



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Verhalten und Gesundheitsstatus von Kälbern in einem Außenklima- stall in den Haltungssystemen Rein- Raus und kontinuierliche Belegung



Schriftenreihe

1
2011
ISSN 1611-4159

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Prof.-Dürrwächter-Platz 2, 85586 Poing
E-Mail: TierundTechnik@LfL.bayern.de
Telefon: 089 99141-300

1. Auflage: März 2011

Druck: ES-Druck, 85354 Freising-Tüntenhausen

Schutzgebühr: 15,00 Euro

© LfL



Verhalten und Gesundheitsstatus von Kälbern in einem Außenklimastall in den Haltungssystemen Rein-Raus und kontinuierliche Belegung

Ariane Fröhner (Dipl.-Ing. agr. Univ.)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik

Verhalten und Gesundheitsstatus von Kälbern in einem Außenklimastall in den
Haltungssystemen Rein-Raus und kontinuierliche Belegung

Ariane Fröhner

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. H. H. D. Meyer

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr. H. Bernhardt
2. apl. Prof. Dr. K. Reiter
(Universität Hohenheim)

Die Dissertation wurde am 17.09.2010 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für
Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 23.01.2011 angenommen.

Inhaltsverzeichnis	Seite
Zusammenfassung	15
Summary	17
1 Einleitung.....	19
2 Stand des Wissens	20
2.1 Grundzüge der Evolution des Rindes.....	20
2.2 Haltung.....	20
2.3 Stallklima	22
2.4 Fütterung	25
2.5 Verhalten	26
2.6 Tiergesundheit.....	34
2.7 Körpermasse.....	39
3 Zielstellungen der Arbeit.....	41
4 Tiere und Methodik	42
4.1 Tiere	42
4.2 Haltung.....	42
4.2.1 Hygienemanagement.....	44
4.2.2 Gesundheitsüberwachung und Bestandsbetreuung.....	44
4.2.3 Klimatische Bedingungen	44
4.2.4 Fütterung	46
4.2.5 Körpertemperatur	47
4.3 Eigene Untersuchungen	48
4.3.1 Aktivitäts- und Ruheverhalten	49
4.3.2 Vitalitätsbewertungen	51
4.3.3 Morbidität.....	52
4.3.4 Quantitative Bestimmung von Immunglobulinen und von Gesamtprotein	53
4.3.5 Mortalität.....	54
4.3.6 Körpermasse.....	54
4.3.7 Schätzung der Körpermasse mittels Brustumfang.....	54
4.4 Statistische Datenverarbeitung.....	54
5 Ergebnisse	58
5.1 Lokomotorische Aktivität	58
5.2 Aktivitäts- und Ruheverhalten	63
5.2.1 Bewegungsaktivität.....	63
5.2.2 Ruheverhalten	63

5.2.3	Dauer der Ruheperioden und Häufigkeit der Ruhephasenwechsel.....	66
5.3	Rhythmik.....	68
5.3.1	Aktivitäts- und Ruhephasenrhythmik im Tages- und im Jahresverlauf.....	68
5.3.2	Zeitreihenanalyse	73
5.3.3	Kopplungsgradanalyse	77
5.3.4	Einzeltierbezogene Kopplungsgradanalyse	79
5.3.5	Einzeltierbezogene Nahrungsaufnahmerhythmik	84
5.4	Morbidität.....	86
5.4.1	Veterinärmedizinische Behandlung und Vitalitätseinschätzung.....	86
5.4.2	Immunstatus	89
5.4.3	Mortalität.....	91
5.5	Körpermasse.....	92
5.5.1	Körpermassezunahme	93
5.5.2	Einfluss der Morbidität auf die Körpermassezunahme.....	95
5.5.3	Schätzung der Körpermasse mittels Brustumfang	97
6	Diskussion	98
6.1	Einschätzung der Versuchsanstellung.....	98
6.2	Verhalten und Rhythmik	101
6.2.1	Lokomotorische Aktivität	101
6.2.2	Ruheverhalten	103
6.2.3	Rhythmik im Tages- und Jahresverlauf	107
6.2.4	Zeitreihen- und Kopplungsgradanalyse	108
6.2.5	Tränkerhythmik.....	113
6.3	Morbidität.....	115
6.4	Mortalität.....	122
6.5	Wachstum.....	124
7	Verfahrenstechnische Einordnung der Ergebnisse.....	126
8	Weiterführende Arbeiten	130
9	Literaturverzeichnis.....	131
10	Anhang	150

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 1: Außenklimaställe für Kälber in der Versuchsstation Grub	42
Abb. 2: Anordnung der Elemente in zwei Tiefstreubuchten im Außenklimastall mit rechnergestützter Kälberfütterung, 1 = Tränkestand, 2 = Salzleckstein, 3 = Tränkebecken ohne Verzehrsaufzeichnung, 4 = Tränkebecken mit Verzehrsaufzeichnung, 5 = Kraftfutterstand, 6 = Klimadatenlogger, 7 = Putzelement; schematische Darstellung (Grafik Stötzel).....	43
Abb. 3: THI-Messwerte im Außenklimastall unter Angabe des kritischen Bereiches von Hitzestress (THI 72 bis 80) im Zeitraum von März 2007 bis Mai 2008.....	45
Abb. 4: Blockschaltbild Pedometersystem (modifiziert nach BREHME et al., 2004)	50
Abb. 5: Box-and-Whisker Plot, Median-Werte (Z) mit 25. und 75. Quartil (Q ₁ und Q ₃), Mittelwert (\bar{x}), Minimum (x_{min}) und Maximum (x_{max})	56
Abb. 6: Einfluss des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke, $n = 114/150$) auf die mittlere lokomotorische Aktivität (steps/d) unter Angabe betriebsbedingter Einflüsse	58
Abb. 7: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere lokomotorische Aktivität	59
Abb. 8: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV), des Geschlechts sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere lokomotorische Aktivität (steps/h); Median, 25 %, 75 %, Mittelwert, Minimum und Maximum	60
Abb. 9: Mittlere lokomotorische Aktivität (steps/d) und Standardabweichung (SD) gesunder Tiere (Referenz, $n = 136$) und beispielhaft zwei gesunde Tiere (VVVO-Nr. 17192090 und 17192098).....	61
Abb. 10: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV), der Morbidität (gesund vs. krank) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere lokomotorische Aktivität (steps/d); Median, 25 %, 75 %, Mittelwert, Minimum und Maximum	62
Abb. 11: Einfluss des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke, $n = 114/150$) auf die Ruhedauer (min/d) unter Angabe betriebsbedingter Einflüsse	64
Abb. 12: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere Ruhedauer (min/d)	64
Abb. 13: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV), des Geschlechts sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere Ruhedauer (min/d); Median, 25 %, 75 %, Mittelwert, Minimum und Maximum	66
Abb. 14: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere Ruhephasendauer (min/d)	67
Abb. 15: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere Anzahl der Ruhephasenwechsel (n/d).....	68

Abb. 16: Einfluss der Jahreszeit (Wintermonate: Dezember bis Februar, Sommermonate: Juni bis August) auf die mittlere lokomotorische Aktivität (steps/h) im Tagesverlauf bei Eimertränke	69
Abb. 17: Einfluss der Jahreszeit (Wintermonate: Dezember bis Februar, Sommermonate: Juni bis August) auf die mittlere lokomotorische Aktivität (steps/h) im Tagesverlauf bei Automatentränke	69
Abb. 18: Mittlere lokomotorische Aktivität (steps/h) im Tages- und Jahresverlauf bei Eimertränke (Werte im Mai unberücksichtigt) und bei Automatentränke (Werte im November unberücksichtigt)	70
Abb. 19: Häufigkeit der mittleren Ruhephasenwechsel (n/h) im Tages- und Jahresverlauf bei Eimertränke (Werte im Mai unberücksichtigt) und bei Automatentränke (Werte im November unberücksichtigt)	71
Abb. 20: Mittlere Dauer der stündlichen Ruhephasen (min.) in den Haltungsverfahren (RR vs. KV) sowie den Tränkeverfahren (Eimer- vs. Automatentränke) im Tagesverlauf unter Angabe der Tag-, Nacht- und Dämmerungszeiten (weißer, schwarzer und grauer Balken).....	72
Abb. 21: Periodogramm der mittleren lokomotorischen Aktivität im Tagesverlauf (15 Minuten Intervall, Dauer 7 d) in Einzelhaltung vor Einteilung der Tiere in Gruppenhaltung mit Eimertränke	73
Abb. 22: Periodogramm der mittleren lokomotorischen Aktivität im Tagesverlauf (15 Minuten Intervall, Dauer 7 d) in den Haltungsverfahren (RR vs. KV) bei Eimertränke	74
Abb. 23: Periodogramm der mittleren lokomotorischen Aktivität im Tagesverlauf (15 Minuten Intervall, Dauer 7 d) in Einzelhaltung vor Einteilung der Tiere in Gruppenhaltung mit Automatentränke	75
Abb. 24: Periodogramm der mittleren lokomotorischen Aktivität im Tagesverlauf (15 Minuten Intervall, Dauer 7 d) in den Haltungsverfahren (RR vs. KV) bei Automatentränke	76
Abb. 25: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke, $n = 28/18$ Tiere) auf den Leistungskopplungsgrad der mittleren lokomotorischen Aktivität nach Altersabschnitten (d)	77
Abb. 26: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV), der Morbidität sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf den Leistungskopplungsgrad der mittleren lokomotorischen Aktivität nach Altersabschnitten (d), Eimer: gesund/krank, $n = 105/30$; Automat: gesund/krank, $n = 37/87$ Berechnungswerte	78
Abb. 27: LKG und harmonischer Anteil (%), VVVO-Nr. 18198105, gesund, RR, Eimertränke; A = Ausstellung, U = Umstallung, W = Wägung, Z = Zustallung	79
Abb. 28: Tagesaktivität (steps/d) in Referenz zu gesunden Tieren im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198105, gesund, RR, Eimertränke.....	80
Abb. 29: Aktogramm (steps/h und Tag) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198105 gesund, RR, Eimertränke	80

Abb. 30: LKG und harmonischer Anteil (%), VVVO-Nr. 18198248, gesund, RR, Automatentränke; A = Ausstallung, E = Einstreu; U = Umstallung, V = Vitalitätscode > 1, W = Wägung, Z = Zustallung	81
Abb. 31: Tagesaktivität (steps/d) in Referenz zu gesunden Tieren im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198248, gesund, RR, Automatentränke.....	81
Abb. 32: Aktogramm (steps/h und Tag) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198248, gesund, RR, Automatentränke	82
Abb. 33: LKG und harmonischer Anteil (%), VVVO-Nr. 18198255, krank, KV, Automatentränke; A = Ausstallung, B = Behandlung, E = Einstreu; U = Umstallung, V = Vitalitätscode > 1, W = Wägung, Z = Zustallung	83
Abb. 34: Tagesaktivität (steps/d) in Referenz zu gesunden Tieren im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198255, krank, KV, Automatentränke.....	83
Abb. 35: Aktogramm (steps/h und Tag) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198255, krank, KV, Automatentränke	84
Abb. 36: Futteraufnahmeverhalten (Milch-, Wasser- und Kraftfutteraufnahme) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198248, gesund, RR	85
Abb. 37: Milchaufnahmerhythmik (ml/h und Tag) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198248, gesund, RR	85
Abb. 38: Futteraufnahmeverhalten (Milch-, Wasser- und Kraftfutteraufnahme) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198255, krank, KV	86
Abb. 39: Milchaufnahmerhythmik (ml/h und Tag) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198255, krank, KV	86
Abb. 40: Behandelte Erkrankungen (%) und Einschätzung der Vitalität (Code 2 und 3) in Einzelhaltung und in Gruppenhaltung (RR vs. KV) sowie den Tränkeverfahren (Eimer- vs. Automatentränke)	88
Abb. 41: Mittlere Serum-IgG-Konzentration (g/l) in den Haltungsverfahren (RR vs. KV), nach Geschlecht sowie Tränkeverfahren (Eimer- vs. Automatentränke; Median, 25 %, 75 %, Mittelwert, Minimum und Maximum).....	90
Abb. 42: Anteil verendeter Tiere (%) ohne Totgeburten nach Haltung und Geschlecht	91
Abb. 43: Verteilung der Messwerte der Körpermasse (kg) im Altersverlauf in den Tränkeverfahren (Eimer- vs. Automatentränke, $n = 172/233$ Tiere)	93
Abb. 44: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke, $n = 172/233$ Tiere) auf die mittlere Körpermasse (kg)	93
Abb. 45: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke, $n = 172/233$ Tiere) auf die mittlere Körpermassenzunahme (g/d).....	94
Abb. 46: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV), der Morbidität sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere Körpermassenzunahme (g/d) in definierten Zeiträumen (d)	96

Abb. 47: Verteilung der Messwerte von Körpermasse (kg) und Brustumfang (cm),
n = 210 Tiere97

Tabellenverzeichnis	Seite
Tab. 1: Überblick über die Datenerfassung (Parameter, technische Ausstattung, Zeitraum).....	49
Tab. 2: Übersicht über den Datenaufbau der Pedometer-Rohdaten	51
Tab. 3: Beurteilungskriterien des Allgemeinzustandes der Kälber (Vitalitätscode)	52
Tab. 4: Definition des Gesundheitsstatus der Kälber	53
Tab. 5: Definiertes Erkrankungszeitraum (d)	53
Tab. 6: Mortalität (<i>n</i> , %) nach Zeiträumen (d) im Bestand (<i>n</i> = 16)	54
Tab. 7: Mittlere lokomotorische Aktivität (Mittelwertdifferenz und Signifikanz) zwischen den Altersgruppen (Zeitperiode P2 bis 4) bei Eimer- und Automatentränke	59
Tab. 8: Mittlere lokomotorische Aktivität, Bewegungsaktivität (min.) und Ruhedauer (min.) gesunder Tiere, Mittelwertdifferenz und Signifikanz zwischen den Altersgruppen (Zeitperiode P2 bis 4)	61
Tab. 9: Mittlere Bewegungsaktivität (min.), Mittelwertdifferenz und Signifikanz zwischen den Altersgruppen (Zeitperiode P2 bis 4) bei Eimer- und Automatentränke	63
Tab. 10: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die Ruhezeit (h, %).....	65
Tab. 11: Ruhedauer (min.), Mittelwertdifferenz und Signifikanz zwischen den Altersgruppen (Zeitperiode P2 bis 4) bei Eimer- und Automatentränke	65
Tab. 12: Krankheitskomplex ab Geburt (Anzahl/Monat und Jahr, Anteil/Jahr)	87
Tab. 13: Einfluss des Haltungsverfahrens (Einzelhaltung, RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke, <i>n</i> = 18/41 Tiere) auf die Morbidität.....	87
Tab. 14: Verlauf und Dauer einer Erkrankung (gesund, krank, unklar) nach Haltungsverfahren (RR vs. KV), Geschlecht und Tränkeverfahren (Eimer- vs. Automatentränke)	89
Tab. 15: Einfluss der Serum-IgG-Konzentration (g/l) auf die Morbidität (Krankheitskomplexe) in Einzelhaltung und Gruppenhaltung (RR vs. KV) bei Eimer- und Automatentränke	90
Tab. 16: Statistische Kennzahlen zum Zeitraum der ersten Wägung (1. bis 7. LT) und der Einstallung (10. bis 17. LT)	92
Tab. 17: Effekte des Quartals, von Einlings- und Zwillingengeburt, des Gesundheitsstatus (gesund, krank) auf die Körpermassezunahme (g/d) bei Eimer- und Automatentränke im Zeitraum vom 15. bis 84. Tag	94
Tab. 18: Effekte der Besatzdichte (1 bis 15 Tiere im Abteil) auf die Körpermassezunahme (g/d) bei Eimer- und Automatentränke im Zeitraum vom 15. bis 84. Tag	95
Tab. 19: Maße der mittleren Körpermasse (kg) und des Brustumfangs (cm), <i>n</i> = 210 Tiere	97

Verhalten und Gesundheitsstatus von Kälbern in einem Außenklimastall in den Haltungssystemen Rein-Raus und kontinuierliche Belegung

Ariane Fröhner

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war die Bewertung der Haltungsbedingungen von Kälbern unter Nutzung sensorgestützter Erfassungssysteme. Ausgehend von der Hypothese, dass das Haltungsverfahren Rein-Raus (RR) sich bei geringer Altersdifferenz der Tiere in einer homogenen Gruppe positiv auf die Entwicklung von Kälbern auswirkt und altersgerechten Bedürfnissen entspricht, wurden vergleichende Untersuchungen im kontinuierlichen Haltungsverfahren (KV) durchgeführt. Angenommen wurde, dass es bei verminderten Reinigungs- und Desinfektionsintervallen bei kontinuierlicher Ein- und Ausstallung von Kälbern unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Immunitätslage in den Vergleichsgruppen zu höherer Krankheitsinzidenz und Verhaltensabweichungen durch gestörte Ruhe innerhalb einer Tiergruppe kommt.

Grundlage für die Bewertung der Haltungsbedingungen war die Aufzeichnung ethologischer, klinischer, Wachstums- und klimatischer Parameter in den ersten Lebenswochen über einen Zeitraum von zwei Jahren (2006 bis 2008). In den Untersuchungen wurden 442 Fleckvieh-Kälber aus eigener Herkunft einbezogen. Die neugeborenen Kälber wurden nach 14-tägiger Einzelhaltung zufällig in eins der beiden Haltungssysteme RR oder KV eingestallt und in Tiefstreubuchten eines neuerbauten Außenklimastalls bei einer Gruppengröße bis zu 15 Tieren aufgezogen. Für die automatische Erfassung des lokomotorischen und Ruheverhaltens wurden 25 ALT-Pedometer eingesetzt. Zur Beurteilung der Vitalität wurden individuelle Beurteilungen des Allgemeinzustandes der Tiere, veterinärmedizinisch behandelte Erkrankungen sowie der immunologische Status (Kolostrum- und Serum-IgG-Konzentration) genutzt. Die Entwicklung der Kälber wurde anhand des Wachstums verfolgt (Körpermasse und -maße). Die Beurteilung des Stallklimas erfolgte mittels Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit im Tierbereich. Während des Untersuchungszeitraumes wurde mit der Installation von Tränkeautomaten die Tränketechnik in den Gruppen zur vorherigen Verabreichung der Milchtränke per Eimer mit Saugnuckel geändert. Die Parameter wurden varianzanalytisch ausgewertet.

Die Untersuchungsergebnisse ergaben bei den Parametern mittlere lokomotorische Aktivität und Ruhedauer im Gruppenvergleich geringfügige Unterschiede zwischen den Haltungsverfahren. Bei automatisch getränkten Tieren wurde ein geringeres Aktivitätsniveau festgestellt. Die Variation des Ruheverhaltens wurde als geeigneter Indikator zur Bewertung der Haltungsverfahren angesehen, da mit steigender Variabilität der täglichen mittleren Ruhephasendauer und -wechsel Rückschlüsse auf altersgerechtes Verhalten gezogen werden konnten. Die im RR festgestellte signifikant längere Ruhephasendauer bestätigt bei Eimertränke die Konstellation der Tiere in einer homogenen Gruppe. Bei automatisch getränkten Kälbern erhöhte sich die Dauer im Altersverlauf. Männliche Kälber wiesen ein unruhigeres Verhalten bei signifikant geringerer Phasendauer und häufigerem Phasenwechsel auf.

Das lokomotorische Verhalten wurde im Tagesverlauf in stärkerem Maße durch Fütterungszeiten als durch die beginnende Lichtperiode beeinflusst. In den Abendstunden wurde eine etwa dreistündige lokomotorische Aktivität mit Tagesmaxima festgestellt, die angepasst an den Sonnenuntergang verlief. In den Wintermonaten adaptierten sich die Kälber durch höhere lokomotorische Aktivität an die Außentemperaturen. Die Zeitmuster der Aktivität waren bei Eimertränke von einer 24-Stunden Rhythmik charakterisiert, die sich mit zunehmendem Alter verminderte. Fütterungsabhängige Rhythmen waren im RR durch signifikant geringere Störungen der biologischen Rhythmik geprägt. Bei ultradianen Komponenten von 3- bis 12-Stunden Periodenlänge zeigten automatisch getränkte Tiere ein über den Tag verteiltes Nahrungsaufnahmeverhalten und bei altersabhängigen Schwankungen eine längere Anpassungsphase. Die an Kälbern gewonnenen Zeitreihen sind Indikatoren für die Erkennung von lokomotorischen Verhaltensabweichungen durch veränderte Gruppendynamik im kontinuierlichen Verfahren. Berechnungen des leistungsbezogenen Kopplungsgrades, der als Maß für die Harmonie zwischen internen Rhythmen und der externen 24-Stunden Periode genutzt wurde, ergaben bei Eimertränke einen geringen Belastungsgrad der Tiere. Der Einfluss von Belastungssituationen auf die Zeitstruktur der Aktivität verringerte sich bei Automatentränke mit zunehmendem Alter. Am stärksten führten haltungsbedingte Veränderungen bei kontinuierlich gehaltenen automatisch getränkten Tieren zu interner Desynchronisation der Rhythmik. Unter Nutzung des biologischen Aktivitäts- und Futteraufnahmehythmus konnte mit hoher Genauigkeit eine Beeinträchtigung der Tiere durch Erkrankungen gezeigt werden. Um diese künftig bei der Gesundheitsüberwachung von Kälbern einzusetzen, sollten echtzeitliche Auswertungen der Messwerte ermöglicht werden.

Die Mortalitätsrate sank mit zunehmendem Alter und war nicht auf Haltungsmängel zurückzuführen. Vor der Umstallung der Tiere in die Gruppenhaltung wurde die höchste Morbiditätsrate festgestellt. Die Einschätzung des Allgemeinzustandes unter Nutzung der Vitalitätsbewertung bestätigt das Ergebnis. Respirations- und Gastrointestinalerkrankungen waren die häufigsten Ursachen für veterinärmedizinische Behandlungen, der Anteil männlicher Kälber war signifikant höher. Bei unzureichendem Gehalt kolostraler Immunglobuline wurde eine ausreichende Serum-IgG- und Gesamtprotein-Konzentration ermittelt. Einflüsse des Immunstatus auf die Morbiditätsrate konnten bei Kälbern in der Gruppenhaltungsphase nicht ermittelt werden.

Bei den Untersuchungen zur Entwicklung der Wachstumsleistung zeigten sich positive Effekte der im Rein-Raus-Verfahren aufgezogenen Kälber, wobei die Haltung im KV keine Leistungsdepression zur Folge hatte. Im dritten Monat wiesen automatisch getränkte männliche Tiere signifikant geringere Zunahmen als weibliche Kälber auf. Bei erkrankten Tieren wurde ein geringeres Wachstumspotential festgestellt. Mit den Messdaten des Brustumfangs konnten Richtwerte im Altersverlauf ermittelt werden, die sich bei hoher Korrelation als geeignet zur Schätzung der Körpermasse von Kälbern erwiesen. Abschließend lässt sich feststellen, dass weder höhere Erkrankungsraten durch hygienische Nachteile noch Wachstumsdepressionen in den unterschiedlichen Haltungsverfahren auftraten.

Die Einbeziehung der sich im Altersverlauf verändernden Verhaltens- und Gesundheitsparameter in die Bewertungsgrundlage von Haltungsverfahren erhöht die Sicherheit der Aussagekraft. Mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit wird die Weiterentwicklung praxisbezogener und wissenschaftlicher Bewertungssysteme der Haltungsbedingungen von Kälbern unterstützt.

Summary

Behaviour and health status of calves in an outdoor climate barn in rearing systems all-in all-out and continuous flow

Aim of this study had been the evaluation of rearing conditions for calves using sensor-based data acquisition systems. Based on the hypothesis that, due to minor differences of age in a homogeneous group, the all-in all-out rearing system (AIAO) has a positive influence on the development of calves and complies with age specific requirements, a comparative analysis of the continuous flow rearing system (CF) was performed. It was assumed that due to less cleaning and disinfecting intervals in continuously housing-in and housing-out of calves of different ages and immune status in the compared groups, there would be a higher rate of disease incidences and behavioural disorders as a result of disturbed resting within a group of animals.

