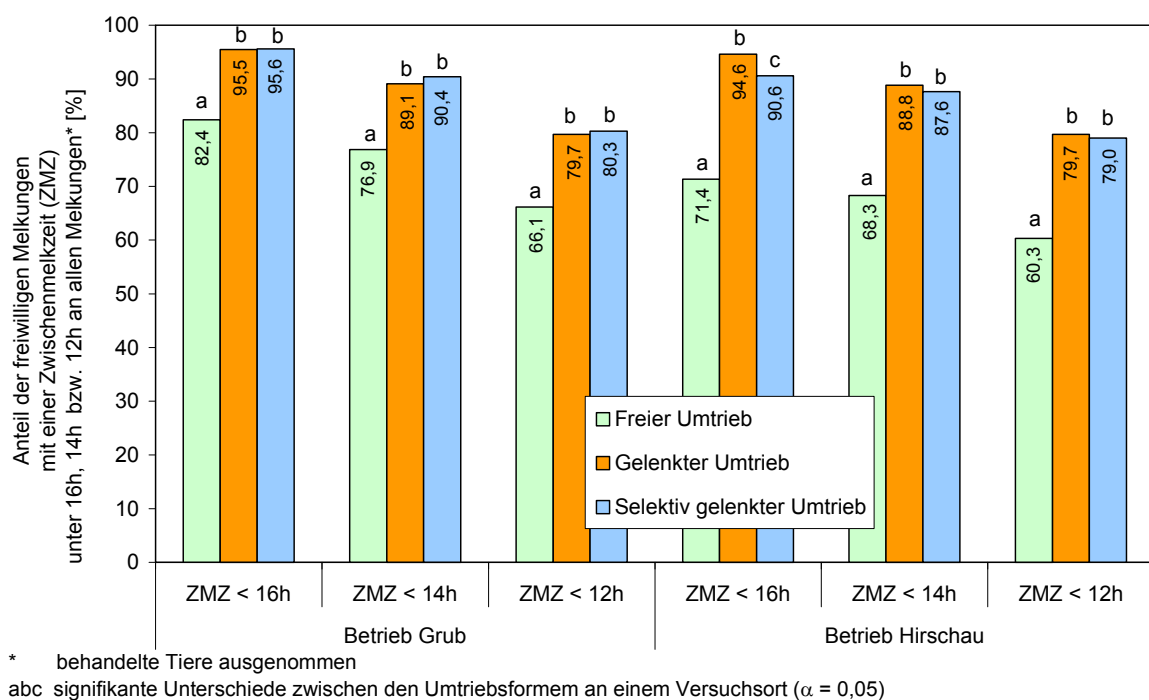


Abbildung 37: Relative Anteile der freiwilligen Melkungen mit einer Zwischenmelkzeit (ZMZ) unter 16 h, 14 h, 12 h an allen Melkungen

Die Unterschiede in der Verteilung der Gemelksmengen bei den verschiedenen Umtriebsformen sind in Tabelle 36 dargestellt. Auf beiden Betrieben war der Anteil der Melkungen mit Gemelksmengen über 12 kg beim freien Umtrieb am höchsten.

Aufgrund der unterschiedlichen Tagesleistungen in den Versuchen war eine Verschiebung der Verteilungen zu erwarten und wurde auch beobachtet. In Tabelle 37 sind daher für jeden Versuch auch die Anteile der Melkungen mit Gemelksmengen über der halben durchschnittlichen Tagesleistung der Herde dargestellt. Die so errechneten Anteile sollen eine bessere Vergleichbarkeit der Betriebe und der Umtriebsformen ermöglichen.

Es wird deutlich, dass sich auf beiden Betrieben ein ähnliches Bild ergab, wobei der freie Umtrieb jeweils die höchsten Werte aufwies. Der gelenkte Umtrieb erreichte bei dieser Betrachtungsweise jeweils die niedrigsten Werte.

Tabelle 36: Relative Anteile der Gemelke in den Gemelksmengenklassen

Gemelksmengen- klasse [kg]	Betrieb Grub			Betrieb Hirschau		
	freier Umtrieb	gelenkter Umtrieb	selektiv gelenkter Umtrieb	freier Umtrieb	gelenkter Umtrieb	selektiv gelenkter Umtrieb
<6	9,4	16,1	10,5	2,6	3,7	7,9
6-8	15,5	29,4	25,1	13,1	15,1	24,5
8-10	26,7	29,1	30,7	25,2	28,0	29,7
10-12	25,8	16,7	20,8	20,4	23,1	20,3
12-14	12,9	6,5	8,3	11,8	16,2	11,3
14-16	6,5	1,8	3,1	11,8	7,5	4,1
16-18	2,1	0,4	1,1	7,3	2,8	1,3
18-20	0,7	0,1	0,3	3,9	2,6	0,7
>20	0,3	0,0	0,1	3,8	1,1	0,2
>12	22,5	8,7	12,9	38,7	30,1	17,5
>14	9,6	2,3	4,7	26,9	14,0	6,2
>16	3,1	0,5	1,5	15,0	6,4	2,2

Tabelle 37: Relative Anteile der Gemelke > halbe Tagesleistung

	Betrieb Grub			Betrieb Hirschau		
	freier Umtrieb	gelenkter Umtrieb	selektiv gelenkter Umtrieb	freier Umtrieb	gelenkter Umtrieb	selektiv gelenkter Umtrieb
Durchschnittliche Tagesleistung [kg]	22,1	22,3	23,1	25,9	27,4	23,4
Halbe Tagesleistung [kg]	11,1	11,2	11,6	13,0	13,7	11,7
Anteil der Gemelke > halbe Tagesleistung [%]	32,0	15,2	17,8	33,4	15,7	20,4

6.3 Fressverhalten

6.3.1 Fressperioden / Besuche des Fressbereichs

Wie unter 5.6.2.3 (Seite 64) beschrieben, wurden an den Graphen die im weiteren Verlauf zu untersuchenden kritischen Intervalllängen $\ln(\text{ZFZ}) = 7,5$, $\ln(\text{ZFZ}) = 8,0$ und $\ln(\text{ZFZ}) = 8,5$ visuell bestimmt. Dies entspricht Zeiten von 0:30:08, 0:49:41 und 1:21:55, wobei zur Vereinfachung mit Werten von 0:30:00, 0:50:00 und 1:22:00 gerechnet wurde. Soweit eine visuelle Abschätzung dies zulässt, ließ sich dabei auf dem Betrieb Grub das längste kritische Intervall von 1:22 (C) eher den gelenkten Umtriebsformen zuordnen (dieses Intervall lag am nächsten zum lokalen Minimum der Häufigkeitsverteilung). Beim freien Umtrieb erschien dagegen auch ein kritisches Intervall von 00:50 (B) plausibel (Abbildung 38).

Ähnliches gilt auch für den Betrieb Hirschau, wobei sich die Häufigkeitsverteilungen hier nicht so stark unterschieden, die lokalen Minima nicht so ausgeprägt waren und der Unterschied damit nicht so deutlich sichtbar wurde wie auf dem Betrieb Grub (Abbildung 39).

Ein Wert von 0:30 (A) erschien auf beiden Betrieben für keine der untersuchten Umtriebsformen zutreffend, er wurde dennoch in die weitere Auswertung mit einbezogen, da in der Literatur häufig mit ähnlich kurzen kritischen Intervalllängen gerechnet wurde (z.B. STAMER ET AL. (1997) [85] TOLKAMP ET AL. (1998) [94]).

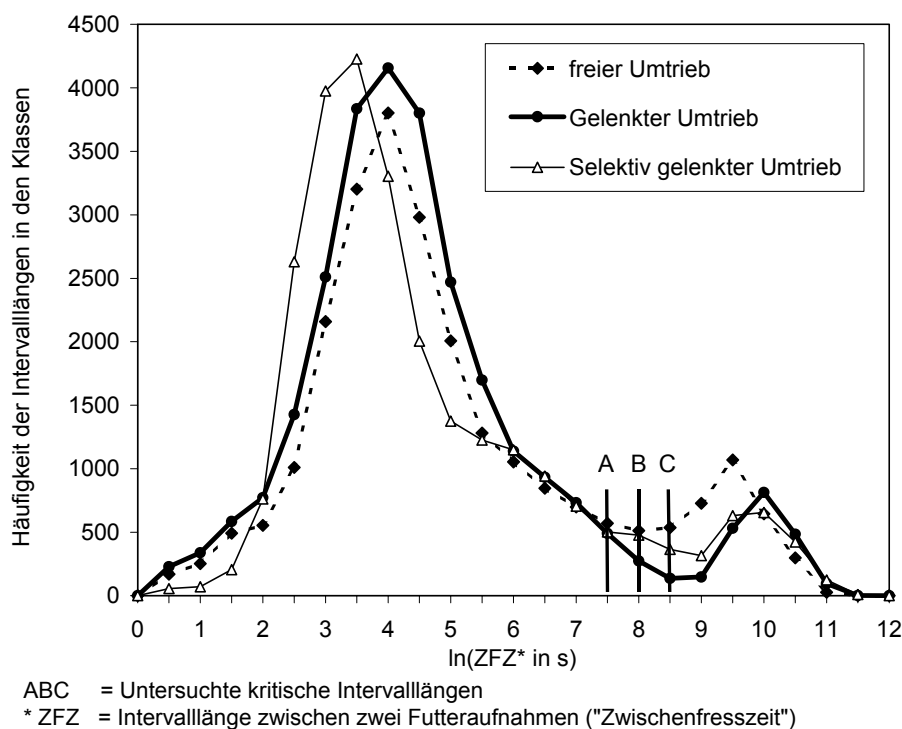
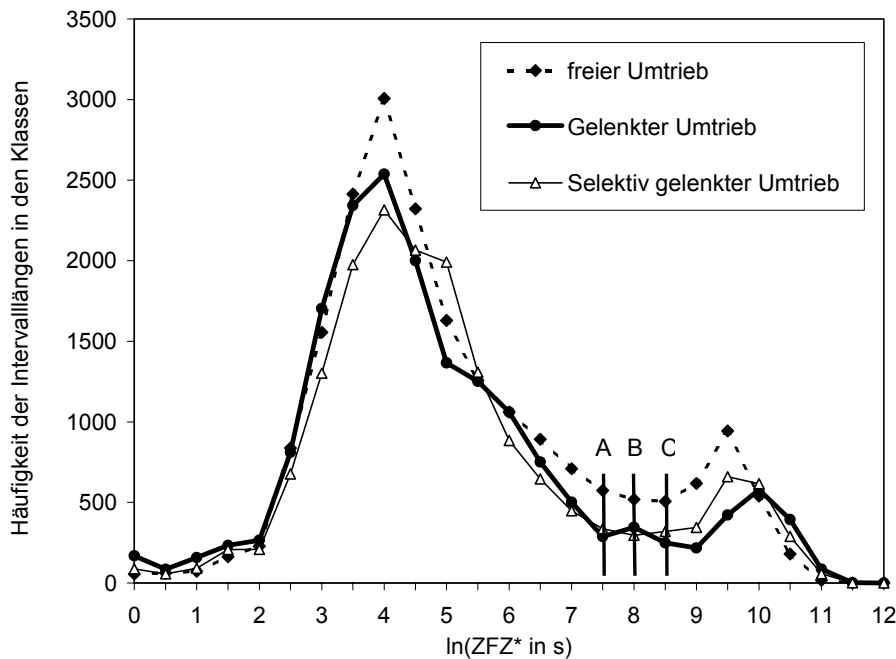


Abbildung 38: Häufigkeitsverteilung der logarithmierten Intervalllängen zwischen zwei Futteraufnahmen (Betrieb **Grub**)

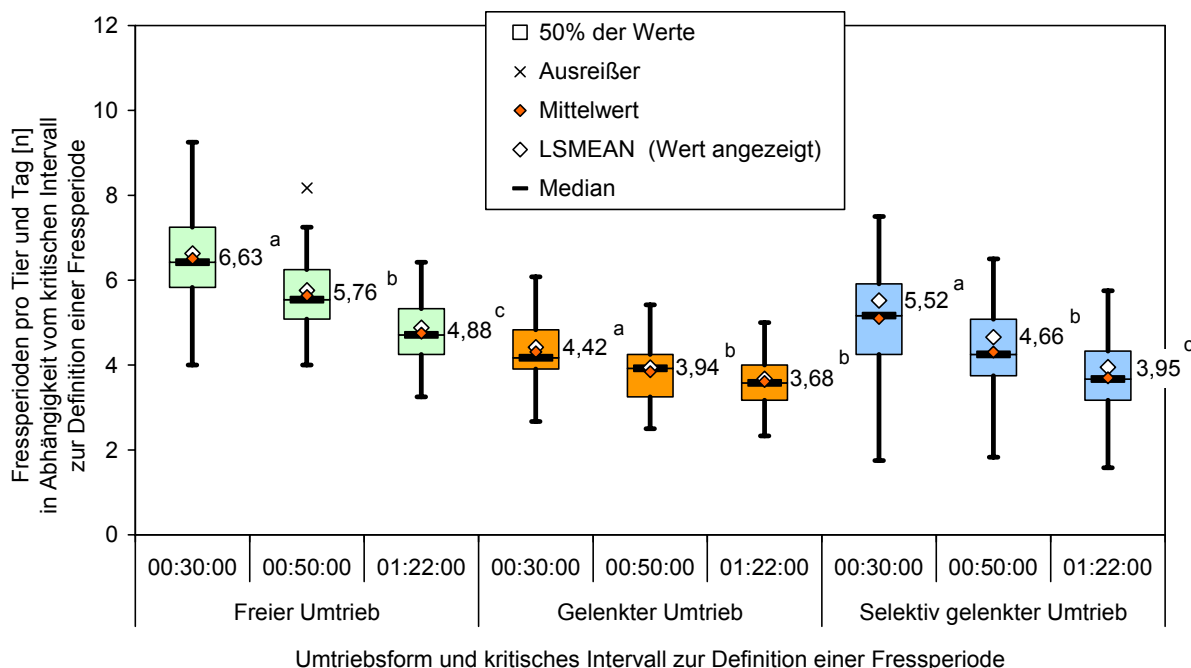


ABC = Untersuchte kritische Intervalllängen
 * ZFZ = Intervalllänge zwischen zwei Futteraufnahmen ("Zwischenfresszeit")

Abbildung 39: Häufigkeitsverteilung der logarithmierten Intervalllängen zwischen zwei Futteraufnahmen (Betrieb **Hirschau**)

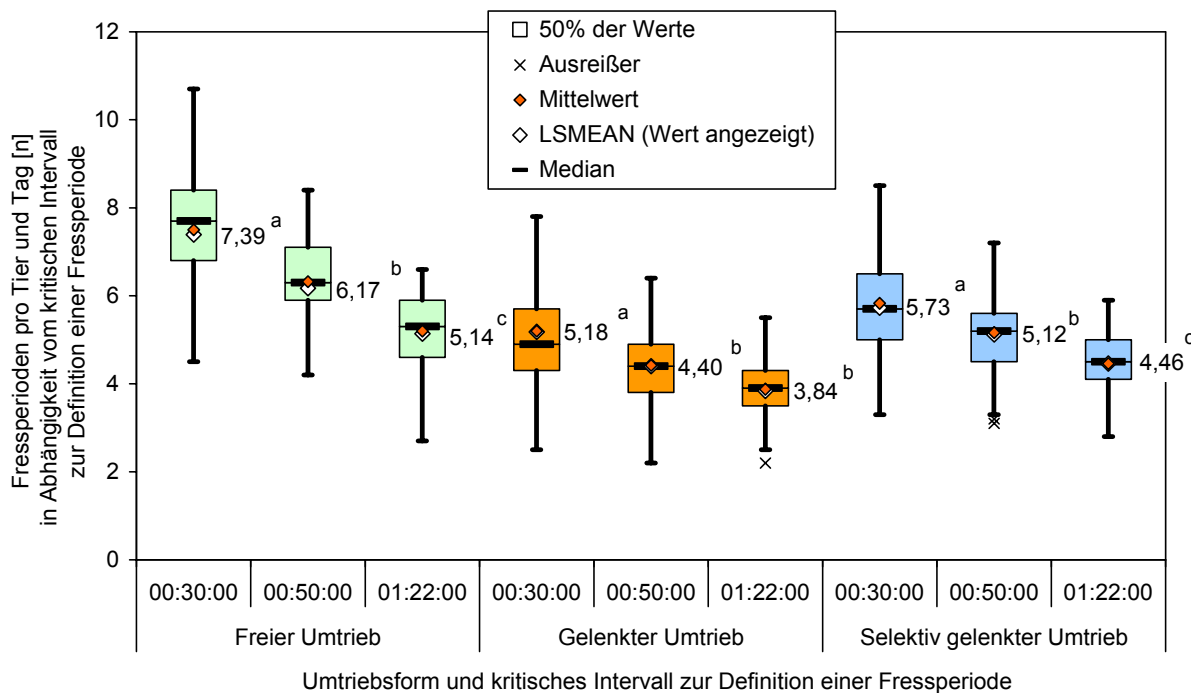
Die Abhängigkeit der errechneten Anzahl der Fressperioden von der Wahl des kritischen Intervalls ist für den Betrieb Grub in Abbildung 40 und für den Betrieb Hirschau in Abbildung 41 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Anzahl der errechneten Fressperioden sehr stark von der gewählten kritischen Intervalllänge abhängig war. Bei den verschiedenen Umtriebsformen ging die Zahl der Fressperioden mit ansteigender kritischer Intervalllänge dabei entsprechend des Verlaufs der Häufigkeitsverteilungen (vgl. Abbildung 38 und Abbildung 39) unterschiedlich stark zurück. Den höchsten Wert wies auf beiden Betrieben und bei allen kritischen Intervalllängen jeweils der freie Umtrieb auf, gefolgt vom selektiv gelenkten und gelenkten Umtrieb.

In der Anzahl der Fressperioden unterschieden sich beide Betriebe bei gleicher Umtriebsform und kritischer Intervalllänge jeweils signifikant ($\alpha = 0,05$). Der Betrieb Hirschau wies dabei immer die höhere Anzahl errechneter Fressperioden auf als der Betrieb Grub.



abc: Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Umtriebsform ($\alpha = 0,05$)

Abbildung 40: Anzahl der Fressperioden je Tier und Tag in Abhängigkeit von der Umtriebsform und dem gewählten kritischen Intervall zur Definition einer Fressperiode (Betrieb **Grub**)



abc: Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Umtriebsform ($\alpha = 0,05$)

Abbildung 41: Anzahl der Fressperioden je Tier und Tag in Abhängigkeit von der Umtriebsform und dem gewählten kritischen Intervall zur Definition einer Fressperiode (Betrieb **Hirschau**)

In Tabelle 38 sind die Unterschiede in der Anzahl errechneter Fressperioden in den verschiedenen Umtriebsformen bei einer bestimmten kritischen Intervalllänge (KI) dargestellt. Bei einer kritischen Intervalllänge von 0:30 unterschieden sich auf dem Betrieb Grub alle Umtriebsformen hinsichtlich der Anzahl der Fressperioden hochsignifikant ($\alpha = 0,01$) voneinander. Bei kritischen Intervalllängen von 0:50 und 1:22 blieben die Unterschiede zwar in der Tendenz bestehen, sie waren jedoch zwischen den beiden gelenkten Umtriebsformen nicht mehr signifikant ($\alpha = 0,05$). Auf dem Betrieb Hirschau zeigte sich ein anderes Bild. Auch hier waren bei einer kritischen Intervalllänge von 0:30 signifikante Unterschiede zwischen den Umtriebsformen festzustellen, aufgrund der größeren Streuung der Werte allerdings nur bei $\alpha = 0,05$. Bei den höheren kritischen Intervalllängen unterschieden sich im Gegensatz zum Betrieb Grub alle Umtriebsformen hinsichtlich der Anzahl der Fressperioden hochsignifikant ($\alpha = 0,01$) voneinander. Der selektiv gelenkte Umtrieb war hier klar vom gelenkten Umtrieb zu trennen.

Tabelle 38: Unterschiede in der Anzahl der Fressperioden zwischen den Umtriebsformen bei verschiedenen kritischen Intervalllängen (KI)

Versuchsort	Kritische Intervalllänge (KI) [h:min]	Anzahl der errechneten Fressperioden (LSMEANS) pro Tier und Tag [n]		
		Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Selektiv gel. Umtrieb
Grub	0:30	6,63 ^a	4,42 ^b	5,52 ^c
	0:50	5,76 ^a	3,94 ^b	4,66 ^b
	1:22	4,88 ^a	3,68 ^b	3,95 ^b
Hirschau	0:30	7,39 ^a	5,18 ^b	5,73 ^{b*}
	0:50	6,17 ^a	4,40 ^b	5,12 ^c
	1:22	5,14 ^a	3,84 ^b	4,46 ^c

abc Verschiedene Buchstaben zeigen statistisch hochsignifikante Unterschiede innerhalb eines Versuchsortes und einer kritischen Intervalllänge an ($\alpha = 0,01$)

* Bei $\alpha = 0,05$ konnte ein signifikanter Unterschied abgesichert werden

Der Vergleich der errechneten Fressperioden pro Tier und Tag mit der Anzahl der beobachteten Besuche pro Tier und Tag ist in Abbildung 42 dargestellt. Auch bei der Verrechnung der kürzesten kritischen Intervalllänge (0:30) lag beim freien Umtrieb auf beiden Betrieben die Anzahl der beobachteten Besuche pro Tier und Tag deutlich über der Anzahl der errechneten Fressperioden. Dies bedeutet, dass die Tiere den Fressbereich bei dieser Umtriebsform auch zwischen den berechneten Fressperioden aufsuchten, ohne jedoch Futter aufzunehmen, oder diesen Bereich während einer Fressperiode kurzzeitig verließen.

Unter der Annahme, dass für die gelenkten Umtriebsformen eher die beiden längeren kritischen Intervalllängen zutreffender waren, zeigte sich auf dem Betrieb Grub bei beiden gelenkten Umtriebformen eine relativ gute Übereinstimmung der Anzahl der errechneten Fressperioden mit der beobachteten Anzahl der Besuche des Fressbereichs. Eine solche Übereinstimmung konnte auch auf dem Betrieb Hirschau beim gelenkten Umtrieb gefunden werden. Bei selektiv gelenktem Umtrieb war die Anzahl der beobachteten Besuche bei den beiden längeren kritischen Intervalllängen jedoch höher als die Anzahl der errechneten Fressperioden. Ein statistischer Vergleich der beobachteten Besuche des Fressbereichs mit den errechneten Werten der Fressperioden wurde nicht durchgeführt, da die Datengrundlage für diese Werte nicht vergleichbar war (keine Zuordnung der Besuche zum Einzeltier).

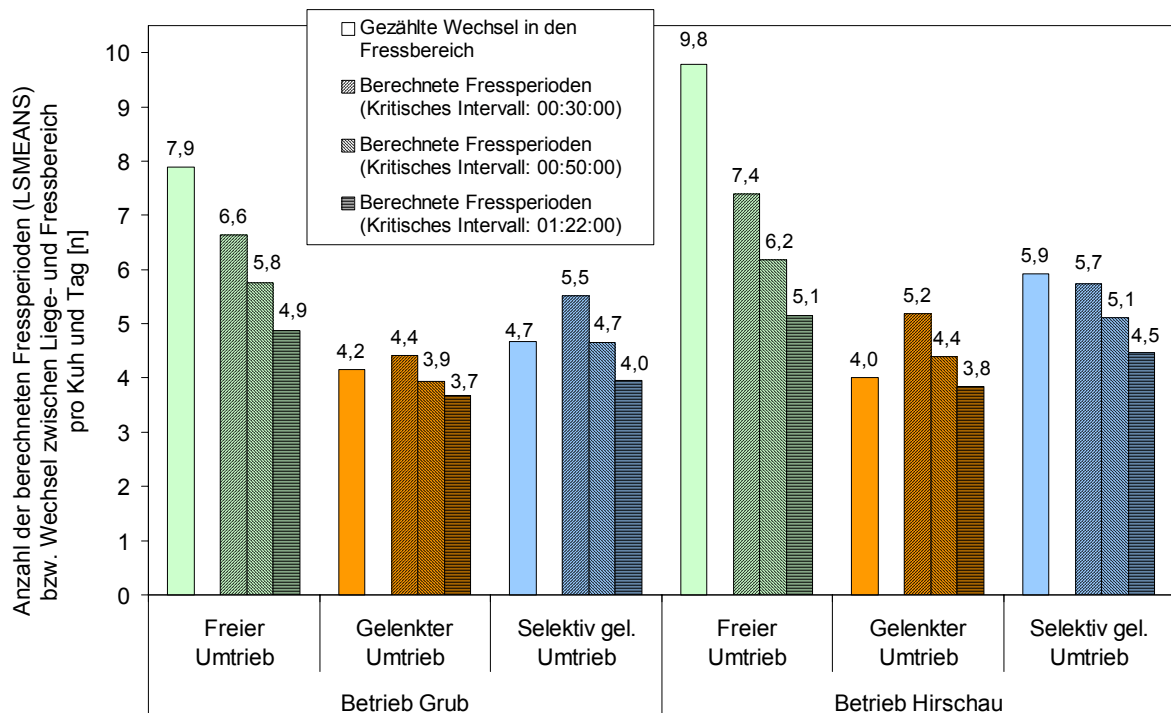


Abbildung 42: Anzahl der Wechsel zwischen Liege- und Fressbereich im Vergleich zur Anzahl der berechneten Fressperioden pro Kuh und Tag

Hinsichtlich des Einflusses der verschiedenen Untergruppen der Herden auf die Anzahl der Fressperioden wurden bei allen kritischen Intervalllängen vergleichbare Ergebnisse gefunden, die am Beispiel der kritischen Intervalllänge von 50 min in Tabelle 39 und Tabelle 40 dargestellt sind.

Die Leistungsgruppe hatte auf dem Betrieb Grub einen signifikanten Einfluss, Tiere der höchsten Leistungsgruppe fraßen öfter als solche mit niedrigerer Leistung.

Auf dem Betrieb Hirschau wurde dieser Einfluss nicht gefunden. Die Laktationsnummer beeinflusste die Anzahl der Fressperioden nur auf dem Betrieb Hirschau, Tiere ab der dritten Laktation zeigten weniger Fressperioden pro Tag als solche in den ersten beiden Laktationen. Die Dominanzwert-Gruppe oder das Leistungsdrittel hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Fressperioden.