The basis for this evaluation was formed by collecting data of specific ethological, clinical, growth and climate parameters during the first postnatal weeks over a period of two years (2006 to 2008). The data comprised 442 Simmental calves originating from a single herd. Newborn calves were reared in single pens for the first two weeks. After that they were randomly assigned to one out of two rearing conditions (AIAO or CF) into deep bedded straw in a newly build outdoor climate barn, in groups of up to 15 animals. The automatic data acquisition of locomotion and resting behaviour was carried out by using 25 ALT-pedometers. To evaluate animal vitality, individual assessments of general condition, veterinary treated diseases and immunological status (colostral and serum IgG-concentration) were used. The development of calves was observed by growth (body-weight, rump length/size). Climate within the barns was described by air temperature and relative humidity data. During the research period the feeding technique was altered by installing an automatic milk feeder in order to have a comparison between bucket and automatic feeding. Parameters were evaluated using variance analysis.

For locomotor activity and resting behaviour, minor differences between groups in the rearing systems AIAO and CF were found. Less activity was observed in those groups fed by the automatic milk feeder. The variation in resting behaviour was considered to be a useful indicator for evaluating the rearing systems, since with increasing variability of resting phase period and –change, conclusions on age-conform behaviour could be drawn. Significantly longer resting phases in the AIAO for the case of bucket feeding confirms corroborate homogeneous grouping. For calves fed automatically, the length of rest increases with advancing age. Male calves showed more restless behaviour with significantly shorter rest phase and frequent phase changes.

In the course of the day, locomotor activity was influenced to a larger degree by feeding time than by time of dawn. In the evening, a 3 hour period of locomotor activity was observed, with daily maxima depending on sunset. In the winter season, calves adapted to lower temperatures by increased locomotion. For bucket milk feeding, time patterns of activity were characterised by 24-hour rhythms which diminished with maturity. In the AIAO, feed depending rhythms were characterised by significantly less disturbance of biological rhythms. Regarding ultradian components of 3- to 12-hour period length, feed intake of automatically fed calves was distributed over the day and showed a longer adaptation phase in conjunction with age-related variations. The time series obtained from

calves are indicators for the detection of deviations in locomotion due to changing group dynamics in CF. 'Degrees of Functional Coupling' (DFC) were calculated as a measure for harmony between internal rhythms and external 24-hour period. For bucket milk feeding, this parameter indicated less animal stress. For automatic milk feeding, the influence of stress situations on the time structure of activity diminished with increasing age. Internal desynchronisation of rhythms due to rearing-system related changes was most pronounced for CF and automatic milk feeding rearing system. By using biological activity and feed intake rhythms, the impairment of animals by diseases could be detected with high accuracy. In order to establish these parameters for monitoring of the health status of calves, real-time evaluation of data is required.

Mortality declined with increasing age and could not be connected to deficiencies in rearing systems. The highest morbidity was observed prior to the transfer of calves into group penning. Assessing calves' general conditions by means of vitality monitoring verified this result. Respiratory and gastrointestinal diseases appeared to be the most frequent cause for veterinary treatment. Here, the percentage of male calves requiring treatment was significantly higher. Although insufficient colostral immune globulins were noted, sufficient serum IgG and total protein concentrations were found. For calves in group penning, no influence of immune status on morbidity could be observed.

AIAO rearing showed positive effects on growth development of calves, while CF did not cause decreased growth rates. In the third month of automatic milk feeding, male calves exhibited significantly less weight gain than female ones. Diseased calves showed a lower potential for growth. From chest measurements, age related standard values could be determined. These values proved to be highly correlated with body mass of calves. Overall it can be stated, that neither higher disease incidence rates due to hygienic disadvantages nor depression of growth occurred in the different rearing systems.

Rearing systems can be evaluated with higher reliability, if age dependent behavioural and health status parameters are included in the evaluation. The results of this study support the further development of practical and scientific evaluation systems for rearing conditions of calves.

1 Einleitung

Durch den anhaltenden Strukturwandel in der Landwirtschaft vergrößern sich die Betriebe bei steigenden Tierleistungen. Im Zuge dessen sind bauliche Veränderungen oder der Neubau von Stallanlagen erforderlich. Dabei stellt die moderne Landwirtschaft hohe Anforderungen an die Haltungsqualität. Zudem wird zunehmend deutlich, dass Verhalten, Wohlbefinden, Tiergesundheit und Leistungsfähigkeit miteinander verknüpft sind. Bei jungen Kälbern ist insbesondere in Hinblick auf die Mortalitäts- und Morbiditätsrate auf optimale Aufzuchtbedingungen zu achten. Als problematisch sind nicht nur die direkten Verluste und hohen Kosten einzuschätzen, sondern auch Folgeschäden, wie Leistungsdepressionen und eine verlängerte Aufzuchtphase (LÜHRMANN, 2010). Die Hauptursachen für steigende Kälberverluste liegen in unzureichenden Haltungsbedingungen und mangelhaftem Fütterungs- und Gesundheitsmanagement.

Das Rein-Raus-System bietet sowohl hygienische Vorteile, wodurch die Immunabwehr der Tiere unterstützt wird, als auch Vorteile hinsichtlich des Sozialverhaltens bei Kälbern in Gruppenhaltung. Demgegenüber steht die Haltung mit kontinuierlicher Belegung der Abteile, die sich vor allem in der Aufstallung der Tiere und im Hygienemanagement unterscheidet. Hier kann für die Tiere neben Änderungen im sozialen Gefüge auch stallklimatischer Stress und ein erhöhter Infektionsdruck entstehen (VAN CAENEGEM, 2006). In den vergangenen Jahrzehnten wurden etliche wissenschaftliche Forschungsergebnisse aus praxisnahen Studien gewonnen. HEITING (1997, 2008b) forderte bei der konzeptionellen Entwicklung von Haltungssystemen für Kälber in der Aufzuchtperiode, dass diese auf neuen Erkenntnissen der Verhaltensforschung unter Einhaltung der Anforderungen der Kälberhaltungsverordnung basieren und zudem ökonomisch vertretbar sind. Bei der Gestaltung artgemäßer Haltungssysteme gilt es, die Haltungsbedingungen den Tieren anzupassen (TSCHANZ, 1985). Dazu ist es wichtig, das Verhalten von Kälbern unter konventionellen Bedingungen zu verstehen. Inwieweit die Nichtbeachtung endogener biologischer Rhythmen zu Schmerzen, Leiden und Schäden führen kann, ist im Kälberhaltungsbereich gegenwärtig nicht mit der vorliegenden Methodik untersucht worden. Um der Verantwortung des Menschen gerecht zu werden, Tiere vor unnötigen Schäden und Leiden zu schützen (SCHEIBE, 1997), ist es unumgänglich, tierisches Leiden zu erkennen und Belastungsbedingungen objektiv einzuschätzen. Untersuchungen ergaben, dass Verhaltensänderungen frühzeitiger Rückmeldung über Umgebungsbedingungen geben, als physiologische Anpassungsprozesse (SAMBRAUS, 1978). Daher ist zur Einschätzung der Tiere unter Berücksichtigung stetiger Verhaltens- und gesundheitlicher Veränderungen eine zeitnahe Nutzung quantitativer Verhaltensänderungen und Zeitmuster von Verhaltensparametern erforderlich.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen in außenklimatischen Gruppenhaltungssystemen soll geprüft werden, inwieweit sich unterschiedliche Haltungssysteme unter verschiedenen Tränkeregimen bei intensiver Tierhaltung auf Kälber im zeitlichen Verlauf auswirken. Mit der Erfassung einzeltierbezogener Daten können künftig zunehmend Überwachungsfunktionen in der Kälberaufzucht genutzt werden, die das Management und die Treffsicherheit bei Entscheidungen des Landwirtes unterstützen.

2 Stand des Wissens

2.1 Grundzüge der Evolution des Rindes

Das Rind ist schon seit Urzeiten nahezu weltweit verbreitet. Aus der Familie der echten Rinder (*Bovinae*) gingen verschiedene Unterarten hervor, das eigentliche Rind (*Bos*), Büffel (*Bubalus*) und Bisons (*Bison*). Der europäische Ur (*Bos primigenius primigenius*) unterschied sich hinsichtlich der Größe, Hornform und Fellbeschaffenheit vom asiatischen und afrikanischen Ur. Die ältesten Nachweise über die Vorfahren unserer heutigen Hausrinder (*Bos primigenius taurus*) reichen bis in das 8. Jahrhundert v. Chr. zurück. Die Domestikation des Ur erfolgte im Vorderen Orient vor etwa 6500 Jahren. Die domestizierten Rinder wurden nach Europa eingeführt und verdrängten dort allmählich die ansässigen Auerochsen. Die Abstammung des europäischen Hausrindes lässt sich auf den Ur bzw. Auerochsen zurückführen, der vorwiegend in Waldgebieten und Marschlandschaften lebte und 1627 ausgerottet wurde (DANIEL, 1997).

Im Zuge der Domestikation der Haustiere veränderten sich Verhaltensweisen. Die Anwesenheit des Menschen führte zu geringeren Fluchtdistanzen und zu geringerer Verunsicherung der Tiere. Hauptkriterien für die Domestikation sind Fähigkeiten des Tieres, ohne Furcht direkten Kontakt mit dem Menschen aufzunehmen und sich unter den vom Menschen erstellten Bedingungen fortzupflanzen (BELYAEV, 1978). Die Domestikation des Rindes als eines der nützlichsten Haustiere führte zu einer deutlich verbesserten Lebensweise unserer Vorfahren. Im Zuge des starken Bevölkerungswachstums erfolgte ab 13. Jahrhundert die Selektion vermehrt auf kleinwüchsige Tiere, sogenannte Landrassen, die gut an karge Bedingungen angepasst waren und zudem einen geringeren Erhaltungsbedarf aufwiesen (SAMBRAUS, 1999). Mit Einführung der Dreifelderwirtschaft im 18. Jahrhundert kam es zur Verdrängung leistungsschwacher Landrassen. Unterscheidungsmerkmale der Rassen liegen hauptsächlich in der Leistung, beim Einsatz als Zug-, Trag-, Reit- oder Kampftier und bei den teilweise robusten Haltungsformen. Mit zunehmender Technisierung wurden in Mitteleuropa in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts die zur Arbeit gezüchteten Rassen umgezüchtet oder starben aus. Zu den Arbeitsrassen zählt als gutes Gespanntier Fleckvieh. Diese Rasse dient auch der Milch- und Fleischerzeugung (Zweinutzungsrasse) und zur Hauptnutzung der Fleischproduktion. Als Attraktivitätsrassen gelten derzeit Galloway und Hochlandrinder. Die Nutzung des Rindes als Milchtier führte eine starke Herausbildung der Milchkuhhaltung herbei. Heutzutage kommen in Norddeutschland überwiegend Schwarzbunte und Rotbunte, im Süden Deutschlands Fleckvieh und Braunvieh vor (DANIEL, 1997).

2.2 Haltung

Moderne Kälberställe werden in Anlehnung an wissenschaftliche Erkenntnisse erbaut (HEITING, 2008a, 2008b). Traten in früheren Jahrzehnten in Warmställen oder bei Stallmüdigkeit Probleme auf, wurde der Stall gewechselt, was sich infektionslindernd auswirkte. Optimale Haltungsbedingungen und ein gutes Management bilden wesentliche Grundpfeiler für eine verlustarme Aufzuchtperiode. Außenklima-Haltungssysteme entsprechen einer tierartgerechten Haltung und dienen dem Wohlbefinden bzw. -befinden der Tiere. Es handelt sich beim Wohlbefinden um einen Zustand physischer und psychischer Harmonie eines Tieres in sich und mit der Umwelt, einschließlich Gesundheit und einem ungestörten, artgemäßen sowie verhaltensgerechten Ablauf der Lebensvorgänge (LORZ, 1973, 1987). Die Anforderungen bei der Haltung und Aufzucht von Kälbern wurden hinsichtlich

der im folgenden Kapitel aufgeführten Parameter bereits von FRÖHNER und REITER (2005) präzisiert. Neuere Forschungen identifizierten bei der Betrachtung von Tierhaltungssystemen u.a. die ständige Aufstockung von Tierbeständen hinsichtlich der Gesundheit und des Wohlergehens der Tiere als risikoreich (EFSA, 2006).

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die rechtlichen Mindestvorgaben für den Schutz von Kälbern sind in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TIERSCHNUTZTV, 2009) geregelt. Die Verordnung gilt für das Halten von Rindern bis zu einem Alter von sechs Monaten (Kälber) in Ställen. Der Gesetzgeber unterteilte die Kälber in Altersstufen, um auf besondere Anforderungen für die Haltung eingehen zu können: bis zu zwei Wochen (§ 7), über zwei bis acht Wochen (§ 8) und über acht Wochen (§ 9).

Einzelhaltung

Die Einzelhaltung bewährte sich in den ersten Lebensstagen, da die Einzeltierüberwachung erleichtert und die Übertragung von Infektionserkrankungen durch direkten Kälberkontakt weitestgehend verhindert wird (SÜSS, 1994; BRANDES, 2002). Praktiziert wird diese Halteform in eingestreuten Einzelboxen oder in Kälberiglus mit Auslauf. In der Praxis stehen die Iglus allerdings oft so dicht nebeneinander, dass sich Infektionsketten bilden können. Nach GRAUVOGL (1997) soll deshalb ein Abstand von einigen Metern gewahrt werden, wobei regelmäßig der Standort zu wechseln ist. KARRER (1998) wiederum ist der Ansicht, den vorgeschriebenen Sicht- und Berührungskontakt aufgrund der Infektionsgefahr nur eingeschränkt anzubieten. Bei Untersuchungen bei Tränkkälbern in Schmalboxen konnten allerdings keine positiven Effekte, wie beispielsweise die Senkung von Pneumonien bei kontaktarmer Haltung, nachgewiesen werden (SCHMOLDT, 1980). Schlussfolgernd stellten die Autoren fest, dass die Effekte der Kontaktunterbindung in der Einzelhaltung bereits gegeben sind. Um der Einhaltung von Hygienestandards gerecht zu werden, müssen Einzelboxen oder Iglus nach der Umstallung der Tiere in Gruppenhaltung vor jeder Neubelegung gereinigt und desinfiziert werden (HEITING, 2008a).

Gruppenhaltung

Ab einem Alter von neun Wochen ist laut TIERSCHNUTZTV (2009) die Gruppenhaltung bei Kälbern vorgeschrieben. Dies entspricht den physiologischen und ethologischen Anforderungen der Kälber und wirkt sich somit positiv auf die Vitalität aus und stellt ein tiergerechtes Verfahren dar (RICHTER und EGGLE, 1994; PLATH et al., 1998; KARRER et al., 2000). Je besser es gelingt, Gesundheits- und Leistungsansprüche über die artgerechte Befriedigung der natürlichen Verhaltensbedürfnisse zu decken, um so eher gilt ein Haltungssystem als tiergerecht. Normales Verhalten kann auch in künstlicher Haltungsumwelt ermöglicht werden, da die Verhaltenssteuerung anpassungsfähig ist (BARTUSSEK et al., 1995). Kälber besitzen ein ausgeprägtes Bewegungsbedürfnis. Daher sollte die Haltungsumgebung tierphysiologische Bewegungsabläufe gewährleisten und sozialen Kontakt zu Artgenossen ermöglichen (GRAUVOGL, 1990; SAMBRAUS, 1991). Bewegung wirkt sich positiv auf die körperliche und gesundheitliche Entwicklung der Tiere aus. Bei der Bereitstellung altersgerechter Flächen ist bei zwei bis acht Wochen alten Kälbern für jedes Kalb eine Buchtenfläche von mindestens 1,3 m² und bei Kälbern bis 150 kg Körpermasse 1,5 m² nutzbare Fläche vorgesehen (TIERSCHNUTZTV, 2009). Das natürliche Verhalten verläuft bei Rindern weitgehend synchron, daher wird in der Gruppenhaltung dem Bedürfnis der Tiere nach Gleichzeitigkeit entsprochen (BARTUSSEK et al., 1995). Der Beginn einer Gruppenhaltung ist nach 7 bis 14 Tagen empfehlenswert. Die Gruppengröße sollte bei maximal 25 Kälbern liegen (RICHTER und KARRER, 2006). Bei automatischer Tränke

wurden 10 bis 12 Kälber je Saugstelle als optimale Größe angegeben (BOTHMER und BUDDE, 1992). Weiterhin fördert die Gruppenhaltung eine frühzeitigere Aufnahme von Raufutter und bietet arbeitswirtschaftliche Vorteile. Getrennte Abteile ermöglichen eine separate Bewirtschaftung, Reinigung und Desinfektion. Als nachteilig gelten erschwerte Einzeltierkontrollen und -behandlungen, die größere Ansprüche an das Herdenmanagement stellen (BARTUSSEK et al., 1995) und eine Begünstigung des gegenseitigen Besaugens. Nach Vergleichen verschiedener Haltungssysteme favorisierten WEBSTER et al. (1985) die Gruppenhaltung von Kälbern, da diese dem Ablauf der Verhaltensentwicklung von Kälbern in der Mutterkuhhaltung am nächsten kommt. Restriktive Haltungsbedingungen verhindern, dass Tiere ihr gesamtes Sozialverhaltensrepertoire zeigen und limitieren Lernvorgänge (BROOM, 1993). Da Tierhaltungssysteme trotz gesetzlich festgelegter Mindestanforderungen Zwänge auf die Tiere ausüben und den Lebensraum stark einschränken, stellt die altersgerechte Zusammenstellung von Gruppen wichtige Anforderungen an das Management.

Haltungsverfahren

Rein-Raus-Systeme bieten hohe Hygienestandards. Das Rein-Raus-Verfahren wird bei regelmäßiger Reinigung, Desinfektion und Leerstehzeit zur Unterbrechung von Infektionsketten favorisiert (BRANDES, 1999; RICHTER und KARRER, 2006). Es stellt eine effiziente Maßnahme in Bezug auf die Kälbergesundheit dar, da Gruppen mit Tieren gleichen Alters und immunologischen Status gebildet werden (HEITING, 1997). Somit können sich gefestigte soziale Beziehungen innerhalb einer homogenen Gruppe bilden und der Infektionsdruck gesenkt werden. Geringe Altersunterschiede wirken sich auch günstig auf den Tränkeablauf bei automatischer Tränke aus (HEITING, 2005). Durch Zu- und Abgänge wird die Kälbergruppe mit negativen Auswirkungen auf die Ruhe im Stall gestört.

Bei der kontinuierlichen Belegung des Gruppenabteils kommt es zu größeren Altersdifferenzen, da die Kälber aus der Einzelhaltungsphase zu älteren Tieren eingruppiert werden, die bereits abgesetzt sein können. Zudem bewirken wiederholte Umgruppierungen eine erhöhte lokomotorische Aktivität und vermehrte aggressive Interaktionen zwischen den Tieren (VEISSIER et al., 2001). Weiterhin führt die kontinuierliche Belegung der Abteile mit Kälbern unterschiedlichen Alters und damit unterschiedlicher Immunitätslage zu einer Erhöhung der Virulenz der Erreger und zum Keimaufbau innerhalb des Abteils. Dies wirkt immunsuppressiv und begünstigt infolgedessen das Auftreten von Erkrankungen durch Primär- und Folgeinfektionen. Immunschwache Jungtiere sind besonders von virulenten Erregern betroffen, gegen die ältere Tiere bereits resistent sind (VAN CAENEGEM, 2006). Bei fehlender periodischer Reinigung und Desinfektion der Tiefstreubuchten bzw. bei längeren Entmistungsintervallen der Gruppenabteile erhöht sich der Infektionsdruck (RÉRAT und VAN CAENEGEM, 2006; EULENBERGER, 2008).

2.3 Stallklima

Außenklimahaltung

Die Einhaltung der Ansprüche der Kälber an die Klimagestaltung trägt maßgeblich zum Wohlbefinden der Tiere bei. Im Außenklima-Haltungssystem (Offenfrontstall, Kaltstall) ist eine ausreichende Frischluftversorgung gegeben. Die Anforderungen an die Lichtverhältnisse liegen im Aufenthaltsbereich der Kälber bei 80 Lux für mindestens zehn Stunden täglich (TIERSCHNUTZTV, 2009). Eine nachteilige Beeinflussung der Gesundheit der Kälber durch Stallklimaparameter ist mit Grenzbereichen für Schadgase festgelegt worden. Die Luftzirkulation ist unter Sicherstellung eines trockenen, eingestreuten, windgeschütz-

ten Liegebereiches für die Kälber bis zu einer Windgeschwindigkeit von 0,2 m/s vertretbar. Zur Aufrechterhaltung einer guten Luftqualität sind regelmäßiges Entmisten und frisches Einstreuen erforderlich. Bei zunehmender Haltung der Rinder in Außenklimaställen ist es für die Kälber von Vorteil, die Haltungsform einheitlich zu gestalten, da ein Wechsel von Warm- in Kaltställe eine Belastung für den Organismus darstellt (KUNZ, 2006). Ein saisonal bedingter Klimawechsel wirkt sich jedoch positiv auf das Verhalten der Kälber aus (GRAUVOGL, 1997). Bei Temperaturen um den Gefrierpunkt und bei hoher Luftfeuchtigkeit (Winternebel) sollten im Außenklimastall die Wärmedämmeigenschaften der Stroheinstreu genutzt werden. Ein trockener eingestreuter Liegeplatz ist neben dem Wärmeverlust der Tiere beim direkten Kontakt durch das Ablegen an betonierte Außenwänden auch zur Vorbeugung von Gelenkschäden notwendig (KUNZ, 2006). Zu berücksichtigen ist bei zunehmender Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit, dass die Kompensation von Infektionserkrankungen aufgrund des erhöhten Energiebedarfes zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur erschwert wird.

Für die Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit gelten Optimalbereiche. Diese liegen für Kälber in der ersten Lebenswoche bei etwa 15 °C, anschließend zwischen 5 °C und 25 °C und zwischen 60 und 80 % relative Luftfeuchtigkeit (BRUNSCH et al., 1996). Um Hitzestress vorzubeugen, muss die Luft ausreichend zirkulieren können, ohne Zugluft zu erzeugen und um die Transpiration der Tiere zu unterstützen. Windschutznetze sollten im Winter bei drei geschlossenen Stallseiten die Offenfrontseite schließen. Bei sommerlichen Temperaturen muss eine Querlüftung ermöglicht werden. Hitzestress führt zu adaptiven Veränderungen ethologischer, physiologischer und immunologischer Funktionen (HAHN et al., 2001). Zur Bewertung der klimatischen Haltungsumgebung wurde für Rinder der THI (Temperature Humidity Index) herangezogen. Der THI charakterisiert die klimatischen Umweltbedingungen anhand der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit. Hintergrund ist deren gemeinsame Wirkung auf den Organismus und das hierdurch bestimmte Wärmeempfinden, weshalb der Hitzeindex ein Ausdruck dafür ist, wie diese Faktoren in ihrer Kombination auf das tatsächliche Temperatur- und damit auf das Wohlempfinden eines Tieres Einfluss nehmen. Dieser Einfluss wirkt über die Beeinträchtigung der Thermoregulation, da bei höherer Luftfeuchtigkeit die Transpiration stärker eingeschränkt ist und dadurch der Kreislauf stärker belastet wird (MASTERTON und RICHARDSON, 1979; ROTHFUSZ, 1990). Der THI gilt als Indikator für möglicherweise auftretende Störungen des Allgemeinbefindens. Exogene Stressoren wie hohe Temperaturen führen zu sinkender Futteraufnahme, Störung des Allgemeinbefindens und erhöhter Krankheitsanfälligkeit. Ein starkes Absinken der Luftfeuchtigkeit begünstigt ein Austrocknen der Schleimhäute und eine höhere Anfälligkeit für Infektionserkrankungen des Respirationstraktes. Generell ist die Morbiditäts- und Mortalitätsrate bei Kälbern in Außenklimahaltung geringer als bei Kälbern im Warmstall (ERB et al., 1951; DAVIS et al., 1952; DAVIS et al., 1954).

Die besten Bedingungen werden mit Außenklimahaltung erreicht (KUNZ, 2006), doch sind bei der Gruppenhaltung unter Außenklimabedingungen sorgfältigere Kontrollen des Einzeltieres und mehr fachliches Können des Betreuers erforderlich (RICHTER und KARRER, 2006). HÄNNINEN et al. (2003) verzeichneten bei Untersuchungen von Kälbern im Kalt- und Warmstall weniger Durchfallerkrankungen und ein höheres Wachstum im Warmstall. Die Autoren sind der Ansicht, während der sogenannten Immunitätslücke (vierte bis fünfte Lebenswoche) keine Gruppenzusammenstellung vorzunehmen. Dies wirkt als zusätzlicher Stressor und setzt die Abwehrleistung der Kälber herab. Daher sollte mit der Umstallung in Gruppenhaltung frühzeitig, also ab der zweiten, spätestens ab der dritten Lebenswoche, begonnen werden. KUNZ (2006) sieht den Einfluss der Geburtshygiene und frühzeitigen Kolostrumversorgung auf Durchfallerkrankungen größer als den der Haltungsbedingungen

an. Nach HARTUNG (2000) bietet sich in den ersten Lebenswochen die Haltung in Außenhütten zur Vermeidung von Atemwegserkrankungen an. Hauptsächlich sind Ursachen für Respirationserkrankungen in unzureichenden Haltungsbedingungen, wie Ammoniakemissionen, fehlenden Kleinklimabereichen und Zugluft in nasskalter Jahreszeit zu finden (KUNZ, 2006). RICHTER und KARRER (2006) sehen eine Möglichkeit der Senkung der Tierverluste auf unter 3 %. Nach Ansicht der Autoren betragen die durchschnittlichen Kälberverluste im Warmstall 12 %, in Iglus dagegen nur 1 bis 3 %. In einem Vergleich zwischen der Gruppenhaltung im Stall und der Außenhaltung im Iglu wurden bei Stallkälbern häufiger Atemwegserkrankungen festgestellt (SANFTLEBEN et al., 2001). Weiterhin war der Krankheitsverlauf schwerer, als bei Kälbern in Außenhaltung und erforderte den doppelten Behandlungsaufwand (SANFTLEBEN, 2007). Die Kälber in Außenhaltung begannen frühzeitiger mit der Krafftutteraufnahme und zeigten eine bessere Nährstoffverwertung.

Wärmehaushalt der Kälber

Die Thermoregulation stellt einen wichtigen Aspekt des Wohlergehens und der Überlebensfähigkeit dar, der einen qualitativ großen Anteil des Verhaltens eines Tieres in Anspruch nehmen kann (KAPPELER, 2006). Die Körpertemperatur wird durch verschiedene Mechanismen reguliert. Bei Hitze sucht das Tier aktiv nach Abkühlungsmöglichkeiten, wie Schatten oder Wasser und schränkt die eigene Bewegung und Futteraufnahme ein (WITTKE und PFEFFER, 1984). Thermoregulatorische Möglichkeiten zur Wärmezufuhr sind demnach erhöhte motorische Aktivität und Futteraufnahme, sowie das Aufsuchen eines eingestreuten Kleinklimabereiches oder das Zusammenstellen mit Artgenossen. Kälber sind Nestflüchter, die hochwinterliche Temperaturen vertragen und von Geburt an unter außenklimatischen Bedingungen gehalten werden können (BRUNSCH et al., 1996; GRAUVOGL, 1997). Das Thermoregulationsvermögen ist bei Kälbern gut ausgebildet (KASKE und KUNZ, 2003) und wird durch ein dichtes Haarkleid unterstützt. Unterhautfetteinlagerungen und die Unterhaardichte sind beim juvenilen Tier jedoch noch schwächer ausgeprägt (HOCHBERG et al., 2002). Kälber vertragen Kälte ohne gesundheitliche Schäden und sind in der Lage, bei Umgebungstemperaturen von 10 °C bis 30 °C ihre Körpertemperatur zwischen 38,3 °C und 38,7 °C aufrechtzuerhalten. Als entscheidender Faktor gilt dabei die Luftfeuchtigkeit, die die Wärmeleitfähigkeit der Luft beeinflusst. Der thermoneutrale Bereich für Kälber liegt zwischen 10 °C und 20 °C bei kritischen Unter- und Obergrenzen von -20 °C bis +40 °C (RUCKEBUSCH, 1990). Nach RICHTER (1998) können sich Kälber bei höheren täglichen Zunahmen an untere kritische Temperaturgrenzen besser adaptieren. Körpertemperaturmessungen von KUNZ und MONTANDON (1985) zeigten, dass tiefe Wintertemperaturen weniger Stress erzeugten als hohe Sommertemperaturen. Zudem stellte sich heraus, dass die Haltung von Kälbern in Außenklimaställen und Iglus auch bei Lufttemperaturen unter 0 °C bei der Nutzung eines windgeschützten, eingestreuten Liegeplatzes nicht zu Gesundheitsproblemen führt. Bei tiefen Außentemperaturen (minus 25 °C) liegen die Kälber tagsüber gern im Eingang der Hütte in der Sonne, während sie sich nachts in den Hintergrund legen. Sie stehen dann zu 90 % der Tageszeit, fressen ausschließlich bei Tageslicht und liegen zu 90 % in der Nacht (ALBRIGHT and ARAVE, 1997). GUTZWILLER und MOREL (2003) stellten bei einem Vergleich von Kälbern, die in Einzeliglus im Freiland und in Einzelboxen in einem klimatisierten Stall untergebracht waren fest, dass die Iglukälber nach Frostnächten zwar tiefere, aber noch durchaus im Normalbereich liegende Körpertemperaturen aufwiesen. Dies wurde allerdings nicht als Defizit an metabolischer Energie, sondern als physiologische Adaptation an die tiefe Umgebungstemperatur gewertet. Die Iglukälber wiesen außerdem weniger Erkrankungen als die Stallkälber auf und zeigten ein besseres Wachstum.

2.4 Fütterung

Mit dem Nahrungsangebot muss den Ansprüchen des Tieres unter Nutzung des Wachstumspotentials entsprochen werden. Neugeborene Kälber sind auf hochwertige Nahrung angewiesen. Milch entspricht mit einem hohen Anteil an Energie in Form von Fett und Milchzucker, Eiweiß und Mineralstoffen, Spurenelementen und Vitaminen diesen Anforderungen. Die Versorgung mit Milch kann über verschiedene Tränkesysteme erfolgen: rationierte Eimertränke, rechnergesteuerte Tränke und ad libitum Tränke. Bei der rationierten Eimertränke erfolgt die Aufbereitung, Befüllung und Transport der Saugelimer von Hand, was einen hohen arbeitswirtschaftlichen Aufwand bedeutet. In Kleinbetrieben stellt die Eimertränke das Standardverfahren zur Verfütterung von Milch bei Tränkkälbern dar. Eine einfache und effiziente individuelle Gesundheitskontrolle wird gewährleistet. Der Tierhalter erkennt bei der Fütterung am Verhalten der Kälber frühzeitig Erkrankungen. Hygienische Vorteile bietet ein eigener Tränkeimer für jedes Tier, womit die Verschleppung von Erregern über den Tränkeweg verhindert wird. Bei der Nutzung von Nuckelheimern benötigen die Kälber längere Zeit zur Milchaufnahme und bilden mehr Speichel und prägastrische Esterasen, was sich vorteilhaft auf den Verdauungsprozess auswirkt (ZAREMBA und GRUNERT, 1981). Zudem sind Saugnuckel zur Aufnahme der Milch aus physiologischer und ethologischer Sicht gut geeignet, da diese im Vergleich zur Aufnahme aus Eimern ohne Saugnuckel ein langsames kontrolliertes Trinken ermöglichen. Ein Nachteil dieses Tränkeverfahrens liegt in der zeitlich begrenzten Futteraufnahmemöglichkeit bei vorgegebener Menge (SAMBRAUS, 1978). Die Tiere sind gesättigt, deren Saugbedürfnis ist jedoch nicht befriedigt, weshalb Körperteile (Euteranlage, Fell, Nabel und Ohren) anderer Kälber besaugt werden. Am häufigsten wurde gegenseitiges Besaugen beobachtet, wenn die Kälber nach der Tränkeaufnahme nicht fixiert wurden (SAMBRAUS, 1984). ANDENAES et al. (1999) fanden heraus, dass gegenseitiges Besaugen durch eine Fixierung der Tiere 15 Minuten bzw. 30 Minuten (PLATH, 1999) nach dem Tränken vermieden werden kann. PLATH (1999) ermittelte einen Anteil oraler Aktivitäten von 21 % des Tages. Auch Saugattrappen an der Wand oder an Boxenabtrennungen werden gern angenommen (EGLE, 2005; KEIL, 2006). Vergleichende Untersuchungen bei eimer- und mit Sauger getränkten Kälbern ergaben eine höhere Herzschlagrate der Kälber bei Eimertränke ohne Saugnuckel (VEISSIER et al., 2002). In Gruppenhaltung beobachteten die Autoren trotz Verabreichung der Tränke mit Saugnuckel eine Motivation zum Besaugen an Objekten, in Einzelhaltung jedoch nicht. Im Hinblick auf das Nahrungsaufnahmeverhalten bieten Aufzuchtvarianten ohne Mutterkontakt systembedingt keine optimalen Bedingungen für die Kälberaufzucht (SCHLEYER, 1998).

Mit der Verteilung kleiner Portionen über den Tag kann den ernährungsphysiologischen Anforderungen der Kälber besser entsprochen werden (KIRCHGEBNER et al., 2008) als bei 2- oder 3-maliger Fütterung am Tag. In der Praxis setzen sich zunehmend rechnergesteuerte Tränkeverfahren mit Tränkeautomaten und Tieridentifizierung durch. Die Verfütterung der Milch mittels Tränkeautomaten und Erweiterungsoptionen wie angeschlossenem Kraftfutterautomaten ermöglicht eine optimale tierindividuelle Steuerung und Überwachung des Fütterungsprozesses von Kälbern in der Gruppenhaltung (PIRKELMANN, 1992; DEININGER und KÄCK, 1999). So kann mit zunehmender Kraftfutteraufnahme bis zur maximalen Aufnahme von 2 kg pro Tier und Tag das Absetzen automatisch eingeleitet werden. Bei den ad libitum Verfahren kommt es bei den Kälbern aufgrund fehlender Mengengrenzung zu sehr hohen Milchaufnahmen, was die Rau- und Kraftfutteraufnahme verzögert. Die ad libitum Tränke wird vorwiegend in der Kälbermast eingesetzt. ZAREMBA und HEUWIESER (1984) ermittelten, dass ad libitum gefütterte Kälber durch die häufige Aufnahme kleinerer Portionen weniger diarrhoeanfällig sind als Kälber, denen eine ratio-

nierte Portion angeboten wird. Untersuchungen von MOREL und SCHICK (2002) ergaben beim Vergleich Eimer- vs. Automatentränke trotz arbeitswirtschaftlicher und ethologischer Vorteile bei Tränkeautomaten einen höheren durchschnittlichen Futterverzehr bei Eimertränke.

Durch die Aufnahme rohfaserreicher Komponenten wird ein verstärktes Wachstum des Pansen-Muskelgewebes angeregt und bewirkt somit eine Volumenvergrößerung des Pansens. Bei der Heuverdauung entsteht überwiegend Essigsäure. Da jedoch die bei der mikrobiellen Fermentation von Kraftfutter gebildete Propionsäure eine erheblich stimulierende Wirkung auf das Wachstum der Pansenzotten und die Ausbildung der Pansenmukosa ausübt, ist eine frühzeitige Kraftfutterverabreichung von großer Bedeutung (DEININGER und KÄCK, 1999). Nach KIRCHGEBNER et al. (2008) ist eine Entwöhnung der Kälber bei der Aufnahme von einem Kilogramm Kraftfutter pro Tag problemlos möglich. Mit dem Abtränken ist der Übergang von reiner Labmagenverdauung hin zur Wiederkäuerverdauung abgeschlossen.

Wasser dient als wesentlicher Bestandteil des Tierkörpers der Aufrechterhaltung der Zellfunktionen. Eine unzureichende Wasserversorgung führt zu schwerwiegenden Gesundheitsstörungen, Leistungsdepressionen und schränkt das Allgemeinbefinden der Tiere ein. Besonders bei Jungtieren führt eine Abnahme des Wassergehaltes aufgrund der geringen Körpermasse zu lebensbedrohlichen Zuständen. Die empfohlene Wassermenge hängt von der aufgenommenen Milchmenge, der Festfutteraufnahme und der Außentemperatur ab. Der Mindestwasserbedarf liegt für Kälber im ersten Lebensmonat bei einem Liter pro Tier und Tag, vier Liter im zweiten und acht Liter bis zum vierten Lebensmonat. Als Richtwerte des Wasserbedarfes gelten 10 l/Tier und Tag bei einer Körpermasse von 50 kg und 13 Liter bei 100 kg Körpermasse (RICHTER, 2008). Nach Untersuchungen von KASKE und KUNZ (2003) liegt der Flüssigkeitsbedarf im Alter von 14 Tagen bei acht Liter und steigt bis zur 20. Woche auf 12 Liter an. Anforderungen an die Fütterungshygiene, insbesondere bei der Verabreichung der Tränke sollten im Sinne der Gesunderhaltung des Kälberbestandes eingehalten werden.

2.5 Verhalten

WHITMAN (1898) und HEINROTH (1910) gaben entscheidende Anregungen zur Begründung einer planmäßigen Verhaltensforschung als neuen Zweig der Naturwissenschaften. Zu Beginn bezogen sich Beobachtungen bei Hausrindern auf das Einzeltier, spätere Verhaltensstudien berücksichtigten auch die Wechselwirkungen zwischen den Tieren in der Herde. Verhalten wird als Interaktion des Organismus mit der Umwelt im Dienst der individuellen, ökologischen und inklusiven Fitness verstanden (TEMBROCK, 1992). Als individuelle Fitness definierte der Autor die körperlichen Eigenschaften des Tieres. Weiterhin sichert Verhalten in Wechselwirkung zwischen Organismus und Umwelt die Einpassung in ein Ökosystem (ökologische Fitness) und die Reproduktion (inklusive Fitness). Die Komplexität des Verhaltens wird deutlich, indem neben Bewegungsunruhe auch der innere Zustand, die Motivation des Tieres und über Sinnesorgane wahrgenommene Ereignisse („Reize“) betrachtet werden. Löst ein Umgebungsreiz eine Erregung im Organismus aus, geschehen die Interaktionen durch umfassende funktionelle Informationswechsel, wie Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und motorische Umsetzung als Einwirken auf die Umwelt. Tiere regulieren Beziehungen zur Umwelt über Bewegung mit Ortsveränderung (Lokomotorik) und ohne Ortsveränderung. Bei Verhaltensstudien sind evolutionsbedingte Eigenschaften zu berücksichtigen, die konstitutionell (art-, geschlechts- und altersspezifisch) oder funktionell sind, wie z. B. die Funktion des Bewegungsapparates in

der art-, geschlechts- und altersspezifischen Ausprägung. Informationelle Eigenschaften umfassen bei Verhaltensbeobachtungen raumzeitliche Strukturen. Unterliegen die Eigenschaften zeitlichen Veränderungen, werden diese als Entwicklung bezeichnet, welche ohne äußere Zielvorgaben ablaufen.

KAPPELER (2006) bezeichnet Verhalten als Kontrolle und Ausübung von Bewegungen oder Signalen, mit denen ein Organismus mit Artgenossen oder anderen Komponenten seiner belebten und unbelebten Umwelt interagiert. SAMBRAUS (1978) definierte Verhalten als Bewegungen und Körperstellungen (eingefrorene Bewegungen) sowie äußerlich wahrnehmbare Auswirkungen von Muskelkontraktionen, wie Lautäußerungen. Das Verhalten wird von zahlreichen internen und externen Faktoren beeinflusst: durch Rasse, Alter, physiologische Vorgänge, Körpermasse, Geschlecht, Management, Haltungsbedingungen, Gruppengröße, Fütterungstechnik, Umweltfaktoren, Klima und zirkadiane Rhythmik. Die Haltung wird am Zustand eines Tieres im Vergleich zu anderen beurteilt, von denen angenommen wird, dass ihnen ein Umgebungsangebot ermöglicht, sich ihren Anlagen gemäß zu entwickeln und zu leben. Je mehr Übereinstimmungen zwischen den Vergleichstieren bestehen, um so verlässlicher ist das Resultat. Abweichungen von normalen Verhaltensabläufen lassen den Schluss auf nicht artgemäße Haltung zu (TSCHANZ, 1985). Die Ganzheit anatomischer und physiologischer Körperfunktionen und das Verhalten bilden als Artmerkmal die natürliche Grundlage der tierischen Leistung (BARTUSSEK et al., 1995). Um nachhaltig hohe Leistungen zu erzielen, sind nach Meinung der Autoren die angeborenen Verhaltensbedürfnisse der Tiere in der Haltung ausreichend zu berücksichtigen.

Lokomotions-, Spiel und Sozialverhalten

Nach ASCHOFF (1954) umfasst die Aktivität eines Lebewesens die Summe aller Bewegungsäußerungen, d. h. der Begriff Aktivitäts- oder Bewegungsverhalten umfasst die motorische Aktivität. Aktivität wird nach SCHWARTZ (1974) als Summe aller Verhaltensweisen oberhalb der Schlafschwelle beschrieben, die nicht dem Funktionskreis Schlaf- bzw. Ruheverhalten zugeordnet sind. Tiere entwickeln sich art- und altersspezifisch, wobei das Verhalten Distanzen und Zeitbeziehungen gegenüber Umweltbedingungen reguliert (TEMBROCK, 1992).

PORZIG (1982) beschreibt die Mutter-Kind-Beziehung bei extensiv gehaltenen Rindern als kurzfristig, da Kälber nur in den ersten Lebenstagen intensiv von der Mutter betreut werden, um sich ab fünften Lebenstag einer Kälbergruppe anzuschließen. Gesunde Kälber beginnen wenige Stunden nach der Geburt mit der Erkundung der näheren Umgebung (BROWNLEE, 1954). Innerhalb der ersten 4 bis 12 Stunden stehen Kälber relativ lange, ab dem zweiten Lebenstag pendelt sich das Stehverhalten jedoch auf ein geringeres Niveau ein, das mit zunehmendem Alter steigt (PORZIG, 1982). In den ersten drei bis vier Lebenswochen treten beim Kalb Verhaltensänderungen bezogen auf Liege- und Stehzeiten sowie auf Tag- und Nachtaktivitäten auf. So stehen Neugeborene lange auf der Suche nach einer Milchquelle, was zum späteren Zeitpunkt nicht festgestellt werden konnte. Zudem wurde beobachtet, dass Kälber sich bei der Anpassung an eine neue Haltungsumgebung oft bewegen und häufig zwischen Aktivitäts- und Liegephasen wechseln (SCHRAMA et al., 1995). Mit zunehmender Kontrolle über den Bewegungsapparat zeigen Kälber bei großem Bewegungsdrang spontane Aktivitäten wie Sprünge und Laufen. Lokomotion verweist auf freiwillige Bewegung, die den ganzen Körper erfasst (PHILLIPS, 2002). Durch Herumspringen und Beriechen von Gegenständen machen die Tiere sich mit der Umgebung vertraut (BROWNLEE, 1954). Nach Verausgabung motorischer Energie folgt eine Ruheperiode (LIEBENBERG et. al., 1971). Die Funktionskreise Ruhe-, Lokomotions-, Sexual- und Kom-

fortverhalten und stoffwechselbedingtes Verhalten sind in Interaktion mit dem Sozialverhalten zu sehen. Laut GRAUVOGL (1997) sind angeborene und erworbene Verhaltensweisen auf soziale Resonanz ausgerichtet. Soziale Kontakte finden in der Mutterkuhhaltung innerhalb der ersten Lebensstage fast ausschließlich mit der Mutter statt, später leben Kälber in eigenständigen Gruppen zusammen, in denen sich ein ausgeprägtes Sozialleben mit gemeinsamen Aktivitätsrhythmen entwickelt (PORZIG et al., 1969). FAGEN (1981) unterstützt die Annahme, dass spielerische Verhaltensweisen den physischen und emotionalen Status bei Jungtieren widerspiegeln. Jungtiere zeigen bei befriedigten Grundbedürfnissen und in völlig entspannten Situationen eine hohe Motivation zu spielen (BROWNLEE, 1939; JENSEN et al., 1998), kranke Kälber spielen nicht. Das Spielverhalten fördert die Gruppendynamik durch aktive Aufforderung eines Spielpartners (FAGEN, 1981). Solitäre Spiele der Kälber kommen in Gruppenhaltung kaum vor (SAMBRAUS, 1985). Kälber in Einzelhaltung verbringen mehr Zeit im Stehen auf der Suche nach Sozialkontakten als Kälber in Gruppenhaltung (VEISSIER et al., 1997; JENSEN et al., 1998). Paarweise gehaltene Tiere weisen eine höhere Aktivität als Tiere in Einzelhaltung auf (RAUSSI, 2005). Differenzen zwischen den Verhaltensweisen der Kälber in unterschiedlichen Tränkeverfahren wurden von MARSH und WARNOCK (2008) beschrieben. Eimergetränkte Kälber zeigten häufiger mit Blicken suchendes („looking“) Verhalten und Ruhelosigkeit, während automatisch getränkte Kälber signifikant mehr Aktivitäten des gegenseitigen Besaugens, Spielens und Fressens zeigten.

Spielen wird von WEINREICH (1968) als eine reine Instinkthandlung beschrieben, die dem Erlernen später benötigter Verhaltensweisen für den Kampf, die Flucht und die Fortpflanzung dient. Die Entwicklung eines intensiven Spielverhaltens dient nach BARTUSSEK et al. (1995) einerseits der Stärkung der Muskeln, Gelenke, Sehnen und Bänder und dem Trainieren von Kreislauf und Atmung, andererseits um Sicherheit im Ablauf der Verhaltensweisen zu gewinnen, die für den Aufbau einer stabilen Rangordnung und für das Sexualverhalten notwendig sind. Eine soziale Rangordnung wird im Alter von drei bis sechs Monaten gebildet, wobei teilweise auch bei jüngeren Kälbern Auseinandersetzungen beobachtet wurden. Geschlechtsspezifische Unterschiede im sozialen Verhalten werden an der Häufigkeit des Aufspringens auf andere Kälber beschrieben (SAMBRAUS und STEINEL, 1978). Dabei sind Bullenkälber aktiver als weibliche Tiere, was VORNHOLT (2007) ebenfalls beobachtete. Rangauseinandersetzungen treten nach SCHLEYER (1998) ab drittem Lebensmonat auf. Bei der Ausbildung einer Rangordnung sind nicht nur Alter und Körpermasse ausschlaggebend (STEPHENS, 1974), sondern auch Haltungs- und soziale Umweltbedingungen (STEINEL, 1977). Die Dauer zur Rangordnungsbildung konnte auch durch Gruppengröße, Besatzdichte und Zusammensetzung der Gruppe (homogen, inhomogen) beeinflusst werden (TRACHSEL, 1988). Die Kälber müssen die Möglichkeit haben, Konkurrenzsituationen mittels vorher erlernten sozialen Verhaltensrepertoires zu meistern. Mit dem Einüben von Bewegungsabläufen trainieren juvenile Tiere soziale Verhaltensweisen, die bei der schrittweisen Eingliederung in den Herdenverband und für die Rangfolge von Bedeutung sind. JENSEN und KYHN (2000) stellten Untersuchungen zum Spielverhalten im Altersverlauf an. Im Alter von fünf Wochen spielen Kälber unabhängig vom Platzangebot mehr als mit sieben oder neun Wochen. In der fünften Lebenswoche steigerte ein erhöhtes Platzangebot das spielerische Verhalten, was bei älteren Kälbern keinen Effekt hatte.