Tabelle 39: Anzahl der Fressperioden (LSMEANS) bei einer kritischen Intervalllänge von 50 min und verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Grub**) $r^2=0,59$ ***

		Umtriebsform		Dominanzwert-Gruppe	Laktations-Gruppe	Laktations-drittel	Leistungs-Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		***		n.s.	n.s.	n.s.	***	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	5,76 ^a	Stufe des Einflussfaktors	1	4,80 ^a	4,88 ^a	4,13 ^a	4,36 ^a
	Gelenkter Umtrieb	3,94 ^b		2	4,76 ^a	4,94 ^a	4,23 ^a	4,66 ^a
	Selektiv gelenkter Umtrieb	4,66 ^c		3	4,80 ^a	4,53 ^b	4,15 ^a	5,33 ^b

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

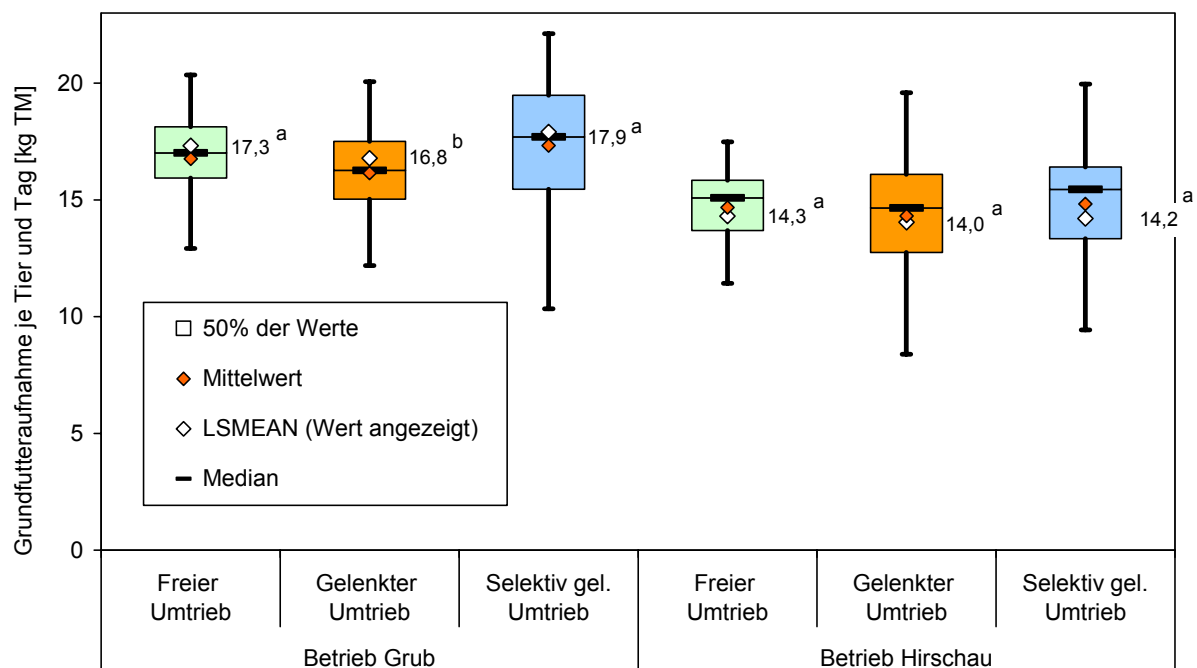
Tabelle 40: Anzahl der Fressperioden (LSMEANS) bei einer kritischen Intervalllänge von 50 min und verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Hirschau**) $r^2=0,53$ ***

		Umtriebsform		Dominanzwert-Gruppe	Laktations-Gruppe	Laktations-drittel	Leistungs-Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		***		n.s.	***	n.s.	n.s.	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	6,17 ^a	Stufe des Einflussfaktors	1	5,22 ^a	5,67 ^a	5,27 ^a	5,40 ^a
	Gelenkter Umtrieb	4,40 ^b		2	5,17 ^a	5,45 ^a	5,43 ^a	5,05 ^a
	Selektiv gelenkter Umtrieb	5,12 ^c		3	5,31 ^a	4,58 ^b	5,00 ^a	5,25 ^a

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

6.3.2 Futteraufnahme / Fressdauer

Wie aus Abbildung 43 ersichtlich wird, waren bei der Grundfutteraufnahme (kg TM inkl. Ausgleichskraftfutter) zwischen den verschiedenen Umtriebsformen nur geringe Unterschiede feststellbar. Die beiden Versuchsorte unterschieden sich jedoch deutlich. Auf dem Betrieb Grub nahmen die Tiere im Mittel zwischen 16,8 kg TM (gelenkter Umtrieb) und 17,9 kg TM (selektiv gelenkter Umtrieb) auf. Hierbei unterschied sich der gelenkte Umtrieb signifikant von den beiden anderen Umtriebsformen und wies dabei den niedrigsten Wert auf. Auch auf dem Betrieb Hirschau wies der gelenkte Umtrieb tendenziell die niedrigste Grundfutteraufnahme (TM) auf, der Unterschied war jedoch nicht signifikant. Einschränkend ist diesem Ergebnis hinzuzufügen, dass es sehr stark vom angenommenen Wert für den Trockensubstanzgehalt der Grundfütterration (vgl. Tabelle 10) abhängig ist. Bereits geringe Abweichungen der angenommenen Trockensubstanzgehalte von den wahren Trockensubstanzgehalten könnten daher zu anderen Ergebnissen führen. Leider konnte eine Trockensubstanzbestimmung nicht für jeden Versuchstag durchgeführt werden. Generell wird aber deutlich, dass unter den gegebenen Bedingungen die verschiedenen Umtriebsformen nicht zu großen Unterschieden in der Grundfutteraufnahme (TM) führten.



abc: Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb eines Versuchsortes an ($\alpha = 0,05$)

Abbildung 43: Grundfutteraufnahme je Tier und Tag (inkl. Ausgleichskraftfutter)

Hinsichtlich der verschiedenen Untergruppen der Herden wurden auf den Betrieben folgende Ergebnisse ermittelt (Tabelle 41 und Tabelle 42). Die Laktationsnummer hatte auf beiden Betrieben einen signifikanten Einfluss auf die Grundfutteraufnahme. Tiere in der ersten Laktation fraßen jeweils weniger als Tiere in den folgenden Laktationen. Die Dominanzwert-Gruppe hatte nur auf dem Betrieb Grub einen signifikanten Einfluss auf die Grundfutteraufnahme, rangniedere Tiere (Gruppe 1) nahmen hier weniger Futter auf als ranghohe Tiere (Gruppe 3). Beim Laktationsdrittel war auf beiden Betrieben ein signifikanter Einfluss auf die Grundfutteraufnahme festzustellen, die Tiere im ersten Laktationsdrittel fraßen dabei im Mittel am wenigsten. Nur auf dem Betrieb Grub wurde ein signifikanter Einfluss der Leistungsgruppe auf die Grundfutteraufnahme ermittelt, hier stieg die Grundfutteraufnahme mit zunehmender Leistung an. Kein Effekt wurde dagegen auf dem Betrieb Hirschau festgestellt.

Auf beiden Betrieben wurde kein signifikanter Einfluss der Wechselwirkung zwischen Umtriebsform und Laktationsdrittel bzw. Leistungsgruppe festgestellt. Die Untergruppen reagierten also bei unterschiedlichen Umtriebsformen stets gleich.

Tabelle 41: LSMEANS der Grundfutteraufnahme (kg TM) bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Grub**) $r^2=0,53$ ***

		Umtriebsform		Dominanzwert-Gruppe	Laktations-Gruppe	Laktationsdrittel	Leistungs-Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		*		*	***	***	**	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	17,32 ^a	Stufe des Einflussfaktors	1	16,74 ^a	16,41 ^a	16,06 ^a	16,40 ^a
	Gelenkter Umtrieb	16,78 ^b		2	17,38 ^{ab}	17,61 ^b	18,50 ^b	17,27 ^b
	Selektiv gelenkter Umtrieb	17,91 ^a		3	17,89 ^b	17,99 ^b	17,45 ^c	18,34 ^c

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

Tabelle 42: LSMEANS der Grundfutteraufnahme (kg TM) bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Hirschau**) $r^2=0,49$ ***

		Umtriebs- form		Dominanz- wert-Gruppe	Laktations- Gruppe	Laktations- drittel	Leistungs- Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		n.s.		n.s.	***	***	n.s.	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	14,31 ^a	Stufe des Einfluss- faktors	1	14,41 ^a	12,85 ^a	12,22 ^a	14,16 ^a
	Gelenkter Umtrieb	14,04 ^a		2	14,14 ^a	14,52 ^b	14,55 ^b	13,98 ^a
	Selektiv gelenkter Umtrieb	14,20 ^a		3	14,00 ^a	15,16 ^b	15,76 ^c	14,40 ^a

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

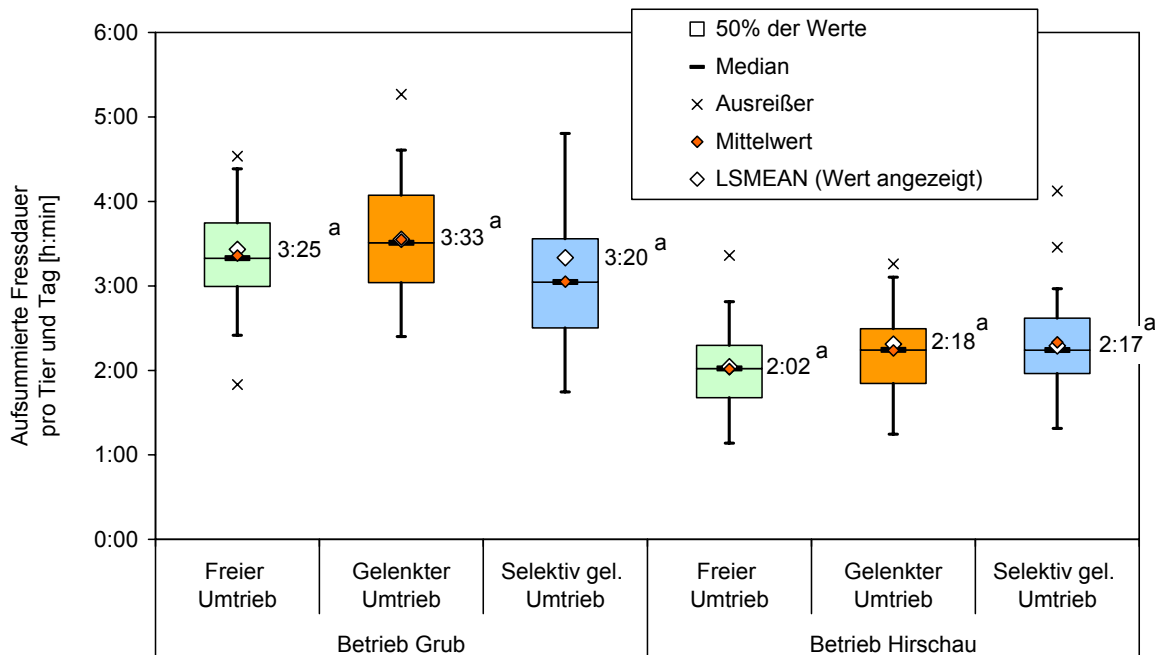
Die Kraftfutterzuteilung pro Tier und Tag (TM) an beiden Versuchsorten ist in Tabelle 43 ersichtlich. Bei den dargestellten Unterschieden ist dabei jedoch nicht von einem Einfluss der Umtriebsform auszugehen, die Abbildung spiegelt vielmehr die unterschiedlichen Einstellungen bei der Kraftfutterzuteilung wider. Auf dem Betrieb Hirschau wurde beim gelenkten Umtrieb mehr Kraftfutter zugeteilt als beim freien und selektiv gelenkten Umtrieb, die Kraftfuttermenge in der Melkbox war jedoch bei allen drei Umtriebsformen vergleichbar (vgl. 5.5.4, S. 59). Im Durchschnitt war die Kraftfuttermenge auf dem Betrieb Hirschau höher als auf dem Betrieb Grub, bei jedoch auch höherer Leistung.

Tabelle 43: Krafffutterzuteilung (LSMEANS) je Tier und Tag

		Krafffutterzuteilung je Tier und Tag [kg TM]		
		Melkbox	KF-Stationen	Summe
Betrieb Grub	Freier Umtrieb	1,98 ^a	-	1,98 ^a
	Gelenkter Umtrieb	2,45 ^a	-	2,45 ^a
	Selektiv gelenkter Umtrieb	1,96 ^a	-	1,96 ^a
Betrieb Hirschau	Freier Umtrieb	1,16 ^a	2,36 ^a	3,52 ^a
	Gelenkter Umtrieb	1,24 ^a	3,69 ^b	4,93 ^b
	Selektiv gelenkter Umtrieb	1,26 ^a	2,49 ^a	3,75 ^a

abc verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb eines Versuchsortes an ($\alpha = 0,05$)

In Abbildung 44 ist die aufsummierte Fressdauer (Kopf im Trog) pro Tier und Tag dargestellt (Erklärung siehe 5.6.2.3, S. 64). Auf dem Betrieb Grub wies der gelenkte Umtrieb mit 3:33 h die höchste Fressdauer auf, allerdings waren die Unterschiede zwischen den Umtriebsformen nicht signifikant. Auf dem Betrieb Hirschau lag die Fressdauer bei allen Umtriebsformen um mehr als eine Stunde unter den Werten des Betriebs Grub. Hier wies der freie Umtrieb mit 2:02 h eine tendenziell niedrigere Fressdauer auf als die beiden gelenkten Umtriebsformen.



abc: Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb eines Versuchsortes ($\alpha = 0,05$)

Abbildung 44: Aufsummierte Fressdauer (Kopf im Trog) pro Tier und Tag

Die Varianzanalyse zur Fressdauer ergab auf beiden Betrieben keine signifikante Wechselwirkung zwischen Umtriebsform und Laktationsdrittel bzw. Leistungsgruppe.

Auf dem Betrieb Grub hatten alle untersuchten Untergruppen der Herde (vgl. 5.8, S. 68) einen signifikanten Einfluss auf die Fressdauer pro Tier und Tag. Die Fressdauer der Tiere aus der Dominanzwert-Gruppe 3 („ranghoch“) lag ca. 20 min über den Tieren der Dominanzwert-Gruppen 1 und 2. Die Werte der Tiere ab der dritten Laktation lagen etwa 30-35 min unter den Werten der beiden ersten Laktationen. Im Durchschnitt war die Fressdauer bei Tieren im ersten Laktationsdrittel ca. 35 min kürzer als in den folgenden Laktationsdritteln. Hinsichtlich der Leistungsgruppe nahm die Fressdauer mit zunehmender Leistung ebenfalls zu, die Leistungsgruppen 1 und 3 unterschieden sich signifikant (Tabelle 44).

Tabelle 44: LSMEANS der Fressdauer [h:min] bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Grub**) $r^2=0,46$ ***

		Umtriebs- form		Dominanz- wert-Gruppe	Laktations- Gruppe	Laktations- drittel	Leistungs- Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		n.s.		*	***	***	*	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	3:25 ^a	Stufe des Einfluss- faktors	1	3:17 ^a	3:32 ^a	3:02 ^a	3:14 ^a
	Gelenkter Umtrieb	3:33 ^a		2	3:21 ^a	3:41 ^a	3:37 ^b	3:27 ^{ab}
	Selektiv gelenkter Umtrieb	3:20 ^a		3	3:39 ^b	3:04 ^b	3:39 ^b	3:37 ^b

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

Auf dem Betrieb Hirschau hatte nur das Laktationsdrittel einen signifikanten Einfluss auf die Fressdauer pro Tier und Tag. Wie auf dem Betrieb Grub war auch hier die Fressdauer im ersten Laktationsdrittel am kürzesten. Sie lag ca. 15 bzw. 25 min unter den folgenden Laktationsdritteln, die sich nicht signifikant unterscheiden (Tabelle 45).

Tabelle 45: LSMEANS der Fressdauer [h:min] bei verschiedenen Einflussfaktoren (Betrieb **Hirschau**) $r^2=0,29$ **

		Umtriebsform		Dominanzwert-Gruppe	Laktations-Gruppe	Laktationsdrittel	Leistungs-Gruppe	
Signifikanz des Einflusses		n.s.		n.s.	n.s.	**	n.s.	
Umtriebsform	Freier Umtrieb	2:02 ^a	Stufe des Einflussfaktors	1	2:17 ^a	2:07 ^a	1:57 ^a	2:17 ^a
	Gelenkter Umtrieb	2:18 ^a		2	2:10 ^a	2:18 ^a	2:15 ^b	2:06 ^a
	Selektiv gelenkter Umtrieb	2:17 ^a		3	2:11 ^a	2:14 ^a	2:26 ^b	2:16 ^a

abc Signifikante Unterschiede der LSMEANS zwischen den Umtriebsformen bzw. den Stufen der Einflussfaktoren (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$)

Während bei der aufsummierten Fressdauer keine signifikanten Unterschiede zwischen den Umtriebsformen feststellbar waren, traten bei den aufsummierten Fressperiodenlängen pro Tier und Tag (Erklärung siehe 5.6.2.3, S. 64) größere, teilweise signifikante Unterschiede auf (Tabelle 46). Auf dem Betrieb Grub waren bei kritischen Intervalllängen von 30 und 50 min diese Unterschiede nicht signifikant, bei einer kritischen Intervalllänge von 82 min wies der freie Umtrieb signifikant höhere Werte auf als der gelenkte Umtrieb. Der selektiv gelenkte Umtrieb lag zwischen diesen beiden Umtriebsformen unterschied sich jedoch von keiner signifikant.

Auf dem Betrieb Hirschau wies der freie Umtrieb bei allen untersuchten kritischen Intervalllängen signifikant höhere Werte auf als der gelenkte Umtrieb. Der selektiv gelenkte Umtrieb lag bei einer kritischen Intervalllänge von 30 min noch zwischen diesen beiden Umtriebsformen, ohne sich signifikant von ihnen zu unterscheiden. Bei kritischen Intervalllängen von 50 und 82 min lag er auf dem Niveau des gelenkten Umtriebs und unterschied sich signifikant vom freien Umtrieb.

Tabelle 46: Aufsummierte Fressperiodenlängen pro Tier und Tag bei verschiedenen kritischen Intervalllängen (KI)

Versuchsort	Kritische Intervalllänge (KI) [h:min]	Aufsummierte Fressperiodenlänge (LSMEANS) pro Tier und Tag [n]		
		Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Selektiv gel. Umtrieb
Grub	0:30	4:57 ^a	4:49 ^a	4:39 ^a
	0:50	5:24 ^a	5:15 ^a	5:12 ^a
	1:22	6:20 ^a	5:31 ^b	5:57 ^{ab}
Hirschau	0:30	3:57 ^a	3:31 ^b	3:45 ^{ab}
	0:50	4:45 ^a	4:02 ^b	4:09 ^b
	1:22	5:52 ^a	4:37 ^b	4:51 ^b

abc Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb eines Versuchsortes und einer kritischen Intervalllänge ($\alpha = 0,05$)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass auf beiden Betrieben beim freien Umtrieb die aufsummierte Fressperiodenlänge tendenziell oder signifikant größer war, als bei den beiden gelenkten Umtriebsformen. Beim freien Umtrieb war damit ein höherer Zeitanteil dem Verhaltensbereich Fressen zuzuordnen. Die reine Fressdauer (Kopf im Trog) pro Tier und Tag unterschied sich dagegen nicht (vgl. Abbildung 44, S. 110).

Auch hinsichtlich der aufsummierten Fressperiodenlängen ergab die Varianzanalyse keine signifikante Wechselwirkung zwischen Umtriebsform und Laktationsdrittel bzw. Leistungsgruppe.

Einen signifikanten Einfluss hatte auf beiden Betrieben die Laktationsnummer. Auf dem Betrieb Grub wiesen die Tiere ab der dritten Laktation niedrigere Werte auf als in den beiden ersten Laktationen. Auf dem Betrieb Hirschau waren die aufsummierten Fressperiodenlängen in der zweiten Laktation am höchsten, Tiere in der ersten und ab der dritten Laktation wiesen niedrigere Werte auf.

Das Laktationsdrittel hatte auf dem Betrieb Grub bei allen kritischen Intervalllängen einen signifikanten Einfluss, Tiere im ersten Laktationsdrittel wiesen hier die niedrigsten Werte auf. Auf dem Betrieb Hirschau stieg mit zunehmender Laktation der Wert für die aufsummierte Fressperiodenlänge. Bei kritischen Intervalllängen von 30 und 50 min unterschieden sich dabei das erste und das letzte Laktationsdrittel signifikant voneinander, dies war bei 82 min nicht mehr der Fall.

Keinen Einfluss hatte die Dominanzwert- oder die Leistungsgruppe.

In Tabelle 47 sind die Futteraufnahme je Fressperiode, die vorangegangene Zeit ohne Futteraufnahme und die Korrelation zwischen beiden Werten dargestellt (Erklärungen siehe 5.6.2.3, S. 64).

Wie aufgrund der Anzahl der Fressperioden pro Tier und Tag (vgl. Tabelle 38, S. 104) und den geringen Unterschieden in der Grundfutteraufnahme (vgl. Abbildung 43, S. 107) zu erwarten, war die Futteraufnahme je Fressperiode beim freien Umtrieb bei allen kritischen Intervalllängen am geringsten, gefolgt vom selektiv gelenkten und gelenkten Umtrieb. Die Unterschiede waren außer auf dem Betrieb Grub mit einer kritischen Intervalllänge von 1:22 signifikant. Beim Vergleich der Betriebe wies der Betrieb Hirschau jeweils die niedrigeren Werte auf.

Hinsichtlich der vorangegangenen Zeit ohne Futteraufnahme waren die Ergebnisse ähnlich. Hier verging beim freien Umtrieb bei allen kritischen Intervalllängen am wenigsten Zeit, bis das Tier eine neue Fressperiode begann, gefolgt vom selektiv gelenkten und gelenkten Umtrieb. Die Umtriebsformen unterschieden sich dabei innerhalb einer kritischen Intervalllänge und eines Betriebs jeweils signifikant. Beim Vergleich der Betriebe wies der Betrieb Hirschau wieder die niedrigeren Werte auf.

Die höchsten Korrelationen zwischen der Futteraufnahme je Fressperiode und der vorangegangenen Zeit ohne Futteraufnahme traten auf beiden Betrieben beim gelenkten Umtrieb auf, gefolgt vom selektiv gelenkten und freien Umtrieb. Der Betrieb Hirschau wies generell niedrigere Korrelationen auf als der Betrieb Grub. Auf beiden Betrieben nahmen die Korrelationen bei Erhöhung der kritischen Intervalllänge ab, eine Ausnahme bildete der freie Umtrieb auf dem Betrieb Grub, wo der Korrelationskoeffizient leicht zunahm.

Tabelle 47: Futtermaufnahme je Fressperiode, vorangegangene Zeit ohne Futtermaufnahme und Korrelation zwischen beiden Werten

Versuchsort	KI	Umtriebsform	Futtermaufnahme je Fressperiode [kg TM]		Vorangegangene Zeit ohne Futtermaufnahme [h:min]		r
			\bar{x}	SEM	\bar{x}	SEM	
Grub	0:30	Freier Umtrieb	2,58 ^a	0,02	2:50 ^a	0:02	0,39 ***
		Gelenkter Umtrieb	3,74 ^b	0,05	4:19 ^b	0:03	0,57 ***
		Selektiv gel. Umtrieb	3,38 ^c	0,04	3:40 ^c	0:03	0,55 ***
	0:50	Freier Umtrieb	2,98 ^a	0,03	3:11 ^a	0:02	0,39 ***
		Gelenkter Umtrieb	4,20 ^b	0,06	4:46 ^b	0:03	0,55 ***
		Selektiv gel. Umtrieb	4,01 ^c	0,05	4:13 ^c	0:03	0,50 ***
	1:22	Freier Umtrieb	3,54 ^a	0,04	3:35 ^a	0:02	0,40 ***
		Gelenkter Umtrieb	4,68 ^b	0,06	5:00 ^b	0:03	0,53 ***
		Selektiv gel. Umtrieb	4,46 ^b	0,06	4:45 ^c	0:03	0,46 ***
Hirschau	0:30	Freier Umtrieb	1,92 ^a	0,02	2:38 ^a	0:02	0,36 ***
		Gelenkter Umtrieb	2,72 ^b	0,04	3:50 ^b	0:03	0,48 ***
		Selektiv gel. Umtrieb	2,33 ^c	0,03	3:27 ^c	0:02	0,42 ***
	0:50	Freier Umtrieb	2,28 ^a	0,03	3:00 ^a	0:02	0,34 ***
		Gelenkter Umtrieb	3,20 ^b	0,05	4:24 ^b	0:03	0,46 ***
		Selektiv gel. Umtrieb	2,63 ^c	0,03	3:49 ^c	0:03	0,37 ***
	1:22	Freier Umtrieb	2,77 ^a	0,04	3:25 ^a	0:02	0,26 ***
		Gelenkter Umtrieb	3,65 ^b	0,06	4:52 ^b	0:03	0,42 ***
		Selektiv gel. Umtrieb	3,04 ^c	0,04	4:15 ^c	0:03	0,33 ***

KI Kritische Intervalllänge zur Trennung von zwei Fressperioden

abc signifikante Unterschiede zwischen den Umtriebsformen innerhalb eines Versuchsortes bei einer kritischen Intervalllänge ($\alpha = 0,05$)

6.3.3 Anteil der Tiere im Fressbereich im Tagesverlauf

Auf dem Betrieb Grub ergab der Vergleich der visuell bestimmten Anzahl Tiere im Fressbereich (vgl. 5.6.3.1, S. 65) mit der errechneten Anzahl (vgl. 5.6.3.2, S. 67) folgendes Ergebnis: Beim freien Umtrieb war der Unterschied bei den für den Fressbereich errechneten Tierzahlen zwischen den verschiedenen kritischen Intervalllängen am größten, gefolgt vom selektiv gelenkten und gelenkten Umtrieb (Abbildung 45 bis Abbildung 47). Bei allen drei Umtriebsformen stimmte der auf Basis der kritischen Intervalllänge von 82 min errechnete Wert zunächst am besten mit der visuell erfassten Tierzahl überein.

Zusätzlich ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Anzahl der Besuche des Fressbereichs beim freien Umtrieb deutlich über der Anzahl der errechneten Fressperioden lag (vgl. Abbildung 42, S. 105). Hierdurch hielten sich Tiere im Fressbereich auf, die sich rechnerisch nicht in einer Fressperiode befanden. Daher erscheint beim freien Umtrieb eine kritische Intervalllänge von 50 min ebenfalls plausibel um das Fressverhalten zu beschreiben.

Insbesondere beim freien Umtrieb traten im Tagesverlauf auch verschieden hohe Abweichungen zwischen den errechneten und visuell bestimmten Werten auf. So wurde bei einer kritischen Intervalllänge von 82 min der Anteil der Tiere im Fressbereich zwischen 07:00 und 09:00 um ca. 10 %-Punkte überschätzt, was bedeutet, dass Tiere den Fressbereich während einer errechneten Fressperiode verließen, bzw. die angenommene kritische Intervalllänge in diesem Zeitraum zu lang war. Im Zeitraum zwischen 11:00 und 19:00 sowie ab ca. 21:00 wurde der Anteil der Tiere im Fressbereich dagegen unterschätzt. Einige Tiere befanden sich hier also auch zwischen zwei errechneten Fressperioden im Fressbereich, bzw. verließen diesen nicht mit dem Ende der errechneten Fressperiode.

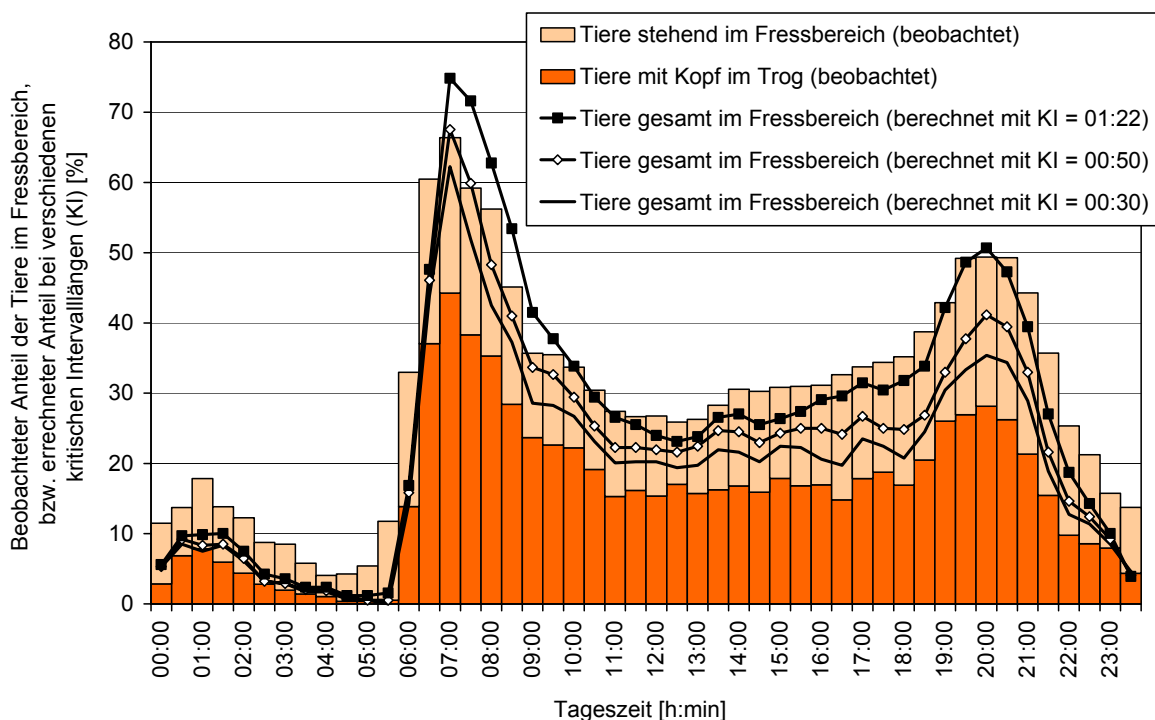


Abbildung 45: Beobachteter, bzw. bei verschiedenen kritischen Intervalllängen (KI) errechneter Anteil der Tiere im Fressbereich (Betrieb **Grub**, freier Umtrieb)

Bei den beiden gelenkten Umtriebsformen trat im Gegensatz zum freien Umtrieb auch bei der höchsten kritischen Intervalllänge nie eine Überschätzung des Anteils der Tiere im Fressbereich auf. Unter der Annahme, dass die Tiere den Fressbereich bei diesen Umtriebsformen innerhalb einer Fressperiode nicht verließen, bzw., außerhalb einer Fressperiode nicht betraten, war die kritische Intervalllänge unter dem Aspekt der möglichst genauen Schätzung des Anteils der Tiere im Fressbereich auch mit 1:22 noch zu kurz gewählt. Insgesamt konnte der Anteil der Tiere im Fressbereich auf Basis der errechneten Fressperioden aber gut beschrieben werden.

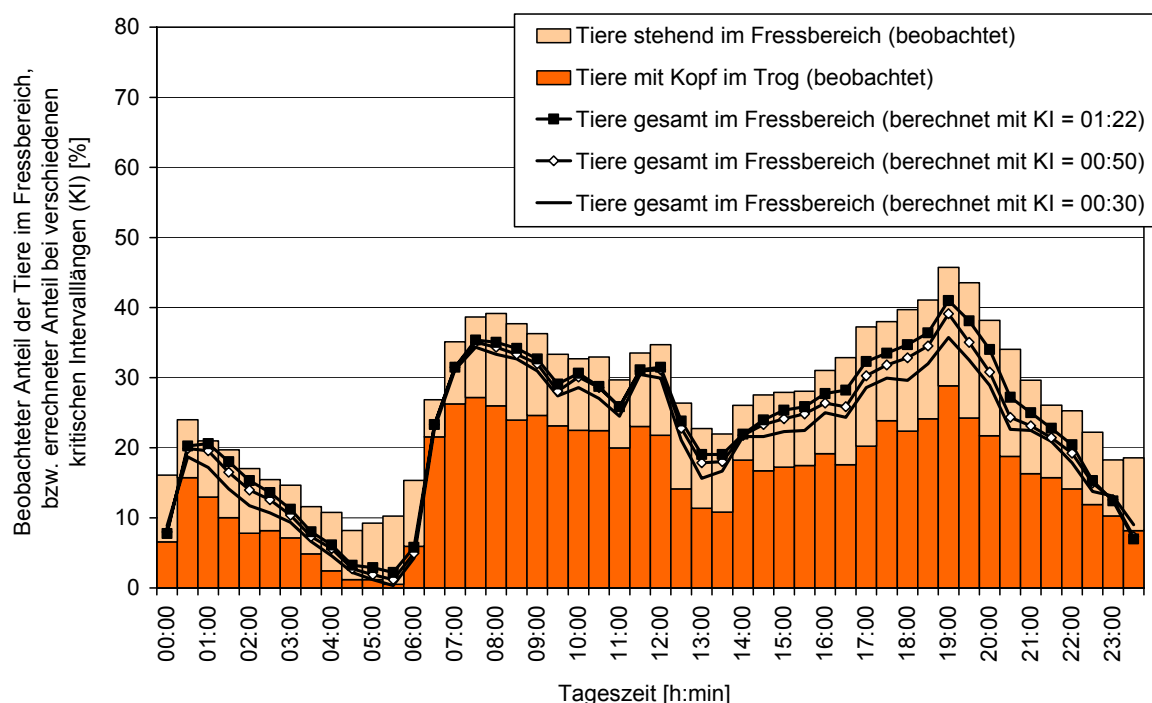


Abbildung 46: Beobachteter, bzw. bei verschiedenen kritischen Intervalllängen (KI) errechneter Anteil der Tiere im Fressbereich (Betrieb **Grub**, gelenkter Umtrieb)

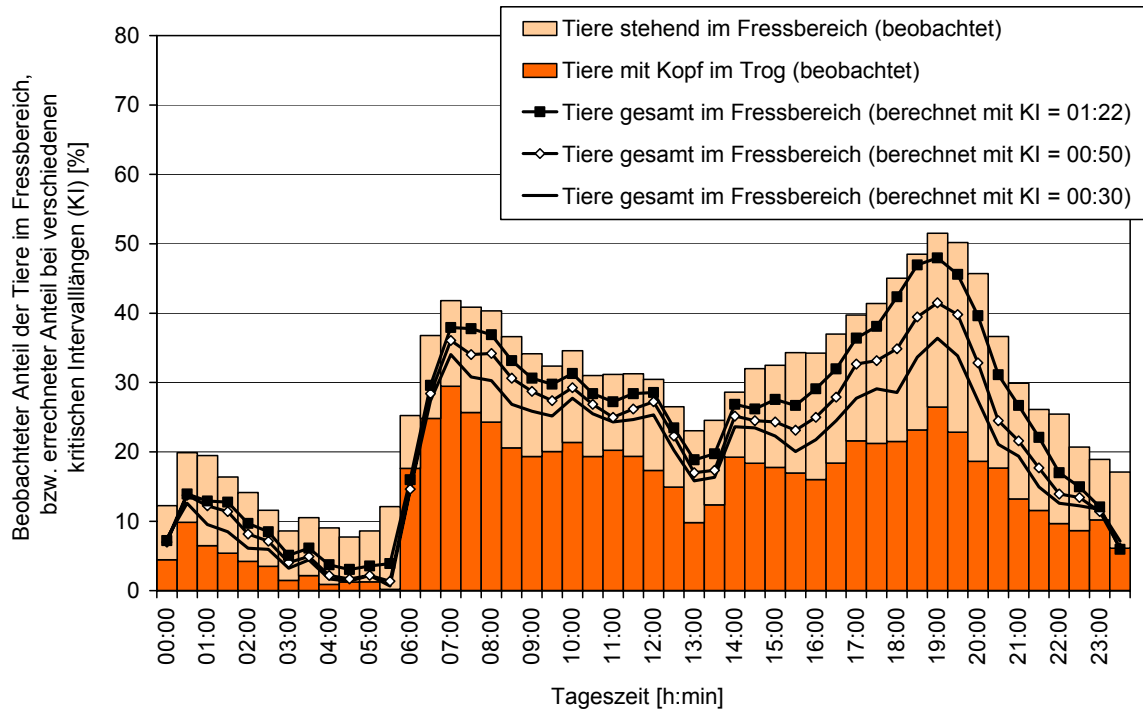


Abbildung 47: Beobachteter, bzw. bei verschiedenen kritischen Intervalllängen (KI) errechneter Anteil der Tiere im Fressbereich (Betrieb **Grub**, selektiv gelenkter Umtrieb)

Ausgehend von diesem Ergebnis, wurde auch für den Betrieb Hirschau der Anteil der Tiere im Fressbereich bei den verschiedenen Umtriebsformen errechnet. Als kritische Intervalllänge wurde 1:22 gewählt. In Abbildung 48 und Abbildung 49 sind die Anteile der Tiere im Fressbereich bei den verschiedenen Umtriebsformen für beide Betriebe zusammengefasst. Ein statistischer Vergleich zwischen den Umtriebsformen wurde nicht durchgeführt, da aufgrund der unterschiedlichen Tageslängen in den Versuchen gestreckte oder gestauchte Verläufe zu erwarten waren, die das Ergebnis verfälscht hätten (Zeiträume der Versuche, sowie Sonnenauf- und -untergang siehe Tabelle 5, S. 55 und Tabelle 6, S. 56).

Auf dem Betrieb Grub (Abbildung 48) lag beim freien Umtrieb der beobachtete Anteil der Tiere zwischen 05:30 und 07:30 (unmittelbar nach der Fütterung) deutlich über den beiden gelenkten Umtriebsformen. Weitere Unterschiede bestanden zwischen ca. 10:30 und 13:00. Hier war beim gelenkten Umtrieb zunächst ein Anstieg der Tierzahl im Fressbereich zu beobachten, ab ca. 12:00 sank der Anteil der Tiere im Fressbereich dann aber am stärksten von allen drei Umtriebsformen. Beim selektiv gelenkten Umtrieb war ein ähnliches Bild, wenn auch in abgeschwächter Form, zu beobachten. Der freie Umtrieb zeigte diesen Effekt dagegen nicht. Ursache könnte die Reinigung des Tanks zwischen 12:00 und 13:00 sein,

die dazu führte, dass beim gelenkten Umtrieb während dieser Zeit kein Tier den Fressbereich aufsuchen konnte. Beim selektiv gelenkten Umtrieb bedeutete die Tankreinigung, dass melkberechtigte Tiere den Fressbereich in diesem Zeitraum in keinem Fall erreichen konnten, nicht melkberechtigte Tiere konnten dagegen die Selektionstore nutzen.

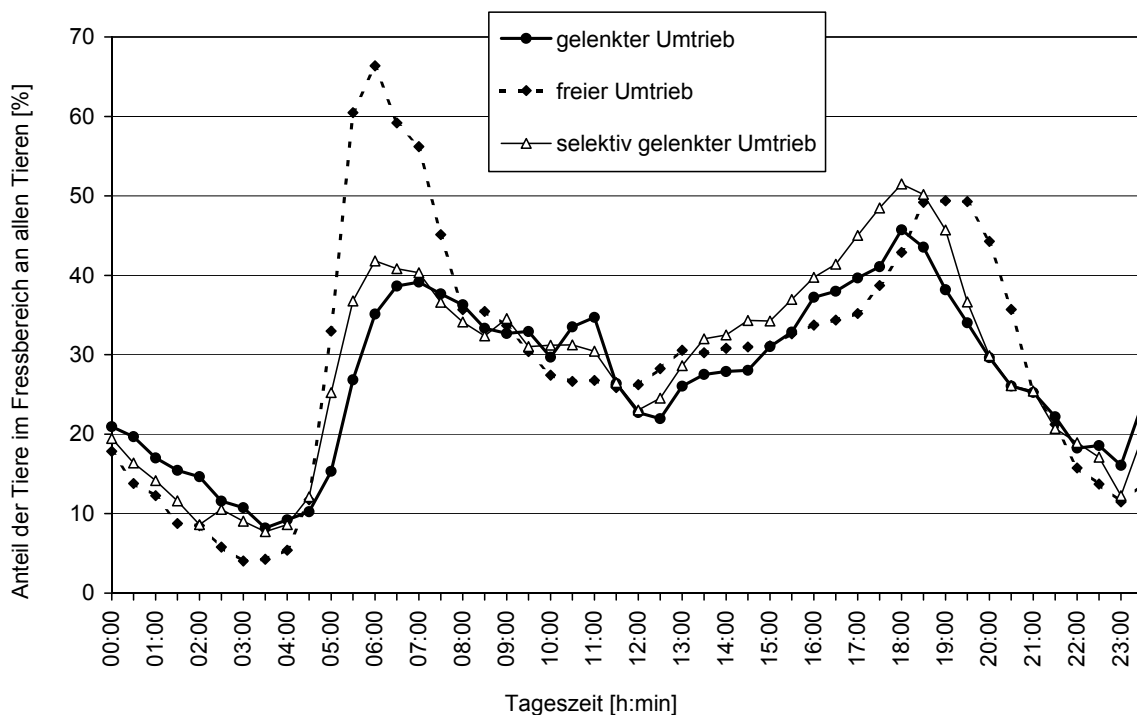


Abbildung 48: Anteil der Tiere im Fressbereich an allen Tieren im Tagesverlauf (Betrieb **Grub**, beobachtete Werte)

Auf dem Betrieb Hirschau zeigte sich beim freien Umtrieb ein ähnliches Bild wie auf dem Betrieb Grub. Ab ca. 07:00 (häufigster Zeitpunkt für die Vorlage des Futters) nahm die Anzahl der Tiere im Fressbereich rasch zu, so dass sich um 08:00 im Durchschnitt fast 50 % der Tiere im Fressbereich befanden. Im weiteren Verlauf zeigte der freie Umtrieb zwischen ca. 18:00 und 22:00 und ca. 00:00 und 03:00 weitere Fressphasen, die erste davon deutlich ausgeprägt.

Beim selektiv gelenkten Umtrieb wurden ebenfalls drei Fressphasen beobachtet. Allerdings waren die beiden Phasen am Tag nicht so deutlich ausgeprägt wie beim freien Umtrieb. Der langsamere Anstieg der Tierzahl am Vormittag deutet darauf hin, dass die Tiere den Fressbereich nicht so schnell erreichen konnten wie beim freien Umtrieb.

Der gelenkte Umtrieb zeigte den am wenigsten ausgeprägten Tagesrhythmus. Hier stieg der Anteil der Tiere im Fressbereich ab ca. 04:00 kontinuierlich an, um analog zu den beiden anderen Umtriebsformen nachmittags das Maximum zu

erreichen. Auch nachts wurde eine Fressphase beobachtet. Im Gegensatz zu den anderen Umtriebsformen war vormittags jedoch keine ausgeprägte Fressphase feststellbar.

Generell befanden sich auf dem Betrieb Hirschau bei allen Umtriebsformen weniger Tiere im Fressbereich als auf dem Betrieb Grub. Eine mögliche Ursache hierfür könnten die Kraffutterstationen im Liegebereich darstellen.

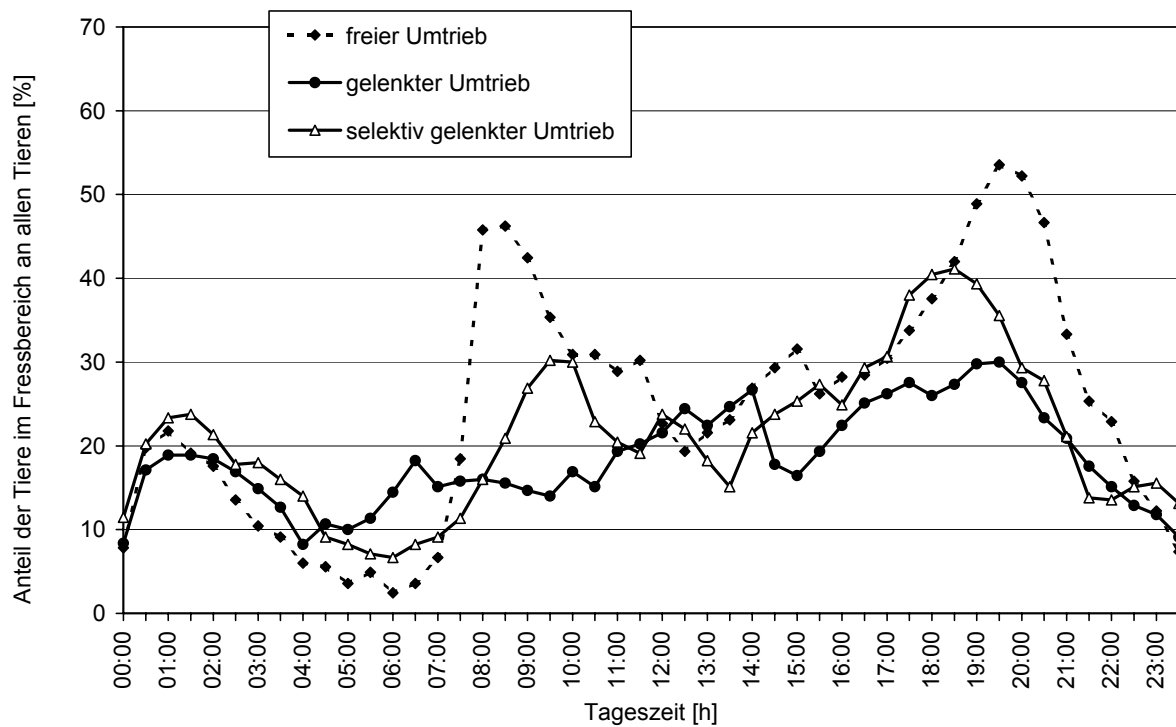


Abbildung 49: Anteil der Tiere im Fressbereich an allen Tieren im Tagesverlauf (Betrieb **Hirschau**, errechnete Werte)

Um den Einfluss des Rangs eines Tieres bzw. der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Dominanzwert-Gruppe (siehe Tabelle 19, S. 69) auf den Tagesrhythmus zu bestimmen, wurde ermittelt, welcher Anteil der Tiere einer Dominanzwert-Gruppe sich zu einem bestimmten Zeitpunkt rechnerisch im Fressbereich aufhielt. Darüber hinaus wurde erfasst, welcher Anteil der Tiere einer Dominanzwert-Gruppe die Melkbox innerhalb jeweils einer Stunde passiert hatte (Melkungen und zusätzliche Besuche). In Abbildung 50 bis Abbildung 55 sind die Ergebnisse der Berechnungen für jeden Betrieb und jede Umtriebsform jeweils als Tagesverlauf in einer Grafik zusammengefasst.

Beim Einsatz des freien Umtriebs auf dem Betrieb Grub (Abbildung 50) ist zu erkennen, dass hinsichtlich des Aufenthalts im Fressbereich kein Unterschied zwischen den Dominanzwert-Gruppen bestand. Auch bei der Nutzung der Melkbox waren nur geringe Unterschiede festzustellen.

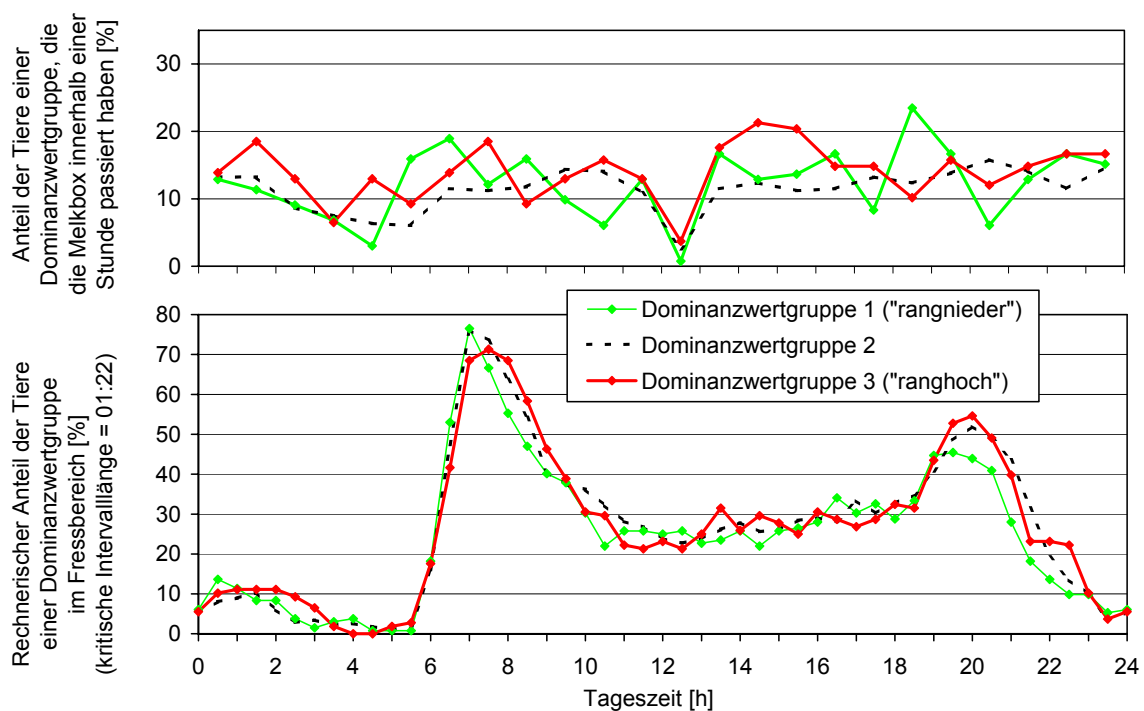


Abbildung 50: Rechnerischer Anteil der Tiere einer Dominanzwertgruppe, die sich zu einem Zeitpunkt im Fressbereich befanden, bzw. die die Melkbox innerhalb einer Stunde des Tages passierten (Betrieb **Grub**, freier Umtrieb)

Der Tagesablauf beim gelenkten Umtrieb auf dem Betrieb Grub (Abbildung 51) unterschied sich zwischen 02:00 und 07:00 bei den Passagen durch die Melkbox deutlich von dem des freien Umtriebs. Zwischen 02:00 und 05:00 und damit vor der Futtervorlage suchen verstärkt „rangniedere“ Tiere die Melkbox auf, zwischen 05.00 und 07:00 „ranghohe“ Tiere. Diese unterschiedliche Nutzung durch die verschiedenen Dominanzwert-Gruppen hatte erwartungsgemäß Auswirkungen auf den Anteil der Tiere im Fressbereich, da dieser nur über die Melkbox erreichbar war. So befand sich rechnerisch zwischen 06:30 und 09:30 ein geringerer Anteil der „rangniedereren“ als der „ranghohen“ Tiere im Fressbereich. Zwischen 2:30 und 04:00 war dieses Verhältnis dagegen umgekehrt.

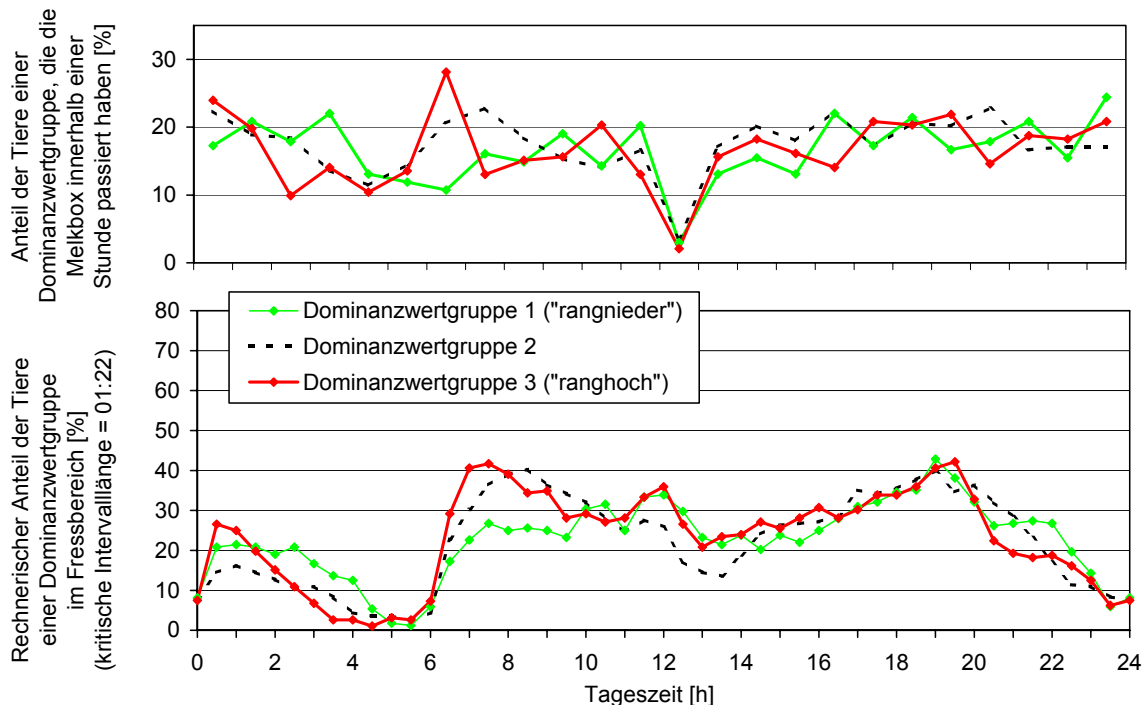


Abbildung 51: Rechnerischer Anteil der Tiere einer Dominanzwertgruppe, die sich zu einem Zeitpunkt im Fressbereich befanden, bzw. die die Melkbox innerhalb einer Stunde des Tages passierten (Betrieb **Grub**, gelenkter Umtrieb)

Auch beim selektiv gelenkten Umtrieb (Abbildung 52) wurde die Melkbox zur Zeit der Futtervorlage von einem größeren Anteil der „ranghohen“ Tiere aufgesucht, als der „rangniederen“. Dies spiegelte sich in diesem Zeitraum in Anteilen dieser Tiergruppen im Fressbereich wider, die dem gelenkten Umtrieb sehr ähnlich waren. Ab 9:00 nutzten dagegen verstärkt die „rangniederen“ Tiere die Melkbox und in der Folge auch den Fressbereich. Im weiteren Tagesverlauf waren analog zu den übrigen Umtriebsformen sowohl bei der Anzahl der Passagen der Melkbox, als auch bei den Anteilen der Untergruppen im Fressbereich keine wesentlichen Unterschiede zu beobachten.

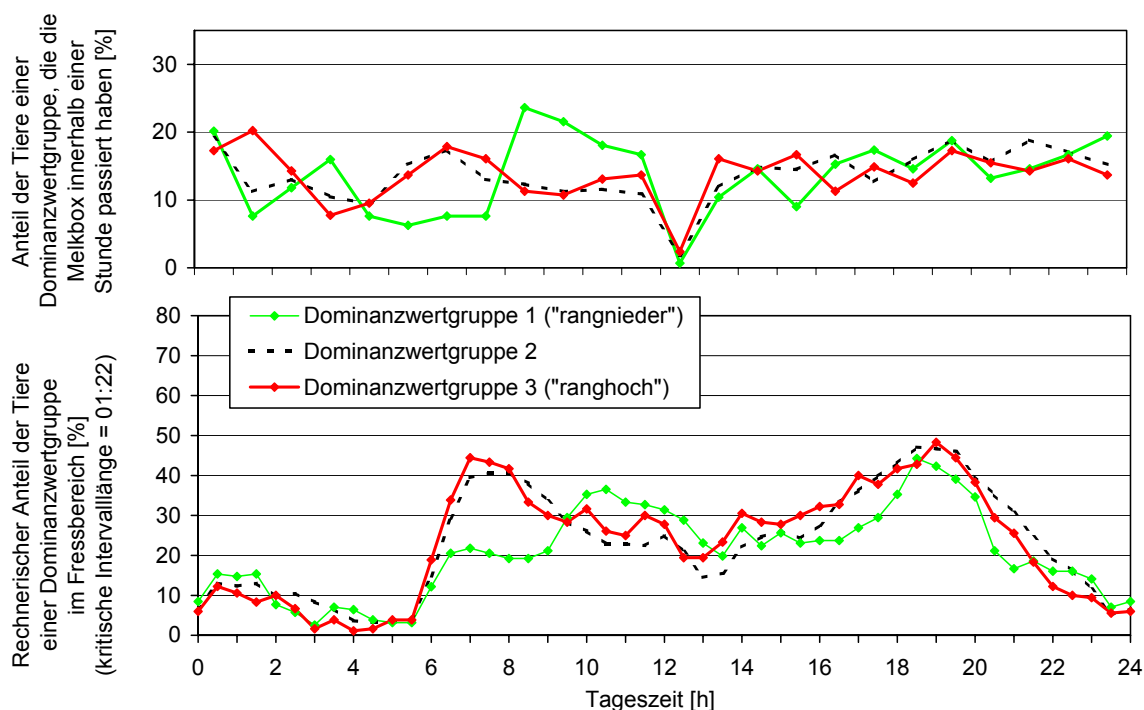


Abbildung 52: Rechnerischer Anteil der Tiere einer Dominanzwertgruppe, die sich zu einem Zeitpunkt im Fressbereich befanden, bzw. die die Melkbox innerhalb einer Stunde des Tages passierten (Betrieb **Grub**, selektiv gelenkter Umtrieb)

Auf dem Betrieb Hirschau wurden beim freien Umtrieb analog zum Betrieb Grub nur geringe Unterschiede im Anteil der Tiere im Fressbereich zwischen den Dominanzwertgruppen ermittelt. Tendenziell waren die Fressphasen bei den „rangniedrigen“ Tieren etwas weniger deutlich ausgeprägt als bei den „ranghohen“ Tieren. Auch bei den Passagen der Melkbox waren nur geringe Unterschiede zwischen den Dominanzwertgruppen feststellbar.