Soziale Beziehungen zwischen Tieren haben einen beruhigenden Effekt durch die Verringerung der Auswirkungen von belastenden Bedingungen (BOISSY und LE NEINDRE, 1990). Als Merkmale enger Beziehungen zwischen Tieren werden synchronisierte Aktivitäten und Sozialverhalten, wie gegenseitiges Belecken angesehen (VEISSIER et al., 1990; SATO

et al., 1993). Umstellungen oder das Mischen von Gruppen haben nach BØE und FÆREVIK (2003) negative Auswirkungen auf das Wohlergehen der Tiere, deren Verhalten und Leistung. Wiederholte Umstellungen verändern den täglichen Aktivitätsrhythmus (VEISSIER et al., 2001). Jedoch verbessern wiederholte Neugruppierungen auch die Reaktivität der Tiere auf neue Situationen (BOISSY et al., 2001). In der Annahme, dass sich soziale Fähigkeiten vermutlich in der Pubertät entwickeln, fand RAUSSI (2005) heraus, dass eine Vielfalt in der Haltungsumgebung von Färsen sich in Bezug auf die landwirtschaftliche Produktion vorteilhafter auswirkt, als eine Stabilität im sozialen Umfeld. Dies gilt insbesondere, wenn die Kälber vorher kaum in Gruppen gehalten wurden. Untersuchungsergebnisse zum Sozialverhalten zeigten, dass soziopositive Verhaltensweisen, wie soziales Lecken, spielerisches Hornen und Aufreiten, aber auch das Verdrängen am Futtertisch (sozionegativ) bei den im Rein-Raus-Verfahren (RR) aufgestellten Tieren signifikant häufiger beobachtet wurde als im kontinuierlichen Haltungsverfahren (VORNHOLT, 2007). In Bezug auf Verdrängungen bei der Milchentnahme am Automaten konnte kein Unterschied zwischen den Haltungsverfahren (HV) festgestellt werden. Das Alter der Tiere lag im RR zwischen vier und acht Wochen und bei kontinuierlicher Belegung zwischen vier und zwölf Wochen.

Zur Beschreibung charakteristischer Verhaltensweisen eines Tieres dient der Begriff des „Temperamentes“. Dieses ergibt sich nach KILGOUR (1975) aus dem körperlichen, hormonellen und nervalen Zusammenspiel eines Individuums, ist genetisch determiniert und wird durch Umweltbedingungen beeinflusst. REIBIG-BERNER (1979) bestätigte den Einfluss von Haltungsbedingungen auf das Aktivitäts- und Liegeverhalten bezogen auf den verfügbaren Platz und die Liegefläche. Nach STRICKLIN und KAUTZ-SCANAVY (1983) wird Temperament als stete, ererbte Neigung definiert, die dem Ausdruck von Aktivität, Reaktivität, Emotionalität und Umgänglichkeit zugrunde liegt und sich an äußere Bedingungen anpasst. In der Verhaltensforschung wird das Ergebnis von Hintergrundaktivität und aktuellen Reizbedingungen mit dem Begriff „Aktivitätsniveau“ beschrieben (TEMBROCK, 1980). ERMGASSEN (1996) stellte Untersuchungen zur Herzfrequenz und dem Verhalten bei Kälbern in den ersten Lebenswochen an (Einzel- und Gruppenhaltung). Die Autorin unterschied Kälber nach deren Temperament (ruhig, mäßig und lebhaft). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Höhe der durchschnittlichen Herzfrequenz und Verhaltensweisen (Stehzeit, Stellungswechsel) konnte nicht nachgewiesen werden. Allerdings wurde bei den als ruhig eingestuften Kälbern eine höhere Herzfrequenz verzeichnet, als bei den als mäßig und als lebhaften bezeichneten Kälbern. Herzfrequenzreaktionen wurden bei Ereignissen wie Tränke, Umstellung und Interaktionen der Tiere innerhalb der Gruppen festgestellt.

Ruheverhalten

Ruhe wird als Zustand der Inaktivität beschrieben (GRÜTZNER, 1993) und gilt als hal-tungsrelevanter Indikator (SCHLICHTING und SMIDT, 1987). Rinder ruhen gewöhnlich im Liegen. Ruhe dient der Regeneration des Organismus, dem Wohlsein, der Gesunderhaltung und dem physiologischen Gleichgewicht (SAMBRAUS, 1978). In den ersten Lebensstagen verbringen Kälber mehr als 75 % der Gesamtzeit im Liegen (WALKER, 1950; SAMBRAUS, 1978; KUBAEV und KUBAEVA, 1989; LANGBEIN et al., 1998). Dabei wurde die intensivste Ruheperiode mit Tiefschlafphasen gegen Mitternacht beobachtet. Weiterhin zeigten die Studien in extensiver Mutterkuhhaltung (LANGBEIN et al., 1998), dass die Dauer der Liegephasen in den ersten beiden Lebensstagen bei durchschnittlich zweieinhalb Stunden lag, ab drittem Lebenstag bei eineinhalb Stunden. KUBAEV und KUBAEVA (1989) ermittelten am ersten Lebenstag eine Gesamtliegezeit von 1140 Minuten (79 %), am drittem Lebenstag 1054 Minuten (73 %). Bestätigt wird auch von PORZIG et al. (1969) eine

Abnahme der Gesamtruhezeit mit zunehmendem Alter. Untersuchungen von DERENBACH (1981) ergaben innerhalb der ersten 12 Lebensstunden bei einer Anzahl von 7,1 Liegephasen eine Gesamtliegedauer von 498 Minuten. Die signifikant höhere Gesamtliegedauer männlicher Kälber könnte in einer höheren Schweregeburtenrate begründet sein. SAMBRAUS (1978) stellte fest, dass Kälber zwei Drittel der Zeit ruhen, wobei weibliche Tiere eine um 5 % bzw. 2 bis 5 % (PORZIG, 1982) kürzere Liegedauer aufweisen. GRAF et al. (1976) registrierten in Untersuchungen bei der Haltung der Kälber in Einzelboxen eine Liegedauer von 1046 min., bei Gruppenhaltung auf Tiefstreu 967 min. bei 23 Liegeperioden. PORZIG (1982) beschrieb im Alter von 14 Tagen Liegezeiten von 18 Stunden, im Alter von 40 Tagen 14 Stunden und über 40 Tage 12-stündige Liegezeiten. SAMBRAUS (1980) stellte bei Kälbern im Alter von drei bis fünf Monaten eine tägliche Liegezeit von 16 Stunden auf Tiefstreu fest. Kälber nehmen bei ad libitum Fütterung und bei störungsfreier Umwelt während einer Mahlzeit Futter bis zur Sättigung auf und ruhen anschließend (PORZIG und SAMBRAUS, 1991). Im Kaltstall ruhten die Kälber weniger als im Warmstall und verkleinerten die Körperoberfläche mit Liegepositionen (HÄNNINEN et al., 2003). Die Ruhedauer verringerte sich nach Meinung der Autoren tendenziell in den Sommermonaten. HÄNNINEN et al. (2005) fanden in Untersuchungen eine positive Korrelationen zwischen den täglichen Zunahmen und der Ruhezeit. Über einen Zeitraum von 20 Wochen wurde bei längerer Ruhezeit ein höheres Wachstumspotential beobachtet. ZERBE (1998) beobachtete bei schwächeren Tieren, die bei der Futteraufnahme von schwereren Tieren verdrängt wurden, Meideverhalten, das sich in längeren Ruhezeiten zeigte. Nach Untersuchungen von LIEBENBERG (1965) konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Einzel- und Gruppenhaltung hinsichtlich der Häufigkeit, jedoch ein hochsignifikanter Unterschied in der Liegedauer innerhalb von 24 Stunden festgestellt werden. Kälber liegen in Einzelhaltung länger als in Gruppenhaltung. Diese Aussage wird von CZAKÓ et al. (1969) bestätigt.

Nahrungsaufnahmeverhalten

Verhalten ist immer zielorientiert. Der Verhaltensablauf wird durch die innere Motivation und durch äußere Reize bestimmt, die die Eutersuche und das Saugverhalten auslösen. Trotz jahrtausendelanger Entwicklung zum Haustier, Rassenzüchtung und Selektion auf Leistung sind die Tiere in der Lage, beispielsweise in extensiver Mutterkuhhaltung, die Verhaltenssteuerung an ihren ursprünglichen Zielen auszurichten (BARTUSSEK et al., 1995). In den ersten Lebenstagen stellt die Kolostralmilch die einzige Nahrung des Kalbes dar, die in kleinen Portionen aufgenommen wird. Kälber saugen ab zweitem Lebenstag im drei-Stunden-Intervall, wobei das Saugen durchschnittlich 10 bis 15 Minuten dauert (WALKER, 1950; PORZIG, 1982). SAMBRAUS (1978) ermittelte im ersten Lebensmonat etwa sechs mal tägliche Saughäufigkeiten, ab zweiten Monat drei bis sechs mal täglich, was von PORZIG (1982) in etwa bestätigt wurde (drei bis fünf mal täglich). Als problematisch gilt bei Aufzuchtverfahren ohne Mutterkontakt die Befriedigung des natürlichen Saugtriebes. Wird die Tränke innerhalb von 90 Sekunden mit 150 Saugakten aufgenommen, ergibt sich gegenüber einem zehnminütigen Saugvorgang am Euter der Mutter mit 1500 Saugakten ein Defizit (SCHEURMANN, 1974). An Ersatzobjekten, wie Körperteile von Artgenossen oder an Elementen von Stalleinrichtungen wird der noch nicht abgeklungene Saugdrang abreagiert. Bei jeder Tränkeaufnahme wird diese Verhaltensstörung neu ausgelöst und so lange ausgeführt, wie der natürliche Saugvorgang dauern würde (LIDFORS, 1994). Nach KEIL et al. (2002) können Verhaltensstörungen bei Außenhaltung in Gruppen reduziert werden. Die Autoren beobachteten, dass sich Kälber in Gruppeniglus tendenziell weniger häufig und weniger lang als Kälber in Einflächentiefstreibuchten besaugten.

Gleichzeitig konnte bei Kälbern in Gruppeniglus signifikant häufiger Erkundungsverhalten (z. B. Teilnahme am Umweltgeschehen außerhalb der Iglus) beobachtet werden.

Die Saugaktivitäten des Kalbes können über den gesamten Tag verteilt vorkommen. Eine gewisse Tagesrhythmik ist festzustellen (PORZIG et al., 1969; ZEEB und MACK, 1970), die in der freien Natur von der Gesamtaktivität der Herde beeinflusst wird (SAMBRAUS, 1978). Bei Untersuchungen zu rassebedingten Einflüssen zeigte sich, dass die Saugperiode mit erhöhter Häufigkeit verkürzt wird (PORZIG et al., 1969). Weiterhin stellten die Autoren eine Säugezeit bei Tagesanbruch fest und dass Unregelmäßigkeiten im Saugen auf exogene Störungen zurückzuführen sind. Kälber beginnen nach PORZIG (1982) mit der Saugaktivität bei Tagesanbruch, saugen mittags häufiger, weiterhin vom späten Nachmittag bis zur Abenddämmerung und gelegentlich um Mitternacht. FRASER (1978) beschrieb innerhalb der 24-Stunden Periode die Phasen mit erhöhter Futteraufnahme kurz vor Sonnenaufgang, in der Mitte des Vormittags, früh am Nachmittag und vor Anbruch der Dunkelheit.

Die Umstellung auf eine neue Tränkesituation verläuft nach PORZIG (1982) relativ schnell, wobei individuelle und geschlechtsspezifische Unterschiede auftreten. Die Automaten-tränkung ermöglicht eine über den Tag verteilte Nahrungsaufnahme. FURTNER (1970) ermittelte einen Tagesrhythmus mit Spitzenzeiten in den Morgen- und Abendstunden bei automatisch getränkten Kälbern, was von ZEEB und MACK (1970) bestätigt wurde. Besuche am Automaten konzentrieren sich auf den Beginn einer jeden Tränkeperiode nach akustischer Signalwirkung durch die Tränkebereitung (KOTENBEUTEL und KROCKER, 1992). Die Saugdauer betrug bei Mastkälbern im Alter von zwei bis drei Monaten am Automaten 27 Minuten (RIESE et al., 1977). Innerhalb von 12 Stunden wurden tagsüber 2,9 Saugperioden mit Hauptsaugzeiten zwischen 6 und 8 Uhr, 12 und 13 Uhr und 15 bis 18 Uhr festgestellt. Nach PORZIG (1982) lag die Dauer unter natürlichen Bedingungen innerhalb von 24 Stunden zwischen 60 und 140 Minuten. ZERBE (1998) ist der Meinung, dass ein Tagesrhythmus mit mehr als zwei Aktivitätsphasen eine schnelle Sozialisierung der Tiere und die Raufutteraufnahme begünstigt. Eine Strukturierung des Tagesrhythmus mit Aktivitäts- und Ruhephasen wurde in dessen Versuchsanstellungen mittels Tränkeprogramm durch Erzeugung von drei periodischen Aktivitätsphasen, die an die Milchaufnahme gekoppelt waren, erzielt. Bei automatischer Milchversorgung mussten Kälber den Zeitpunkt des Tränketermins erkunden und folgten dabei einem inneren fünf- bis sechs-Stunden Rhythmus. Der Autor schlussfolgerte, dass die Intensität der Aufzucht über die Futtermenge, das Erkundungsverhalten und den Tagesrhythmus bestimmt wird.

Untersuchungen von ONSRUD (1999) ergaben, dass jüngere Kälber von älteren Tieren von der Nahrungsquelle häufiger verdrängt werden. Zudem wurden bei Automaten-tränke weniger soziopositive Interaktionen zwischen den Tieren beobachtet, wie soziales Spiel, Lecken und Beriechen, was eine Beeinträchtigung des sozialen Klimas anzeigt (HERRMANN und KNIERIM, 1999). Mit zunehmendem Alter lässt nach HUTCHISON et al. (1962) die Saugtätigkeit nach und verschiebt sich mehr in die Nachtstunden. Vergleiche des Futteraufnahmeverhaltens zwischen Tieren, die im Rein-Raus-Verfahren und bei kontinuierlicher Belegung aufgezogen wurden, ergaben geringfügige Differenzen (REITER und FRÖHNER, 2009). Festgestellt wurde eine hohe Variabilität der Wasseraufnahme. Eine häufigere Wasseraufnahme der im Rein-Raus-Verfahren gehaltenen Kälber konnte statistisch abgesichert werden. JOHANNESSON und LADEWIG (2000) veränderten bei Kälbern ab einem Alter von fünf Tagen den Zeitpunkt der Milchtränke. Die Kontrollgruppe wurde zweimal täglich getränkt. Verschoben sich die Fütterungszeiten an zwei Tagen um drei Stunden (Gruppe 2), kompensierten die Kälber im Alter von fünf Wochen die fehlende Milch mit verstärktem Wasseraufnahmeverhalten. Im Alter von acht Wochen beobachte-

ten die Autoren ein erhöhtes Komfort- und Futteraufnahmeverhalten. Wasser, Heu und Kraftfutter standen in allen Gruppen ad libitum zur Verfügung. Die Liegeperiodenanzahl sank bei Kälbern der Gruppe 2, was die Autoren mit verstärkter Unruhe begründeten. Erfolgte die Fütterung jedoch täglich zu unterschiedlichen Zeiten (Gruppe 3), wurde im Alter von fünf Wochen ein höheres Futteraufnahmeverhalten beobachtet. Die Kälber gewöhnten sich an unregelmäßige Fütterungszeiten und verhielten sich im Alter von acht Wochen wie Tiere in der Kontrollgruppe. Die Autoren konnten keinen negativen Einfluss auf Leistung und Gesundheit nachweisen.

Komfortverhalten

Unter dem Begriff Komfortverhalten werden Handlungen, die dem körperlichen Wohlbefinden der Tiere dienen, zusammengefasst (SÜSS und ANDREAE, 1984). Die Körperpflege erfolgt durch Strecken, Kratzen, Lecken oder durch Scheuern an Einrichtungen. Dabei folgen Leckkontakte einem haltungsbedingten Tagesrhythmus zwischen den Futteraufnahme- und Liegephasen (SAMBRAUS, 1978). Schwer erreichbare Körperteile werden im Rahmen sozialer Körperpflege gereinigt, die hauptsächlich aus gegenseitigem Belecken besteht, das wiederum regulierend auf das Sozialverhalten wirkt (SÜSS und ANDREAE, 1984). Untersuchungen von GEORG und UDE (2007) ergaben, dass eine automatische Putzmaschine von Kälbern aktiv als Pflege- und Spieleinrichtung zu jeder Tages- und Nachtzeit genutzt wurde, verstärkt zwischen 20 und 22 Uhr.

Biologische Rhythmen

Der Informationsgehalt biologischer Daten liegt auch in der zeitlichen Abfolge. Zeitreihenanalysen bieten Möglichkeiten, Zusammenhänge zwischen aufeinanderfolgenden Beobachtungen zu ermitteln und künftige Gegebenheiten zu prognostizieren. Das Verhalten von Kälbern unterliegt einem endogenen Rhythmus mit einer Periodendauer von etwa 24 Stunden, der als Zirkadianrhythmus bezeichnet wird. Sowohl Verhaltenskomponenten, als auch physiologische Variablen zeigen eine zirkadiane Rhythmik (TUREK, 1994). Periodische Änderungen betreffen sowohl das Verhalten als auch physiologische Parameter. Als Rhythmus wird ein wiederkehrendes Ereignis bezeichnet, das durch Periode, Frequenz, Amplitude und Phase gekennzeichnet ist (ASCHOFF, 1981). Dabei bedeutet Periode die Zeitdauer, nach der eine bestimmte Phase der Schwingung wiederkehrt (ASCHOFF, 1964). Dies kann eine 24-Stunden Periodik oder eine Darunterliegende sein. Die Frequenz gibt Anzahl durchlaufener Zyklen in einer bestimmten Zeiteinheit an, die Amplitude beschreibt die Intensität oder das Leistungsspektrum und die Phase gibt einen Punkt im Rhythmusablauf relativ zu einem objektiven Zeitpunkt während des Zyklus wieder (NELSON, 2000). Als elementarer Anpassungsmechanismus zur Orientierung in der Zeit gilt die Synchronisation interner Zeitmuster mit äußeren Periodizitäten (ASCHOFF, 1959). Rhythmische Kopplungen werden durch Bedingungen, die die Tiere belasten, gestört und können zu Veränderungen von tagesperiodischen Aktivitätsmustern führen (VEISSIER et al., 1989a; BERGER, 1999).

Als Aktivitätsperiodik werden durch natürliche oder künstlich herbeigeführte Zeitgeber bedingte täglich rhythmisch wiederkehrende Phasen erhöhter Aktivität und Ruhe bezeichnet. Zeitgeber sind Vorgänge, die für einen Organismus reizwirksam sind (ASCHOFF, 1954). Dies können exogene Reize, beispielsweise Tag-Nacht-Wechsel oder die Fütterung sein, die einen endogenen Rhythmus (Tages-, Jahresrhythmus) synchronisieren. Die ultradiane Rhythmik ist durch eine Periodendauer von weniger als 24 Stunden gekennzeichnet (PALMER, 1976). Diese können beispielsweise Wechsel der Schlafstadien, tägliche Leistungsfähigkeit oder der zeitliche Abstand zwischen den Nahrungsaufnahmen sein. Nach

TEMBROCK (1992) fehlen bei der ultradianen Rhythmik die typischen Eigenschaften einer „inneren Uhr“, das heißt, dass sie sich meist leicht durch bestimmte Einwirkungen verändern. Der Autor unterscheidet bei den Grundformen zeitlich organisierter Prozesse u.a. zwischen ultradianen umgebungsunabhängigen Rhythmen im Sekunden- bis Stundenbereich, wie Herzschlagrate, Aktivitätsschüben oder Diurnalarhythmen mit einer Periodendauer von etwa 24 Stunden, wenn diese vorrangig endogen als Zirkadianrhythmus bezeichnet sind. Die zirkadiane Aktivitätsperiodik hilft dem Organismus, sich durch den Wechsel von Aktivitäts- und Ruhephasen in einem bestimmten Rhythmus auf täglich wiederkehrende Phänomene einzustellen. So kann sich das Tier mit einem Schlaf-Wach-Rhythmus der Nahrungsaufnahme an die Umwelt anpassen (TILGER, 2005). Bei Stallhaltung bestimmt die Fütterung den Aktivitätsrhythmus (HAUPTMAN, 1966; SAMBRAUS, 1978).

Der Licht-Dunkel-Wechsel gilt nach ASCHOFF (1955) als Zeitgeber der Tagesperiodik. Als Dämmerung wird der fließende Übergang zwischen Tag und Nacht bezeichnet, der durch Lichtstreuung in der Atmosphäre entsteht. Die Abenddämmerung ist der abendliche Übergang von der Helligkeit des Tages zur Dunkelheit der Nacht nach Sonnenuntergang, die Morgendämmerung der gegensätzliche Fall. Die Dauer der bürgerlichen (zivilen) Dämmerung liegt in Deutschland bei durchschnittlich 39 Minuten, wobei die Schwankungen im Jahresverlauf 15 Minuten betragen (BURKHARDT et al., 1994). Im Herbst bewirkt der Licht-Dunkel-Wechsel bei verkürzten Tagen eine Unterbrechung der Liegeperiode (ASCHOFF, 1955). Bei seinerzeit geschlossener Stallhaltung konnten von HAUPTMAN (1966) keine deutlichen Auswirkungen von Jahreszeit und Tageslichtlänge auf die Gesamt liegezeit und deren Unterbrechungen im Tagesverlauf nachgewiesen werden. Bei Kühen im Laufstall ergab sich nach REINBRECHT (1969) ein biphasischer Aktivitätsverlauf mit Liegezeiten zwischen 9 und 13 Uhr und 20 und 3 Uhr. SCHEURMANN (1971) beobachtete bei Kälbern einen Wechsel zwischen Stehen und Liegen am häufigsten zwischen 6 und 10 Uhr und 14 und 18 Uhr. Eine geringe Lichtintensität reduziert in der Kälberhaltung die Häufigkeit des Spielverhaltens und andere Aktivitäten, wie Beleckern und Fressen (DANNENMANN et al., 1985).

Lokomotorische Verhaltensänderungen in Belastungssituationen

Eine gewisse Stimulation durch die Umgebung wird nach Ansicht von GROSS und SIEGEL (1993) zur Ausprägung effizienter physiologischer Vorgänge für notwendig gehalten und im Optimum als ein Ziel guter landwirtschaftlicher Praxis betrachtet. Als Stress werden nach DANTZER und MORMÈDE (1983) Umwelteinflüsse bezeichnet, die auf ein Tier einwirken und zu unerklärlichen pathologischen Verlusten oder zu Produktionseinbrüchen führen, aber auch verstärkte, abnorme Reaktionen eines Individuums auf Umgebungsreize. STEPHENS (1980) definiert Stress als eine vom Normalen abweichende oder unüblich verlängerte bzw. intensivere Reaktion, die durch Stressoren hervorgerufen wird, welche auf ein Tier einwirken. Angst, beispielsweise verursacht durch körperliche Einschränkung, gilt als Stressor (HEMSWORTH und BARNETT, 1987), auf die Tiere mit Flucht oder Kampf reagieren (GRANDIN, 1993). Rinder empfinden als Herdentiere die Isolation von Artgenossen als eine stressvolle Situation (BOISSY und LE NEINDRE, 1997). Bei der Haltung von Kälbern zählen körperliche Isolierung durch Fixierung im Fanggitter und das Einziehen der Ohrmarke zu unvermeidbaren Prozeduren. Schmerzauslösende Maßnahmen, wie beispielsweise Enthornen führen zu Stressreaktionen (JOHNSTON und BUCKLAND, 1976). Eine fremde Umgebung (DANTZER und MORMÈDE, 1983) oder unbekannte, neue Objekte versetzen Tiere in Alarmbereitschaft (BOUISSOU et al., 1996), jedoch erwiesen sich wiederholte Umgruppierungen von Kälbern mit neuen Artgenossen nicht eindeutig als Stressor

(VEISSIER et al. 2001). Jüngste Untersuchungen deuten zudem auf chronische Stressbelastung mutterlos aufgezogener Kälber hin und belegen, dass eine mutterlose Aufzucht den Ansprüchen der Kälber nicht gerecht werden kann (ROTH et al., 2009).