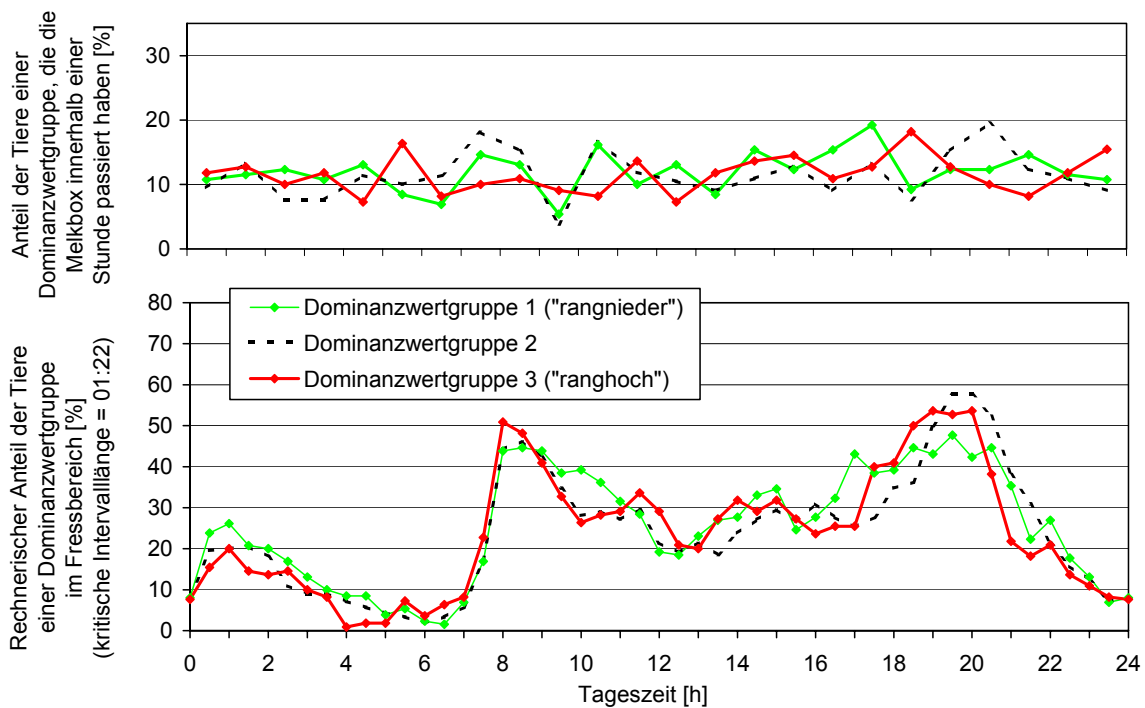


Abbildung 53: Rechnerischer Anteil der Tiere einer Dominanzwertgruppe, die sich zu einem Zeitpunkt im Fressbereich befanden, bzw. die die Melkbox innerhalb einer Stunde des Tages passierten (Betrieb **Hirschau**, freier Umtrieb)

Beim gelenkten Umtrieb auf dem Betrieb Hirschau (Abbildung 54) war bei den „ranghohen“ Tieren sowohl bei der Nutzung der Melkbox als auch beim Aufenthalt im Fressbereich ein Tagesrhythmus am deutlichsten ausgeprägt. Bei den „rangniedrigen“ Tieren war diese Ausprägung schwächer. Im Zeitraum nach der Futtervorlage war, analog zu den Beobachtungen auf dem Betrieb Grub, ein Unterschied in der rechnerischen Anzahl der Tiere im Fressbereich erkennbar, dieser war jedoch nicht so stark ausgeprägt.

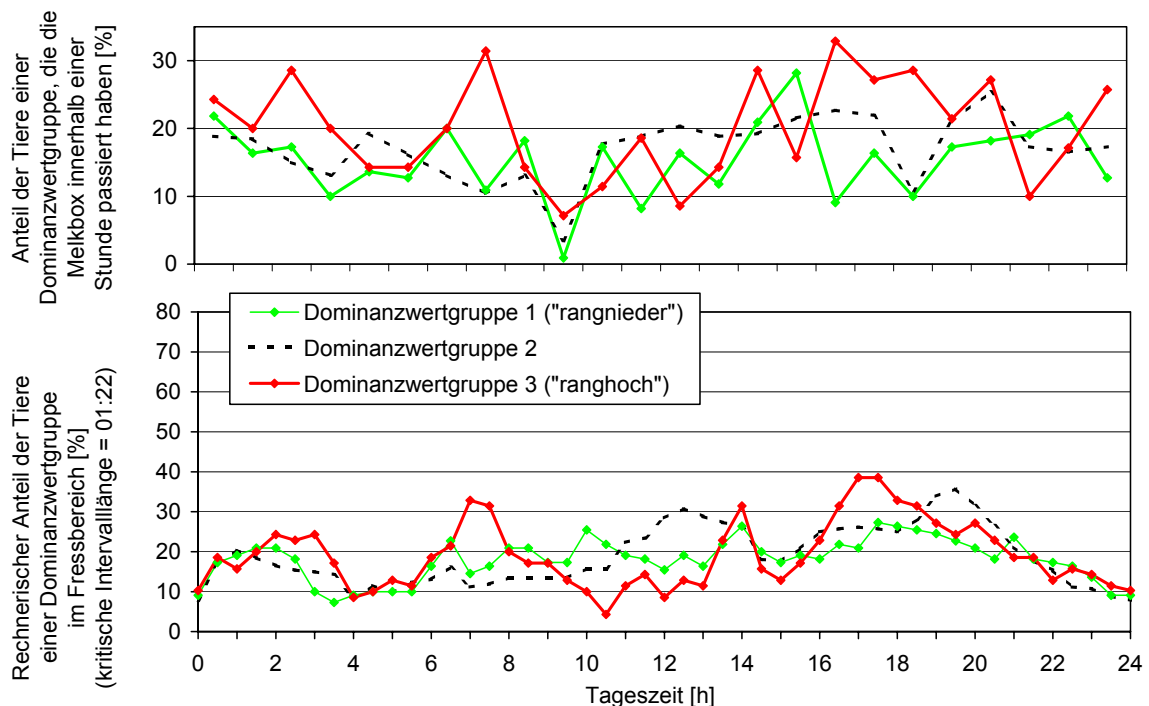


Abbildung 54: Rechnerischer Anteil der Tiere einer Dominanzwertgruppe, die sich zu einem Zeitpunkt im Fressbereich befanden, bzw. die die Melkbox innerhalb einer Stunde des Tages passierten (Betrieb **Hirschau**, gelenkter Umtrieb)

Ähnlich wie beim freien Umtrieb auf dem Betrieb Hirschau, wurden auch beim selektiv gelenkten Umtrieb auf diesem Betrieb zwischen den Dominanzwert-Gruppen nur geringfügige Unterschiede in der Nutzung der Melkbox festgestellt. Tendenziell waren auch hier die Fressphasen bei den „rangniedrigen“ Tieren etwas weniger deutlich ausgeprägt als bei den „ranghohen“ Tieren. Im Gegensatz zum Ergebnis auf dem Betrieb Grub hob sich der Tagesverlauf aber stärker vom gelenkten Umtrieb ab.

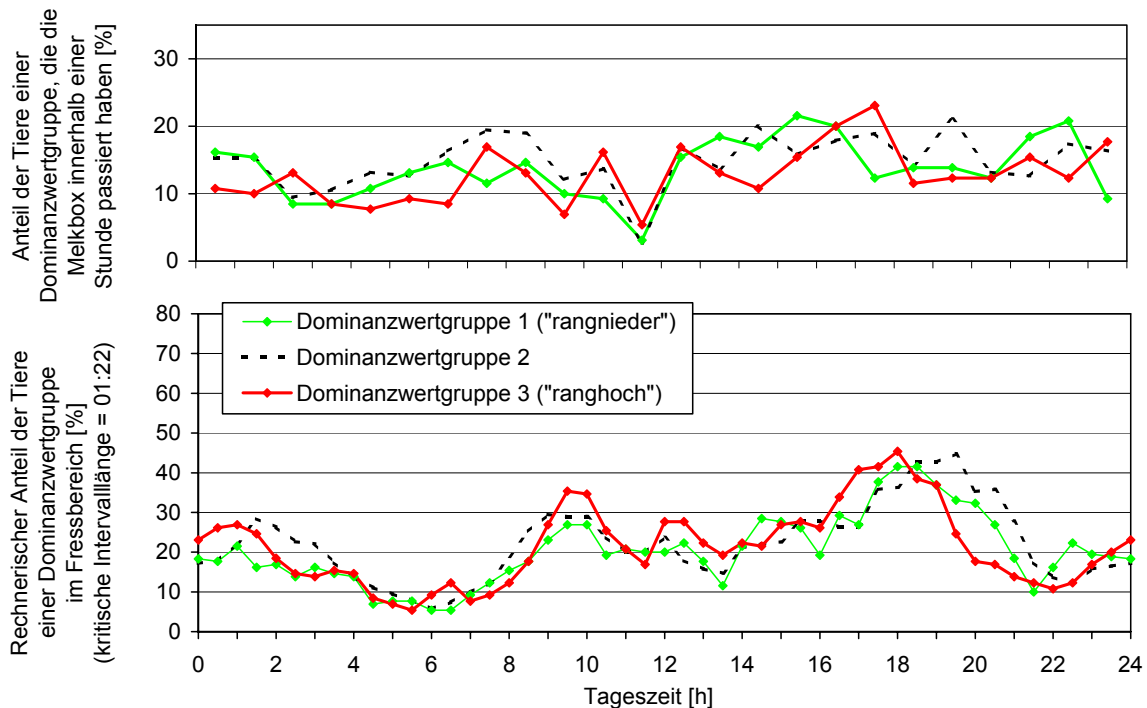


Abbildung 55: Rechnerischer Anteil der Tiere einer Dominanzwertgruppe, die sich zu einem Zeitpunkt im Fressbereich befanden, bzw. die die Melkbox innerhalb einer Stunde des Tages passierten (Betrieb **Hirschau**, selektiv gelenkter Umtrieb)

Hinsichtlich des Einflusses der Dominanzwert-Gruppen „ranghoch und „rangniedrig“ auf den Tagesrhythmus bei der Nutzung der Melkbox bzw. den Aufenthalt im Fressbereich lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen.

Bei eingeschränktem Zugang zum Fressbereich befand sich auf dem Betrieb Grub ein deutlich höherer Anteil der „ranghohen“ Tiere unmittelbar nach der Futtervorlage im Fressbereich als der „rangniederen“ Tieren. Die beiden gelenkten Umtriebsformen unterschieden sich unter diesem Gesichtspunkt nicht. Auf dem Betrieb Hirschau war dieser deutliche Unterschied zwischen den Dominanzwert-Gruppen nur beim gelenkten Umtrieb gegeben. Der selektiv gelenkte Umtrieb war hingegen, was die Unterschiede zwischen den Dominanzwert-Gruppen betrifft, eher mit dem freien Umtrieb vergleichbar. Hinsichtlich der Anteile der Tiere im Fressbereich lag er in etwa zwischen dem gelenkten und dem freien Umtrieb. Bei freiem Zugang zum Fressbereich konnte auf beiden Betrieben der ausgeprägteste Tagesrhythmus festgestellt werden, die Dominanzwert-Gruppen unterschieden sich hier nur geringfügig.

7 Diskussion

Nach dem Beginn der eigenen Untersuchungen im Jahr 1999 wurden parallel weitere Arbeiten zum Tierumtrieb durchgeführt, die nachfolgend zusammengestellt sind und im weiteren Verlauf der Diskussion mit den eigenen Ergebnissen verglichen werden.

- (1) THUNE ET AL. (2002) [93] untersuchten neben dem freien und einfach gelenkten Umtrieb eine Variante mit aktiven Selektionstoren („Smart-Gates“ der Firma DeLaval) in der Nähe der Melkbox. Die Herdengröße betrug zwischen 46 und 50 Tieren. Der Versuchsaufbau war dem der eigenen Untersuchung damit sehr ähnlich.
- (2) Die Versuche von THUNE ET AL. im ersten Jahr wurden im zweiten Jahr von FORSBERG ET AL. und von HAVERKAMP ET AL. fortgesetzt (Ergebnisse in WIKTORSSON ET AL. (2003) [108]). HAVERKAMP ET AL. beleuchteten hierbei näher, wie 35 Tiere, die in unterschiedliche Melkfrequenzgruppen aufgeteilt wurden, auf den freien bzw. den gelenkten Umtrieb mit dezentralen Selektionstoren reagieren (Aufteilung erfolgte wie in der vorliegenden Arbeit, vgl. Tabelle 20, S. 69).
- (3) In einem Versuch am Kungsängen Research Centre (Schweden) wurde ermittelt, wie sich Jungkühe innerhalb der ersten fünf Wochen an die Selektionstore gewöhnen. Dabei wurden die Tiere am ersten Tag an den Toren angelernt und in der folgenden Zeit beobachtet, wie sich die Nutzung der Tore entwickelte (WIKTORSSON ET AL. (2003) [108]).
- (4) OLOFSSON ET AL. (2001) [63] untersuchten in einer Studie auf fünf Praxisbetrieben unter anderem, in welchem Umfang Selektionstore durch die Tiere genutzt werden.
- (5) TÖLLE ET AL. (2002) [98] untersuchten das Fressverhalten und die Futteraufnahme beim Einsatz eines automatischen Melksystems mit gelenktem Umtrieb. Gefüttert wurde eine totale Mischration, in der Melkbox wurde maximal 1 kg Krafffutter pro Tier und Tag als Lockmittel zugeteilt. Die Autoren ermittelten die kritischen Intervalllängen zur Bestimmung der Fressperioden aus logarithmierten Überlebenskurven. Die durchschnittliche Herdengröße umfasste 34 Tiere, die Tierzahl schwankte dabei zwischen 25-45.
- (6) Den Einfluss der Laktationsnummer, des Laktationsstadiums und der Leistungsklasse untersuchten HESSEL ET AL. (2002) [34] an einer Einboxenanlage der Firma DeLaval mit 42 Tieren und freiem Umtrieb.

- (7) LUTHER ET AL. (2002) [53] führten 2001 einen Versuch an einer Leonardo-Anlage mit vier Melkboxen (WestfaliaSurge) durch. Versuchsaufbau war ein gelenkter Umtrieb mit Vorselektion mit Zutritt vom Liegebereich. Die Selektion erfolgte entweder in den Wartebereich oder in einen separaten „Krafffutterbereich“ mit zwei Krafffutterstationen. Die Versuchsdauer betrug 135 Tage, wobei im Durchschnitt 122 Tiere gemolken wurden.

7.1 Nutzung der Übergänge zwischen Fress- und Liegebereich

Unerlaubte Durchgänge an den Selektionstoren traten in der vorliegenden Untersuchung nur sehr selten auf. Die passiven Selektionstore auf dem Betrieb Grub wurden nur in sechs Fällen unerlaubt passiert, bei den aktiven Toren auf dem Betrieb Hirschau trat dieser Fall überhaupt nicht auf. Auch an den Einwegtoren wurde kein Fall beobachtet, bei dem ein Tier die Tore in entgegengesetzter Richtung passierte. Die Technik kann daher unter diesem Aspekt als für die Untersuchung geeignet eingestuft werden.

Der Vergleich der untersuchten Umtriebsformen hinsichtlich der **Nutzung der Übergänge zwischen Liege- und Fressbereich** bestätigte die Ergebnisse von KETELAAR-DE LAUWERE (1992) [46] sowie THUNE und FORSBERG ET AL. (nach WIKTORSSON ET AL. (2003) [108]) (Beschreibung siehe (1), (2) S. 127). Auch in der vorliegenden Untersuchung nutzten die Tiere die Übergänge (inkl. Melkbox) beim freien Umtrieb am häufigsten, gefolgt vom selektiv gelenkten und gelenkten Umtrieb. Im Vergleich zu den Ergebnissen von THUNE und FORSBERG ET AL. wurden beim selektiv gelenkten Umtrieb aber sowohl die Melkbox als auch die Selektionstore seltener als Übergangsmöglichkeit in den Fressbereich genutzt, die passiven Tore auf dem Betrieb Grub schnitten diesbezüglich generell schlechter ab als die aktiven Tore auf dem Betrieb Hirschau (Tabelle 48).

Bezüglich der Position der Selektionstore kommen WIKTORSSON ET AL. (2003) [108] zu dem Schluss, dass Tore in unmittelbarer Nähe des Eingangs der Melkbox ungeeignet sind, da der Zugang durch wartende Tiere versperrt sein kann. Auch in der vorliegenden Untersuchung wurden die Tore in der Nähe der Melkbox seltener genutzt als die Tore in der Stallmitte.

Die häufige Nutzung der Tore in der Stallmitte kann dabei als Hinweis gewertet werden, dass die Tiere auch Selektionseinrichtungen an Positionen annehmen, die nicht unmittelbar auf dem Weg zur Melkbox liegen. Dies steht zumindest teilweise im Gegensatz zu den Aussagen von WIKTORSSON ET AL., wonach die Selektionstore auf dem Weg der Kuh zur Melkbox platziert sein sollten.

Tabelle 48: Vergleich der Ergebnisse der eigenen Untersuchung mit den Ergebnissen von THUNE (Jahr 1) und FORSBERG ET AL. (Jahr 2) zur Nutzung der Übergänge zwischen Liege- und Fressbereich (nach WIKTORSSON ET AL. (2003) [108], Table 1 und 2)

	Untersuchungen von THUNE (Jahr 1) und FORSBERG ET AL. (Jahr 2)				Eigene Untersuchung			
	Jahr	Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Gelenkter Umtrieb mit Vorselektion ^x	Betrieb	Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Selektiv gelenkter Umtrieb
Anzahl Kühe	1	46	45	50	Grub	49	49	49
	2	45		46	Hirschau	45	45	45
Melkungen pro Kuh und Tag	1	1,98 ^a	2,56 ^c	2,39 ^b	Grub	2,40 ^a	2,70 ^b	2,57 ^b
	2	2,34 ^a		2,63 ^b	Hirschau	2,26 ^a	2,45 ^b	2,54 ^b
Zusätzliche Besuche der Melkbox pro Kuh und Tag	1	0,44 ^a	1,20 ^c	1,68 ^b	Grub	0,66 ^a	1,45 ^b	0,69 ^a
	2	0,91 ^a		1,26 ^b	Hirschau	0,58 ^a	1,56 ^b	0,80 ^a
Besuche des Fressbereichs pro Kuh und Tag	1	12,1 ^a	3,9 ^c	6,5 ^b	Grub	8,1 ^a	4,2 ^b	4,7 ^c
	2	9,0 ^a		7,1 ^b	Hirschau	9,8 ^a	4,0 ^b	5,9 ^c
Übergänge pro Kuh und Tag (außer der Melkbox)	1	9,7 ^d	0,1 ^d	2,4 ^d	Grub	5,0	0,0	1,4
	2	5,8 ^d		3,2 ^d	Hirschau	7,0	0,0	2,6

^{abc} Verschiedene Buchstaben zeigen statistisch signifikante Unterschiede innerhalb einer Untersuchung und einer Zeile an

^d aus den übrigen Ergebnissen errechnet

^x entspricht dem selektiv gelenkten Umtrieb in der vorliegenden Untersuchung

Die Untersuchung der verschiedenen Untergruppen der Herde (Einteilung siehe 5.8, S. 68) ergab nur bei der Laktationsnummer einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl aller Besuche der Melkbox. Auf beiden Betrieben lagen dabei die Werte der ersten Laktation signifikant über den Werten der dritten und folgenden Laktationen. Dies bestätigt die Ergebnisse von HOGVEEN ET AL. (1998) [36], die bei dem Vergleich des freien und gelenkten Umtriebs den gleichen Effekt festgestellt hatten. Die absoluten Werte lagen bei den genannten Autoren dabei über den hier vorgestellten Werten. Ursache hierfür könnte die geringere Auslastung der Anlage bei HOGVEEN ET AL. (1998) [36] sein, wo 53 Tiere an einer Zweiboxen-Anlage gemolken wurden.

Ein Nichtpassieren der Selektionstore trotz Erkennung und geöffnetem Tor trat bei den passiven Toren auf dem Betrieb Grub häufiger auf, als bei den aktiven Toren auf dem Betrieb Hirschau. Auch bei intensivem Anlernen der Tiere und optimierter Ausführung der passiven Tore waren diese den aktiven Toren deutlich unterlegen.

Darüber hinaus wurden auf beiden Betrieben die Selektionstore in der Nähe der Melkbox wesentlich häufiger nicht passiert, obwohl sie geöffnet waren, als die Tore in der Stallmitte. Die Annahme von WIKTORSSON ET AL. (2003) [108], wonach die geringere Nutzung der Selektionstore in der Nähe der Melkbox dadurch bedingt ist, dass diese durch wartende Tiere versperrt werden, muss daher ergänzt werden. Möglicherweise entscheiden sich die Tiere im Wartebereich bewusst gegen eine Nutzung der geöffneten bzw. entriegelten Tore.

Unter der Annahme, dass eine regelmäßige Nutzung der Selektionstore bei mehr als einem Besuch pro Tier und Tag gegeben ist, lag der **Anteil der Tiere, die die Tore regelmäßig nutzten**, auf dem Betrieb Grub bei etwas über 50 % und auf dem Betrieb Hirschau bei knapp 85 %. Auf beiden Betrieben lagen die Werte damit über dem Durchschnitt der Werte, die von OLOFSSON ET AL. (2001) [63] auf fünf Praxisbetrieben ermittelt worden waren (Beschreibung siehe (4), S. 127). Hier wurden die Selektionstore zwei bis drei Monate nach der Installation im Durchschnitt von weniger als 40 % der Tiere genutzt. Die Ergebnisse schwankten dabei zwischen den untersuchten Betrieben. Als Gründe hierfür wurden insbesondere das „Training“ der Tiere, aber auch die Position der Tore im Stall angeführt (Tabelle 49).

Tabelle 49: Vergleich der Ergebnisse zur Nutzung der Selektionstore mit den Resultaten von OLOFSSON ET AL. (2001) [63] auf 5 Praxisbetrieben

Untersuchter Betrieb	Regelmäßige Nutzung der Selektionstore [% der Tiere]
A	33
B	39
C	30
D ₁	61
E	41
-----	-----
Betrieb Grub	51 ^x
Betrieb Hirschau	84 ^x

A - E: Bezeichnung der Betriebe entsprechend OLOFSSON ET AL. (2001) [63]
^x mehr als 1 erfolgreicher Besuch der Selektionstore pro Tier und Tag

Das Ergebnis auf dem Betrieb Hirschau war mit den Ergebnissen von WIKTORSSON ET AL. (2003) [108] zur Angewöhnung von Jungkühen vergleichbar (Beschreibung siehe (3) S. 127), wobei die Anzahl der Durchgänge pro Tier und Tag hier mit einem Wert von 5,0 etwa doppelt so hoch war wie auf dem Betrieb Hirschau (Tabelle 50). Es ist jedoch zu beachten, dass es sich bei WIKTORSSON ET AL. nur um Jungkühe handelte. Im Vergleich mit den Tieren der ersten Laktation auf dem

Betrieb Hirschau reduzierte sich die Differenz zu den Ergebnissen von WIKTORSSON ET AL. auf ca. 1,5 Durchgänge pro Tier und Tag.

Tabelle 50: Vergleich der Ergebnisse zur Nutzung der Selektionstore mit den Resultaten von WIKTORSSON ET AL. (2003) [108], (Table 8)

Betrieb	Anzahl der untersuchten Tiere	Wochen im Stall	Anzahl der Durchgänge pro Kuh und Tag	Anzahl der Tiere, die die Tore nicht nutzen (< 0,1 Durchgänge/Tag)	Anzahl der Tiere, die die Tore täglich nutzen (> 1 Durchgang/Tag)
Klungsängen RC	45	1	2,8	3	32 (71 %)
		2	4,4	3	34 (76 %)
		3	4,6	3	37 (82 %)
		4	4,8	3	39 (87 %)
		5	5,0	1	40 (89 %)
Grub	49	>12	1,41	15	25 (51 %)
Hirschau	45	>13	2,56	0	38 (85 %)

WIKTORSSON ET AL. (2003) [108] schließen aus diesen Ergebnissen, dass durch ein „Training“ die Nutzung der Tore deutlich verbessert werden kann, eine häufige Nutzung der Tore im Durchschnitt der Herde aber dennoch keine Garantie dafür darstellt, dass alle Tiere die Tore überhaupt oder im gewünschten Umfang nutzen.

7.2 Melkverhalten

In der vorliegenden Untersuchung hatte die Umtriebsform keinen signifikanten Einfluss auf die Milchleistung der Tiere. Allerdings waren die jeweiligen Versuchszeiträume (inkl. Umstellungsphase) auch relativ kurz, so dass Effekte durch die höhere Melkfrequenz und die geringere Zahl hoher Zwischenmelkzeiten bei den gelenkten Umtriebsformen möglicherweise nicht zum Tragen kamen. Ausgehend von den Ergebnissen der Literatur (z.B. [40], [68], [71]) wäre bei ausschließlicher Betrachtung des Melkverhaltens bei den gelenkten Umtriebsformen eine erhöhte Milchleistung zu erwarten gewesen.

Die Anzahl der **Melkungen pro Tier und Tag** stimmte in der vorliegenden Untersuchung gut mit den Ergebnissen aus der Literatur überein. So lag die Melkfrequenz abgesehen von den Einflüssen der Umtriebsformen in dem Bereich, der auch von WENDL ET AL. (2000) [102] für die entsprechende Herdegröße erfasst worden war (vgl. Abbildung 8, S. 34). Die Auswirkungen der Umtriebsformen auf die Melkfrequenz entsprachen den Ergebnissen, die von THUNE und FORSBERG ET AL. (nach WIKTORSSON ET AL. (2003) [108]) gefunden wurden (Beschreibung siehe

(1), (2), S. 127). Auch hier war die Melkfrequenz beim freien Umtrieb im Vergleich zu den gelenkten Umtriebsformen signifikant reduziert, wobei sich der gelenkte Umtrieb mit dezentralen Selektionseinrichtungen zusätzlich signifikant vom gelenkten Umtrieb unterschied (Tabelle 51).

Tabelle 51: Vergleich der Ergebnisse der eigenen Untersuchung mit den Ergebnissen von THUNE (Jahr 1) und FORSBERG ET AL. (Jahr 2) zum Melkverhalten (nach WIKTORSSON ET AL. (2003) [108], Table 1 und 2)

	Untersuchungen von THUNE (Jahr 1) und FORSBERG ET AL. (Jahr 2)				Eigene Untersuchung			
	Jahr	Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Gelenkter Umtrieb mit Vorselektion ^x	Betrieb	Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Selektiv gelenkter Umtrieb
Anzahl Kühe	1	46	45	50	Grub	49	49	49
	2	45		46	Hirschau	45	45	45
Melkungen pro Kuh und Tag	1	1,98 ^a	2,56 ^c	2,39 ^b	Grub	2,40 ^a	2,70 ^b	2,57 ^b
	2	2,34 ^a		2,63 ^b	Hirschau	2,26 ^a	2,45 ^b	2,54 ^b
Mittlere Zwischenmelkzeit (ZMZ) [h]	1	12,3 ^a	9,5 ^c	10,1 ^b	Grub	10,0 ^a	8,9 ^b	9,3 ^b
	2	10,4 ^a		9,3 ^b	Hirschau	10,6 ^a	9,8 ^b	9,4 ^b
Zusätzliche Besuche der Melkbox pro Kuh und Tag	1	0,44 ^a	1,20 ^c	1,68 ^b	Grub	0,66 ^a	1,45 ^b	0,69 ^a
	2	0,91 ^a		1,26 ^b	Hirschau	0,58 ^a	1,56 ^b	0,80 ^a
Unfreiwillige Melkungen [% aller Melkungen]	1	26,0 ^a	4,0 ^d	1,7 ^b	Grub	12,0 ^a	2,5 ^b	2,9 ^b
	2	14,5 ^a		2,6 ^b	Hirschau	24,0 ^a	3,2 ^b	8,6 ^c
Anzahl nachgetriebener Tiere pro Tag (berechnet)	1	23,7	4,6	2,0	Grub	14,1	3,3	3,7
	2	15,3		3,1	Hirschau	24,4	3,5	9,8
Mittlere Anzahl vor der Melkbox wartender Tiere	1	2,2 ^a	5,1 ^c	4,1 ^b	Grub	1,4 ^a	3,1 ^b	3,2 ^b
	2	1,8 ^a		4,0 ^b	Hirschau	1,7 ^a	4,0 ^b	1,9 ^a
ZMZ > 12 h [% aller Melkungen]	1	53,3	18,6	24,9	Grub	22,5	8,7	12,9
	2	32,9		15,9	Hirschau	38,7	30,1	17,5
Zeitlimit für das Nach- treiben von Tieren [h]	1	14	14	14	Grub	ab 10	ab 10	ab 10
	2	14		14	Hirschau	ab 9	ab 9	ab 9

^{abc} Verschiedene Buchstaben zeigen statistisch signifikante Unterschiede innerhalb einer Untersuchung und einer Zeile an

^x entspricht dem selektiv gelenkten Umtrieb in der vorliegenden Untersuchung

^d Berechnung erfolgte in der unmittelbar auf den Versuch folgenden Periode

In den Untersuchungen zum Melkverhalten von HAVERKAMP ET AL. (2002) (Ergebnisse in WIKTORSSON ET AL. (2003) [108], Beschreibung siehe (1), (2), S. 127) wurde ermittelt, dass die geringeren Besuchs- und Melkfrequenzen der unteren Melkfrequenzgruppen, die beim freien Umtrieb auftraten, durch den gelenkten Umtrieb mit dezentralen Selektionstoren angehoben wurden (Tabelle 52). Hinsichtlich der Melkfrequenzen konnte dies in der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden.