Die Antwort auf einen Stressor kann anatomische, physiologische und Verhaltensänderungen mit sich bringen (GROSS und SIEGEL, 1993). Als Indikatoren zur Beurteilung des Wohlbefindens gelten Verhaltensänderungen, die erste (WILSON, 1971) oder die einzigen (STEPHENS, 1980) Hinweise auf Stress geben. In Stresssituationen werden verstärkte Bewegungsaktivitäten festgestellt (VEISSIER et al., 1989b; DE PASSILLÉ et al., 1995). Anzeichen von Angst oder Unbehagen können sich neben einer gesteigerten Gesamtaktivität ebenso durch totale Unbeweglichkeit zeigen (BOISSY, 1995).

2.6 Tiergesundheit

Im modernen Gesundheitsmanagement nimmt der Tierhalter eine entscheidende Rolle ein. Der Tierhalter hat den engsten Kontakt zu den Tieren und kann mit gezieltem Management (Fütterung, Haltung, Hygiene) Störungen frühzeitig erkennen. Die Gesundheit der Kälber kann durch zahlreiche Faktoren wie ungenügende Immunglobulinabsorption, Geburtsverlauf, Stress, Jahreszeit, klimatische Einflüsse, Parität, Haltungsbedingungen und Management beeinflusst werden, auf die im Folgenden eingegangen wird.

Abwehrkraft des Kalbes und Absorption von Immunglobulinen

Das Neugeborene verbrachte als Fötus mehrere Monate in der sterilen Umwelt des Uterus. Der Kontakt mit der keimhaltigen Umgebung stellt für das Immunsystem post natum die erste Auseinandersetzung mit infektiösen Agentien dar (BACHMANN et al., 1982). Abwehrsysteme dienen dem Kalb zum Schutz vor infektiösen Mikroben, wie Bakterien, Viren oder Protozoen. Unterschieden werden dabei eine unspezifische, angeborene Immunität und eine spezifische, erworbene Immunität. Bei der Infektabwehr kommt den Klassen IgG, IgM und IgA die größte Bedeutung zu. Die Versorgung mit kolostralem Gammaglobulin dient der Übertragung spezifischer Antikörper auf das neugeborene Kalb (BUTLER, 1973). Wurde im Bestand eine Mutterschutzimmunisierung (Rota-, Corona-Viren und Coli-Bakterien) während der Trächtigkeit vorgenommen, erhalten die Kälber einen effektiven Schutz gegen stallspezifische Erreger. Die maternalen Antikörper werden durch die Dünndarmschleimhaut absorbiert und gelangen somit in den Blutkreislauf des Kalbes (SCHMIDT et al., 1982; BESSER und GAY, 1994). Die uneingeschränkte Kolostrumaufnahme ist durch den Schluss der Darmschranke zeitlich begrenzt (ERHARD und STANGASSINGER, 2000). Zwölf Stunden post natum beginnt die Permeabilität des Darmepithels für kolostrale Antikörper abzunehmen (BUSH und STALEY, 1980) und ist nach 24 bis 48 Stunden abgeschlossen (STOTT et al., 1979a; CLOVER und ZARKOWER, 1980; BUSCHMANN, 1990; SCHARRER und WOLFRAM, 2000).

Zeitpunkt und Menge der Kolostrumaufnahme

Die adäquate Versorgung mit Kolostrum stellt die wichtigste Maßnahme zur Immunprophylaxe junger Kälber dar, wobei die Menge des verabreichten Kolostrums und der Zeitpunkt der ersten Tränkeaufnahme erheblichen Einfluss auf den Immunschutz des Kalbes haben. Untersuchungen ergaben, dass die Konzentration an Immunglobulinen im Blut neugeborener Kälber direkt mit der Immunglobulinmenge des verabreichten Kolostrums zusammenhängt, da im ersten Gemelk der Mutter die höchste Gammaglobulin-Konzentration nachgewiesen wurde (FRERKING, 1976). Zu berücksichtigen ist weiterhin, dass eine erfolgreiche Kälberaufzucht schon vor der Abkalbung mit der richtigen Versorgung der tragenden Färsen und Kühe in Vorbereitung auf die Laktation beginnt

(SCHLECHT, 2001; HEYN, 2002). Erkrankungen infolge Geburt (Azidose) haben ein gestörtes Trinkverhalten zur Folge, verbunden mit weniger Kolostrumaufnahme und geringerem Serum-IgG-Gehalt (EIGENMANN et al., 1983). KAARUPUN (1974) bestätigt, dass die Trinkaktivität vom Geburtsverlauf abhängig ist. Kälber aus Schweregeburten sind in der Aktivität eingeschränkter als spontan geborene Kälber. Weiterhin wurde eine höhere Trinkintensität bei Bullenkälbern beobachtet. Diese tranken einen Liter Milch schneller als Kuhkälber. Daher ist zu berücksichtigen, dass nicht die Menge Kolostrum und ihr Gehalt an Immunglobulinen, welche die Kuh zur Verfügung stellt entscheidend ist, sondern die aufgenommene Menge des Kalbes bei der ersten Tränke. Laut KRUSE (1970) ist die Menge aufnehmbarer Immunglobuline von 100 g im ersten Kolostrum ausreichend (das entspricht bei 2 kg Kolostrum einem Anteil von 5 % Immunglobulin).

Immunglobulin-Konzentration

Eine geringe Konzentration maternaler Immunglobuline im Serum der Kälber stellt im Verhältnis zum ubiquitären Keimdruck nur einen von vielen Risikofaktoren für die Entstehung von Erkrankungen dar. Im bovinen Kolostrum und Serum dominiert der Anteil an IgG mit etwa 86 % des Gesamtglobulins (BUTLER, 1973; BACHMANN et al., 1982; KELLY, 2003). Immunglobulin G stellt das Immunglobulin mit der höchsten Konzentration im Blut dar und spielt daher die wichtigste Rolle in der antikörpervermittelten Immunantwort. Eine kolostrale Konzentration der Immunglobuline von 50 g/l ist erforderlich, um eine ausreichende Versorgung des Kalbes sicherzustellen (KASKE et al., 2003). BESSER et al. (1991) und GAY (1983) betrachten einen Transfer von Immunglobulinen als ausreichend, wenn zwischen der 36. und 48. Lebensstunde Konzentrationen von 10 mg/ml im Serum der Kälber gemessen werden. SCHÄFER et al. (1998) vertreten die Meinung, dass 6 bis 12 g IgG pro Liter Serum für eine normale Entwicklung des Kalbes ausreichend sind. Dem schließen sich Untersuchungen von KASKE und KUNZ (2003) an, die Konzentrationen von 10 g IgG pro Liter Serum als ausreichend betrachten. Von einer ungenügenden Kolostrum-Aufnahme („failure of passive transfer“, FPT) wird bei einer Serum IgG-Konzentration von unter 10 g/l ausgegangen. Bei 5 bis 10 g/l liegt ein partieller FPT vor. Bei den in konventioneller Haltung ohne Mutterkontakt aufgezogenen Kälbern sind Serum-IgG-Werte niedriger als bei Kälbern, die am Muttertier gehalten werden, da diese größere Mengen aufnehmen können (SELMAN et al., 1970; SELMAN et al., 1971; STOTT et al., 1979b). Unzureichend verlief der Transfer bei Ig-Konzentrationen unter 10 g/l bei Kälbern im Alter von 36 bis 48 Stunden (MCGUIRK, 1992). Verschiedene Autoren beschrieben Grenzwerte in Bezug auf ungenügende Kolostrumaufnahme. Diese liegen bei 10 mg IgG/ml Serum 48 Stunden post natum (BESSER et al., 1991; GAY, 1983, KASKE et al., 2003). Gesamtprotein-Konzentrationen von 55 g/l werden als ausreichend beschrieben (KASKE et al., 2003). WERNER (2003) bewertete die Gesamtprotein-Bestimmung unter Praxisbedingungen als einen geeigneten Parameter zur Beurteilung der Kolostrumversorgung, da in deren Untersuchung die Konzentration des Gesamtproteins mit der Konzentration der Immunglobuline im Blut der Kälber 24 Stunden post natum relativ eng und hoch signifikant korrelierte.

Ausbildung der aktiven Immunisierung

Die kolostralen Immunglobuline dienen z.T. der Überbrückung der kritischen Phase von der Geburt bis zur völligen Ausreifung körpereigener Abwehrmechanismen (RUBINSTEIN et al., 1982). Die höchsten mittleren IgG-Konzentrationen im Serum wurden nach Ende des ersten Lebenstages (9,3 g/l) gemessen und sanken dann kontinuierlich bis zum 28. LT (ERHARD et al., 1997; ERHARD et al., 1999; KELLY, 2003). Am 77. Lebenstag wurden IgG-Konzentrationen ermittelt, die den innerhalb der ersten 24 Lebensstunden gemessenen

Werten gleichkamen. Die Eigensynthese für IgG beginnt um so früher, je niedriger die Menge aufgenommener maternaler Immunglobuline ist. Hypogammaglobulinämische Kälber sind bereits in der ersten Lebenswoche in der Lage, eigene Immunglobuline zu produzieren (LOGAN et al., 1974).

Jahreszeit und klimatische Bedingungen

Bei Untersuchungen von SHEARER et al. (1992) zum Einfluss des Klimas auf den IgG-Gehalt des Erstkolostrums wurde bei Abkalbungen während der Monate August und September eine signifikant höhere immunbiologische Qualität nachgewiesen. Hingegen konnte bei Mutterkühen im Dezember und im Januar eine höhere Ig-Konzentration festgestellt werden (SCHMIDT et al., 1982). Auch LAMBRECHT et al. (1982) wiesen nach, dass im Winterhalbjahr gewonnenes Kolostrum reicher an IgG ist, als Kolostrum, das in den Sommermonaten zur Verfügung stand. Untersuchungen zur Absorption von Immunglobulinen ergaben eine verminderte Absorption bei extremer Kälte (OLSON et al., 1980; OLSON et al., 1981; GAY et al., 1983) und bei Hitzestress (STOTT et al., 1976; STOTT, 1980). Unter künstlich erzeugten Hitzestress-Bedingungen in der Haltung innerhalb der letzten zwei Trächtigkeitswochen von Holstein-Kühen konnten bis zur vierten Melkung signifikant niedrigere IgG- und Gesamtproteinkonzentrationen als bei thermoneutral untergebrachten Tieren ermittelt werden (NARDONE et al., 1997).

Parität

Untersuchungsergebnisse von DEVERY-POCIUS und LARSSON (1983) und GUTZWILLER (2002) weisen darauf hin, dass Kolostrum von Färsen immunologisch minderwertiger ist als das von pluriparen Kühen. Dies wurde in Untersuchungen der IgG-Konzentration bei Holstein- und Jersey-Kühen von TYLER et al. (1999) bestätigt.

Geburtsverlauf und Mortalität

Der Geburtsverlauf beeinflusst die Krankheitsinzidenz und die perinatale Sterblichkeit von Kälbern (MARTINEZ et al., 1983; SCHULTE-MÄRTER, 2000). Untersuchungen von BRAUCHLE (2000) ergaben, dass ein Zusammenhang zwischen dem Geburtsverlauf und der Vitalität neugeborener Kälber besteht. Um Kälberverluste einzuschränken und das Infektionsrisiko für neugeborene Kälber möglichst gering zu halten, sind optimale Geburtshygiene, Versorgung und Haltung der Kälber von besonderer Bedeutung (FERKING, 1976). Nach Untersuchungen von BOYD (1972) steht die Mortalitätsrate in engem Zusammenhang mit den Serumwerten von IgG. Ein Anteil von 90 % der verendeten Tiere wies Defizite im Serum auf (MARTIN et al., 1975a). Die Autoren ermittelten auch signifikante Relationen zwischen der Mortalitätsrate und dem Management in privaten Betrieben und in Betrieben, in denen Angestellte für die Kälber verantwortlich waren. Weiterhin können sich nach STOTT (1980) psychologischer Stress, wie eine zu kurze Verweildauer beim Muttertier oder häufiger Wechsel des Kälberpersonals negativ auf die Mortalitätsrate eines Betriebes auswirken. Bayernweite Prüfungen der Rinderzucht ergaben bei Fleckvieh einen Anteil an Schwereburten von 4,1 % (LKV, 2008). Die Parität der Kuh hat ebenfalls einen Einfluss auf die Kälbersterblichkeit. In Bayern wurden 5,9 % Erstlingskalbungen bei einer Totgeburtenrate von 4,4 % registriert.

Krankheitsinzidenz

Besondere Aufmerksamkeit ist der frühzeitigen Erkennung von Erkrankungen zu widmen. Wird ein krankes Kalb zu spät entdeckt, können sich bestehende Abwehrschwächen und die Infektanfälligkeit des Tieres verschärfen. GRAUVOGL (1997) empfiehlt, die Kälber mindestens zweimal täglich zu kontrollieren. Die Gesundheit der Kälber gilt als ein ent-

scheidender Faktor im Produktionsprozess. Laut Weltgesundheitsorganisation wird „gesund“ als Zustand völligen körperlichen, geistigen, seelischen und sozialen Wohlbefindens (PSCHYREMBEL, 2007) angesehen. Äußerlich betrachtet erscheint das Haarkleid des Kalbes glatt und glänzend, besitzt keine kotverschmutzte After- und Hintergliedmaßenregion, der Nabel ist weder warm, noch verdickt oder druckempfindlich. Das Vorhandensein von Erregern reicht nicht aus, die Entstehung einer Erkrankung ist auch bei Überbeanspruchung verbunden mit Stresseinwirkung gegeben. Der tierische Organismus verfügt jedoch über eine Kompensationsbreite, die eine Belastbarkeit und Anpassungsfähigkeit ermöglicht (LANGE, 2004). Ätiologisch betrachtet können neben ubiquitären infektiösen Erregern nicht infektiöse Faktoren dazukommen, die schwere Erkrankungen auslösen können (RADEMACHER, 2003). In der intensiven Tierhaltung erkranken Tiere hauptsächlich an betriebsinternen und managementbedingten Faktorenkrankheiten, die durch unzureichende Hygiene, fehlerhafte Tränkeverabreichung oder Haltungsbedingungen (kontinuierliche Stallbelegung) verursacht werden. Daher ist auf eine günstige Umweltgestaltung zu achten, um neugeborenen Kälbern die Anpassung zu erleichtern (WALSER, 1972; ERNST, 1988). MOREL et al. (2003) untersuchten an Bullenkälbern, inwieweit sich die Haltung und der Zugang zu einem Außenauslauf auf Gesundheit und Leistung auswirkten. Die Haltungsform hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Gesundheit. Dagegen wurden bei Sommer- und Winterauslauf deutliche Leistungsunterschiede festgestellt.

Untersuchungen zur Inzidenz von Erkrankungen in Abhängigkeit von der Höhe der Serumkonzentrationen führte MCMORRAN (2006) durch. Bundesweit wurde bei knapp 40 % der Kälber ein Ig-Gehalt unterhalb der Grenze von 10 g IgG/l Serum ermittelt. Zwei Drittel der Verluste waren auf typische Aufzuchterkrankungen wie Durchfälle und Atemwegserkrankungen zurückzuführen. Hier spielte der viral-bakterielle Aspekt eine Rolle, aber auch das Management im Umgang mit kranken Tieren. Die Ursachen von Durchfällen können Mischinfektionen (*E. coli*, Rota- und Coronaviren, Kryptosporidien, Kokzidien u.a.) oder nicht-infektiös (Fütterungstechnik, Haltungsbedingungen, Immunstatus) sein (BERCHTOLD et al., 1990). Aufgenommene pathogene Bakterien können die Darmschleimhaut beschädigen und die Ig-Absorption beeinträchtigen (STALEY und BUSH, 1985). Untersuchungen von SCHMIDT et al. (1982) ergaben bei erkrankten Tieren signifikant niedrigere Ig-Werte als bei den gesund gebliebenen Kälbern, was bereits zwei Stunden nach der ersten Kolostrumaufnahme ersichtlich war. SCHÄFER et al. (1998) fanden heraus, dass vitale Kälber eine verzögerte Kolostrumaufnahme bis zu 15 Stunden kompensieren können und die weitere Entwicklung unbeeinträchtigt bleibt. Durch termingerechte Kolostrumverabreichung kann in der perinatalen Phase die immunologisch schutzlose Periode möglichst kurz gehalten und somit das Krankheitsrisiko minimiert werden (LEBLANC, 1986).

Zahlreiche Untersuchungen ergaben zwischen Serum-IgG-Gehalt und Durchfallerkrankungen keinen Zusammenhang (BUSH et al., 1971; GUTZWILLER, 2002; GIRNUS, 2004). Eine positive Korrelation hingegen konnte in Untersuchungen von GAY (1983) und LIPP (2005) ermittelt werden. Einige Autoren geben basierend auf ihren Untersuchungen Mindestimmunglobulinkonzentrationen an, welche Kälber in einem bestimmten Alter erreichen müssen, um nicht zu erkranken. Kälber, die an Diarrhöen erkrankten, wiesen in der ersten Lebenswoche einen IgG-Spiegel von 7,5 g/l auf und stellen nach PENHALE et al. (1970) die Überlebensgrenze eines neugeborenen Kalbes dar. Neugeborenendiarrhoe gilt weltweit als die häufigste und verlustreichste Erkrankung bei Kälbern. DOLL et al. (1995) ermittelten Durchfallinzidenzen von durchschnittlich 34 % der Kälber. Die Autoren postulierten weiterhin, dass die Durchfallinzidenz bei einer Herdengröße ab 50 Kühen aufgrund des erhöhten Infektionsdruckes vermehrt auftritt. Die

Einzelhaltung wirkt sich nach RADEMACHER (2003) und GIRNUS (2004) positiv auf die Kälbergesundheit in Bezug auf Durchfallerkrankungen aus. In Gruppenhaltung ist das Durchfallrisiko erhöht (HANCOCK, 1983) und der Krankheitsverlauf schwerer (SVENSSON et al., 2003). KOTENBEUTEL und KROCKER (1992) stellten bei Kälbern in Gruppenhaltung in der zweiten Lebenswoche ein gehäuftes Auftreten von Durchfall fest, das die Anzahl abgebrochener Besuche am Tränkeautomaten erklärte. Durch Krankheit geschwächte Tiere sind im Winter vor Unterkühlung, beispielsweise mit einer Wärmelampe, zu schützen (GUTZWILLER und MOREL, 2009). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen niedrigem Serum-IgG-Spiegel und hoher Krankheitsfrequenz konnte in Untersuchungen von BOYD (1972) gezeigt werden. Kälber mit unterdurchschnittlichem Immunglobulinspiegel wiesen eine Durchfallinzidenz von 21,9 % auf, der Anteil bei den Tieren mit überdurchschnittlichem Serum-IgG-Spiegel hingegen lag bei 5,3 %.

Primäre Ursache von Atemwegserkrankungen sind virale und bakterielle Erreger. Das Stallklima beeinflusst deren Entwicklung. Ob das Kalb dem Angriff der Krankheitserreger widersteht, hängt vom Infektionsdruck und der Widerstandskraft ab. Der Infektionsdruck wird von aufstellungs- und stallklimatischen Stressfaktoren mitbestimmt. Atemwegserkrankungen treten bei Kälbern häufig auf (SCHULTE-MÄRTER, 2000). Nach Untersuchungen von VIRTALA et al. (1999) erkrankten Kälber mit niedrigen IgG-Serumkonzentrationen doppelt so häufig an Pneumonien wie Kälber mit höheren Serum-IgG-Gehalten. Hingegen konnte BLOM (1982) keine enge Korrelation zwischen dem Immunglobulinspiegel und dem Risiko, an einem respiratorischen Leiden zu erkranken, nachweisen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen CALDOW et al. (1988), die bei an Bronchopneumonie erkrankten Kälbern nicht gleichzeitig auch eine Hypogammaglobulinämie feststellten. PIRKELMANN (1997) stellte in der Gruppenhaltung deutlich weniger Durchfall- und Atemwegserkrankungen fest als in der Einzelhaltung. HÄNNINEN et al. (2003) bestätigten diese Ergebnisse und fanden heraus, dass in der Gruppenhaltung bis zur siebenten Lebenswoche weniger Durchfallerkrankungen auftraten als in der Einzelhaltung. WÖHR et al. (2000) verglichen die Einzelhaltung in Iglus mit der Gruppenhaltung in Hütten und im Stall. Dabei war bei Igluhaltung ein deutlicher Anstieg der Atemwegserkrankungen vom Frühjahr (10 %) bis zum Winter (55 %) bei den Kälbern feststellbar. Dieses Verhältnis trat in der Gruppenhaltung nicht auf. Den geringsten Anteil an Durchfall- und Atemwegserkrankungen wies die Hüttenhaltung auf. BERCHTOLD et al. (1990) untersuchten jahreszeitbedingtes Auftreten von Bronchopneumonien und kamen zum Ergebnis, dass die Häufigkeit saisonal gebunden ist und vorwiegend in der kalten Jahreszeit auftritt. Nach Untersuchungen von HONDELE (1986) wiesen von Mai bis Oktober geborene Kälber die wenigsten Atemwegserkrankungen auf. Weiterhin vertritt der Autor die Meinung, dass die Mortalität bedingt durch höhere Krankheitsanfälligkeit in der ersten Lebenswoche durch die Jahreszeit signifikant beeinflusst wird.

Körpertemperatur

Im Wesentlichen hängt eine erfolgreiche Aufzucht von der Früherkennung bzw. Bekämpfung von Erkrankungen ab. Bei der Beurteilung des Gesundheitszustandes kann die Körpertemperatur einen Hinweis auf Erkrankungen geben. Als physiologische Körpertemperatur gilt bei Kälbern der Bereich von 38,5 bis 39,5 °C (ROSENBERGER et al., 1990). PICCIONE et al. (2003) ermittelten während der ersten zwei Lebensmonate eine Körpertemperatur von $38,3 \pm 1,4$ °C bei Kälbern. Die Körpertemperatur ist zur Krankheitsfrüherkennung geeignet. Infektionserkrankungen, zu denen virusbedingte Atemwegserkrankungen gezählt werden, zeigen anfangs undeutliche Krankheitssymptome (RICHTER und DOBLER, 1999). In der meist zweiphasig verlaufenden Fieberkurve wird bei Kälbergrippe nach einer

etwa einwöchigen Inkubationszeit ein erster Virusschub mit hoher Körpertemperatur, Augen- und Nasenfluss und leichtem Durchfall festgestellt (SCHRAG, 1980). Diesem folgen eine Erholungsphase von etwa drei Tagen und ein zweiter Virusschub, der häufig von bakteriellen Sekundärinfektionen begleitet wird. Für derartige Erkrankungen hat die Erfassung der Körpertemperatur frühdiagnostische Bedeutung, die größtenteils manuell mittels Rektalmessung erfolgt. Bei der Verwendung der kontinuierlichen Temperaturmessung mittels Saugnuckel am Tränkeautomaten ist zu berücksichtigen, dass ein hochsignifikanter Einfluss der Außentemperatur auf die Zungentemperatur besteht. Dieser lag 0,2 bis 0,3 Kelvin unter der gemessenen Rektaltemperatur (HARSCH, 2002).