Die **Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox** zeigte jedoch bei steigender Melkfrequenz nicht immer den von HAVERKAMP ET AL. gefundenen Anstieg. Besonders auf dem Betrieb Hirschau war dieser nur beim freien Umtrieb erkennbar. Ursache hierfür könnten die geringeren Kraffuttermgaben in der Melkbox auf diesem Betrieb sein, wodurch bei höheren Melkfrequenzen möglicherweise der Anreiz fehlte, die Melkbox zusätzlich aufzusuchen (Tabelle 52).

Tabelle 52: Unterschiede zwischen den Melkfrequenz-Gruppen in der Anzahl der Melkungen und zusätzlichen Besuche der Melkbox

Versuch	Umtriebsform	Anzahl der Melkungen pro Tier und Tag			Anzahl der Besuche pro Tier und Tag		
		Melkfrequenz-Gruppe			1	2	3
		1	2	3	1	2	3
Betrieb Grub	freier Umtrieb	1,5 ^a	2,2 ^b	3,3 ^c	0,3 ^a	0,5 ^a	1,1 ^b
	gelenkter Umtrieb	1,8 ^a	2,6 ^b	3,7 ^c	1,7 ^a	1,2 ^b	1,9 ^a
	selektiv gelenkter Umtrieb	1,9 ^a	2,5 ^b	3,3 ^c	0,4 ^a	0,7 ^b	0,9 ^b
Betrieb Hirschau	freier Umtrieb	1,7 ^a	2,1 ^b	2,9 ^c	0,2 ^a	0,7 ^b	0,6 ^b
	gelenkter Umtrieb	1,9 ^a	2,6 ^b	3,3 ^c	1,3 ^a	1,8 ^b	1,3 ^a
	selektiv gelenkter Umtrieb	2,0 ^a	2,4 ^b	3,1 ^c	0,8 ^a	0,9 ^a	0,8 ^a
HAVERKAMP ET AL. (2002) ^{xx}	freier Umtrieb	1,6 ^a	2,4 ^b	3,0 ^c	0,2 ^x	1,2 ^x	1,7 ^x
	selektiv gelenkter Umtrieb	2,2 ^a	2,6 ^b	3,0 ^c	0,7 ^x	1,3 ^x	1,6 ^x

^{abc} Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb einer Umtriebsform an

^{xx} in WIKTORSSON ET AL. (2003) [108]

^x aus den Angaben der Autoren zur Gesamtbesuchszahl errechnet

Auch im Vergleich zu weiteren Untersuchungen traten bei der Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox größere Unterschiede auf. Während THUNE und FORSBERG ET AL. (nach [108], Beschreibung siehe (1), (2), S. 127) beim selektiv gelenkten Umtrieb höhere Werte fanden als beim gelenkten Umtrieb, lagen die Werte in der vorliegenden Untersuchung signifikant unter dem gelenkten Umtrieb auf dem Niveau des freien Umtriebs. Die Ergebnisse beim freien und gelenkten Umtrieb stimmten dabei gut mit den Werten der genannten Autoren überein (Tabelle 51, S. 132).

IPEMA ET AL. (1997) [41] erzielten bei freiem Umtrieb vergleichsweise hohe Werte (2,2 zusätzliche Besuche der Melkbox bei 2,9 Melkungen pro Tier und Tag), was allerdings durch die geringe Tierzahl (n = 24) bedingt sein könnte. Ursache für die insgesamt niedrigen Werte bei den zusätzlichen Besuchen der Melkbox in der vorliegenden Untersuchung könnten die relativ geringen Kraffuttermgaben in der Melkbox sein, wodurch der Anreiz die Melkbox aufzusuchen evtl. geringer war.

Auf dem Betrieb Grub hatten die Untergruppen der Herde keinen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox. Auf dem Betrieb Hirschau war ein Einfluss der Leistungsgruppe und der Laktationsnummer statistisch absicherbar. Tiere in der ersten Laktation und solche in der unteren Leistungsgruppe wiesen die höchste Anzahl zusätzlicher Besuche auf. Hinsichtlich der Laktationsnummer konnten die Ergebnisse durch die Untersuchungen von HOGVEEN ET AL. (1998) [36] bestätigt werden. Auch hier wiesen die Tiere in der ersten Laktation die höchsten Besuchswerte auf, wobei jedoch Melkungen und zusätzliche Besuche gemeinsam erfasst wurden und diese Besuchswerte insgesamt deutlich über den Werten der vorliegenden Untersuchung lagen (vgl. Tabelle 4, S. 40).

Die Verteilung der **Melkungen im Tagesverlauf** ergab ein ähnliches Bild wie in den Untersuchungen von WENDL ET AL. (2000) [103] (vgl. Abbildung 6, S. 32) und OLOFSSON (2000) [62]. Auch in der vorliegende Untersuchung war eine Ruhephase in den frühen Morgenstunden zu erkennen, während die Anzahl der Melkungen pro Stunde ansonsten mit Ausnahme der Reinigungszeiten relativ konstant war. Insgesamt waren die Verteilungen eher mit den Ergebnissen von WENDL ET AL. vergleichbar. Auf dem Betrieb Hirschau waren jedoch, insbesondere was die schwächere Ausprägung der Ruhephase angeht, teilweise Parallelen zu den Ergebnissen von OLOFSSON zu sehen.

Eine mögliche Ursache für den insgesamt schwächer ausgeprägten Tagesrhythmus auf dem Betrieb Hirschau könnte die Tatsache sein, dass das Grundfutter hier weniger limitiert war, so dass die Tiere auch in den frühen Morgenstunden noch Futter in den Wiegetrögen vorfanden und die Ruhephase nicht so stark ausgeprägt war.

Als weitere Ursache kommt in Frage, dass das System „VMS“ auf dem Betrieb Hirschau zu Zeiten hoher Auslastung im Durchschnitt weniger Melkungen zuließ als das System „Merlin“ auf dem Betrieb Grub. Die Tiere mussten daher auf andere Zeiten ausweichen, um insgesamt eine ähnliche Melkfrequenz zu erreichen wie auf dem Betrieb Grub. Neben weiteren möglichen Faktoren (z.B. Milchfluss) ist ein Grund für diese geringere maximale Stundenleistung im größeren Zeitbedarf für die Zitzenreinigung beim System „VMS“ zu sehen. Im Gegensatz zum System „Merlin“ auf dem Betrieb Grub müssen bei diesem System die Zitzen auch zur Reinigung lokalisiert werden.

Beim Vergleich mit den Ergebnissen aus der Literatur ist dabei generell zu beachten, dass auf beiden untersuchten Betrieben das Futter nur 1-mal pro Tag vorgelegt wurde. Bedingt durch das selbständige Nachrutschen des Futters in den Wiegetrögen entfiel auch das Nachschieben des Futters. Dass der Tagesrhythmus

beim Melken dennoch ein ähnliches Bild ergab wie bei den genannten Autoren, bei denen das Futter mehrmals täglich nachgeschoben, bzw. nachgefüllt wurde, ist möglicherweise durch die Auslastung der Anlagen zu erklären. Da pro Stunde nur eine bestimmte Anzahl Tiere gemolken werden kann, führen äußere Zeitgeber zwar möglicherweise zu Reaktionen der Herde, diese können sich bei hoher Auslastung jedoch nicht in einer Erhöhung der Melkfrequenz äußern.

Bei THUNE ET AL. (2002) [93] bzw. FORSBERG ET AL. (Ergebnisse in WIKTORSSON ET AL. (2003) [108], Beschreibung siehe (1), (2), S. 127) wurden auch die Auswirkungen verschiedener Umtriebsformen auf die **Anteile der wartenden Tiere vor der Melkbox** ermittelt (Tabelle 53). Im Durchschnitt wurden beim freien Umtrieb 4,8 % (Jahr 1) bzw. 4,0 % (Jahr 2) der Tiere gezählt. Bei den beiden gelenkten Umtriebsformen warteten mehr Tiere vor der Melkbox, wobei die Werte beim gelenkten Umtrieb mit dezentraler Selektion mit 8,2 % (Jahr 1) bzw. 8,7 % (Jahr 2) unter dem Wert von 11,3 % (Jahr 1) des gelenkten Umtriebs lagen. Die Maximalwerte wartender Tiere im Durchschnitt von drei Tagen betragen im ersten Jahr beim freien Umtrieb ca. 11 %, beim gelenkten Umtrieb mit dezentraler Selektion ca. 16 % und beim gelenkten Umtrieb ca. 19 %.

Tabelle 53: Ergebnisse der Untersuchungen von THUNE (Jahr 1) und FORSBERG ET AL. (Jahr 2) zur Anzahl wartender Tiere (nach WIKTORSSON ET AL. (2003) [108], Table 1 und 2)

	Untersuchungen von THUNE (Jahr 1) und FORSBERG ET AL. (Jahr 2)				Eigene Untersuchung			
	Jahr	Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Gelenkter Umtrieb mit Vorselektion ^x	Betrieb	Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Selektiv gelenkter Umtrieb
Anzahl Kühe	1	46	45	50	Grub	49	49	49
	2	45		46	Hirschau	45	45	45
Mittlere Anzahl vor der Melkbox wartender Tiere (absolut) [n]	1	2,2 ^a	5,1 ^c	4,1 ^b	Grub	1,44 ^a	3,12 ^b	3,23 ^b
	2	1,8 ^a		4,0 ^b	Hirschau	1,74 ^a	4,00 ^b	1,90 ^a
Mittlere Anzahl vor der Melkbox wartender Tiere (relativ) [%]	1	4,8	11,3	8,2	Grub	2,9 ^a	6,4 ^b	6,6 ^b
	2	4,0		8,7	Hirschau	3,9 ^a	8,9 ^b	4,2 ^b
Maximale Anzahl vor der Melkbox wartender Tiere* (absolut) [n]	1	5,1	8,7	8,2	Grub	2,9 ^a	6,5 ^b	7,1 ^b
					Hirschau	4,0 ^a	8,4 ^b	4,0 ^a
Maximale Anzahl vor der Melkbox wartender Tiere* (relativ) [%]	1	11,1	19,3	16,4	Grub	6,1 ^a	13,5 ^b	14,8 ^b
					Hirschau	8,9 ^a	18,7 ^b	8,9 ^a

^{abc} Verschiedene Buchstaben zeigen statistisch signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile an

^x entspricht dem selektiv gelenkten Umtrieb in der vorliegenden Untersuchung

* Mittelwert aus drei Tagen, aus Figure 1 bei THUNE ET AL. (2002) [93] abgelesen

Für den freien und gelenkten Umtrieb konnten diese Ergebnisse in der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden. Auch hier warteten bei freiem Umtrieb auf beiden Betrieben nur knapp halb so viele Tiere (ca. 45 %) wie bei gelenktem Umtrieb. Die absolute Anzahl wartender Tiere lag auf beiden Betrieben jedoch unter den Werten von THUNE und FORSBURG ET AL., wobei der Unterschied zum Betrieb Grub größer war.

Beim selektiv gelenkten Umtrieb wurden zwischen den beiden untersuchten Betrieben größere Unterschiede festgestellt. Während auf dem Betrieb Grub im Durchschnitt 3,23 Tiere warteten, was dem Niveau des gelenkten Umtriebs entsprach, waren dies auf dem Betrieb Hirschau nur 1,90 Tiere, entsprechend dem Niveau des freien Umtriebs. Mögliche Ursache für diese Unterschiede könnte der Einsatz der aktiven Selektionstore auf dem Betrieb Hirschau sein, die durch die Tiere besser angenommen wurden (vgl. 6.1.3, S. 75).

THUNE und FORSBURG ET AL. kamen allerdings trotz des Einsatzes baugleicher Tore wie auf dem Betrieb Hirschau auf Werte von ca. 4 wartenden Tieren, was eher den Ergebnissen des Betriebs Grub entspricht. Als zusätzlicher Einflussfaktor sind hier die Kraftfutterstationen im Stall denkbar. Diese waren bei THUNE und FORSBURG ET AL. im Fressbereich angeordnet und damit bei den beiden gelenkten Umtriebsformen nur über die Melkbox bzw. die Selektionstore erreichbar. Hierdurch bestand möglicherweise ein zusätzlicher Anreiz für die Tiere, den Bereich vor der Melkbox aufzusuchen, wo auch die beiden Selektionstore angeordnet waren. Dies könnte die Anzahl der als wartend eingestufteten Tiere erhöht haben.

Bezüglich der maximalen Anzahl wartender Tiere zeigte der Vergleich, dass die Ergebnisse von THUNE ET AL. (2002) [93] beim freien und gelenkten Umtrieb in etwa den auf dem Betrieb Hirschau gefundenen Werten entsprachen. Beim selektiv gelenkten Umtrieb lagen die Werte wie schon bei der durchschnittlichen Anzahl wartender Tiere auf dem Niveau des Betriebs Grub. Die Verteilung der wartenden Tiere im Tagesverlauf war insgesamt eher mit der des Betriebs Hirschau vergleichbar.

LUTHER ET AL. (2002) [53] (Beschreibung siehe (7), S. 128) ermittelten einen Durchschnittswert von 8,0 wartenden Tieren was bei einer Herdengröße von 122 Tieren einem Anteil von 6,6 % entsprach. Zu den Reinigungszeiten des Systems warteten im Durchschnitt 13 Tiere (10,7 %). Der relative Anteil der wartenden Tiere lag damit auf dem Niveau der gelenkten Umtriebsformen auf dem Betrieb Grub. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass sich der Wartebereich hinter der Selektionseinrichtung befand und sich daher im Normalfall nur melkberechtigte Tiere darin befanden.

Die Ergebnisse zur Anzahl **nachzutreibender Tiere** bestätigen die Aussagen von KETELAAR-DE LAUWERE (1992) [46], wonach der freie Umtrieb zu einer erhöhten Anzahl zum Melken zu treibender Tiere führt.

Beim freien Umtrieb entsprachen die gefundenen Ergebnisse den Werten von THUNE und FORSBERG ET AL. (nach [108], Beschreibung siehe (1), (2), S. 127), wobei der Betrieb Grub dem Ergebnis des zweiten Jahres ihrer Untersuchungen entsprach, der Betrieb Hirschau dem Ergebnis des ersten Jahres. Beim gelenkten Umtrieb wurden auf beiden Betrieben etwas niedrigere Werte als bei THUNE und FORSBERG ET AL. gefunden. Deren Ergebnisse zum selektiv gelenkten Umtrieb konnten dagegen nicht bestätigt werden. Auf dem Betrieb Grub lagen sie noch in einem ähnlichen Bereich, auf dem Betrieb Hirschau mussten dagegen deutlich mehr Tiere nachgetrieben werden (vgl. Tabelle 51, S. 132).

Eine Ursache für den Unterschied zu den Ergebnissen von THUNE und FORSBERG ET AL. aber auch zwischen den beiden Versuchen zum selektiv gelenkten Umtrieb könnte die unterschiedliche Kennzeichnung der Tiere als „überfällig“ sein (vgl. Tabelle 8, S. 57). Dadurch wurden die Tiere auf dem Betrieb Hirschau früher nachgetrieben, was den höheren Wert zumindest teilweise erklären dürfte. Eine weitere Ursache könnte die bessere Annahme der Selektionstore auf dem Betrieb Hirschau sein, wodurch sich diese Umtriebsform hier möglicherweise deutlicher vom gelenkten Umtrieb unterschied als auf dem Betrieb Grub (vgl. 6.1.3, S. 75).

Auch die Höhe der Kraftfuttergaben kommt als Ursache für die Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Betrieben in Betracht. So wurde auf dem Betrieb Grub mehr Kraftfutter in der Melkbox zugeteilt als auf dem Betrieb Hirschau. Dies führt nach DEVIR ET AL. (1996a) [17], STEFANOWSKA ET AL. (1997) [87] und PRESCOTT ET AL. (1998) [68] zu einer Erhöhung der Besuchsfrequenz und damit möglicherweise zu mehr freiwilligen Melkungen.

HOGVEEN ET AL. (1998) [36] fanden in ihren Untersuchungen Ergebnisse, die insbesondere beim freien Umtrieb deutlich unter den Werten der vorliegenden Untersuchung lagen. Bei der Bewertung dieser Ergebnisse ist jedoch zu beachten, dass nur 53 Tiere an einer Zweiboxen-Anlage gemolken wurden und die Umgewöhnungsphasen zwischen den Versuchen jeweils nur zwei Wochen betragen, was auch von den Autoren als zu kurz eingeschätzt wurde.

Hinsichtlich der Auswirkungen der untersuchten Untergruppen der Herde (vgl. Tabelle 33 und Tabelle 34 ab S. 94) konnten die Ergebnisse von HOGVEEN ET AL. (1998) [36] bestätigt werden, wonach mit zunehmender Laktationsnummer die Anzahl der nachzutreibenden Tiere ansteigt (vgl. Tabelle 4, S. 40).

Weitere Untersuchungen zum Einfluss der Laktationsnummer, des Laktationsstadiums und der Leistungsklasse wurden von HESSEL ET AL. (2002) [34] durchgeführt

(Beschreibung siehe (6), S. 127). Die Tiere wurden jedoch spätestens nach 8 h zum Melken getrieben, so dass die Ergebnisse insbesondere bezüglich der absoluten Höhe der Werte (19 - 37 % nachzutreibende Tiere) nur bedingt vergleichbar sein dürften. Gerade bei dieser Untersuchung wird damit deutlich, wie stark die Vorgaben für das Nachtreiben der Tiere die Höhe der Werte beeinflussen können. Generell bestätigen jedoch die Untersuchungen von HESSEL ET AL. die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung. Auch hier stieg mit zunehmender Laktationszahl oder zunehmendem Laktationsfortschritt der Anteil der nachzutreibenden Tiere an. Bei zunehmender Leistung der Tiere wurde dieser Anteil geringer.

Mögliche Ursachen für den Effekt der Leistungsgruppe sind eine höhere Krafftutergabe in der Melkbox (v.a. Betrieb Grub) oder der Füllungsgrad des Euters. Beides könnte die Motivation des Tieres erhöhen, die Melkbox öfter und damit auch rechtzeitig aufzusuchen. Der Effekt des Euterfüllungsgrads widerspricht dabei jedoch den Darstellungen von PRESCOTT ET AL. (1998) [68]. Einen weiteren Aspekt stellt die frühere Melkberechtigung bei höherer Milchleistung dar. Welche dieser Ursachen letztendlich ausschlaggebend war, oder ob weitere Ursachen eine Rolle spielen, konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht geklärt werden.

Bei der **Verteilung der Zwischenmelkzeiten** zeigte sich, dass beim freien Umtrieb der Anteil der Melkungen über 15 h über den Ergebnissen von IPEMA & DE KONING (1997) [42] lag. Dies war insbesondere auf dem Betrieb Grub der Fall, wozu vermutlich die Kombination aus späterem Nachtreiben der Tiere (vgl. Tabelle 8, S. 57) und niedrigerer Milchleistung führte. Bei den beiden gelenkten Umtriebsformen lagen die Anteile der Zwischenmelkzeiten näher am Wert von IPEMA & DE KONING, dieser konnte jedoch nur beim selektiv gelenkten Umtrieb auf dem Betrieb Hirschau erreicht werden.

Auch der Anteil der Melkungen mit Zwischenmelkzeiten über 12 h war beim freien Umtrieb im Vergleich zu den gelenkten Umtriebsformen erhöht. Dies bestätigt die Ergebnisse von THUNE und FORSBERG ET AL. (nach [108]), die diesen Effekt ebenfalls beschrieben (vgl. Tabelle 51, S. 132).

Da das frühzeitige Nachtreiben diesen Wert positiv beeinflusst, wurden zusätzlich die Anteile der freiwilligen Melkungen mit Zwischenmelkzeiten unter 12 h, 14 h bzw. 16 h an allen Melkungen berechnet. Diese Angabe erschien zweckmäßig, wenn die Eignung des gesamten Systems hinsichtlich der Vermeidung hoher Zwischenmelkzeiten dargestellt werden soll. Auch hier schnitt der freie Umtrieb deutlich schlechter ab als die beiden gelenkten Umtriebsformen.

Bei der **Verteilung der Gemelksmengen** konnte ein Einfluss des Betriebs und der Leistung der Tiere festgestellt werden. Dies bestätigt die Aussagen von LIEBLER (1998) [52], der darauf hinweist, dass die Ergebnisse stark von den Vorgaben in der Steuerung des AMS abhängig sind. In der vorliegenden Untersuchung entsprach die Verteilung beim gelenkten Umtrieb auf dem Betrieb Grub am ehesten den Ergebnissen von LIEBLER. Hier waren auch die Milchleistung und die Umtriebsform am besten vergleichbar.

ROSSING ET AL. (1985) [71] berichten, dass Gemelksmengen über 12 kg einen negativen Einfluss auf die Gesamtleistung haben. Unter diesem Gesichtspunkt schnitt der freie Umtrieb auf beiden Betrieben schlechter ab als die beiden gelenkten Umtriebsformen, der Betrieb Hirschau zeigte jedoch insgesamt höhere Anteile als der Betrieb Grub. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass auch die Milchleistung der Tiere einen Einfluss auf den Anteil der Gemelksmengen über 12 kg hatte. Daher wurden auch die Anteile der Gemelksmengen über der halben durchschnittlichen Tagesleistung berechnet. Diese Berechnung führte auf beiden Betrieben zu vergleichbaren Ergebnissen und zeigte Vorteile des gelenkten Umtriebs aber auch des selektiv gelenkten Umtriebs vor dem freien Umtrieb.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der gelenkte Umtrieb hinsichtlich der Anzahl der Melkungen, der nachzutreibenden Tiere und der Verteilung der Zwischenmelkzeiten dem freien Umtrieb überlegen war.

Der freie Umtrieb wies bei der Anzahl der wartenden Tiere und der zusätzlichen Besuche der Melkbox Vorteile gegenüber dem gelenkten Umtrieb auf.

Der selektiv gelenkte Umtrieb konnte bei der Anzahl der Melkungen und der Verteilung der Zwischenmelkzeiten die Vorteile des gelenkten Umtriebs übernehmen. Hinsichtlich der Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox waren die Werte dagegen ähnlich niedrig wie beim freien Umtrieb. Bei der Anzahl der nachzutreibenden und der wartenden Tiere waren Unterschiede zwischen den Betrieben erkennbar, die möglicherweise auch auf die Art der Selektionstore (aktiv ↔ passiv) zurückzuführen sind. Die Werte auf dem Betrieb Grub mit den passiven Toren lagen näher bei den Ergebnissen des gelenkten Umtriebs, die des Betriebs Hirschau mit den aktiven Toren glichen eher denen des freien Umtriebs.

7.3 Fressverhalten

Bezüglich der **Bestimmung kritischer Intervalllängen zur Abgrenzung von Fressperioden** entsprachen die Häufigkeitsverteilungen der logarithmierten Intervalllängen zwischen zwei Futteraufnahmen (vgl. Abbildung 38 und Abbildung 39,

S. 101) den von TOLKAMP ET AL. (1998) [94] beschriebenen Ergebnissen (siehe Seite 28). Deutlich unterschieden sich die (kürzeren) Intervalle innerhalb einer Fressperiode von den (längeren) Intervallen zwischen Fressperioden. Auch die dritte Gruppe von Intervallen für die Wasseraufnahme, die von TOLKAMP ET AL. (1999a) [95] beschrieben wurde, fand sich in Form eines verlangsamten Abfalls der rechten Flanke der kurzen Intervalle bei beiden Betrieben wieder. Verglichen mit den üblicherweise verwendeten Überlebenskurven oder Häufigkeitsverteilungen, bei denen die (logarithmierten) Werte über der nicht logarithmierten X-Achse aufgetragen werden, erwies sich die visuelle Abschätzung der kritischen Intervalllängen als einfacher. Dennoch erschienen auch hier kritische Intervalllängen über einen gewissen Bereich plausibel, was sich mit den Aussagen verschiedener Autoren (z.B. [10], [56]) deckt.

Die Wahl der kritischen Intervalllänge beeinflusste die Anzahl der errechneten **Fressperioden** stark. Der Einfluss des Rangs eines Tieres auf die Anzahl der Fressperioden ([38], [65]) konnte nicht bestätigt werden, dagegen hatte die Milchleistung (Betrieb Grub) und die Laktationsnummer (Betrieb Hirschau) einen Einfluss.

Bei freiem Zugang zum Futter stimmte die Anzahl der Fressperioden insgesamt gut mit den in der Literatur beschriebenen Werten überein ([11], [64], [77], [85], [97]) lag dabei jedoch eher im unteren Bereich dieser Angaben (vgl. Tabelle 2, S. 31 und Abbildung 42, S. 105).

TÖLLE ET AL. (2002) [98] (Beschreibung siehe (5), S. 127) ermittelten bei ihren Untersuchungen kritische Intervalllängen von $T_1 = 13,5$ und $T_2 = 52,4$ min. Als mögliche Ursache für die im Vergleich zur Literatur (STAMER ET AL. (1997) [85]) höheren Werte wird von TÖLLE ET AL. der gelenkte Tierumtrieb angeführt, wodurch die Tiere den Fressbereich seltener aufsuchten. Hinsichtlich der Anzahl der Fressperioden führte die kürzere kritische Intervalllänge zu 6,6 Fressperioden, die längere zu 4,4. Dieser Wert entsprach bei vergleichbarer kritischer Intervalllänge dem Ergebnis des gelenkten Umtriebs auf dem Betrieb Hirschau, lag aber über dem Wert des Betriebs Grub (Tabelle 54). Er wurde von den Autoren zur Beschreibung des räumlichen Verhaltens der Tiere favorisiert, da er etwa der Anzahl der Besuche der Melkbox entsprach.

Auch in der vorliegenden Untersuchung wurde mit langen kritischen Intervalllängen (50 und 82 min) beim gelenkten Umtrieb eine gute Übereinstimmung zwischen der Anzahl der Fressperioden und der Anzahl der Besuche des Fressbereichs ermittelt (vgl. Abbildung 42, S. 105). Beim selektiv gelenkten Umtrieb war eine solche Übereinstimmung nur auf dem Betrieb Grub gegeben, auf dem Betrieb Hirschau lag dagegen die errechnete Anzahl der Fressperioden unter der Anzahl

der beobachteten Besuche des Fressbereichs. Dies ist möglicherweise ein Hinweis darauf, dass bei dieser Umtriebsform bereits Aspekte des freien Umtriebs zum Tragen kamen, denn beim freien Umtrieb wurden auf beiden Betrieben deutlich mehr Besuche des Fressbereichs beobachtet, als Fressperioden berechnet wurden. Dies war auch mit der geringsten kritischen Intervalllänge (30 min) der Fall. Ursache für diese Unterschiede beim freien Umtrieb können zusätzliche Besuche des Fressbereichs ohne Besuch eines Futtertrogs oder ein kurzzeitiges Verlassen des Fressbereichs innerhalb einer errechneten Fressperiode sein.