2.7 Körpermasse

Unter normalen Bedingungen steigt die Wachstumsintensität stetig an bis die Tiere etwa 50 % des genetisch fixierten Endgewichtes erreichen, danach kommt es zum Absinken der Wachstumsgeschwindigkeit (HOGG, 1991). In den ersten fünfzig Lebenstagen findet ein intensiver Zellvermehrungsprozess statt, wobei die Anzahl der Zellen die Entwicklung der Organe und somit die spätere Leistungsfähigkeit entscheidend beeinflusst (STEINHÖFEL und STEINHÖFEL, 2008). Mit steigender Körpermasse erhöhen sich der Erhaltungsbedarf und die Futtermittelverwertung (FURTNER, 1970). KIRCHGEBNER et al. (2008) empfiehlt vor dem Absetzen Körpermassezunahmen von 750 g am Tag. In den Untersuchungen von ROTH et al. (2009) lagen die täglichen Körpermassezunahmen der Kälber bei automatisch getränkten Kälbern im ersten, zweiten, dritten und vierten Lebensmonat bei 713 g, 877 g, 1043 g und 819 Gramm. Deutlich erkennbar war darin der von KIRCHGEBNER et al. (2008) beschriebene Wachstumsknick nach dem Absetzen, der auf eine ungenügende Pansenentwicklung zurückzuführen ist, da der Körper noch nicht ausreichend auf die Versorgung mit Festfutter eingestellt worden ist. DEININGER und KÄCK (1999) ermittelten bei Kälbern durchschnittliche tägliche Zunahmen von 700 g bis zum 40. Lebenstag und 836 g bis zum 80. Lebenstag, wobei tierindividuell unterschiedliche Entwicklungsverläufe deutlich wurden. Beobachtet wurde auch, dass Kälber, die anfangs ein geringeres Wachstumspotential aufwiesen, in der zweiten Hälfte des Aufzuchtabschnitts das Zunahmenniveau deutlich erhöhen konnten. Nach STEINHÖFEL und STEINHÖFEL (2008) werden bei Kälbern kontinuierliche mittlere Zunahmen von 700 bis 800 Gramm am Tag für einen nachhaltigen Erfolg in der weiteren Aufzucht angestrebt. Bis zum Absetzen wurden tägliche Zunahmen von mindestens 600 g empfohlen.

Hinsichtlich der Einflussfaktoren auf die Höhe der Wachstumsrate wurde der Alterseffekt bzw. der Reifegrad der Tiere genannt. So beschreiben BUTTLER-HOGG und TULLOH (1982) eine höhere Wachstumsrate bei älteren Tieren als bei jüngeren Tieren. Zur gleichen Ansicht gelangte auch JOUBERT (1954) bei Untersuchungen mit Rindern. VIRTALA et al. (1996) stellten fest, dass Kälber von Mutterkühen mit drei oder mehr Laktationen höhere Körpermassezunahmen zeigten als Kälber von erstlaktierenden Kühen. Die Autoren vermuten, dass Kälber, die von erstlaktierenden Kühen abstammen, häufiger zu geringe Serumimmunglobulinkonzentrationen besitzen und aus diesem Grund weniger an Körpermasse zunehmen. Nach CAMPBELL (1988) übt auch das Geschlecht einen deutlichen Einfluss auf die Zuwachsraten aus. Danach ist das maximale Wachstum bei weiblichen Tieren niedriger als bei Kastraten und bei männlichen Tieren. Erkrankungen, Aufzuchtmanagement und Haltungsbedingungen können ebenso die Wachstumsgeschwindigkeit beeinflussen. So wurde herausgestellt, dass geringere Besatzdichten zu schnellerer Entwicklung und höherer Futteraufnahme der Tiere führen (SCHEIBE und SINZ, 1974), aber eine hohe Besatzdichte negative Auswirkungen auf Verhalten und Zuwachs hat (APPLEMAN und OWEN, 1973).

ROTH et al. (2009) stellten bei Erkrankungen (Verdauungsstörungen) oder bei Stress schlechtere Zuwachsleistungen fest, als bei gesunden Kälbern in der Aufzuchtphase. Während des ersten Lebensmonats führte ein „failure of passive transfer“ ($\leq 8\text{ g IgG/l Serum}$) nach Untersuchungen von VIRTALA et al. (1996) zu einer Reduktion der täglichen Körpermassenzunahme um 48 Gramm. DONOVAN et al. (1998) stellten keinen signifikanten Effekt des passiven Transfers von Immunglobulinen auf die Körpermassenentwicklung fest. Aufgrund häufigerer Erkrankungen bei Kälbern mit niedrigem Antikörperspiegel könnte die Serumimmunglobulinkonzentration indirekt die Körpermassenzunahme beeinflussen. Innerhalb des ersten Lebensmonats führten Pneumonien zu einer Verringerung der Tageszunahme um 66 Gramm (VIRTALA et al., 1996). An Durchfall erkrankte Kälber zeigten keinen signifikanten Effekt auf die Körpermassenzunahme. Erlittene Zunahmeverluste konnten innerhalb eines Monats vollständig kompensiert werden.

Als kompensatorisches Wachstum wird die Fähigkeit eines Tieres bezeichnet, sich innerhalb gewisser Grenzen von der Phase einer Nährstoffunterversorgung zu erholen. Bei vorübergehender Erkrankung verlangsamt sich der Wachstumsverlauf, um nach Überwindung dieser Hemmfaktoren eine höhere Wachstumsrate zu erreichen (PRINCE et al., 1983). Es erfolgt eine Wiederanpassung an den genetisch bestimmten Wachstumsverlauf. Dies bedeutet, dass Tiere nach temporärem Ernährungsstress in einer folgenden Periode hoher Futtersverfügbarkeit eine signifikant höhere Wachstumsrate als genetisch identische Tiere gleichen Alters unter gleichen Umweltbedingungen aufweisen können (HOOG et al., 1991). Bei Versuchen mit Schaflämmern wiesen die jüngeren Tiere während der Realimentation höhere tägliche Zunahmen im Vergleich zu ihren ad libitum gefütterten Altersgenossen auf und kompensierten so schneller den Wachstumsrückstand als ältere Schafe mit gleicher Versuchsanstellung (THORNTON et al., 1979). Unterstützt wurde die Aussage von MÜLLER (2004), die bei längerer Restriktionsdauer höhere tägliche Zunahmen feststellte. Die Autorin ermittelte bei Ziegenlämmern bei Milchreduktion eine höhere Mischfutteraufnahme, wobei das Nährstoffdefizit jedoch nicht vollständig ausgeglichen werden konnte. BUTTLER-HOGG und TULLOH (1982) kamen zu dem Schluss, dass Tiere, die in kurzer Zeit eine bestimmte Körpermasse verlieren, diese schneller kompensieren können, als Tiere mit gleichem Körpermasseverlust über einen längeren Zeitraum.

Bei Untersuchungen zur Bestimmung der Körpermasse mit Hilfe des Brustumfanges wurde von WILLEKE und DÜRSCH (2002) eine hohe Korrelation zwischen der Körpermasse und dem gemessenen Brustumfang gefunden. Diese Ergebnisse wurden von RASCHKE (2007) bestätigt. STEINHÖFEL (2007) postulierte, dass breitrahmige Tiere, also Tiere mit weitem Brustumfang, mit hoher Wahrscheinlichkeit eine höhere Körpermasse aufweisen, als Tiere gleichen Alters mit geringerem Brustumfang.

3 Zielstellungen der Arbeit

In den vergangenen Jahrzehnten wurde der Aufzucht von Kälbern zunehmend Aufmerksamkeit geschenkt. Bisherige Untersuchungen, in denen Haltungsverfahren erprobt und bauliche Lösungen entwickelt und geprüft wurden, konnten in Teilbereichen neue Erkenntnisse liefern. In grundlegend veränderter, moderner Haltungsumgebung sollen mit der Analyse von Aufzuchtparametern in der vorliegenden Studie praxisrelevante Entscheidungsprozesse der Einstallungssystematik unterstützt werden. Die vorliegenden Untersuchungen haben die Gegenüberstellung der Aufzucht von Kälbern in unterschiedlichen Haltungssystemen unter Nutzung differenzierter Tränkeverfahren zum Inhalt. Mittels sensor- und rechnergestützter Systeme lassen sich grundlegende Verhaltensmuster analysieren, welche die Basiswerte über das Verhalten von Kälbern in den ersten Lebensmonaten vermitteln sollen. Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit besteht in der Prüfung der untersuchten Parameter auf praktische Relevanz zur Bewertung der Haltungsbedingungen von Kälbern und der Herausarbeitung der Vorzüge des Rein-Raus-Verfahrens. Es ergaben sich folgende Teilziele:

- quantitative Analyse von Verhaltensparametern in den Haltungsverfahren Rein-Raus (RR) und kontinuierliche Belegung (KV),
- Nachweis eines unterschiedlichen Bewegungs- und Ruheverhaltens oder möglicher Verhaltensänderungen in verschiedenen Lebensabschnitten,
- Untersuchungen zum Ablauf biologischer Rhythmen und zum Einfluss verschiedener Zeitgeber auf die Rhythmik,
- Untersuchungen zur Krankheitsinzidenz in den Haltungsverfahren unter Berücksichtigung der Erkrankungen vor der Umstallung in die Gruppe,
- Untersuchungen zur Kolostrumversorgung und Serum-IgG-Konzentration und möglicher Einflüsse auf die Inzidenz und Intensität von Erkrankungen,
- Untersuchungen der Körpermasseentwicklung in unterschiedlichen Haltungsverfahren.

Mit den Ergebnissen analysierter Parameter sollen künftige Entscheidungen bei der Verfahrensauswahl von gruppengehaltenen Kälbern erleichtert werden. Ein zentrales Anliegen der vorliegenden Versuchsanordnung ist die Erarbeitung grundlegender Erkenntnisse für eine tier- und leistungsgerechte Weiterentwicklung von Haltungssystemen.

4 Tiere und Methodik

Die Untersuchungen wurden im staatlichen Versuchsgut der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Grub durchgeführt.

4.1 Tiere

Es wurden Daten von 442 Kälbern aus betriebseigener Nachzucht, die im Untersuchungszeitraum geboren wurden, erfasst (Anhang 1). Entsprechend der regionalen Dominanz dieser Rasse waren alle Tiere Kälber der Rasse Fleckvieh (FV). Die Untersuchungen erstreckten sich über einen Beobachtungszeitraum von Mai 2006 bis Mai 2008 zuzüglich eines weiblichen Tieres (geb. am 17.04.2006) und umfassten den ersten bis vierten Lebensmonat der Tiere. Männliche Kälber befanden sich sieben bis zehn Wochen im Untersuchungsbetrieb. Eine Ausnahme bildeten die im November 2006 geborenen männlichen Kälber, die für eine externe Versuchsanstellung im Betrieb verblieben ($n = 8$). In den Auswertungen blieben die für die Eigenleistungsprüfung vorgesehenen männlichen Tiere unberücksichtigt, da diese sich in der verabreichten Tränkemenge und Haltungsdauer vom Gesamtbestand unterschieden ($n = 8$).

4.2 Haltung

Die Kälber wurden in konventioneller Gruppenaufzucht ohne Mutterkontakt gehalten. Die Aufzucht der Tiere erfolgte unter einheitlichen Haltungsbedingungen (in zwei Haltungsverfahren). Nach der Geburt wurden die Kälber innerhalb weniger Stunden von der Mutter getrennt und in desinfizierte, eingestreute Einzelboxen (120 x 100 x 100 cm) gebracht. Diese waren nebeneinander und gegenüberliegend aufgestellt. Die Höhe der seitlichen Trennwand betrug 80 cm. Seit Dezember 2006 kamen fahrbare Einzelboxen zum Einsatz. Zu Versuchsbeginn (Mai bis November 2006) wurden Kälberiglus mit eingezäuntem Auslauf (140 x 140 cm) genutzt. Dies sind weiß eingefärbte, glasfaserverstärkte Kunststoff-Einzelboxen in Form eines Iglus, die dreiseitig geschlossen und eingestreut waren. In den Sommermonaten 2006 wurde die Haltung der Kälber in Iglus bei direkter Sonnenbestrahlung aufgrund hoher Außentemperaturen durch eingestreute, eingezäunte Liegeflächen (140 x 140 cm) ersetzt, die überdacht im Außenklimastall zur Verfügung gestellt wurden. Nach der Kolostralmilchperiode (5 Tage), Enthornung und weitestgehend überstandenen Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes wurden die Kälber innerhalb der ersten 10 bis 17 Lebenstage umgestellt. Genutzt wurden zwei Außenklimaställe mit Pultdach (Abb. 1). Diese waren dreiseitig geschlossen, nach Süd-Osten ausgerichtet und seit Juni 2007 mit einem Windschutznetz abgeschirmt.



Abb. 1: Außenklimaställe für Kälber in der Versuchsstation Grub

Es standen sechs 41 m² große Tiefstreubuchten ohne Auslauf zur Verfügung. Pro Kalb entsprach dies bei einer Belegung von 12 Tieren 3,4 m² Stallfläche pro Tier. Die Bezeichnung der Abteile im Kälberstall erfolgte numerisch, wobei linkerhand des Futtertisches die Bezeichnung A und rechts die Bezeichnung B galt (vgl. Anhang 2). Die hintere Wand der Außenklimaställe war mit verschiebbaren Stegplatten versehen (Breite: 370 cm, Höhe: 130 cm), die als Zuluftöffnung bei sommerlichen Temperaturen geöffnet wurden. Am Ende des Stichfuttertisches war in einem wärmegeprägten Raum ein Tränkeautomat installiert (vgl. Abb. 2). An diesen waren in jeder Doppelbucht je eine Saugstelle zur Milchentnahme, eine Wassertränke und ein Kraftfutterautomat angeschlossen. Zusätzlich war zur Sicherstellung der Wasseraufnahme bei technisch bedingten Ausfällen der an den Tränkeautomaten gekoppelten Wassertränke ein Tränkebecken ad libitum installiert. Für das Komfortverhalten der Kälber wurden Bürsten als Putzelemente eingesetzt. Salzlecksteine kamen als Nahrungsergänzung und als Anregungselement zum Einsatz. Den Kälbern standen 13 absperrbare Fressplätze zur Verfügung. Die Installation der Windschutznetze (Firma Agrotel GmbH, D-94152 Neuhaus/Inn, Hartham 9, Mittich) erfolgte am 19. Juni 2007. Diese waren über die gesamte Breite der in Abb. 2 dargestellten Tiefstreubuchten und zugehörigem Futtertisch installiert und konnten nach Bedarf bei hoher Windgeschwindigkeit und bei niedrigen Temperaturen manuell betätigt werden. Schwenkbare Holztorer dienten der Öffnung der gesamten Bucht für Entmistung, Reinigung, Desinfektion, dem monatlichen Wiegen und der Umstallung von Kälbern. Ein begehbare Beobachtungsgang ermöglichte zum einen eine ungestörte Tierbeobachtung, aber auch das Einstellen der wachstumsabhängigen Höhe der Klimadatenlogger.

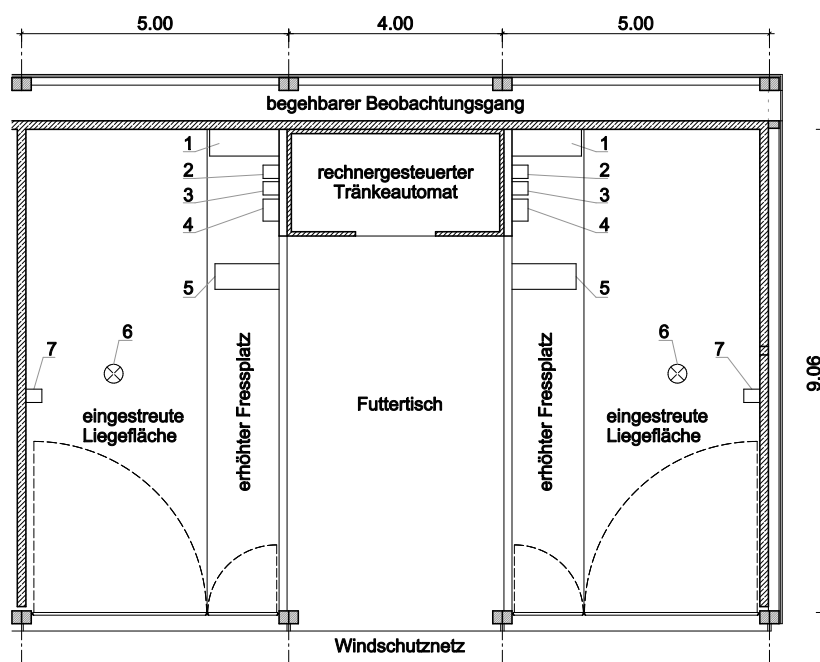


Abb. 2: Anordnung der Elemente in zwei Tiefstreubuchten im Außenklimastall mit rechnergestützter Kälberfütterung, 1 = Tränkestand, 2 = Salzleckstein, 3 = Tränkebecken ohne Verzehrtaufzeichnung, 4 = Tränkebecken mit Verzehrtaufzeichnung, 5 = Kraftfutterstand, 6 = Klimadatenlogger, 7 = Putzelement; schematische Darstellung (Grafik Stötzel)

Um den Einfluss der Haltungsbedingungen auf die Entwicklung der Kälber untersuchen zu können, erfolgte eine Einteilung der Probanden in zwei Gruppen mit unterschiedlichen Haltungsverfahren (HV) nach dem Prinzip der Randomisierung (vgl. Anhang 3). Die Gruppen waren gemischtgeschlechtlich. Im Haltungsverfahren Rein-Raus (RR) wurden die Tiere mit möglichst geringer Altersdifferenz eingestallt. Innerhalb der Gruppen mit kontinuierlicher Belegung (KV) kam es zu einer Altersdifferenz von bis zu neun Wochen. Die HV unterschieden sich hinsichtlich der Reinigung und Desinfektion. Die vier Abteile im hinteren Stall (Abb. 1) wurden aus organisatorischen Gründen im Rein-Raus-Verfahren belegt, während die Abteile 3A und 3B im vorderen Stall im kontinuierlichen Haltungsverfahren genutzt wurden (vgl. Anhang 2).

4.2.1 Hygienemanagement

Während der Belegung wurde in Abhängigkeit von der Besatzdichte und Verschmutzung der eingestreuten Liegefläche nachgestreut (halbe Strohballen, 110 kg). Die im RR belegten Abteile wurden nach der Aufzuchtperiode (max. 16 Wochen) entmistet, gereinigt und desinfiziert. Die Entmistung erfolgte durch einen Hofschlepper mit Frontlader. Die im KV belegten Abteile wurden hingegen nur bei Bedarf entmistet, gereinigt und desinfiziert (ein- bis zweimal jährlich). Die Reinigung der Stand- und Liegeflächen erfolgte mittels Hochdruckreinigungsgerät. Nach einer Trockenzeit wurde mit Venno-Vet 1® desinfiziert. Die Neubelegung der Abteile erfolgte nach einer Leerstehzeit von etwa einer Woche.

4.2.2 Gesundheitsüberwachung und Bestandsbetreuung

Die veterinärmedizinische Bestandsbetreuung erfolgte in Abstimmung mit den Tierpflegern gezielt durch einen externen Hoftierarzt. Die Dokumentation der Arzneimittelanwendungen erfolgte neben obligatorischen tierärztlichen Belegen durch das Personal auf betriebsinternen Karteikarten und im Bestandsbuch. Die Muttertier-Impfung wurde einmal während der Trächtigkeit 6 bis 4 Wochen vor der Abkalbung durchgeführt (Rotavec™ Corona). Im Rahmen des betriebsspezifischen Impfprogramms wurde bei den Kälbern die Gripeschutz- und die Flechtenschutz-Impfung vorgenommen (Anhang 4). Bei Verdauungsstörungen wurde den Kälbern zusätzlich zur regulären Milch Diät Ergänzungsfuttermittel (Rehydion Gel oder Boviferm plus) zur Darmstabilisierung oder Effydral® (Elektrolyttränke) zur oralen Rehydratation bei Kälbern verabreicht. Weibliche Kälber, die nicht genetisch hornlos waren, wurden in der Einzelhaltungsphase enthornt (Buddex-Stift). Kranke Tiere wurden von der Gruppe getrennt im Krankenstall untergebracht, um Stress für das geschwächte Tier und eine Erregerverschleppung in der Gruppe zu vermeiden.

4.2.3 Klimatische Bedingungen

Die Untersuchungen wurden in einem Außenklimastall bei natürlicher Beleuchtung und hohem Luftvolumen durchgeführt. Mit dem Einsatz der Klima-Datenlogger testostor 171 mit Teflon-Sinterfilter (Firma testo AG, D-79853 Lenzkirch, Testo-Straße 1) konnten im Tierbereich Lufttemperatur (°C) und relative Luftfeuchtigkeit (%) gemessen werden. In jedem der sechs Abteile wurde mittig ein Datenlogger in Tierhöhe angebracht. Für die Untersuchungen wurde ein Messtakt von 30 Minuten zugrundegelegt. Bei einem Speicherplatz von bis zu 55.000 Messwerten war die Übertragung der Datensätze auf einen Rechner in Abständen von mehreren Wochen ausreichend, gleichzeitig wurden die Logger neu konfiguriert. Für die Auswertungen wurden Tagesmittelwerte berechnet. Weiterhin konnten Messdaten der Wetterstation in der Versuchsstation Grub für vergleichende Auswertungen bezüglich der Differenzen zwischen Außenklimastall und Wetterstation genutzt

werden (vgl. Anhang 5). Diese verliefen parallel zu den Messungen im Außenklimastall. Die Berechnung der Korrelation zwischen Innen- und Außenbereich erfolgte nach Pearson. Die Differenzen zwischen dem Außen- und Innenbereich lagen zwischen 0,2 bis 2,8 Kelvin bei einer Korrelation von $r = 0,998$. Der Anteil der Temperaturdifferenz von einem Kelvin betrug 75,7 % und 24,3 % bei zwei Kelvin. Die Temperaturen schwankten im Stall im Bereich von -5 °C bis $+27,5\text{ °C}$. Bei der Berechnung der Jahresmittelwerte wurden die Daten der Wetterstation zugrunde gelegt. Diese lagen im Jahre 2006 bei $8,8\text{ °C}$, 2007 bei $9,1\text{ °C}$ und 2008 bei $8,9\text{ °C}$ (LFL, 2009). Die Differenzen zwischen dem Außen- und Innenbereich betrugen 3 % bis 33 % bei einer Korrelation von $r = 0,87$. Die gemessenen Werte lagen zwischen 32 % und 97 % relative Luftfeuchtigkeit und verteilten sich folgendermaßen: 15,7 % lagen unter 60 %, 53,2 % im Bereich von 60 bis 80 % und 32,2 % über 80 % relative Luftfeuchtigkeit.

Der THI ist eine Größe, die die gefühlte Temperatur auf Basis der gemessenen Lufttemperatur sowie der relativen Luftfeuchtigkeit beschreibt. Der THI wurde aus der Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) und der Luftfeuchtigkeit (%) nach folgender Formel berechnet (MADER et al., 2006):

$$THI = 0,8 \times \text{Temperatur} + (\text{relative Luftfeuchtigkeit}/100) \times (\text{Temperatur} - 14,4) + 46,4$$

Bei einem Temperaturwert von 23 °C und bei einer Luftfeuchtigkeit von 85 % ergab sich ein THI von 72 ($n = 457$ Messwerte). Dies entspricht mildem Hitzestress. Ein THI-Wert von 80, der als kritischer Grenzwert für Hitzestress beschrieben wird, wurde im Juli 2007 an zwei Tagen ermittelt (vgl. Abb. 3). In den Monaten Mai bis September wurden Werte berechnet, die einen THI von 72 bis 80 ergaben.