Tabelle 54: Anzahl der Fressperioden bzw. aufsummierte Fressperiodenlängen je Tier und Tag im Vergleich zu den Ergebnissen von TÖLLE ET AL. (2002) [98]

Versuch	Umtriebsform	Kritische Intervalllänge [min]	Fressperioden je Tier und Tag [n]	Aufsummierte Fressperiodenlänge je Tier und Tag [h:min]	Fressdauer je Tier und Tag (Kopf im Fressgitter) [h:min]
Betrieb Grub	freier Umtrieb	30	6,63 ^a	4:57 ^a	3:25 ^a
		50	5,76 ^b	5:24 ^a	
		82	4,88 ^c	6:20 ^b	
	gelenkter Umtrieb	30	4,42 ^a	4:49 ^a	3:33 ^a
		50	3,94 ^b	5:15 ^{ab}	
		82	3,68 ^b	5:31 ^b	
	selektiv gelenkter Umtrieb	30	5,52 ^a	4:39 ^a	3:20 ^a
		50	4,66 ^b	5:12 ^a	
		82	3,95 ^c	5:57 ^b	
Betrieb Hirschau	freier Umtrieb	30	7,39 ^a	3:57 ^a	2:02 ^a
		50	6,17 ^b	4:45 ^b	
		82	5,14 ^c	5:52 ^c	
	gelenkter Umtrieb	30	5,18 ^a	3:31 ^a	2:18 ^a
		50	4,40 ^b	4:02 ^a	
		82	3,84 ^b	4:37 ^b	
	selektiv gelenkter Umtrieb	30	5,73 ^a	3:45 ^a	2:17 ^a
		50	5,12 ^b	4:09 ^a	
		82	4,46 ^c	4:51 ^b	
TÖLLE ET AL. (2002) ^x [98]	gelenkter Umtrieb	13,5	6,6	3,14	2,27
		52,4	4,4	4,14	

^x Tierzahl 25-45 (Ø 34); Ø Milchmenge: 31,4; Melkfrequenz. 3,1; zusätzliche Besuche der Melkbox 1,2
^{abc} Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb einer Umtriebsform und eines Betriebs an

Generell ist der Vergleich mit den Werten der Literatur als schwierig zu bewerten, da die Definition der Fressperiode häufig nicht angegeben war. Es wurde jedoch

deutlich, dass in der Literatur teilweise unterschiedliche Aspekte des Fressverhaltens beschrieben wurden, was mit zu den verschiedenen kritischen Intervalllängen führte. Die kürzeren Fressperioden wurden eher als zutreffend für das Fressverhalten auf der Weide, im Anbindestall oder innerhalb des Fressbereichs im Laufstall beschrieben. Stand dagegen das räumliche Verhalten wie beispielsweise der Aufenthalt im Fressbereich im Vordergrund, so wurden häufig längere kritische Intervalllängen zur Abtrennung von zwei Fressperioden verwendet. Auch in der vorliegenden Untersuchung sollte das räumliche Verhalten der Tiere beleuchtet werden, was die gefundenen vergleichsweise langen kritischen Intervalllängen plausibel erscheinen lässt.

Hinsichtlich der Anzahl der **Besuche des Fressbereichs** pro Tier und Tag konnten die Ergebnisse von THUNE und FORSBURG ET AL. (nach WIKTORSSON ET AL. (2003) [108], Beschreibung siehe (1), (2), S. 127) bestätigt werden. Auch hier suchten die Tiere den Fressbereich beim freien Umtrieb am häufigsten auf, gefolgt vom gelenkten Umtrieb mit dezentraler Selektion und vom gelenkten Umtrieb. Beim selektiv gelenkten Umtrieb waren die eigenen Werte für die Anzahl der Besuche des Fressbereichs etwas geringer als bei den genannten Autoren. Dies lässt sich zum Teil darauf zurückführen, dass die Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox im Vergleich zu THUNE und FORSBURG ET AL. geringer war (Tabelle 55).

Tabelle 55: Vergleich der Ergebnisse der eigenen Untersuchung mit den Ergebnissen von THUNE (Jahr 1) und FORSBURG ET AL. (Jahr 2) zum Fressverhalten (nach WIKTORSSON ET AL. (2003) [108], Table 1)

	Untersuchungen von THUNE (Jahr 1) und FORSBURG ET AL. (Jahr 2)				Eigene Untersuchung			
	Jahr	Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Gelenkter Umtrieb mit Vorselektion ^x	Betrieb	Freier Umtrieb	Gelenkter Umtrieb	Selektiv gelenkter Umtrieb
Anzahl Kühe	1	46	45	50	Grub	49	49	49
	2	45		46	Hirschau	45	45	45
Melkungen pro Kuh und Tag	1	1,98 ^a	2,56 ^c	2,39 ^b	Grub	2,40 ^a	2,70 ^b	2,57 ^b
	2	2,34 ^a		2,63 ^b	Hirschau	2,26 ^a	2,45 ^b	2,54 ^b
Zusätzliche Besuche der Melkbox pro Kuh und Tag	1	0,44 ^a	1,20 ^c	1,68 ^b	Grub	0,66 ^a	1,45 ^b	0,69 ^a
	2	0,91 ^a		1,26 ^b	Hirschau	0,58 ^a	1,56 ^b	0,80 ^a
Besuche des Fressbereichs pro Kuh und Tag	1	12,1 ^a	3,9 ^c	6,5 ^b	Grub	7,9 _a	4,2 ^b	4,7 ^b
	2	9,0 ^a		7,1 ^b	Hirschau	9,8 _a	4,0 _b	5,9 ^c

^{abc} Verschiedene Buchstaben zeigen statistisch signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile an

^x entspricht dem selektiv gelenkten Umtrieb in der vorliegenden Untersuchung

Die Unterschiede zwischen freiem und gelenktem Umtrieb in den Untersuchungen von KETELAAR-DE LAUWERE ET AL. (1998) [48] und WINTER ET AL. (1992) [109] konnten ebenfalls bestätigt werden. Die Anzahl der Besuche war hier allerdings höher als in der vorliegenden Untersuchung (vgl. Abbildung 42, S. 105 und 2.4.2, S. 37).

Die Ergebnisse von LUTHER ET AL. (2002) [53] (Beschreibung siehe (7), S. 128) bewegten sich mit 5,6 Besuchen des Fressbereichs auf dem Niveau des selektiv gelenkten Umtriebs auf dem Betrieb Hirschau und damit über dem Ergebnis des gelenkten Umtriebs und über den Ergebnissen des Betriebs Grub. Die Spannweite reichte allerdings von 1 bis 30 Besuchen pro Tier und Tag (Tabelle 56).

Insgesamt zeigte der Verlauf der Tierzahl im Fress- und Liegebereich keine großen tageszeitlichen Schwankungen. Im Versuchsmittel befanden sich zwischen 9:00 und 21:00 zwischen ca. 23 und ca. 38 Tiere im Fressbereich (Werte aus graphischer Darstellung entnommen). Zusammen mit der geringen Zahl der Besuche der Selektionseinrichtung wird dies von den Autoren als Indiz dafür angesehen, dass die Kapazität der Selektionseinrichtung das natürliche Fressverhalten und die Futteraufnahme negativ beeinflusste und dass mit einer „weniger stark gelenkten Umtriebsform“ („less forced cowtraffic“) unter Umständen vollkommen andere Ergebnisse erzielt worden wären.

Tabelle 56: Ergebnisse der Untersuchungen von LUTHER ET AL. (2002) [53] zum Fressverhalten

	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Herdengröße	122,0	5,2	114	134
Laktation	1,3	0,5	1	3
Laktationstag	165,6	87,0	0	713
Milchleistung pro Kuh und Tag [kg]	29,1	7,4	4,1	61,3
Tiere im Fressbereich [n]	25,5	9,4	0	73
Tiere im Liegebereich [n]	74,7	11,1	24	112
Tiere im Wartebereich [n]	8,0	4,3	0	35
Tiere im Kraftfutterbereich [n]	4,9	2,8	0	22
Melkfrequenz	2,4	0,6	1	4
Besuche der Selektionseinrichtung pro Kuh und Tag	5,6	1,9	1	30

Bei der **Grundfutteraufnahme** konnte die Aussage von KETELAAR-DE LAUWERE (1992) [46], wonach der freie Umtrieb zur Sicherstellung einer ausreichenden Grundfutteraufnahme dem gelenkten Umtrieb vorzuziehen ist, teilweise bestätigt werden. Auf dem Betrieb Grub war die Grundfutteraufnahme beim gelenkten

Umtrieb signifikant geringer als beim freien Umtrieb. Auf dem Betrieb Hirschau war eine ähnliche Tendenz zu beobachten, allerdings war der Unterschied nicht signifikant.

Auch bei HAVERKAMP ET AL. (Ergebnisse in WIKTORSSON ET AL. (2003) [108], Beschreibung siehe (2), S. 127), waren bei der Grundfutteraufnahme zunächst nur geringe Unterschiede zwischen dem freien Umtrieb und dem gelenkten Umtrieb mit dezentralen Selektionstoren zu beobachten. Die Autoren weisen aber darauf hin, dass die Grundfutteraufnahme bei Berücksichtigung des Laktationsstands beim freien Umtrieb höher war als beim gelenkten Umtrieb mit dezentraler Selektion. Diese Beobachtung wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht gemacht.

Hinsichtlich der verschiedenen Untergruppen der Herde konnte die Beobachtung von COFFEY ET AL. (2002) [8] bestätigt werden, wonach bei Tiere in der ersten Laktation weniger Grundfutter aufnahmen als in den folgenden Laktationen. Dies bestätigen auch TÖLLE ET AL. (2002) [98] (Beschreibung siehe (5), S. 127). Im Gegensatz zur vorliegenden Untersuchung stellten sie darüber hinaus auch eine leicht abnehmende Futteraufnahme im Laufe der Laktation fest.

Die ermittelten Werte für die reine **Fressdauer** (Kopf im Trog) lagen mit ca. 3:30 h auf dem Betrieb Grub und 2:00 - 2:15 h auf dem Betrieb Hirschau unter den von STAMER ET AL. (2000) [86] ermittelten Werten, wonach Kühe 4 h pro Tag im Fressgitter verbrachten. Dagegen waren die Ergebnisse von TÖLLE ET AL. (2002) [98] gut mit dem Ergebnis des gelenkten Umtriebs auf dem Betrieb Hirschau vergleichbar (vgl. Tabelle 54, S. 141). Zwischen den einzelnen Umtriebsformen war analog zu den Ergebnissen von HAVERKAMP ET AL. (in WIKTORSSON ET AL. (2003) [108], Beschreibung siehe (2), S. 127) kein Unterschied in der Fresszeit festzustellen.

Auch hinsichtlich der **aufsummierten Fressperiodenlänge** pro Tier und Tag stimmten die Resultate von TÖLLE ET AL. (2002) [98] gut mit dem Ergebnis des gelenkten Umtriebs auf dem Betrieb Hirschau überein. Verschiedene Autoren ([26], [49], [70], [106], [107], [109]) beschrieben in ihren Untersuchungen eine nicht näher definierte Zeit für die Futteraufnahme. Für den Vergleich wurde angenommen, dass diese Angabe der aufsummierten Fressperiodenlänge in der vorliegenden Untersuchung entspricht. Unter dieser Annahme lagen die Ergebnisse im Bereich der in der Literatur dargestellten Werte.

Der Dominanzwert eines Tieres hatte in der vorliegenden Untersuchung keinen Einfluss auf den Wert der aufsummierten Fressperiodenlänge. Dies entspricht den Angaben von PORZIG (1966) [65], HÖGERMEYER (1978) [38] und POTTER & BROOM (1987) [67].

Da zwischen den Umtriebsformen keine oder nur geringe Unterschiede in der Grundfutteraufnahme bestanden, spiegeln die Unterschiede in der **Futteraufnahme je Fressperiode** weitgehend das Verhältnis in der Anzahl der Fressperioden zwischen den Umtriebsformen wider.

Die Werte lagen dabei auf dem Betrieb Hirschau leicht über den von HAVERKAMP ET AL. (2002) (nach [108]) gefundenen Ergebnissen zum freien und selektiv gelenkten Umtrieb. Auf dem Betrieb Grub war die Differenz entsprechend der insgesamt höheren Grundfutteraufnahme größer.

Hinsichtlich der **Korrelation zwischen der Futteraufnahme je Fressperiode und der vorangegangenen Zeit ohne Futteraufnahme** konnte der von DADO & ALLEN (1994) [11], METZ (1975) [56] und OLOFSSON (2000) [62] beschriebene Zusammenhang, wonach bei zunehmender Länge des Intervalls vor einer Fressperiode die Futteraufnahme in dieser Fressperiode ansteigt, bestätigt werden. Der von DADO & ALLEN angegebene Korrelationskoeffizient von 0,38 wurde auf dem Betrieb Grub bei freiem Umtrieb ebenfalls erreicht und bei den beiden gelenkten Umtriebsformen noch überschritten. Auf dem Betrieb Hirschau waren die Korrelationskoeffizienten insgesamt etwas niedriger, bestätigten aber ebenfalls die von DADO & ALLEN dargestellte Größenordnung.

Beim **Verlauf der Tierzahlen im Fressbereich** ergab der Vergleich der visuell beobachteten mit den errechneten Werten insgesamt eine gute Übereinstimmung. Die beste Übereinstimmung wurde dabei jeweils bei einer kritischen Intervalllänge von 82 min gefunden. In den meisten Fällen verließen die Tiere den Fressbereich also offensichtlich zwischen den errechneten Fressperioden. Dies bestätigt die Annahme, dass die im Vergleich zur Literatur lang gewählten kritischen Intervalllängen gut für die Beschreibung des räumlichen Verhaltens der Tiere geeignet waren. Die Ergebnisse von TÖLLE ET AL. (2002) [98] bei gelenktem Umtrieb bestätigen dies insofern, als auch hier bei längeren kritischen Intervalllängen eine gute Übereinstimmung zwischen der Anzahl der Fressperioden und den Besuchen des Fressbereichs gefunden wurde.

Die unterschiedlich hohen Differenzen zwischen den visuell beobachteten und den errechneten Werten im Tagesverlauf deuten jedoch darauf hin, dass das Fressverhalten nicht durchgängig mit einer kritischen Intervalllänge beschrieben werden kann. Unmittelbar vor und nach bestimmten Einflüssen (wie die Futtervorlage oder die kurzzeitige Sperrung der Grundfuttertröge kurz vor Mitternacht) wiesen die Tiere offenbar ein anderes Verhalten auf, als dies aus den Besuchen der Wiegetröge ermittelt werden konnte.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse die Aussagen zum Fressverhalten in der Literatur. So beschreiben verschiedene Autoren (z.B. [76] [45]) ein prinzipiell biphasisches Fressverhalten. Von SAMBRAUS (1991) [76] wird darüber hinaus auch eine weitere Fressphase in der Nacht beschrieben. Auch TÖLLE ET AL. (2002) [98] (Beschreibung siehe (5), S. 127) fanden einen deutlichen Tagesrhythmus, der durch einen Einfluss der Futtermenge und der Nutzung der Melkbox, sowie eine verminderte Fressaktivität in den Nachtstunden geprägt war. Diese Angaben konnten auf beiden Betrieben und bei allen Umtriebsformen bestätigt werden. Der Tagesrhythmus war beim freien Umtrieb jeweils am stärksten ausgeprägt, gefolgt vom selektiv gelenkten Umtrieb und dem gelenkten Umtrieb. Diese Beobachtung bestätigt die Aussagen von LUTHER ET AL. (2002) [53] und WINTER ET AL. (1992) [109], wonach ein restriktiver Zugang zum Futter einen Grund für eine Abflachung des Tagesrhythmus darstellen kann. Ursachen für den generell flacheren Verlauf auf dem Betrieb Hirschau, könnten eine geringere maximale Durchsatzleistung des automatischen Melksystems und die weniger limitierte Grundfuttermenge sein. Die Restmengen in den Futtertrögen lagen beim gelenkten und freien Umtrieb deutlich über den Werten des Betriebs Grub.

Hinsichtlich der (rechnerischen) Tierzahl im Fressbereich waren bei den beiden gelenkten Umtriebsformen im Tagesverlauf deutliche Unterschiede zwischen den Dominanzwert-Gruppen 1 („rangnieder“) und 3 („ranghoch“) zu erkennen (vgl. Ergebnisse ab S. 121). Die „rangniederer“ Tiere wurden dabei in der Zeit nach der Futtermenge offensichtlich von den „ranghohen“ Tieren verdrängt. Dieser Effekt war besonders auf dem Betrieb Grub ausgeprägt, was durch die dort stärker limitierte Fütterung (vgl. Abbildung 27, S. 87) bedingt sein könnte. Beim freien Umtrieb waren dagegen auf beiden Betrieben keine größeren Unterschiede im Tagesverlauf feststellbar. Diese Ergebnisse bestätigen die Annahmen von SCHÖN (1969) [77], POTTER & BROOM (1987) [67] und OLOFSSON (2000) [62], wonach insbesondere bei Einschränkungen in der Verfügbarkeit von Ressourcen Veränderungen im Tagesrhythmus rangniederer Tiere auftreten.

Bei den Passagen der Melkbox pro Stunde waren im Tagesverlauf ähnliche Unterschiede zwischen den „ranghohen“ und „rangniederer“ Tieren festzustellen, wie bei der (rechnerischen) Tierzahl im Fressbereich. Auch hier konnten die „ranghohen“ Tiere die begrenzte Ressource „Melkbox“ häufig vor den „rangniederer“ Tieren nutzen, die Unterschiede zwischen den Dominanzwert-Gruppen waren dabei beim freien Umtrieb am schwächsten ausgeprägt

8 Schlussfolgerungen

Im Folgenden werden die Schlussfolgerungen aus dieser Arbeit bezüglich der angewandten Methoden und der untersuchten Umtriebsformen dargestellt. Darüber hinaus werden Empfehlungen für die praktische Umsetzung des selektiv gelenkten Umtriebs gegeben und die vorgestellte Einordnung der Tierumtriebsformen ergänzt. Abschließend steht ein Ansatz zur weiteren Optimierung des selektiv gelenkten Umtriebs.

Bezüglich der in dieser Arbeit **angewandten Methoden** lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Die von TOLKAMP ET AL. (1998) [94] dargestellte Methode zur *Ermittlung kritischer Intervalllängen* im Fressverhalten auf Basis logarithmierter Intervalllängen ergab bei visueller Bestimmung vergleichsweise hohe Werte zur Trennung einer Fressperiode von der nächsten. Die so bestimmten kritischen Intervalllängen führten aber in Bezug auf das räumliche Verhalten der Tiere zu plausiblen Ergebnissen. Daraus kann gefolgert werden, dass diese langen Intervalllängen eher für die Berechnung der Anzahl oder der Aufenthaltsdauer der Tiere in den verschiedenen Funktionsbereichen eines Laufstalls geeignet sind, als die in der Literatur häufig beschriebenen kürzeren Intervalle.
- Die aus den Daten der Grundfutterwiegetröge berechneten *Dominanzwerte* erscheinen geeignet, um Unterschiede im Tagesrhythmus beim Melk- und Fressverhalten plausibel zu erklären. Um diese Werte auch in der Praxis verfügbar zu machen, müsste jedoch in weiteren Untersuchungen geklärt werden, ob sich solche Dominanzwerte auch aus den Besuchsdaten des automatischen Melksystems errechnen lassen. Vielversprechende Ansätze diesbezüglich werden in der Literatur beschrieben (vgl. 2.3.1.1, S. 21).

Hinsichtlich der **untersuchten Umtriebsformen** zeigten die Ergebnisse bezüglich der Auswirkungen der Umtriebsformen trotz zahlreicher Unterschiede zwischen den Betrieben (z.B. automatisches Melksystem, Stallgrundriss, Energiegehalt des Grundfutters, Kraftfuttermittelsversorgung, Ausgestaltung der Selektionstore (aktiv, passiv), Milchleistung, Laktationsstand, Rasse oder Vorgaben für das Nachtreiben der Tiere) in vielen Punkten eine gute Übereinstimmung. Dies lässt den Schluss zu, dass die Ergebnisse auf ähnliche Betriebe übertragbar sind.

Die Ergebnisse zum **freien Umtrieb** bestätigen die Aussagen in der Literatur und lassen den Schluss zu, dass diese Umtriebsform hinsichtlich des Fressverhaltens Vorteile aufweist. Diese betreffen sowohl die Häufigkeit der Grundfutteraufnahme, als auch die geringen Unterschiede im Tagesrhythmus zwischen Tieren mit niederen und hohen Dominanzwerten. Dabei lässt sich aus der Zahl der Wechsel zwischen Liege- und Fressbereich ableiten, dass die Tiere die Möglichkeit gehabt hätten, noch mehr Fressperioden zu realisieren. In Bezug auf die Melkfrequenz sowie die Anzahl der nachzutreibenden Tiere wurden jedoch auch die in der Literatur beschriebenen Nachteile bestätigt.

Der Einfluss der Milchleistung auf die Anzahl der Melkungen, aber auch auf die Anzahl der nachzutreibenden Tiere lässt darüber hinaus darauf schließen, dass diese Umtriebsform bei höheren Milchleistungen zu besseren Ergebnissen hinsichtlich des Melkverhaltens führen könnte. Dies bedarf jedoch einer Bestätigung durch weitere Untersuchungen bei insgesamt höheren Herdenleistungen.

Der Vergleich der Betriebe untereinander, aber auch mit der Literatur, lässt den Schluss zu, dass die Vorgaben für das Nachtreiben von Tieren einen erheblichen Einfluss auf die Anzahl der nachzutreibenden Tiere sowie auf die Verteilung der Zwischenmelkzeiten hat. Dies ist nicht nur beim freien Umtrieb der Fall, führt jedoch hier zu den kritischsten Ergebnissen. Bei der Beurteilung und dem Vergleich verschiedener Ergebnisse sollte daher nicht nur die erreichte Melkfrequenz, sondern auch der Anteil der freiwilligen Melkungen bzw. der nachzutreibenden Tiere, sowie der Anteil der Melkungen mit Zwischenmelkzeiten über einem bestimmten Wert berücksichtigt werden.

In der vorliegenden Untersuchung wurde mit vergleichsweise geringen Krafftmengen in der Melkbox gearbeitet. Dies könnte gerade beim freien Umtrieb zu einer verringerten Besuchs- und damit möglicherweise auch Melkfrequenz geführt haben. In weiteren Untersuchungen ist daher zu klären, welchen Einfluss die Höhe der Krafftfuttergaben in der Melkbox auf die Anzahl der freiwilligen Melkungen aber auch auf die Auslastung der Anlagen oder die Anzahl der wartenden Tiere hat.

Generell kann aufgrund der Ergebnisse geschlossen werden, dass der freie Umtrieb eher bei höheren Herdenleistungen zu empfehlen ist, da hier die Regelmäßigkeit der Futteraufnahme für den Landwirt von großer Bedeutung sein dürfte.

Auch beim **gelenkten Umtrieb** konnten die in der Literatur beschriebenen Vorteile hinsichtlich der Melkfrequenz und der nachzutreibenden Tiere sowie die Nachteile beim Fressverhalten bestätigt werden. Neben der geringeren Anzahl Fressperioden wurden in dieser Untersuchung auch Hinweise auf eine reduzierte Grundfuturaufnahme im Vergleich zu den anderen Umtriebsformen gefunden. Zwar bestanden im Hinblick auf die Grundfuturaufnahme keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen der Milchleistung und der Umtriebsform, in weiteren Untersuchungen sollte dennoch geklärt werden, ob die Einschränkungen im Fressverhalten bei höheren Herdenleistungen zu deutlicheren Ergebnissen führen als in der vorliegenden Untersuchung.

Der Rang der Tiere hatte beim gelenkten Umtrieb einen deutlichen Einfluss auf den Tagesrhythmus beim Fressen. Gleichzeitig waren bei der täglichen Fressdauer oder der Grundfuturaufnahme nur geringe Unterschiede festzustellen, was die Folgerung nahe legt, dass unter den gegebenen Bedingungen die rangniederen Tiere in der Lage waren, mögliche Einschränkungen durch den veränderten Tagesrhythmus auszugleichen.

Die Kombination aus Vorteilen hinsichtlich des Melkverhaltens sowie Nachteilen beim Fressverhalten lassen den gelenkten Umtrieb eher bei niedrigen Herdenleistungen geeignet erscheinen. In diesem Fall dürfte die Regelmäßigkeit der Futteraufnahme nicht so entscheidend sein wie bei hoher Milchleistung. Dafür gewinnt der Aspekt an Bedeutung, eine ausreichende Melkfrequenz mit vertretbarem Arbeitsaufwand sicherzustellen.

Die Ergebnisse zum **selektiv gelenkten Umtrieb** lassen den Schluss zu, dass durch den Einsatz dezentraler Selektionstore zwischen dem Liege- und Fressbereich Vorteile des gelenkten und des freien Umtriebs kombiniert werden können (vgl. Tabelle 57). So konnten beim Melkverhalten die positiven Aspekte des gelenkten Umtriebs wie eine hohe Melkfrequenz bei wenig nachzutreibenden Tieren weitgehend erhalten werden. Gleichzeitig bewegte sich die Anzahl der zusätzlichen Besuche der Melkbox auf dem niedrigen Niveau des freien Umtriebs. Hinsichtlich des Fressverhaltens wurde im Vergleich zum gelenkten Umtrieb eine höhere Anzahl Fressperioden erreicht und es waren keine Hinweise auf eine reduzierte Grundfuturaufnahme erkennbar.

Soweit eine Betrachtung von zwei Betrieben dies zulässt, kann aus dem Vergleich des Einsatzes passiver bzw. aktiver Selektionstore gefolgert werden, dass aktive Selektionstore besser für die Umsetzung dieser Umtriebsform geeignet sind als passive. Zwar sind die passiven Tore bei entsprechender Konstruktion als ausreichend zuverlässig für die Umsetzung eines selektiv gelenkten Umtriebs einzustufen, sie werden jedoch von den Tieren selbst bei intensivem Anlernen schlechter

angenommen als aktive Tore. Darüber hinaus lag bei den aktiven Toren die Anzahl der Fressperioden deutlicher über dem Wert des gelenkten Umtriebs als bei den passiven Toren. Die Anzahl der wartenden Tiere war so niedrig wie beim freien Umtrieb, während sie beim Einsatz der passiven Tore so hoch war wie beim gelenkten Umtrieb. Einschränkend ist hinzuzufügen, dass auch die Anzahl der nachzutreibenden Tiere im Vergleich zum Einsatz passiver Tore erhöht war, jedoch deutlich unter dem Wert des freien Umtriebs lag.

Tabelle 57: Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der untersuchten Umtriebsformen

	Freier Umtrieb		Gelenkter Umtrieb		Selektiv gelenkter Umtrieb	
	Betrieb Grub	Betrieb Hirschau	Betrieb Grub	Betrieb Hirschau	Betrieb Grub <i>passive Tore</i>	Betrieb Hirschau <i>aktive Tore</i>
Hohe Melkfrequenz	-	-	+	+	+	+
Wenig nachzutreibende Tiere	-	--	++	++	++	+
Wenig zusätzl. Besuche der Melkbox	+	+	-	-	+	+
Wenig wartende Tiere	+	+	-	-	-	+
Häufige Grundfutteraufnahme	+	++	--	-	-	+
Hohe Grundfutteraufnahme	0	0	-	0	0	0

(-- sehr negativ, - = negativ, 0 = kein Einfluss, + = positiv, ++ = sehr positiv)

Hinsichtlich der **praktischen Umsetzung des selektiv gelenkten Umtriebs** lassen sich aus den Ergebnissen folgende Empfehlungen ableiten:

- Die dezentralen Selektionstore sollten nicht zu nah bei der Melkbox angeordnet werden, da sie dort seltener genutzt werden.
- Aktive Tore sind für die Umsetzung des selektiv gelenkten Umtriebs zu bevorzugen, da sie von den Tieren besser angenommen werden.
- Ein Anlernen der Tiere ist bei passiven Toren notwendig, bei aktiven Toren empfehlenswert.
- Der Ausgang der Selektionstore sollte sich nach Möglichkeit nicht in einer Ecke befinden, da dies dazu führen kann, dass ein einzelnes Tier den Durchgang von außen blockiert.

Ausgehend von den in dieser Untersuchung und in der Literatur dargestellten Ergebnissen wäre in der **Einordnung der Tierumtriebsformen** beim Unterpunkt „Anordnung der Selektionseinrichtungen“ die „*Vorselektion*“ und die „*Nachselektion*“ um die „*dezentrale Selektion*“ zu erweitern (vgl. Tabelle 3, S. 35.):

Kennzeichen dieser „dezentralen Selektion“ ist, dass sie räumlich keine Beziehung zur Melkbox hat und damit auch das Aufsuchen dieser Selektionseinrichtungen zunächst nicht in Zusammenhang mit dem Melkvorgang steht. Darüber hinaus wird bei dieser Form der Selektion, im Gegensatz zu anderen Selektionsformen, das Tier nicht in bestimmte Stallbereiche geleitet, sondern der Zutritt zu diesen wird versperrt. In der Regel wird dazu der Liege- vom Fressbereich getrennt. Das Tier hat bei verschlossener Selektionseinrichtung damit zunächst die Möglichkeit sich frei zu entscheiden, ob es die Melkbox aufsucht oder nicht. Hierbei ist jedoch hinzuzufügen, dass es die Melkbox letztendlich aufsuchen muss, um in den gewünschten Stallbereich zu gelangen.

Ein **Ansatz zur weiteren Optimierung des selektiv gelenkten Umtriebs** ist die Möglichkeit, die dezentralen Selektionstore noch tierindividueller zu nutzen. So wäre beispielsweise ein freier Umtrieb für Tiere mit hoher Leistung oder solche mit bekannt schlechter Futteraufnahme denkbar. Gleichzeitig könnte für Tiere am Ende der Laktation ein weitgehend gelenkter Umtrieb eingerichtet werden. Darüber hinaus könnten die Tore zu bestimmten Tageszeiten (z.B. zur Futtervorlage) für bestimmte Tiergruppen (z.B. rangniedere Tiere) oder für alle Tiere geöffnet werden. Bei der Nutzung dieser Möglichkeiten müsste jedoch auch untersucht werden, in welchem Umfang die Nachteile des freien Umtriebs wieder auftreten. Insgesamt bedeutet diese Form des Tierumtriebs jedoch schon jetzt einen weiteren Schritt in Richtung „precision livestock farming“.

9 Zusammenfassung

Beim Einsatz automatischer Melksysteme ist die Form des Tierumtriebs von entscheidender Bedeutung, da hiervon ein erheblicher Einfluss auf das Melk- und Fressverhalten ausgeht. Die am weitesten verbreiteten Umtriebsformen sind der freie und der gelenkte Umtrieb. In der Literatur wird jedoch für beide Umtriebsformen von spezifischen Vor- und Nachteilen berichtet.

Ziel dieser Arbeit war es deshalb, die bestehenden Umtriebsformen bei einer praxisüblichen Herdengröße zu untersuchen und mit einer neu entwickelten Umtriebsvariante zu vergleichen, bei der die Tiere über dezentrale Selektionstore in Abhängigkeit von der Melkberechtigung zusätzlichen Zugang zum Fressbereich erhalten. Darüber hinaus sollte erfasst werden, wie die Übergänge zwischen Liege- und Fressbereich und hier insbesondere die dezentralen Selektionstore von den Tieren genutzt werden und welchen Einfluss die Milchleistung, die Laktationsnummer, das Laktationsdrittel oder der Rang eines Tieres auf die Ergebnisse haben. Die Untersuchungen sollten auf zwei Betrieben durchgeführt werden, um zu ermitteln, inwieweit die Ergebnisse bei vergleichbaren Vorgaben, jedoch unterschiedlichen Rahmenbedingungen reproduzierbar sind.

Die beiden untersuchten Betriebe (Betrieb Grub/Betrieb Hirschau) waren mit Einboxen-Anlagen der Firmen Lemmer-Fullwood bzw. DeLaval ausgestattet. Beim selektiv gelenkten Umtrieb kamen auf dem Betrieb Grub passive Selektionstore zum Einsatz, auf dem Betrieb Hirschau wurden die Tore aktiv betätigt.

Die Tierzahl betrug in allen Umtriebsvarianten 49 bzw. 45 melkende Tiere. Jeder Umtriebsversuch dauerte 12 bzw. 10 Tage, wobei davor jeweils eine Eingewöhnungsphase von mindestens 7 bzw. 12 Wochen lag. Das Fressverhalten wurde jeweils über 24 Grundfutterwiegeträge erfasst. Als Rassen kamen Fleckvieh bzw. Rotbunte mit Herdenleistungen von 7.000 bzw. 8.200 kg zum Einsatz. Die Tiere wurden entsprechend der Herdenleistung spätestens bei Zwischenmelkzeiten von 14 bzw. 12 h als überfällig markiert, Tiere mit hoher Leistung bereits bei 10 bzw. 9 h. Das Nachtreiben erfolgte zu fünf festgelegten Zeitpunkten, wobei zu jedem Zeitpunkt maximal fünf Tiere nachgetrieben wurden, um auch den übrigen Tieren den Zugang zur Melkbox zu ermöglichen.

Bei der Nutzung der Melkbox wurden auf beiden Betrieben (Betrieb Grub/Betrieb Hirschau) vergleichbare Ergebnisse erzielt. Beim freien Umtrieb wurde jede Kuh 2,4/2,3-mal pro Tag gemolken und sie besuchte die Melkbox 0,7/0,6-mal zusätzlich. Mehr Melkungen (2,7/2,5) fanden beim gelenkten Umtrieb statt, allerdings

stieg auch die Anzahl der zusätzlichen Besuche an (1,5/1,6). Beim selektiv gelenkten Umtrieb lag die Melkfrequenz auf dem gleichen Niveau (2,6/2,5) wie beim gelenkten Umtrieb, die Anzahl der zusätzlichen Besuche war dagegen so niedrig wie beim freien Umtrieb (0,7/0,8). Die Unterschiede in der Melkfrequenz führten auch zu unterschiedlichen Verteilungen der Zwischenmelkzeiten. Der freie Umtrieb wies bei den hohen Zwischenmelkzeiten jeweils die höchsten Anteile auf.

Große Unterschiede zwischen den Umtriebsformen wurden bei der Anzahl der nachzutreibenden Tiere (Mehrfachzählungen möglich) festgestellt. Beim freien Umtrieb waren dies 14,1/24,4 Tiere pro Tag, beim gelenkten Umtrieb 3,3/3,5 und beim selektiv gelenkten Umtrieb 3,7/9,8. Hierbei zeigte sich, dass auch der Betrieb, sowie die Vorgaben und Einstellungen des Systems großen Einfluss auf die Ergebnisse hatten. Die generellen Unterschiede zwischen den Umtriebsformen blieben aber bestehen.

Die Angaben in der Literatur, wonach die Tiere den Fressbereich beim gelenkten Umtrieb seltener aufsuchen und dadurch weniger Grundfutter aufnehmen, konnte nur teilweise bestätigt werden. Zwar wurde beim gelenkten Umtrieb die geringste Anzahl der Besuche des Fressbereichs (4,2/4,0) und der Fressperioden ermittelt, die Grundfutteraufnahme lag mit 16,8/14,0 kg TM pro Tier und Tag jedoch nur geringfügig unter der des freien und des selektiv gelenkten Umtriebs (17,3/14,3 kg bzw. 17,9/14,2 kg). Beim freien Umtrieb war sowohl die Anzahl der Besuche des Fressbereichs (7,9/9,8) als auch die der Fressperioden am höchsten, der selektiv gelenkte Umtrieb lag bei den Besuchen des Fressbereichs (4,7/5,9) und den Fressperioden zwischen den beiden anderen Umtriebsformen. Hierbei wurden die Sektionstore in der Nähe der Melkbox deutlich seltener genutzt als die Tore in der Stallmitte, generell nahmen die Tiere die aktiven Tore besser an als die passiven. Die Fressdauer (Kopf des Tieres im Futtertrog) zeigte innerhalb eines Betriebs keine signifikanten Unterschiede, sie lag auf dem Betrieb Grub bei ca. 3,5 h und auf dem Betrieb Hirschau bei ca. 2,25 h. Auch beim Fressverhalten waren damit deutliche Unterschiede zwischen den Betrieben festzustellen, die Effekte der Umtriebsformen blieben jedoch auch hier vergleichbar.

Die Ergebnisse wurden erwartungsgemäß von der Milchleistung und dem Laktationsdrittel beeinflusst. Teilweise war auch ein Einfluss der Laktationsnummer feststellbar. Tiere in der ersten und teilweise auch zweiten Laktation nutzten die Melkbox tendenziell häufiger und mussten seltener nachgetrieben werden. Auch nutzten sie die dezentralen Selektionstore signifikant öfter als Tiere ab der dritten Laktation.

Der aus dem Fressverhalten berechnete Dominanzwert eines Tieres hatte keinen oder nur geringen Einfluss auf die Durchschnittswerte pro Tier und Tag. Im Tagesverlauf wurden dagegen besonderes beim gelenkten und auch beim Einsatz der passiven Selektionstore im selektiv gelenkten Umtrieb deutliche Unterschiede zwischen den „ranghohen“ und „rangniedereren“ Tieren sichtbar. Es war erkennbar, dass hier zur Futtervorlage ein größerer Anteil der „ranghohen“ Tiere als der „rangniedereren“ Tiere die Ressourcen Melkbox oder Futtertrog nutzen konnte. Beim freien Umtrieb und beim Einsatz der aktiven Selektionstore im selektiv gelenkten Umtrieb war diese Einschränkung nicht, oder nur in abgeschwächter Form zu beobachten.

Die Ergebnissen zeigen, dass durch den Einsatz dezentraler Selektionstore (selektiv gelenkter Umtrieb) Vorteile des gelenkten und des freien Umtriebs kombiniert werden können. Um eine gute Annahme der Tore durch die Tiere zu gewährleisten, sollten sich diese nach Möglichkeit aktiv öffnen, und nicht in der Nähe der Melkbox installiert werden. Durch eine noch tierindividuellere Nutzung der Selektionstore dürften sich weitere Möglichkeiten der Optimierung bieten. Insgesamt bedeutet diese Form des Tierumtriebs einen weiteren Schritt in Richtung „precision livestock farming“.

10 Summary

When automatic milking systems are used, cow traffic is of decisive importance because it exerts a significant influence on milking- and feeding behaviour. Most common forms are free and guided traffic. According to literature reports, each of these variants has specific assets and drawbacks.

The intention of this thesis was to analyse the existing forms of cow traffic and to compare them to a new form of traffic, all within dairy herds of customary size. This "selectively guided cow traffic" features peripheral gates which allow the cows to enter the feeding area depending on their milking status.

In addition, it was intended to determine the influence of milk yield, lactation number, lactation stage, or rank of an animal on the results, and how the transitions between lying- and feeding area, in particular the peripheral selection gates, are used by the animals.

The studies were carried out on two farms in order to determine to what extent the results can be reproduced given comparable requirements, though different general conditions.

The two examined farms (farm Grub / farm Hirschau) were equipped with single box systems (Lemmer-Fullwood / DeLaval). On the farm Grub, passive selection gates were used for selectively guided cow traffic. On the farm Hirschau, the gates were operated actively.

The herd size added up to 49 and 45 milking animals, respectively. Every trial lasted 12 / 10 days with a prior adaptation period of at least 7 / 12 weeks. Feeding behaviour was registered with the aid of 24 roughage weighing troughs each. The breeds used were Simmental as well as Red and White Holstein, whose herd performance was 7,000 / 8,200 kg. According to herd performance, animals were marked overdue for milking after 14 / 12 h the latest, high yielding cows even after 10 / 9 h. Animals were fetched for milking at five scheduled times. At any single time, a maximum of five animals were fetched in order to give the other animals access to the milking box as well.

For the use of the milking box, comparable results were achieved on both farms (farm Grub / farm Hirschau). Under free cow traffic conditions, each cow was milked 2.4/2.3 times per day and went to the milking box for 0.7/0.6 additional visits. Guided cow traffic resulted in more milkings (2.7/2.5) as well as a larger number of additional visits (1.5/1.6). If cow traffic was selectively guided, milking

frequency was at the same level (2.6/2.5) as with guided traffic, while the number of additional visits was as low as with free traffic (0.7/0.8). Differences in milking frequency also led to different distributions of the milking intervals. Free cow traffic always resulted in the greatest percentage of long milking intervals.

With regard to the number of animals which needed to be fetched for milking, large differences between the different forms of traffic were established (multiple counting possible). In case of free cow traffic 14.1/24.4 animals per day needed to be fetched as compared with 3.3/3.5 animals in guided traffic and 3.7/9.8 animals in selectively guided traffic. The farm as well as settings of the system proved to exert great influence on the results. However, the general differences between the different forms of cow traffic remained.

Findings in literature according to which the animals visit the feeding area less often under conditions of guided traffic and thus take in less roughage were confirmed only partially. Even though the lowest number of visits to the feeding area was found with guided cow traffic (4.2/4.0), roughage intake was 16.8/14.0 kg DM per animal and day and thus ranged only slightly below the results of free and selectively guided traffic (17.3/14.3 kg and 17.9/14.2 kg respectively). Most visits to the feeding area were observed with free cow traffic (7.9/9.8), followed by selectively guided cow traffic (4.7/5.9). Here cows used the selection gates close to the milking less often than those in mid-barn and they favoured active gates over passive ones. Feeding duration (head of the animal in the feed trough) did not show any significant differences within one farm. It was approx. 3.5 h on the farm Grub and 2.25 h on the farm Hirschau. Feeding behaviour thus also exhibited considerable differences between the farms. The effects of the traffic forms, however, remained comparable.

Milk yield, lactation stage and lactation number affected the results. Cows in first and partially also in second lactation tended to visit the milking box more frequent and they had to be fetched less often. They also used the selection gates significantly more often than cows in third lactation or higher.

The calculated dominance value (based on the feeding behaviour) had no, or only small influence on the averaged results. However, regarding the results in the course of the day clear interactions between the dominance value and the form of cow traffic were observed. With guided cow traffic and also when passive gates were used in selectively guided cow traffic, the number of "low-ranking" animals using the milking box or the feed trough was reduced at the time of feed dispensing compared to "high-ranking" cows. With free traffic and when active selection gates were used in selectively guided traffic, this restriction did not apply at all or only to a certain extent.

The results show that by using peripheral gates (selectively guided cow traffic) advantages of free and forced cow traffic can be combined. In order to guarantee acceptance of the gates by the animals, they should open actively if possible, and they should not be installed near the milking box. The results were confirmed independently on two research farms, so the conclusion can be drawn, that they are transferable to other farms. In addition, adjusting the peripheral gates even more towards the cows' individual needs, there should be a potential for further optimisation. All in all this form of cow traffic represents a further step toward "precision livestock farming".

11 Literaturverzeichnis

- [1] BENNINGER, D. (2001): Den Kuhverkehr regeln. –In: Land & Forst, ALB Schriftenreihe: Bauen und Technik Niedersachsen: S. 20-22.
- [2] BENNINGER, D., H. SCHÖN, L. RITTEL, G. WENDL, J. HARMS, H. PIRKELMANN & M. KARRER (2000): Ställe für automatische Melksysteme. –In: H. SCHÖN (Hrsg.): Automatische Melksysteme (KTBL-Schrift 395), Darmstadt: S. 108-116.
- [3] BERDOY, M. (1993): Defining bouts of behaviour: A three-process model. –In: Anim. Behav., 46: S. 387-396.
- [4] BRANTAS, G.C. (1967): On the Dominance Order in Frisian-Dutch Dairy Cows. –In: Z. für Tierz. und Züchtungsb. 84: S. 129-151.
- [5] Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2002): Ernährungs- und agrarpolitischer Bericht 2002 der Bundesregierung.
- [6] BURGSTALLER, G. (1999): Praktische Rinderfütterung, 5te, überarb. Auflage, Ulmer, Stuttgart: 87 S.
- [7] CHASE, L.E., P.J. WANGSNES & B.R. BAUMGARDT (1976): Feeding behavior of steers fed a complete mixed ration. –In: Journal of Dairy Science, 59: S. 1923-1928.
- [8] COFFEY, M.P., G. SIMM & S. BROTHERSTONE (2002): Energy Balance Profiles for the First Three Lactations of Dairy Cows Estimated Using Random Regression. –In: J. Dairy Sci., 85: S. 2669-2678.
- [9] CRAIG, J.V. (1986): Measuring Social Behaviour: Social Dominance. –In: Journal of Animal Science 62: S. 1120-1129.
- [10] DADO, R.G. & M.S. ALLEN (1993): Continuous computer acquisition of feed and water intakes, chewing, reticular motility and ruminal pH of cattle. –In: Journal of Dairy Science, 76: S. 1589-1600.
- [11] Dado, R.G. & M.S. Allen (1994): Variation in and relationships among feeding, chewing and drinking variables for lactating dairy cows. –In: Journal of Dairy Science, 77: S. 132-144.
- [12] DE KONING C.J.A.M & J. RODENBURG (2004): Automatic Milking: State of the Art in Europe and North America. –In: MEIJERING, A., H. HOGVEEN & C.J.A.M. DE KONING (Hrsg.) „Automatic Milking“, Wageningen Academic Publishers, Wageningen: S. 27-37.
- [13] DE KONING C.J.A.M (2004): Vortrag „Automatic Milking: State of the Art in Europe and North America“ + Persönliches Gespräch beim Symposium „Automatic Milking – A better understanding“ in Lelystad am 24.03.2004.
- [14] DEVIR, S., J.A. RENKEMA, R.B.M. HUIRNE & A.H. IPEMA (1993): A new dairy control and management system in the automatic milking farm: basic concepts and components. –In: J. Dairy Sci. 76: S. 3607-3616.

- [15] DEVIR, S., C.C. KETELAAR-DE LAUWERE, & J.P.T.M. NOORDHUIZEN (1995): The Milking Robot Dairy Farm Management: Operational Performance Characteristics and Consequences. –In: DEVIR, S., The Dairy Control and Management System in the Robotic Milking Farm. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University: S. 43-71.
- [16] DEVIR, S., E. MALTZ & J.H.M. METZ (1995): Strategic management planning and implementation at the milking robot dairy farm. –In: COX, S.W.R. (Editor); Computers and Electronics in Agriculture, 17: S. 95-110.
- [17] DEVIR, S., J.P.T.M. NOORDHUIZEN & P.J.M. HUIJSMANNS (1996a): Validation of daily automatic routine for dairy robotic milking and concentrates supply. –In: J. agric. Engng Res. 64: S. 49-60.
- [18] DEVIR, S., H. HOGVEEN, P.H. HOGWERF, A.H. IPEMA, C.C. KETELAAR-DE LAUWERE, W. ROSSING, A.C. SMITS & J. STEFANOWSKA (1996b): Design and implementation of a system for automatic milking and feeding. Can. Agric. Eng. 38 (2): S. 107-113.
- [19] DREWS, C. (1993): The concept and definition of dominance in animal behaviour. –In: Behaviour 125 (34): S. 283-313.
- [20] ELIZALDE, H.F. (1993): Studies on the effects of chemical and physical characteristics of grass silage and degree of competition per feeding space on the feeding behaviour of lactating dairy cows. Ph.D. Thesis. Queen's University of Belfast, United Kingdom.
- [21] Fagen, RM. & D.Y. Young (1978): Temporal patterns of behaviors: Durations, intervals, latencies and sequences. –In: COLGAN P.W. (Editor): Quantitative ethology. John Wiley & Sons, New York: S. 79-114.
- [22] FORBES, J.M. (1985): The Importance of meals in the regulation of food intake. –In: Proc. Nutr. Soc. Aust. 10: S. 14-24.
- [23] FORBES, J.M., D.A. JACKSON, C.L. JOHNSON, P. STOCKILL & B.S. HOYLE (1986): A method for the automatic monitoring of food intake and feeding behaviour of individual cattle kept in a group. –In: Research and Development in Agriculture, 3: S. 175-180.
- [24] FRANCKE, H. (1990): Nutzung ethologischer Parameter zur Schätzung der Grundfutteraufnahme bei Milchkühen. Schriftenreihe des Institutes für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Heft 56: 142 S.
- [25] FRIEND, T.H. & C.E. POLAN (1976): Competitive order as a measure of social dominance in dairy cattle. –In: Appl. Anim. Ethol. 4: S. 61-70
- [26] FRIEND, T.H., C.E. POLAN & M.L. MCGILLIARD (1977): Free stall and feed bunk requirements relative to behavior, production and individual feed intake in dairy cows. –In: Journal of Dairy Science, 60: S. 108-116.
- [27] GERSTLAUER, H. (1979): Systematische Untersuchungen zur Fressstelleneinschränkung bei Milchkühen im Liegeboxenlaufstall, Dissertation Hohenheim: 123 S.
- [28] GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt.

- [29] HARB, M.Y., V.S. REYNOLDS & R.C. CAMPLING (1985): Eating behaviour, social dominance and voluntary intake of silage in group-fed milking cattle. – In: Grass and Forage Science 40: S. 113-118.
- [30] HARMS, J., G. WENDL & H. SCHÖN (2001): Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Umtriebsformen auf das Tier- und Melkverhalten beim automatischen Melken –In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beiträge zur 5. Internationalen Tagung 2001, Stuttgart-Hohenheim, 6.-7. März 2001. Hrsg.: Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim: S. 236-241.
- [31] HARMS, J.; G. WENDL & H. SCHÖN (2001): Umtriebsformen beim automatischen Melken. –In: 56 Landtechnik 4/2001: S. 254-255.
- [32] HARMS, J., G. WENDL & H. SCHÖN (2002): Influence of cow traffic on milking and animal behaviour in a robotic milking system. –In: Proceedings of the first North American conference on robotic milking, Toronto, 20-22 März 2002: S. II-8 – II-14.
- [33] HEINRICHS, A.J. & H.R. CONRAD (1987): Measuring feed intake patterns and meal size of lactating dairy cows. –In: Journal of Dairy Science, 70: S. 705-711.
- [34] HESSEL, E.F., B. KRAUSBAUER & H. VAN DEN WEGHE (2002): Automatisches Melken: Systematische Einflussfaktoren auf das Verhalten von Milchkühen im Wartebereich und deren Besuchsfrequenz im AMS. –In: Züchtungskunde, 74 (5): S. 320-329.
- [35] HERMANS G.G., A.H. IPEMA, J. STEFANOWSKA & J.H. METZ (2003): The Effect of Two Traffic Situations on the Behavior and Performance of Cows in an Automatic Milking System. –In: Journal of Dairy Science 86 (6): S. 1997-2004.
- [36] HOGEVEEN, H., A.J.H. VANT LENT & C.J. JAGTENBERG (1998): Free and one way cow traffic in combination with automatic milking. –In: Proceedings of the fourth international dairy housing conference. Jan. 28-30 1998, St. Louis, Missouri: S. 80-87.
- [37] HOGEVEEN, H., Y. VAN DER VORST, K. DE KONING & B.A. SLAGHUIS (2001): Concepts and implications of automatic milking. –In: 25e Symposium sur les bovines laitiers, October 17, 2001 in St-Hyacinthe, Quebec: S. 1-25.
- [38] HÖGERMEYER, B. (1978): Untersuchungen zur Aufstallung von Mutterkühen im Liegeboxenlaufstall. Dissertation, Göttingen: 205 S.
- [39] IPEMA, A.H., H.K. WIERENGA, J. METZ, A.C. SMITS & W. ROSSING (1988): The effects of automated milking and feeding on the production and behaviour of dairy cows. –In: Automation of feeding and milking: production, health, behaviour, breeding. Proceedings of the EAAP-symposium of the Commissions on Animal management and health and cattle production, Pudoc, Wageningen: S. 11-23.
- [40] IPEMA, A.H. (1997): Integration of robotic milking in dairy housing. –In: COX, S.W.R. (Editor) Computers and Electronics in Agriculture, 17: S. 79-94.

- [41] IPEMA, A.H., C.C. KETELAAR-DE LAUWERE, C. DE KONING, A.C. SMITS & J. METZ-STEFANOWSKA (1997): Robotic milking of dairy cows. –In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beiträge zur 3. Internationalen Tagung in Kiel, 11-12 März 1997. Hrsg.: Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel: S. 290-297.
- [42] IPEMA, A.H. & C. DE KONING (1997): Melken mit dem Melkroboter. –In Milchpraxis 35, Nr. 2: S. 72-73.
- [43] JACKSON, D.A., C.L. JOHNSON & J.M. FORBES (1991): The effect of compound composition and silage characteristics on silage intake, feeding behaviour, production of milk and live-weight change in lactating dairy cows. – In: Animal Production, 52: S. 11-19.
- [44] KABUGA, J.D., D.R. NEILSON & W.J.M BLACK (1985): Patterns of eating behaviour of dairy cattle during the day. –In: British society of Animal Production, Winter meeting Mar. 25-27 1985: Paper 147.
- [45] KENWRIGHT, A.D. & J.M. FORBES (1993): Relationships between social dominance and feeding behaviour in lactating heifers during periods of heavy competition. –In: Anim. Prod., 56: S. 457 (Abstract)
- [46] KETELAAR-DE LAUWERE, C.C. (1992): The use of a selection unit for automatic milking: consequences for cow behavior and welfare. –In: Prospects for automatic milking. EAAP Publication No. 65, Wageningen: S. 270-277.
- [47] KETELAAR-DE LAUWERE, C.C., S. DEVIR & J.H.M. METZ (1996): The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. –In: Appl. Anim. Behav. Sci., 49: S. 199-211
- [48] KETELAAR-DE LAUWERE, C.C., M.M.W.B. HENDRIKS, J.H.M. METZ, W.G.P. SCHOUTEN (1998): Behaviour of dairy cows under free or forced cow traffic in a simulated automatic milking system environment. –In: Appl. Anim. Behav. Sci., 56, S. 13-28.
- [49] KONGGAARD, S.P. (1983): Feeding conditions in relation to welfare for dairy cows in loose-housing systems. –In: BAXTER, S.H., M.R. BAXTER & J.A.D. MACCORMACK (Hrsg.) Farm Animal Housing and Welfare. Martinus Nijhoff, Dordrecht, Niederlande: S. 272-280.
- [50] KREMER, J.H. & D. ORDOLFF (1992): Experiences with continuous robot milking with regard to milk yield, milk composition and behaviour of cows. –In: Prospects for automatic milking. EAAP Publication No. 65, Wageningen: S. 253-260.
- [51] LANGTON, S.D., D. COLLET & R.M. SILBY (1995): Splitting behaviour into bouts: A maximum likelihood approach. –In: Behaviour 132: S. 781-799.
- [52] LIEBLER, J. (1998): Untersuchungen zum Einsatz eines automatischen Melksystems auf einem Praxisbetrieb. Diplomarbeit, Institut für Landtechnik, TUM-Weihenstephan: 111 S.
- [53] LUTHER, H., W. JUNGE & E. KALM (2002): Space requirements in feeding, resting and waiting areas of robotic milking facilities. –In: Proceedings of the first North American conference on robotic milking, Toronto, 20-22 März 2002: S. II-15 – II-25.