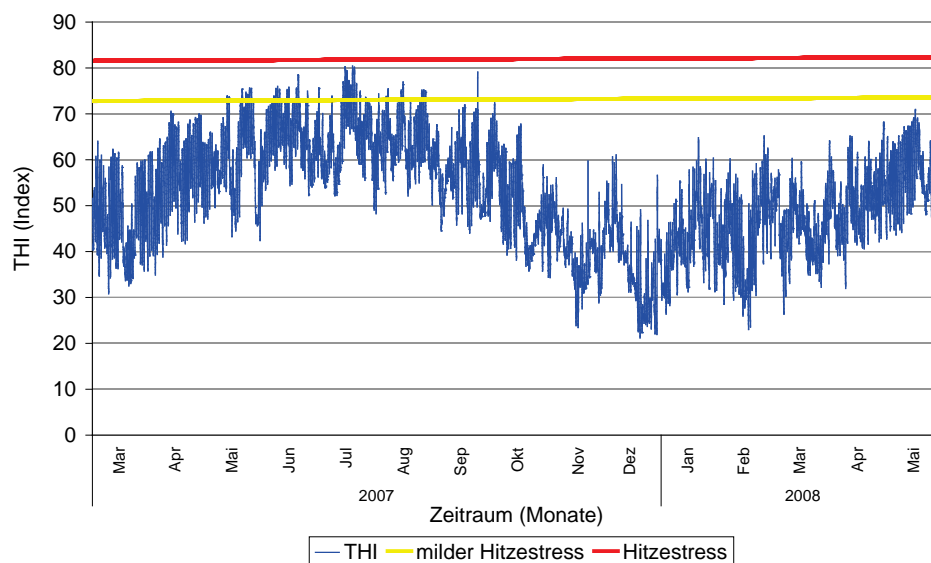


Abb. 3: THI-Messwerte im Außenklimastall unter Angabe des kritischen Bereiches von Hitzestress (THI 72 bis 80) im Zeitraum von März 2007 bis Mai 2008

4.2.4 Fütterung

Die Tränkekälber erhielten nach fünftägiger Kolostralmilchperiode drei Mal täglich 2 bis 3 Liter Vollmilch. Die Tränkeperiode umfasste einen Zeitraum von Geburt bis etwa zur zwölften Lebenswoche. Nach Umstellung in die Gruppenhaltung wurden die Tiere drei Mal täglich per Eimer mit Saugnuckel getränkt. Die Prozedur erfolgte folgendermaßen: aus dem mit Vollmilch gefüllten Vorratsbehälter wurden die gereinigten Eimer auf dem Futtertisch mit Milch befüllt und danach entsprechend der Anzahl der Tiere pro Bucht an die Vorrichtung des Fressgitters gehängt. Während der Milchaufnahme wurden alle Tiere am Fressgitter mit einer Verriegelungsstange fixiert und zur Vermeidung des gegenseitigen Besaugens etwa 10 Minuten eingesperrt. Die Tiere wurden drei Mal täglich gegen 6 Uhr, 12:30 Uhr und 18 Uhr gefüttert. Die Fütterungszeiten nahmen jeweils einen Zeitraum von etwa 15 Minuten ein.

Während der Versuchszeitraumes fand ein Wechsel der Fütterungstechnik statt. Durch den Einsatz von rechnergesteuerten Tränkeautomaten wurde die Eimerfütterung in der Gruppenhaltung ab Februar 2007 ersetzt. Per Eimer wurde die Milch an 167 Tiere verfüttert, automatisch wurden 240 Tiere getränkt (Aufteilung nach Haltung und Geschlecht siehe Anhang 6). Aus technischen Gründen war demzufolge die Erfassung der Futter- und Wasseraufnahme sowie der Tiertemperatur erst bei automatischer Fütterung möglich. Die „Stand alone“-Automaten“ der Firma WestfaliaSurge GmbH, D-59199 Bönen, Siemensstr. 25-27, waren mit automatischer Tiererkennung, Tränkeprogramm (KalbManagerWIN), automatischem Fiebermesssystem (AFS), Tränkwassererfassungssystem und kombinierten Kraftfutterautomaten der Firma Förster-Technik GmbH, D-78234 Engen, Gerwigstr. 25 ausgestattet. In den Untersuchungen wurde ausschließlich Vollmilch mit einer Tränketemperatur von 39 °C verfüttert. In Zusammenhang mit der Inbetriebnahme der Tränkeautomaten, aber auch für Körpermasseerfassungen der Kälber kam es zum Einsatz von Transpondern. Grundlage der elektronischen Tiererkennung bildete das TIRIS HDX System (Frequenz 134,2 kHz). Zur Einschränkung des gegenseitigen Besaugens wurde ab März 2008 eine druckluftbetriebene Tränkestandverlängerung (calf protector) installiert. Diese Vorrichtung ermöglichte für die im Versuch eingestellte Dauer von zehn Minuten ein Fixieren der Tiere im Tränkestand nach der Milchaufnahme bei geschlossenem Schieber.

Der Vorratsbehälter der Tränkeautomaten verfügte über ein Fassungsvermögen von 160 bzw. 200 kg Milch. Die Spülung der milchführenden Leitungen und Mixer erfolgte automatisch zweimal täglich (8 und 20 Uhr). Ebenso erfolgte die Luftspülung automatisch. Für die Untersuchungen wurde durch manuelle Geräteeinstellung ein Milchdiebstahl verhindert, um valide Aussagen über die verabreichte Tränkemenge treffen zu können. Die Milchration konnte von den Tieren in einer täglichen Frequenz von maximal sechs Besuchen abgerufen werden, wurde aufgrund der Mengengrenzung jedoch nicht genutzt. Der zeitliche Abstand zwischen der Tränke ergab sich aus der maximalen Zuteilung pro Tier und Tag (Anhang 7). So entsprach bei einer täglichen Ration von 8 Liter Milch der Quotient aus Menge und 24 Stunden der möglichen Stundenmenge. Diese wurde aufsummiert, da ein Abrufen erst bei einer Mindestansparmenge von einem Liter möglich war. Die maximale Begrenzung lag bei drei Liter Milch, um ein Übertränken der Kälber zu vermeiden. Wurde von einem Tier die Höchstmenge nicht abgeholt, wurde es für zwei Stunden gesperrt und der Anrührbecher nach fünf Minuten automatisch entleert. Beim nächsten Besuch standen dem Kalb die reguläre Portionsmenge und maximal 0,5 Liter der vorherigen Restmenge zur Verfügung. Nach 24 Uhr fand keine Restmengenübertragung statt. Die

Daten wurden kontinuierlich von jedem Tränkeautomaten an den Rechner übertragen und wöchentlich gesichert.

Die Einteilung der Gruppen am Tränkeautomaten erfolgte aufgrund unterschiedlicher Mengenbegrenzungen. Gruppe A (weibliche Tiere) wurde restriktiver gefüttert als Gruppe B (männliche Tiere, für die Mast bestimmt). Die Tränkephase betrug 77 Tage, wobei männlichen Tieren maximal 10 Liter zugeteilt wurde, weiblichen Tieren 8 Liter (vgl. Anhang 7). Die Steigerung der Milchmenge von 6 Liter auf 8 Liter erfolgte über einen Zeitraum von 14 Tagen. Bei männlichen Kälbern wurde die tägliche Menge innerhalb der folgenden 40 Tage auf 10 Liter erhöht, weibliche Tiere erhielten in diesem Zeitraum maximal 8 Liter Milch/Tag. Die Dauer der Abtränkphase betrug bei männlichen Kälbern 10 Tage (von 10 auf 3 Liter) und weitere 10 Tage bis zum vollständigen Absetzen. Die Milchmenge für weibliche Kälber wurde innerhalb von 15 Tagen von 8 auf 2 Liter reduziert und innerhalb weiterer 5 Tage auf Null. Der Verbrauch an Vollmilch lag bei maximal 469 (weibliche) bzw. 584 Liter Milch (männliche Tiere). In der Gruppe C waren für die Eigenleistungsprüfung bestimmte männliche Tiere eingeteilt. Auch dieser Gruppe wurde maximal 10 Liter zugeteilt. Der Verbrauch an Milch betrug 650 Liter pro Tier, da die Dauer der Milchtränke bei 86 Tagen lag. Die mit einer Milchaufnahme verbundene Frequentierung des Tränkestandes am Automaten wurde im Tagesverlauf im Anhang 8 gezeigt. Die angebotene Kraftfuttermenge betrug in den ersten drei Tagen in Gruppenhaltung maximal 500 g/d, wurde innerhalb der folgenden 40 Tage auf 1000 g/d erhöht und in weiteren 25 Tagen auf eine Menge von 1500 Gramm, die im Untersuchungszeitraum maximal angeboten wurde.

Allen Kälbern wurde postnatal Vitaselen injiziert (subkutan, 10 ml). Selen schützt die Zellwände vor Zerstörung durch Radikale aus der Nahrung. Bei Unterversorgung kann es zu erhöhter Infektionsanfälligkeit und zu Lebens- und Trinkschwäche kommen. Mit Umstallung in die Gruppenhaltung wurde den Kälbern eine spezielle hochwertige Mischration ad libitum angeboten, welche die Wiederkautätigkeit bei Kälbern anregen soll. Die Grundmischration bestand zu 55 % aus Heu (10 MJ ME), zu 5 % aus Melasse und zu 40 % aus Kälberkraftfutter. Das Kraftfutter enthielt bei einem Energiegehalt von 12,4 MJ ME/kg einen Anteil von 19 % Rohprotein. Zusammengesetzt war das Kraftfutter aus 25 % Weizen, 20 % Gerste, 25 % Körnermais, 20 % Sojaextraktionsschrot, 5 % Leinextraktionsschrot und 5 % Mineralfutter. Die Mischration wurde jeden zweiten Tag als Tagesration in nummerierte Kisten eingewogen, die bei der Gruppenverteilung in jedem Abteil des Kälberstalls entsprechend verteilt wurde. Die Restmenge wurde bei der nächsten Einwaage zurückgewogen und der durchschnittliche Verzehr von Mitarbeitern des Institutes für Tierernährung und Futterwirtschaft berechnet. Ab Mai 2007 wurde Kraftfutter zu Anteilen von 40 % in der Grundmischration und 60 % über Kraftfutterautomaten verfüttert, zuvor enthielt die Grundmischung 100 % Kraftfutter. Den Kälbern standen zusätzlich Salzlecksteine zur Verfügung.

4.2.5 Körpertemperatur

Zungentemperatur-Messungen konnten ab Februar 2007 am Tränkeautomaten durchgeführt werden. Die drei Tränkeautomaten verfügten über ein integriertes automatisches Fiebertmesssystem (AFS) der Firma Förster-Technik. Per Saugnuckel konnte sekundenschnell die Zungentemperatur während der Tränkeaufnahme erfasst werden. Im Zweikammer-System sind Sensoren für Zungen- und Tränketemperatur angeordnet. Dies ermöglichte eine orale Temperaturmessung auf der Zungenoberfläche, welche mit Hilfe eines Messstabes erfolgte, der in den Saugnuckel eingeschoben ist. Hier befindet sich eine

Mikroheizung mit intelligenter Heizsteuerung. Wegen einer Verfälschung der Temperaturmessung am Tier bei zu hohen Standby-Werten der Nuckelheizung war eine Abstimmung erforderlich. Bei einer Anrührtemperatur von 39,5 °C im Mixer wurde eine Sollwert-Messung von >38,8 °C eingestellt. Der erfasste Temperaturwert wurde am Prozessrechner des Tränkeautomaten gespeichert und angezeigt. Das AFS-System löst bei 39,5 °C Fieberalarm aus und meldet das erkrankte Tier.

In der vorliegenden Studie wurden die erhobenen Daten der Tränkeautomaten (einzelne Parameter des Futteraufnahmeverhaltens und Temperaturmessung) nicht ausführlich in die Auswertung einbezogen. Diese werden in einer zeitgleich angefertigten Dissertation unter Nutzung eigener erfasster Daten bei Untersuchungen zur Früherkennung von Erkrankungen bei Kälbern genutzt.

4.3 Eigene Untersuchungen

Zur Bewertung der Haltungsverfahren wurden ethologische, physiologische und Leistungsparameter herangezogen (vgl. Tab. 1). Von den geborenen Tieren wurden folgende individuelle Stammdaten dokumentiert:

- Kalb: TierID (Viehverkehrsverordnungsnummer (VVVO-Nummer) zur Identifikation des Tieres, einmalige Vergabe in Deutschland)
 - Geburtsdatum, Geburtszeit, Geburtsverlauf (KVS), Totgeburt
 - Geschlecht, Zwilling
- Mutter: betriebsinterne Kuh-Nummer
 - Name, VVVO-Nummer, Laktationsnummer (Parität)
 - Trächtigkeitsdauer (in Tagen), EKA (in Monaten), ZKZ (in Tagen)
 - Abkalbestall (AMS, Melkstand, Anbindestall)
- Vater: Name, VVVO-Nummer.

Die Abkalbungen fanden in zwei Abkalbebuchten statt, wobei eine Abkalbebucht von Tieren der Melkstandherde und eine weitere von Tieren des Laufstalles mit Automatischem Melksystem (AMS) genutzt wurde. Die Tiere im Anbindestall kalbten am Platz. Der Beurteilung des Geburtsverlaufes wurde ein bundesweit einheitlicher Kalbeverlaufschlüssel (KVS) zugrunde gelegt (seit Okt. 2005).

- 1 = leicht (ohne Hilfe oder Hilfe nicht nötig), Nachtkalbung
- 2 = mittel (ein Helfer oder leichter Einsatz mechanischer Zughilfe)
- 3 = schwer (mehrere Helfer, mechanische Zughilfe und/oder Tierarzt)
- 4 = Operation (Kaiserschnitt, Fetotomie)

Die Geburten fanden überwiegend nachts oder am frühen Nachmittag statt. Der Geburtsverlauf und die Parität wurden haltungs- und geschlechtsspezifisch ausgewiesen (vgl. Anhang 9). Der Anteil spontan geborener Kälber überwog im Gesamtbestand (65,1 %). Bei einem Anteil von 33,5 % der Kühe war Zughilfe bei der Geburt erforderlich. Dies betraf vorwiegend Färsen, aber auch Kühe in der sechsten Laktation. Bei männlichen Kälbern wurde signifikant häufiger Geburtshilfe angewendet ($p = 0,002$).

Tab. 1: Überblick über die Datenerfassung (Parameter, technische Ausstattung, Zeitraum)

Tierbezogene Parameter	technische Ausstattung	Datenerfassung
ethologische Parameter		
Aktivität und Liegeverhalten	25 Pedometer	während der Aufzucht
Futteraufnahme- und Trinkverhalten (Milch-, Wasser- und Kraftfutter)	Tränkeautomat mit Trinkwassererfassung und Kraftfutterautomat	seit Februar 2007
klinische Parameter		
Tiergesundheit, Beurteilung des Allgemeinzustandes, behandelte Erkrankungen (Medikamente, Behandlungstage)	--	laufende Tierkontrolle und Erhebung
Körpertemperatur (Zungentemperatur)	Saugnuckel am Tränkeautomat	während der Aufzucht, seit Februar 2007
Kolostrum-IgG-Konzentration Serum-IgG-Konzentration Serum-Gesamtprotein (seit 15.10.2007)	ELISA-Test (TGD)	1. und 2. Melkung Blutentnahme am Kalb 48 bis 72 h nach der Geburt
Wachstum		
Körpermasse	elektronische Waage	in Einzelhaltung wöchentlich, in Gruppenhaltung monatlich
Brustumfang (seit 29.05.2007)	Bandmaß	
Stallklima und Haltung		
Klimadaten (Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Tierbereich in der Gruppenhaltung); zusätzlich Wetterstation	Datenlogger	laufende Aufzeichnungen im Stall seit 3.2.2007
Strohverbrauch in der Gruppenhaltung (kg)	--	laufende Aufzeichnungen

4.3.1 Aktivitäts- und Ruheverhalten

Die kontinuierliche Erfassung von Verhaltensparametern erfolgte mit 25 Pedometern. Die ALT-Pedometer wurden im Ingenieurbüro Roland Holz (D-15306 Falkenhagen, Lietzener Str. 1B) entwickelt und hergestellt. Die Pedometer dienten der zeitintervallbezogenen kontinuierlichen Erfassung und Speicherung der Parameter Knöcheltemperatur (T), Schrittkaktivität (A) sowie der Liegezeiten (L) in Bauch- und Seitenlage bei den Tieren. Somit konnten Daten über das Aktivitäts- und Ruheverhalten von Kälbern auf individueller Basis erfasst werden. Die Untersuchungen erfolgten an 266 von 441 Tieren ab dem 14. Lebenstag bis zur Ausstallung aus der Gruppenhaltung. Zur Abklärung des Verhaltens in den ersten Lebenstagen wurden die Pedometer seit Juli 2007 ab Geburt eingesetzt ($n = 79$). Da die Pedometer für adulte Tiere konzipiert waren, erfolgte eine Anpassung an das Kalb mittels Manschette durch die Firma Letzgun und Lang Orthopädietechnik GmbH, D-84030

Landshut, Hofmark-Aich-Str. 20. Der Aufbau bestand aus wasserabweisendem, flexiblem Schaumstoff, der sich an das Röhrlbein des Kalbes anpasst. Verwendet wurde Tepefom der Firma Wilhelm Julius Teufel GmbH, D-73117 Wangen, Robert-Bosch-Str. 15. Dies ist ein thermoplastisch verformbares Polyethylen-Schaumstoffmaterial, welches durch abwaschbare Oberfläche hygienisch, urin- und schweißbeständig, hautverträglich und durch eine geschlossenzellige Struktur luftdurchlässig ist. Ein Dauerkontakt zum Tier ist laut Hersteller mehr als 30 Tage möglich. Regelmäßige Kontrollen der Pedometer waren wegen Verlust oder Verrutschen notwendig. Die Gehäusemaße betragen bei rechteckiger Grundform 60 x 50 x 20 mm. Die Anbringung erfolgte am vorderen Knöchelbein mit handelsüblichen Fesselgurten und Metallschnalle. Zusätzlich wurden die Pedometer mit Hilfe eines Kabelbinders zum verlässlichen Fixieren über einen längeren Zeitraum versehen.

Das System der Pedometer-Technik bestand aus den Komponenten Pedometer-Logger und Modem. Die Pedometer beinhalten Sensoren zur digitalen Erfassung der Temperatur (S1), der zwei Liegepositionen (Bauch bzw. Seite; S2/S3) sowie der analogen Erfassung der Schrittaktivität (S4). Weiterhin waren die μ -Prozessor- und Speichereinheit sowie das Funkmodul zur drahtlosen Datenübertragung enthalten (Abb. 4). Zusätzlich verfügten die Pedometer über eine magnetische Abschaltung und über eine Kontrolle des Batterieladezustandes. Der μ -Prozessor erfasste kontinuierlich im Abstand von 15 Sekunden (max. 2 Hertz) die Bewegungsaktivität und Liegepositionen des Tieres und summierte diese jeweils über das konfigurierte Messintervall auf. In den vorliegenden Untersuchungen wurde ein 5-minütiges Zeitintervall zugrunde gelegt. Nach Ablauf dieser Zeit wurde dieser Wert im Datenspeicher abgelegt. Jeder Datensatz enthielt Angaben über Datum, Uhrzeit, Aktivität (steps), der zwei Liegepositionen, der Temperatur sowie des Batterieladezustandes. Die Temperatur und die Liegepositionen fanden in der vorliegenden Untersuchung keine Berücksichtigung.

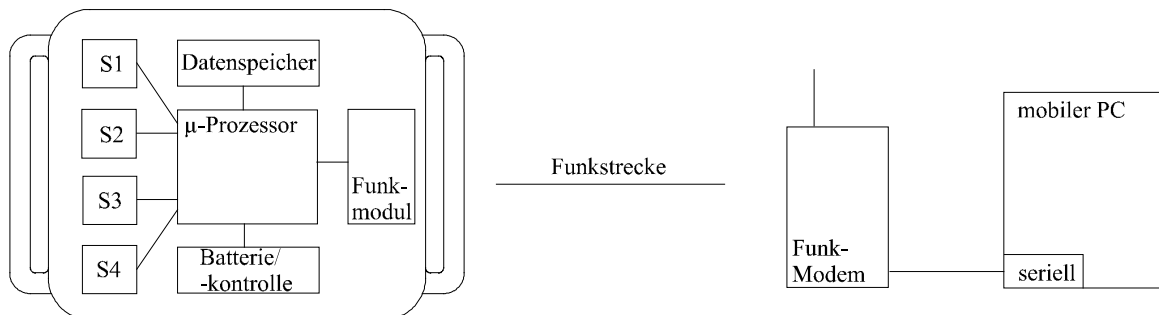


Abb. 4: Blockschaubild Pedometersystem (modifiziert nach BREHME et al., 2004)

Das Modem beinhaltete das Funkmodul zum Abrufen der Daten aus dem Logger über den 9-poligen Steckverbinder zum Anschluss an einen PC (max. 10 m). Zur Sicherung der Stromversorgung (ca. 10 mA) arbeitete das passive Modem nur in Verbindung mit einem Computer. Die Gehäusemaße des Funk-Modems lagen bei 150 x 40 x 20 mm. Für die Arbeit mit mehreren Pedometer-Loggern war nur ein Modem erforderlich. Um eine kontinuierliche Datenaufzeichnung zu gewährleisten, wurden die Daten stündlich bei einer Übertragungsrate von ca. 1,5 Datensätzen pro Sekunde ausgelesen und direkt in einer Access-Datenbank abgelegt. Dabei wurden automatisch Tabellen erzeugt. Diese waren: PedoObs, Phasen, Tieraktivität und Tierstamm. Die Datensicherung erfolgte im internen Netz (pedo.mdb). Mit dem Programm *PedometerDatenTools* wurden die Rohdaten aus der mdb-Datei weiter bearbeitet (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Übersicht über den Datenaufbau der Pedometer-Rohdaten

Stall-PC: Rohdaten (pedo.mdb)				
Anlegen einer <i>PedometerDaten.mdb</i> unter Verwendung des Programms <i>PedometerDatenTools</i> mit den Datenblättern (= Tabellen)				
Datenbank importieren <i>PedoObs</i>	→	Ruhe- und Aktivitätsphasen	→	Aktivitätsverlauf (24 h)
	→	<i>StepsOnlyObs</i>		<i>Tagesaktivität</i>

Mit Eingabe der Rohdaten wurde in fünf Schritten eine sogenannte *PedometerDaten.mdb* mit mehreren Datenblättern gefüllt. Im ersten Schritt wurden Werte aus der Datenbank importiert und dem verwendeten Pedometer die entsprechende Tiernummer (TierID) im ausgewählten Zeitraum zugewiesen. Somit konnte die Tabelle *PedoObs* erzeugt werden. Auf dessen Grundlage wurden Ruhe- und Aktivitätsphasen erzeugt (Tabelle *Phasen*). Im folgenden Schritt wurde die Aktivitätsphase quantifiziert. Alle bereinigten Steps-only-observations (Tabelle *StepsOnlyObs*) wurden im zugeordneten Zeitraum neu berechnet. Es wurde eine Entscheidung über die Phase Aktiv/Ruhe getroffen (siehe Aktivitätsgewicht). Bei der Berechnung wurden nur Steps in eindeutig zugeordneter Aktivzeit berücksichtigt. Die Steps in der Phase der Liegeperiode und in der Übergangsphase blieben somit unberücksichtigt. Im letzten Schritt wurde der Aktivitätsverlauf über 24 Stunden erzeugt. Somit konnte die Berechnung der Tagesaktivitäten (Tabelle *Tagesaktivität*) erfolgen. Mit Nutzung dieses Programms konnte eine Fehlerreduzierung gewährleistet und die Validität der Daten gesichert werden. Als hilfreich erweist sich zum Verständnis folgende Begriffsbestimmung:

- Aktivitäts-Gewicht: berechneter Faktor, der aus der Anzahl Ruhe- und Aktivminuten und der Dauer des Intervalls (EndDatum-StartDatum) gebildet wird.
- Phasen: auf Basis der Aufzeichnung von zwei Beobachtungen pro Sekunde wurde 4x pro Minute die Entscheidung getroffen, ob eine Ruhe- oder Aktivitätsphase vorlag.
- Ruhen: Liegen mit und ohne Wiederkauen, bedeutet nicht schlafen.
- Steps: kontinuierliche Erfassung der Schrittaktivität durch Zählen von Beinbewegungen, Aufsummieren auf ein konfiguriertes Messintervall von 5 min., Ablegen des Wertes im Datenspeicher mit zeitgenauer Angabe.