- [54] MACHLIS L. (1977): An Analysis of the temporal patterning of pecking in chicks. –In: Behaviour 63: S. 1-70.
- [55] MAYES, E. & P. DUNCAN (1986): Temporal patterns of feeding behaviour in free-ranging horses. –In: Behaviour 96: S. 105-129.
- [56] METZ, J.H.M. (1975): Time patterns of feeding and rumination in domestic cattle. Ph.D. Thesis, Wageningen Agric. Univ.: 67 S.
- [57] MORITA, S., S. DEVIR, C.C. KETELAAR-DE LAUWERE, A.C. SMITS, H. HOGEVEEN & J.H.M. METZ (1996): Effects of Concentrate Intake on Subsequent Roughage Intake and Eating Behavior of Cows in an Automatic Milking System. –In: Journal of Dairy Science, 79: S. 1572-1580.
- [58] NIELSEN, B.L., A.B. LAWRENCE & C.T. WHITTEMORE (1995): Effects of single-space feeder design of feeding behaviour and performance of growing pigs. –In: Anim. Sci. 61: S. 575-579.
- [59] OBERDELLMANN, P., M. LEIENDECKER & J. STUMPENHAUSEN (2000): Arbeits- und betriebswirtschaftliche Beurteilung automatischen Melkens. –In: Landtechnik 55 (2000) H. 4: S. 306.
- [60] OLOFSSON, J. (1994): Competition for feed in loose housing systems. –In: Proceedings of the Third International Dairy Housing Conference, Orlando, Florida: S. 825-828.
- [61] OLOFSSON, J. (1999): Competition for total mixed diets fed for ad libitum intake using one or four cows per feeding station. –In: J. Dairy Sci. 82: S. 69-79.
- [62] OLOFSSON, J. (2000): Feed Availability and its Effects on Intake, Production and Behaviour in Dairy Cows. PhD Thesis, Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Science, Uppsala, Schweden.
- [63] OLOFSSON, J., G. PETTERSSON, H. WIKTORSSON, T. EKMAN, & M. SUNDBERG (2001): Teknisk provning av DeLaval's automatiska mjölkningssystem (VMS™). Report 249: Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Schweden.
- [64] PIRKELMANN, H. (1992): Feeding strategies and automatic milking. –In: Prospects for automatic milking. EAAP Publication No. 65, Wageningen: S. 289-295.
- [65] PORZIG, E. (1966): Die soziale Rangordnung bei Milchkühen des Deutschen Schwarzbunten Rindes, ein Beitrag zur Klärung der Laufstallhaltung in Großbeständen. Dissertation, Leipzig.
- [66] PORZIG, E. (1987): Verhaltensinventare und Tier- Umwelt- Beziehungen. –In: SCHEIBE, K.M. (1987): Nutztierverhalten. Fischer, Jena: 266 S.
- [67] POTTER, M.J. & D.M. BROOM (1987): The Behaviour and Welfare of Cows in Relation to Cubicle House Design. –In: WIERENGA H.K. & D.J. PETERSE (Editors), Cattle Housing Systems, Lameness and Behaviour. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht: S. 129-147.

- [68] PRESCOTT, N.B., T.T. MOTTRAM & A.J.F. WEBSTER (1998): Relative motivations of dairy cows to be milked or fed in a Y-maze and an automatic milking system. –In: Applied Animal Behaviour Science, 57: S. 23-33.
- [69] RABOLD, K. (1986): Vollautomatisches Melken. –In: Landtechnik 41 (1986), H.5: S. 224-226.
- [70] Rist, M. (1969): Nutztierethologie als Grundlage der Laufstallgestaltung für Milchkühe. –In: Landwirtschaft Schweiz, 2: S. 77-83.
- [71] ROSSING, W., IPEMA A.H. & P.F. VELTMANN (1985): The feasibility of milking in a feeding box. –In: IMAG Research Report 85-2, Wageningen.
- [72] ROSSING, W. & P.H. HOGWERF (1997): State of the art of automatic milking systems. –In: Computers and electronics in agriculture, Vol 17, No. 1. Special Issue: Robotic Milking: S. 1-17.
- [73] RUSHEN, J. (1984): How peck orders of chicken are measured: a critical review. –In: Appl. Anim. Ethol. 11: S. 255-264.
- [74] RUTTER, S.M., D.A. JACKSON, C.L. JOHNSON & J.M. FORBES (1987): Automatically recorded competitive feeding behaviour as a measure of social dominance in dairy cows. –In: Appl. Anim. Behav. Sci., 17, Issues 1-2: S. 41-50.
- [75] SAMBRAUS, H.H. (1978): Nutztier-Ethologie. Berlin: 315 S.
- [76] SAMBRAUS, H.H. (1991): Nutztierkunde. Stuttgart: 377 S.
- [77] SCHÖN, H. (1969): Voraussetzungen und Möglichkeiten einer Mechanisierung der Vorratsfütterung in Rinderlaufställen. –In: KTBL-Berichte über Landtechnik 133, S. 66-88.
- [78] SCHÖN, H., G. WENDL, L. RITTEL & H. PIRKELMANN (1997): Technik, Arbeitsorganisation und bauliche Lösungen für das automatische Melken. –In: WENDL, G. (Hrsg.): Außenklimaställe und automatische Melksysteme in der Milchviehhaltung, Landtechnik Schrift Nr.7: S. 91-104.
- [79] SCHÖN, H., G. WENDL & H. PIRKELMANN (1997): Technik, Arbeitsorganisation und Management bei automatischen Melksystemen (AMS). –In: SCHÖN, H. & H. PIRKELMANN (Hrsg.): Automatisches Melken (AMS): S. 11-18.
- [80] SCHÖN, H. ET AL. (1998): Die Landwirtschaft, Bd. 3: Landtechnik, Bauwesen. BLV Verlagsgesellschaft München, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup: S. 439.
- [81] SCHÖN, H., G. WENDL & H. PIRKELMANN (2000): Automatisches Melken – Bedeutung, Stand, Entwicklungstendenzen. –In: H. Schön (Hrsg.): Automatische Melksysteme, KTBL-Schrift 395, Landwirtschaftsverlag Münster, Darmstadt: S. 9-17.
- [82] SCHÖN, H. (Hrsg.) (2000): Automatische Melksysteme, KTBL-Schrift 395, Landwirtschaftsverlag Münster, Darmstadt: 148 S.
- [83] SILBY, R.M., H.M.R. NOTT & D.J. FLETCHER (1990): Splitting behaviour into bouts. –In: Anim. Behav. 39: S. 63-69.
- [84] SLATER, P.J. & N.P. LESTER (1982): Minimising errors in splitting behaviour into bouts. –In: Behaviour 79: S. 153-161.

- [85] STAMER, E., W. JUNGE & E. KALM (1997): Die Zeitstruktur des Futteraufnahmeverhaltens von Milchkühen unter Laufstallbedingungen. –In: Archiv für Tierzucht 40: S. 195-214.
- [86] STAMER, E., N., REINSCH & W. JUNGE (2000): Merkmale des Fressverhaltens zur Schätzung der Grundfutteraufnahme von Milchkühen unter Laufstallbedingungen. –In: Züchtungskunde 72: S. 340-358.
- [87] STEFANOWSKA, J., S. DEVIR & H. HOGEVEEN (1997): Time study on dairy cows in an automatic milking system with a selection unit and one-way cow traffic. –In: Canadian Agricultural Engineering 39(3): S. 221-229.
- [88] STEFANOWSKA, J., N.S. TILIOPOULOS, A.H. IPEMA & M.M.W.B. HENDRIKS (1999): Dairy cow interactions with an automatic milking system starting with 'walk-through' selection. –In: Appl. Anim. Behav. 63: S. 177-193.
- [89] SWIERSTRA, D. & A.C. SMITS (1989): Modern dairy farming with automatic milking system. –In: Dodd, V.A. & P.M. Grace (Editors): Agricultural Engineering, Vol. 2, Proceedings of the 11. International Congress on Agricultural Engineering, Dublin, Sept. 4-8 1989, A.A. Balkema, Rotterdam: S. 927-932.
- [90] SYME, G.J. (1974): Competitive orders as measures of social dominance. –In: Anim. Behav. 22: S. 931-939.
- [91] SYME, G.J., J.S. POLLARD, L.A. SYME & R.M. REID (1974): An analysis of the limited access measures of social dominance in rats. –In: Anim. Behav. 22: S. 486-500.
- [92] SYME, G.J. & L.A. SYME (1979): Social Structure in Farm Animals. Elsevier, Amsterdam: 200 S.
- [93] THUNE, R.O., A.M. BERGGREN, L. GRAVAS & H. WIKTORSSON (2002): Barn Layout and Cow Traffic to optimise the Capacity of an Automatic Milking System. –In: Proceedings of the first North American conference on robotic milking, Toronto, 20-22 März 2002: S. II-45 – II-50.
- [94] TOLKAMP, B.J., D.J. ALLCROFT, E.J. AUSTIN, B.L. NIELSEN & I. KYRIAZAKIS (1998): Satiety splits feeding behaviour into bouts. –In: Journal of Theoretical Biology, 194: S. 235-250.
- [95] TOLKAMP, B.J. & I. KYRIAZAKIS (1999a): To split behaviour into bouts, log-transform the intervals. –In: Anim. Behav., 57: S. 807-817.
- [96] TOLKAMP, B.J. & I. KYRIAZAKIS (1999b): A comparison of five methods that estimate meals criteria for cattle. –In: Anim. Sci., 69: S. 501-514.
- [97] TOLKAMP, B.J., D.P.N. SCHWEITZER & I. KYRIAZAKIS (2000): The biologically relevant unit for the analysis of short term feeding behaviour of dairy cows. –In: J. Dairy Sci., 83: S. 2057-2068.
- [98] TÖLLE, K.H., O. JOULAUD, G. JANKNECHT & J. KRIETER (2002): Futteraufnahme von Kühen in einem automatischen Melkverfahren mit gelenktem Kuhverkehr. –In: Züchtungskunde, 74 (5): S. 330-340.
- [99] VASILATOS, R. & P.J. WANGSNESS (1980): Feeding behaviour of lactating cows as measured by time-lapse photography. –In: J. Dairy Sci., 63: S. 412-416.

- [100] WEBSTER, J. (1993): *Understanding the Dairy Cow*, 2nd Edition. Blackwell Science, Oxford: 374 S.
- [101] WENDL, G., H. SCHÖN, J. HARMS, S. PURUCKER, H. PIRKELMANN (1999): Tier- und Melkverhalten bei automatischen Melksystemen – Ergebnisse von Einsatzuntersuchungen mit Einboxenanlagen. –In: Tagungsband zur 4. internationalen Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“ Freising, 9.-10.03.1999. Hrsg.: Institut für Landtechnik der TUM-Weihenstephan, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster: S. 179-184.
- [102] WENDL, G., F. SEDLMEYER, J. HARMS & H. SCHÖN (2000): Results of field investigations with automatic milking systems. –In: ASAE Paper No. 003017, American Society of Agricultural Engineers 2000, St. Joseph, Michigan USA.
- [103] WENDL, G., F. SEDLMEYER, J. HARMS, K. KLINDTWORTH & H. SCHÖN (2000): Einsatzuntersuchungen bei Einboxenanlagen. –In: H. Schön (Hrsg.): *Automatische Melksysteme*, KTBL-Schrift 395, Landwirtschaftsverlag Münster, Darmstadt: S. 88-100.
- [104] WENDL, G., F. WENDLING, S. BÖCK, G. FRÖHLICH & G. RÖDEL (2001): Rechnergesteuerte Wiegetröge zur automatischen Erfassung der Futteraufnahme für Rinder Schweine und Schafe. –In: Tagungsband zur 5. internationalen Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung“ Hohenheim, 6.-7.03.2001. Hrsg.: Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster: S. 50-55.
- [105] WIEPKEMA, P.R. (1968): Behaviour changes in CBA mice as a result of one goldthiogluucose injection. –In: *Behaviour* 32: S. 179-210
- [106] WIERENGA, H.K., J.H.M. METZ & H. HOPSTER (1985): The effect of extra space on the behaviour of dairy cows kept in a cubicle house. –In: *Proceedings of the CEC seminar about social space for domestic cattle*. Martinus Nijhoff publishers, Dordrecht, Niederlande: S. 160-170.
- [107] WIERENGA, H.K. & H. HOPSTER (1990): The significance of cubicles for the behaviour of dairy cows. –In: *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 26: S. 309-337.
- [108] WIKTORSSON, H., G. PETTERSSON, J. OLOFSSON, K. SVENNERSTEN-SJAUNJA & M. MELIN (2003): *Welfare Status of Dairy Cows in Barns with Automatic Milking*. EU-Project "Implications of the Introduction of Automatic Milking on Dairy Farms (QLK5-2000-31006) als Teil des EU-Programms "Quality of Life and Management of Living Resources", Deliverable D24, 40 Seiten.
- [109] WINTER, A., R.M. TEVERSON & J.E. HILLERTON (1992): The effect of increased milking frequency and automated milking systems on the behaviour of the dairy cow. –In: *Prospects for Automatic Milking, Proc. of Int. Symp.*: S. 261-269.
- [110] WINTER, A. & J.E. HILLERTON (1995): Behaviour associated with feeding and milking of early lactation cows housed in an experimental automatic milking system. –In: *Appl. Anim. Behav. Sci.* 46: S. 1-15.
- [111] YEATES, M.P., B.J. TOLKAMP, D.J. ALLCROFT & I. KYRIAZAKIS (2001): The use of Mixed Distribution Models to Determine Bout Criteria for Analysis of Animal Behaviour. –In: *Journal of Theoretical Biology*, 213: S. 413-425.

12 Anhang

Anhang 1: Korrelationen zwischen Laktationsdrittel, Leistungs-, Laktations- und Dominanzwert-Gruppe bei den verschiedenen Umtriebsformen

Versuchsort	Umtriebsform	Korrelation zwischen		r	
Grub	Freier Umtrieb	Laktationsdrittel	Leistungs-Gruppe	-0,51	***
		Laktationsdrittel	Laktations-Gruppe	-0,17	n.s.
		Laktationsdrittel	Dominanzwert-Gruppe	-0,16	n.s.
		Leistungs-Gruppe	Laktations-Gruppe	0,44	**
		Leistungs-Gruppe	Dominanzwert-Gruppe	0,11	n.s.
		Laktations-Gruppe	Dominanzwert-Gruppe	0,31	*
	Gelenkter Umtrieb	Laktationsdrittel	Leistungs-Gruppe	-0,63	***
		Laktationsdrittel	Laktations-Gruppe	0,21	n.s.
		Laktationsdrittel	Dominanzwert-Gruppe	0,16	n.s.
		Leistungs-Gruppe	Laktations-Gruppe	0,31	*
		Leistungs-Gruppe	Dominanzwert-Gruppe	0,02	n.s.
		Laktations-Gruppe	Dominanzwert-Gruppe	0,32	*
	Selektiv gelenkter Umtrieb	Laktationsdrittel	Leistungs-Gruppe	-0,57	***
		Laktationsdrittel	Laktations-Gruppe	-0,03	n.s.
		Laktationsdrittel	Dominanzwert-Gruppe	0,21	n.s.
		Leistungs-Gruppe	Laktations-Gruppe	0,37	**
		Leistungs-Gruppe	Dominanzwert-Gruppe	0,13	n.s.
		Laktations-Gruppe	Dominanzwert-Gruppe	0,12	n.s.
Hirschau	Freier Umtrieb	Laktationsdrittel	Leistungs-Gruppe	-0,69	***
		Laktationsdrittel	Laktations-Gruppe	-0,07	n.s.
		Laktationsdrittel	Dominanzwert-Gruppe	-0,04	n.s.
		Leistungs-Gruppe	Laktations-Gruppe	-0,07	n.s.
		Leistungs-Gruppe	Dominanzwert-Gruppe	0,09	n.s.
		Laktations-Gruppe	Dominanzwert-Gruppe	0,07	n.s.
	Gelenkter Umtrieb	Laktationsdrittel	Leistungs-Gruppe	-0,59	***
		Laktationsdrittel	Laktations-Gruppe	-0,24	n.s.
		Laktationsdrittel	Dominanzwert-Gruppe	0,10	n.s.
		Leistungs-Gruppe	Laktations-Gruppe	0,25	n.s.
		Leistungs-Gruppe	Dominanzwert-Gruppe	0,08	n.s.
		Laktations-Gruppe	Dominanzwert-Gruppe	-0,07	n.s.
	Selektiv gelenkter Umtrieb	Laktationsdrittel	Leistungs-Gruppe	-0,61	***
		Laktationsdrittel	Laktations-Gruppe	-0,15	n.s.
		Laktationsdrittel	Dominanzwert-Gruppe	0,25	n.s.
		Leistungs-Gruppe	Laktations-Gruppe	0,14	n.s.
		Leistungs-Gruppe	Dominanzwert-Gruppe	0,12	n.s.
		Laktations-Gruppe	Dominanzwert-Gruppe	0,22	n.s.

r = Pearson Korrelationskoeffizient

Anhang 7: Tagebuch Betrieb Hirschau (Seite 4 von 4)

Kühe holen	07:00	Tankreinigung	10:00	16:00	17:30
überfällige Kühe gemolken?	} max 5 auf einmal				
auffällige Kühe gemolken?					
Mastitiskühe gemolken? (Milch wiegen + eintragen)					
Kühe angelernt? (Protokoll)					
weitere Kontrollen:	Morgen	Tankreinigung	Vormittag	Nachmitt.	Abend
Stall					
Warteraum abgeschoben?					
Warteraum rausgespritzt und VMS gesäubert?					
Übergänge abgeschoben?					
Liegeboxen gesäubert / eingestreut					
Tränkebecken sauber?					
Kühe beobachtet?					
Verletzungen behandelt?					
Regina wegen kranken Kühen Bescheid gesagt (vor 07:30) ?					
Stroh runtergeworfen (abwechselnd mit Kurt)?					
VMS kontrollieren					
Diomittel voll? (wenn Behälter neu gefüllt wurde bitte G reinschreiben)					
Krafftutterfüllstand kontrolliert?					
Krafftutterschale gesäubert?					
Halterung Krafftutterschale kontrolliert?					
Laser gereinigt (Protokoll)?					
VMS auf nicht normale Geräusche kontrolliert (Zischen, Quitschen, oder Ähnliches)					
Tankraum					
Tankprobe abgefüllt? (jeden Montag)					
Tank gereinigt?					
Adapter und Schöpfkelle gereinigt?					
Filter gewechselt + kontrolliert? (bei Flocken sofort handeln!)					
Tankraum geputzt?					
Kühlung eingeschaltet? (Temperatur kontrollieren)					
Reinigungs-Behälter voll? (wenn Behälter neu gefüllt, bitte G reinschreiben)					
Büroarbeit					
Daten gesichert?					
Tagebuch komplett ausgefüllt?					
Tankmenge in PC eingegeben?					
Listen ausgedruckt und kontrolliert? (Beobachtungskühe, Abw. technisch, Abw. Kuh, Milchmenge, Krafftutter)					
Grundfutteraufnahme kontrolliert?					
Probleme bei Kammermeier gemeldet?					
Schalmtest in Liste eingetragen?					
Listen in Office-PC gespeichert?					
Büro aufgeräumt + Boden geschrubbt?					
E-Mails abgerufen + Verbindung getrennt?					
E-Mail-Verbindung getrennt?					
Handy in Alarmbereitschaft?					
Krankenbucht					
eingestreut?					
Heu und Krafftutter gefüttert?					
Draußen					
Kompressor/Vakuumpumpe (auf dem Heimweg)					
Futter in den Wiegetrögen kontrolliert?					

tägliche Routine

Aufgabe erledigt:
 Aufgabe nicht erledigt:
 Aufgabe war nicht notwendig:



Lebenslauf

Name: Jan Harms
geboren: 06.11.19972 in Tübingen
Eltern: Dr. Wolfgang Harms
Dr. Irmgard Harms, geb. Striefler
wohnhaf in: 85356 Freising
Staatangehörigkeit: Deutsch

Schulbildung:

1979 - 1983: Grundschule Sonthofen
1983 - 1992: Gymnasium Sonthofen
Abschluss: Abitur

Studium:

11/1992 – 01/1999: Studium der Agrarwissenschaften, TUM-Weihenstephan
Studienrichtung: Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus
Abschluss: Dipl.-Ing. agr. (Univ.)

Berufliche Tätigkeiten:

02/1999 – 12/2002: wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, Freising
Seit 01/2003: wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

Veröffentlichungen

1998

WENDL, G., H. SCHÖN, J. LIEBLER & J. HARMS (1998): Einsatzerfahrungen mit Einboxenanlagen. –In: Bayer. Landwirtschaftliches Wochenblatt 188 (1998) H. 50: S. 22-23.

1999

HARMS, J. (1999): Untersuchungen zum Melk- und Tierverhalten im automatischen Melksystem auf einem Praxisbetrieb, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Landtechnik, TUM-Weihenstephan: 133 S.

WENDL, G., H. SCHÖN, J. HARMS, S. PURUCKER & H. PIRKELMANN (1999): Tier- und Melkverhalten bei automatischen Melksystemen – Ergebnisse von Einsatzuntersuchungen mit Einboxenanlagen. –In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Tagungsband zur 4. Internationalen Tagung, Freising, 9.-10.03.1999. Hrsg.: Institut für Landtechnik der TUM-Weihenstephan, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster: S. 179-184.

2000

BENNINGER, D., H. SCHÖN, L. RITTEL, G. WENDL, J. HARMS, H. PIRKELMANN & M. KARRER (2000): Ställe für automatische Melksysteme. –In: SCHÖN, H. (Hrsg.): Automatische Melksysteme (KTBL-Schrift 395), Darmstadt: S. 108-116.

HARMS, J. (2000): Datenmanagement in einem modernen Milchviehbetrieb mit rechnergesteuertem Verfahren zum Füttern und Melken - Ansätze zur anwenderorientierten Aufbereitung. –In: BIRKNER, U., H. AMON, G. OHMAYER, L. REINER (Hrsg): Berichte der GIL Band 13 - Referate der 21. GIL-Jahrestagung, Freising-Weihenstephan: S. 56.

HARMS, J. & G. WENDL (2000): Die Kuh bestimmt den Rhythmus – Fragen rund um das automatische Melken. –In: Bayer. Landw. Wochenblatt 190 (2000) H. 12: S. 26-28.

WENDL, G., F. SEDLMEYER, J. HARMS & H. SCHÖN (2000): Results of field investigations with automatic milking systems. –In: ASAE Paper No. 003017, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan USA.

WENDL, G., J. HARMS & H. SCHÖN (2000): Analysis of milking behaviour on automatic milking. –In: HOGEVEEN, H. & A. MEIJERING (Hrsg.) Proceedings of the International Symposium on Robotic Milking, Lelystad (The Netherlands), 17.-19. August 2000, Wageningen Pers: S. 143-151.

WENDL, G., F. SEDLMEYER, J. HARMS, K. KLINDTWORTH & H. SCHÖN (2000): Einsatzuntersuchungen bei Einboxenanlagen. –In: SCHÖN, H. (Hrsg.): Automatische Melksysteme (KTBL-Schrift 395), Darmstadt: S. 88-100.

2001

- HARMS, J., G. WENDL & H. SCHÖN (2001): Umtriebsformen beim automatischen Melken. –In: 56 Landtechnik 4/2001: S. 254-255.
- HARMS, J., G. WENDL & H. SCHÖN (2001): Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Umtriebsformen auf das Tier- und Melkverhalten beim automatischen Melken. –In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beiträge zur 5. Internationalen Tagung 2001, Stuttgart-Hohenheim, 6.-7.03.2001. Hrsg.: Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim: S. 236-241.
- SCHÖN, H., G. WENDL, M. KLINDTWORTH & J. HARMS (2001): Precision Livestock Farming - Konzeption, Stand der Forschung, Zukunftsperspektiven. –In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beiträge zur 5. Internationalen Tagung 2001, Stuttgart-Hohenheim, 6.-7.03.2001. Hrsg.: Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim. Stuttgart-Hohenheim: S. 1-9.
- SEDLMEYER, F., J. HARMS, K. KLINDTWORTH & G. WENDL (2001): Untersuchungen zum Einsatz von automatischen Melksystemen in landwirtschaftlichen Betrieben in Bayern. –In: Landtechnische Berichte aus Praxis und Forschung. Hrsg.: Bayer. Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten. München (Gelbes Heft 73): 75 S.

2002

- HARMS, J. (2002): Modernes Melken – flott und tiergerecht, II. –In: Allgäuer Bauernblatt 6/2002, S. 22-26.
- HARMS, J. & G. WENDL (2002): Verhaltensmuster von Milchkühen. –In: 57 Landtechnik 4/2002: S. 234-235.
- HARMS, J., G. WENDL & H. SCHÖN (2002): Influence of cow traffic on milking and animal behaviour in a robotic milking system. –In: Proceedings of the first North American conference on robotic milking, Toronto, 20-22 März 2002, II-8 – II-14.
- WENDL G., K. KLINDTWORTH, J. HARMS & M. KLINDTWORTH (2002): Entwicklungen in der Prozesstechnik in den Bereichen Identifizierung, Brunstüberwachung und automatisches Melken. –In: Milchviehhaltung - tiergerecht und zukunftsorientiert, Landtechnik-Schrift 13/2, Freising-Weißenstephan: S. 87-106.

2003

- BAUMEISTER, J., F. FREIBERGER, J. HARMS, W. HARTMANN, B. LEHMANN & G. WENDL (2003): Milchviehställe mit automatischen Melkverfahren - Erste Ergebnisse zum Herdenverhalten (BMVELModellvorhaben 2001/03). –In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beiträge zur 6. Internationalen Tagung 2003, Vechta, 25.-27.03.2003. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt: S. 422-427.

-
- HARMS, J. & G. WENDL (2003): Viertelspezifische Milchmengenmessung in AMS unter Praxisbedingungen. –In: 58 Landtechnik 4/2003: S. 268-269.
- HARMS, J. & G. WENDL (2003): Improvement of teat cup attachment in automatic milking systems by using teat coordinates. –In: Proceedings of the 1. European Conference of Precision Livestock Farming (ECPLF) 2003, Berlin, June 15-19, 2003. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Netherlands: S. 75-79.
- HARMS, J. & G. WENDL (2003): Melkroboter: So beurteilen Praktiker die Technik. –In: top agrar Österreich, H. 5/2003: S. 8-11.
- WENDL, G., M. WIEDEMANN & J. HARMS (2003): Untersuchungen zur Eutergesundheit: Tendenziell sehr gute Ergebnisse möglich. –In: Profi, H. 5/2003: S. 51.

2004

- HARMS, J. & G. WENDL (2004): Influence of cow traffic on milking and animal behaviour in a robotic milking system. –In: MEIJERING, A., H. HOGVEEN & C.J.A.M. DE KONING (Hrsg.) „Automatic Milking“, Wageningen Academic Publishers, Wageningen: S. 492-493.

Danksagung

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

Bei Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. H. Schön möchte ich mich für die freundliche Überlassung des sehr interessanten Themas bedanken. Danken möchte ich auch Herrn Univ.-Prof. Dr.habil. Dr. H. Auernhammer und Herrn apl. Prof. Dr. F.J. Schwarz für die Übernahme der Koreferate, sowie Herrn Univ.-Prof. Dr. A. Heißenhuber für den Prüfungsvorsitz.

Besonderer Dank gilt meinem Chef Herrn Dr. G. Wendl für seine zahlreichen Anregungen bei der Arbeit in den Projekten und die Betreuung beim Verfassen dieser Arbeit. Trotz seines vollen Terminkalenders fühlte ich mich bei Problemen und Fragen immer willkommen. Bei meinen Kolleginnen und Kollegen an der „Landtechnik-Weihenstephan“ möchte ich mich für das produktive Arbeitsumfeld, die interessanten Diskussionen, vor allem aber für herzliche Aufnahme in ihrer Mitte bedanken.

Für die finanzielle Unterstützung der Projekte geht mein Dank an die Deutsche Forschungsgemeinschaft sowie die Firmen Lemmer-Fullwood und DeLaval. Ohne diese Unterstützung wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Neben der finanziellen Unterstützung standen die Mitarbeiter der Firmen aber auch jederzeit mit Rat und Tat zur Seite. Besonders bedanken möchte ich mich hierfür bei E. Adelsberger, F. Bader, S. Baumgartner, R. Eschenbacher, M. Esser und A. Nährig.

Die gewissenhafte tägliche Arbeit im Betrieb stellt gewissermaßen das Rückgrat dieser Arbeit dar, mein ganz besonderer Dank gilt daher dem Personal auf den Betrieben Grub und Hirschau. Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Dr. H. Pirkelmann, für die Unterstützung in der schwierigen Anfangsphase auf dem Betrieb Grub.

Für die Berechnung der Dominanzwerte aus den Daten der Grundfutterwiegeträge geht ein Dankeschön an Gunnar Pettersson nach Schweden (SLU). Bei P. Eiblmeier, R. Emmerling, Dr. Graf und G. Reitel möchte ich mich für die Unterstützung bei Fragen zur Statistik bedanken.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinen Eltern, die mir meine Schulausbildung und das Studium ermöglicht haben, bei meinen Geschwistern aber auch bei meinen Schwiegereltern dafür, dass sie mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Ganz herzlich danke ich schließlich meiner Frau Katrin, die meine Arbeit mit großem Interesse verfolgte und mir immer mit viel Liebe zur Seite stand.

Weihenstephan, im Juni 2004

Jan Harms