Die Daten wurden auf Einzeltierbasis ausgewertet. Bei der Analyse der Rohdaten blieben nach sorgfältiger Prüfung Tage unberücksichtigt, an denen allgemeine technische Probleme auftraten (unvollständige Aufzeichnungen innerhalb 24 Stunden). Fehlerhafte Datensätze bis zu einer Stunde wurden interpoliert. Festgelegt wurde weiterhin, Tagesdatensätze unberücksichtigt zu lassen, die auf individuellen Anwendungsproblemen beruhten. Diese waren bedingt durch spezifisch technisches Versagen (Pedometer gelockert, vom rechten zum linken Vorderfuß gewechselt, unverhältnismäßig erhöhte Aktivität am ersten Tag des Tieres mit Pedometer durch Versuch der Tieres, es abzuschütteln) und einmalig auftretende betriebsinterne Maßnahmen (Umstallung für einen Tag wegen Reinigung des Abteils).

4.3.2 Vitalitätsbewertungen

Für jedes Tier erfolgten eigene Bewertungen der Gesundheit und des Allgemeinzustandes über den gesamten Versuchszeitraum. Grundlage für die Tierbeurteilungen bildeten Einzeltierbeobachtungen. Eine Gesundheitskontrolle fand von Geburt bis zur Ausstallung drei

Mal wöchentlich zwischen 9 und 11 Uhr statt. Dabei wurde der Allgemeinzustand der Kälber nach den in Tab. 3 gezeigten Schemata vorgenommen. Jedem Tier wurde ein Befund zugeordnet. Die Tiere wurden visuell mit einer Punktzahl von 1 bis 3 bonitiert, wobei Reaktivität, Verdauungsstörungen, Ernährungszustand und Milchaufnahme als Komplexe betrachtet wurden. Dementsprechend bedeutete die Vergabe Code 1 gesund (aktiv, lebhaft), Code 2 vitaldepressiv (pathologische Abweichungen) und bei Vergabe des Code 3 galt das Tier als stark gefährdet.

Tab. 3: Beurteilungskriterien des Allgemeinzustandes der Kälber (Vitalitätscode)

Beurteilungskriterien	Vitalitätscode		
	1	2	3
Reaktivität	aufmerksam	eingeschränkt	apathisch
	reagiert	reagiert nach dem Ansprechen	keine Reaktion beim Herantreten/ Ansprechen
	aktiv	steht auf	kein Aufstehen
Verdauungsstörungen	keine	mittelschwer	schwer
	Kot gelblich, homogen, pastöse Konsistenz, ohne Beimengungen	Kot dünnbreiig bis flüssig, unphysiologische Konsistenz, mit Schleim, Blut	Kot wässrig, Tier stark verschmutzt, tierärztliche Behandlung, Infusion
Ernährungszustand	Ernährungszustand sehr gut bis gut	Ernährungszustand eingeschränkt, eingefallener Bauch infolge fehlender Milchaufnahme	sichtbar schlechter Ernährungszustand
Milchaufnahme	Kalb säuft Milch selbständig	Kalb säuft mehr als 2x keine Milch	Kalb trinkt nicht mehr selbständig

4.3.3 Morbidität

Nach dem Schema der Vitalitätsbewertungen wurden medikamentöse Behandlungen des Veterinärs zur Einschätzung der Morbidität genutzt. Die behandelten Erkrankungen wurden in Krankheitskomplexe (KK) zusammengefasst und codiert (vgl. Anhang 10). Diese waren Respirationstrakt, Gastrointestinaltrakt, Bewegungsapparat, Nabelerkrankungen und sonstige Erkrankungen. Die Verteilung der behandelten Erkrankungen im Jahresverlauf ergibt sich aus Anhang 11. Zur Untersuchung der Beziehung zwischen Besatzdichte und Morbidität wurden die Häufigkeit nach Monat und Abteil im Anhang 11, nach Halungsverfahren im Anhang 12 ausgewiesen. Definiert wurde der Gesundheitsstatus des Tieres als gesund (frei von den erkrankungsanzeigenden Variablen) oder krank (vgl. Tab. 4). Krank war ein Tier, das veterinärmedizinisch behandelt wurde oder ein gestörtes Allgemeinbefinden aufwies (Vitalitätscode > 1).

Tab. 4: Definition des Gesundheitsstatus der Kälber

Variablen	gesund	krank	
		erklärende Variablen	Zeitraum
diagnostizierte Erkrankungen mit veterinärmedizinischer Behandlung	ohne Erkrankung	Diagnose (vgl. Anhang 10)	5 Tage
gestörtes Allgemeinbefinden	Vitalitätscode 1	Vitalitätscode 2 oder 3	5 Tage

Die Festlegung des Erkrankungszeitraumes erfolgte folgendermaßen: Wurde bei einer Beobachtung ein Vitalitätscode von größer als eins vergeben und/oder das Tier einer medizinischen Behandlung unterzogen, galt es an diesem Tag und dem Tag davor und danach als krank/nicht gesund. Als unklar wurde der Gesundheitsstatus eines Tieres jeweils +/- 2 Tage vor und nach bezeichneten Kranktagen ausgewiesen (vgl. Tab. 5).

Tab. 5: Definierter Erkrankungszeitraum (d)

-2 Tage	-1 Tag	Tag der Behandlung und Vitalitätscode >1	+1 Tag	+2 Tage
unklar	krank		krank	unklar

4.3.4 Quantitative Bestimmung von Immunglobulinen und von Gesamtprotein

Zur Einschätzung der Immunität des Tieres wurden Messungen hinsichtlich des Anteils an Immunglobulinen erhoben. Bestimmt wurde die Konzentration des Immunglobulin-Anteils (IgG₁ und IgG₂) im 1. und 2. Gemelk. Weiterhin wurde die Immunglobulin-Konzentration im Serum bestimmt. Die Blutentnahme erfolgte innerhalb der ersten 48 bis 72 Lebensstunden aus der Vena jugularis des Kalbes. Dazu wurden sterile Einmalkanülen der Firma Henke-Sass (Wolf GmbH, D-78532 Tuttlingen, Keltenstr. 1) mit einem Lumen von 1,2 mm und einer Länge von 40 mm verwendet. Es wurden jeweils maximal 9 ml Vollblut in eine 9 ml Monovette® (Sarstedt) mit Blutgerinnungsaktivator entnommen. Das Serum wurde bei 2850 Umdrehungen/min 15 Minuten bei einer G-Zahl von 1500 und einer Temperatur von 20 °C in der Laborzentrifuge Hermle (Typ Z 513 K, Baujahr 2000, 2990 W, 65700 Nm) zentrifugiert (Firma Hermle Labortechnik GmbH, D-78564 Wehingen, Gosheimer Str. 56). Anschließend wurde jeweils 1 ml des überstehenden Serums mit einer 1000 µl Pipette (Firma Brandt GmbH und CO KG, D-97877 Wertheim, Otto-Schott-Str. 25) abpipettiert und in sterile Proberöhrchen (Eppendorff-Röhrchen) bei minus 18 °C tiefgefroren. Die Untersuchungen der gewonnenen Kolostrum- und Serumproben erfolgten im Tiergesundheitsdienst Bayern e.V. (TGD, D-85586 Grub/Poing, Senator-Gerauer-Straße 23) nach laboreigenen Methoden. Angewandt wurde ein ELISA-Test zur Bestimmung der Konzentration an Immunglobulinen. Das Grundprinzip des ELISA beruht auf einer Antigen-Antikörper-Reaktion, wobei über die Farbreaktion eines enzymmarkierten Antikörpers die Antigenkonzentration bestimmt wird. Die Intensität der Farbreaktion wird dabei photometrisch erfasst. Insgesamt wurden 332 Kolostrum-Proben analysiert. Um die Aussagekraft bezüglich der Immunglobulin-Versorgung der Kälber zu überprüfen, wurde neben dem Serum-IgG-Gehalt ($n = 199$) der Gesamtproteingehalt (TP) bestimmt. In den Auswertungen wurden Gammaglobulin-Konzentrationen von ≥ 50 g/l im Kolostrum, ≥ 10 g/l im Serum und ≥ 55 g/l Gesamtproteingehalt als ausreichend betrachtet. Bei darunter liegenden Werten waren die Tiere unterversorgt.

4.3.5 Mortalität

Im Untersuchungszeitraum wurden Messdaten von 474 Tieren erhoben. Abzüglich der Totgeburten konnten die Daten von 441 Tiere ausgewertet werden. Die Differenzierung der Sterblichkeit erfolgte altersspezifisch (vgl. Tab. 6).

Tab. 6: Mortalität (n , %) nach Zeiträumen (d) im Bestand ($n = 16$)

Zeitraum (d)	Tiere (n)	Anteil (%)
1 bis 7	8	1,8
8 bis 30	4	0,9
ab 31	4	0,9

Die Umstallung der Tiere von Einzel- in Gruppenhaltung erfolgte während der Untersuchungen unter Berücksichtigung des Allgemeinzustandes. War eine Umstallung in Gruppenhaltung der Kälber aufgrund eines äußerst schlechten Gesundheitszustandes der Kälber ausgeschlossen, wurden die Tiere in der Einzelbox intensiv betreut und behandelt. Somit dezimierte sich die Anzahl der verendeten Tiere in Gruppenhaltung ($n = 4$). Die Verteilung der totgeborenen bzw. verendeten Tieren wurde nach Kalbmerkmalen im Anhang 13 tabellarisch aufgeführt.

4.3.6 Körpermasse

Zum Zeitpunkt der Geburt der Versuchstiere wurde die Körpermasse vom Stallpersonal erfasst. Ferner wurde jedes Tier in der Einzelhaltungsphase an einem definierten Tag wöchentlich gewogen. Jedes Kalb wurde vor der ersten Wägung mit einer elektronischen Ohrmarke (Transponder) gekennzeichnet. Nach der Umstallung in Abteile erfolgte die Bestandswiegung im vier-wöchentlichen Rhythmus zwischen 9 und 12 Uhr. Die Körpermasse und jeweiligen Zunahmen wurden automatisch erfasst und direkt in einer Datenbank abgespeichert. Zum Einsatz kam eine elektronische Viehwaage der Firma Data Scales (D-53119 Bonn, Brühlerstraße 26a) mit einer Messgenauigkeit von $\pm 0,5$ kg. Die Daten von 412 Tieren wurden ausgewertet. Dies entsprach bei einer Anzahl von maximal neun erfassten Wägungen pro Tier insgesamt 2018 Messdaten. Die Körpermasse zum Geburtszeitpunkt blieb bei der analytischen Auswertung unberücksichtigt, da teilweise Schätzwerte vorlagen. Die Korrelation zwischen der Körpermasse zum Zeitpunkt der Geburt und der ersten Wägung lag bei $r = 0,8$ ($n = 376$).

4.3.7 Schätzung der Körpermasse mittels Brustumfang

Seit Bestandswägung vom 29.05.2007 wurde zusätzlich zur Bestimmung der Körpermasse mittels Waage der Brustumfang (BU) gemessen. Dies erfolgte mit einem Viehmaßband direkt hinter dem Ellbogenhöcker mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5$ cm.

4.4 Statistische Datenverarbeitung

Die Erfassung und Aufbereitung der Daten erfolgte mit dem Programm Excel® (1993, Version 5.0) parallel zum Versuchsverlauf. Die Pedometer- und Tränkeautomaten-Daten wurden mit dem Datenbankprogramm Microsoft Access® (1999, Version 9.0.7616 SP-3) erfasst. Die Rohdaten der Pedometer-Messungen wurden mit dem Programm PedometerDatenTools der jeweiligen VVVO-Nummer und den Zeiträumen zugeordnet. Für die statistische Analyse wurde das Statistikprogramm SAS® (SAS Institute 2003, Ver-

sion 9.1.3, Service Pack 1) genutzt. Die für die Varianzanalyse verwendeten abhängigen Variablen wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Homogenität geprüft und bei Normalverteilung mittels GLM-Prozedur ausgewertet. Im vorliegenden unbalancierten Versuch mit ungleicher Anzahl von Tieren wurde für normalverteilte Variablen (Körpermasse) für den Test auf Gleichheit der Erwartungswerte der t -Test (Mittelwertdifferenzen) und für den Test auf Varianzgleichheit zwischen den Gruppen der F -Test gewählt, der ein- und mehrfaktoriell angewendet werden kann (KRÄMER et al., 2008). Wurden varianzanalytische Voraussetzungen nicht erfüllt, erfolgte die Prüfung der Übereinstimmung von Mittelwerten mit nichtparametrischen Testverfahren. Mit dem Mann-Whitney-Test, sog. U -Test wurden bezüglich der Homogenität ihrer Verteilungsfunktion unabhängige Stichproben getestet (KRÄMER et al., 2008). Der U -Test bedient sich der Rangfolge der Messwerte parameterfreier Prüfverfahren (Wilcoxon-Rangsummentest). Mit der Prozedur NPARIWAY wurde der Test durchgeführt. Die statistische Auswertung der Verhaltens- sowie der Gesundheitsparameter erfolgte auf Tierebene. Zum Mittelwertvergleich kam der Kruskal-Wallis-Test (H -Test) zur Anwendung, der dem Vergleich mehrerer unabhängiger Stichproben mittels einfaktorieller Varianzanalyse dient (KÖHLER et al., 2007). Getestet wurde mit dem üblichen Signifikanzniveau von 5 %. Unterschiede wurden bei Unterschreiten der Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % als statistisch signifikant angesehen. Bei den Auswertungen wurden die Variablen Haltung und Geschlecht zur Analyse der Bewertung von Haltungsverfahren ausgewählt. Ein signifikanter Alterseinfluss bestand in allen Analysen. Im einfaktoriellen Modell wurden die Variablen einzeln getestet. Das zweifaktorielle Grundmodell ist gegeben durch:

$$y_{ijk} = \mu + G_i + H_j + (G*H)_{ij} + e_{ijk}$$

Dabei bedeutet:

y_{ijk}	= Beobachtungswert der abhängigen Variablen
μ	= Erwartungswert, gemeinsame Konstante
G_i	= fixer Effekt des Faktors Geschlecht i ($i = 1, 2$)
H_j	= fixer Effekt des Faktors Haltungsverfahren (HV) j ($j = 1, 2$)
$(G*H)_{ij}$	= Interaktion zwischen Geschlecht i und HV j ($i = 1, 2; j = 1, 2$)
e_{ijk}	= zufällige Effekte

Die erhobenen Daten wurden in den Tränkeregimen Eimer- und Automatenfütterung getrennt ausgewertet, da Vergleiche zwischen den Tränkeverfahren bei aufeinanderfolgender Versuchsdurchführung nicht möglich waren und die Tränkeverfahren die ausgewerteten Daten der Verhaltensweisen stark beeinflussten. Die Bestimmung der Effekte der Jahreszeiten war nicht möglich, da die Einzeltiere nicht mehrere Jahreszeiten durchliefen.

Die Übersichtstabellen und Grafiken wurden mit Microsoft Excel und SAS erstellt. Bei der deskriptiven Statistik wurden zunächst Mittelwerte, Standardabweichungen und Häufigkeiten errechnet. Für die grafische Datenanalyse und zum Vergleich mehrerer Verteilungen wurden bei nicht normalverteilten Daten Boxplots erstellt, die ausgewählte Lage- und Streuungsmaße wie Median, Minima, Maxima, Quartil 25 und Quartil 75 zeigen (SAS-Prozedur Boxplot, vgl. Abb. 5). Dabei wird jede Stichprobe durch ein Rechteck (Box) dargestellt, dessen Höhe den Interquartilbereich repräsentiert und 50 % der Werte enthält. Der Interquartile Range (IQR) ist ein Maß für die Streuung, welches durch die Differenz des oberen Quartils (Q_3) und unteren Quartils (Q_1) bestimmt wird. Oberhalb und unterhalb der Box befinden sich sogenannte Whiskers (Schnurrhaare), die dem Abstand vom Minimum (x_{min}) bis Q_1 und Q_3 bis zum Maximum (x_{max}) entsprechen. Die Gesamtlänge der Box mit beiden Whiskers zeigt die Variationsbreite. Der horizontale Balken in

der Box stellt den Median (Z) dar, der durch seine Lage innerhalb der Box einen Eindruck der Schiefe der den Daten zugrunde liegenden Verteilung vermittelt (KÖHLER et al., 2007).

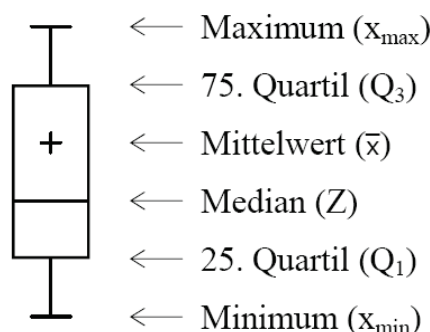


Abb. 5: Box-and-Whisker Plot, Median-Werte (Z) mit 25. und 75. Quartil (Q_1 und Q_3), Mittelwert (\bar{x}), Minimum (x_{\min}) und Maximum (x_{\max})

Um festzustellen, ob ein linearer Zusammenhang zwischen zwei Datengruppen bestand, wurde bei normalverteilten Parametern der Pearsonsche Korrelationskoeffizient (r) bestimmt. Eine mögliche Korrelation bei nicht-normalverteilten Parametern wurde nach der Methode von Spearman überprüft. Der von Spearman entwickelte Rangkorrelationskoeffizient (R) beruht auf der Vergabe von Rangplätzen (KÖHLER et al., 2007). Bei Verhaltensparametern wurde zur Feststellung des Periodeneffektes die Kreuzkorrelation zwischen den Perioden mit der jeweiligen Variable genutzt. Dem Vergleich der Streuungen mehrerer Stichproben mit verschiedenen Mittelwerten diente der Variationskoeffizient (VK), mit dem das Verhältnis der Standardabweichung zum Mittelwert ausgedrückt wurde (KÖHLER et al., 2007).

Festlegung der Auswertungszeiträume

Die Einteilung der Tiere in Altersgruppen erfolgte nach entscheidenden entwicklungs- und haltungsbedingten Gesichtspunkten. In der Zeitperiode 1 (Tag 1 bis 14) befanden sich Kälber, die sich postnatal in einem physiologischen Adaptationsprozess und in Einzelhaltung befanden. Die eingeteilten Tiere in Zeitperiode 2 (15. bis 28. LT) befanden sich größtenteils in Gruppenhaltung, die eine Anpassung der Tiere an die neue Haltungsumgebung und Artgenossen bedeutete. Die Zeitperiode 3 entsprach einer bereits festgelegten Zuteilung in den Haltungsverfahren Rein-Raus oder KV im zweiten Lebensmonat. In diesem Zeitraum (29. bis 56. LT) wurde die Ausstellung männlicher Kälber, die zur Mast bestimmt waren, vollzogen. In der Zeitperiode 4 (57. bis 84. LT) befanden sich demzufolge vorwiegend weibliche Kälber.

Datenanalyse der Verhaltensparameter lokomotorische Aktivität und Ruheverhalten

Bei der Auswertung der lokomotorischen Aktivität wurden die aufgezeichneten Daten im 5-Minuten-Intervall zu Stundenwerten zusammengefasst. Auf dieser Grundlage erfolgte die Ermittlung von Tages- und Periodenmittelwerten. Um einen Basiswert zur Bewertung des lokomotorischen Verhaltens zu zeigen, wurde unter Berücksichtigung der Messdaten gesunder Tiere eine Referenzkurve erstellt ($n = 136$). Die Tagesmittelwerte wurden aus einer Stichprobenanzahl von mindestens zehn Tieren berechnet. Tierindividuelle Schwellenwerte wurden als Ober- und Untergrenze festgelegt (SD). Beginn bei der Phasenberechnung eine Phase vor 24 Uhr, wurde diese nach 0 Uhr übernommen, um einer Verfälschung der Anzahl pro Tag vorzubeugen.

Mathematische Methoden zur Rhythmikanalyse der lokomotorischen Aktivität

Zur visuellen Darstellung der lokomotorischen Aktivität im zirkadianen Rhythmus wurde ein Oberflächendiagramm (Aktogramm) erstellt. Darin stellt jedes der geplotteten Kästchen den Summenwert der steps pro Stunde dar. Bei einer Anzahl von 24 Stunden ergaben sich täglich 24 Datenkästchen im Plot, die wiederum jeweils den Summenwert pro Stunde aus 12 Einzelmessungen im festgelegten 5-Minuten-Intervall repräsentieren.

Zeitreihenanalysen dienen der Identifizierung einer Periodizität in einer Datenreihe (WARNER, 1998). Dies erfolgt durch Transformation eines Signals in den Spektralbereich. Die zur Auswertung genutzte Fourieranalyse ist im Rahmen der Zeitreihenanalyse geeignet, um den biologischen Rhythmus der Tiere innerhalb einer 24-Stunden Periodik darzustellen. Die Grundidee der Fourieranalyse beruht auf der Beschreibung periodischer Signale aufgrund ihrer Bildungsgesetze, wobei die Intensität der zum Signal beitragenden Frequenzen betrachtet wird (BUTZ, 2005). Die Schätzung des Einflusses der Frequenzen erfolgte durch das Periodogramm, das auf der Autokorrelationsfunktion (AKF) beruht. Das Leistungsspektrum kann als Fourier-Transformierte der AKF aufgefasst werden. Die AKF war vor der Spektralanalyse erforderlich, um die Rauschkomponente zu reduzieren und durch Trennung vom Rauschanteil eine Reduktion auf relevante Rhythmen zu erzielen. Der Nachweis der ultra- und zirkadianen Rhythmik erfolgte mit der SAS-Prozedur SPECTRA auf Basis der Originaldaten der lokomotorischen Aktivität im 5-Minuten Intervall. Diese wurden zu 15-Minuten Werten aufsummiert. Durch die Wahl der Analyseintervalle von 15 Minuten und die Dauer der Reihe (7 Tage) wurde der Bereich des Spektrums bestimmt. Bei einer Periodenlänge von 24 Stunden flossen 96 Werte in die Berechnung ein, eine Frequenz von sieben Tagen ergab eine Anzahl von 672 Werten. Innerhalb der Auswertungszeiträume (Zeitperiode 1 bis 4) wurden sieben Tage mit vollständig gefüllten Werten ausgewählt, um den Rhythmus der Tiere innerhalb des jeweiligen Zeitabschnittes belegen zu können. Das Ergebnis des Analyseprozesses war die Erstellung eines sogenannten Periodogramms (Powerspektrum). Darin werden beispielsweise Einzelfrequenzen gezeigt, die einen starken Bezug zur Zeitreihe aufweisen, aber auch Verteilungen von Frequenzen im Zeitverlauf, wenn Schwingungen über einen hohen Frequenzbereich zum Signal beitragen (HÜTT, 2001).

Grundlage für die Berechnung des leistungsbezogenen Kopplungsgrades (LKG) und des harmonischen Anteils sind die signifikanten Perioden (BERGER, 1999). Der LKG beschreibt die Beziehung zwischen der absoluten Intensität der signifikant harmonischen Perioden (signif. L_{harm}) zur absoluten Intensität aller signifikanten Perioden (signif. L_{ges}):

$$\text{LKG (\%)} = \frac{\sum \text{signif. } L_{\text{harm}}}{\sum \text{signif. } L_{\text{ges}}}$$

Als harmonische Perioden wurden Perioden definiert, die mit dem zirkadianen Zeitgeber (24-Stunden Rhythmus) synchronisierbar sind, wie beispielsweise 1h-, 2h-, 3h-Periode usw. Der LKG gibt den Anteil der gesamten zyklischen Verhaltenskomponenten wieder, die mit der 24-Stunden Periodik als wichtigstem externen Rhythmusgeber synchronisieren. Die Berechnung des harmonischen Anteils (hA) erfolgt aus der Summe der Leistungen der signifikant harmonischen Perioden (signif. L_{harm}) in Bezug zum gesamten Leistungsspektrum des Periodogramms (L_{ges}):

$$\text{Harmonischer Anteil (\%)} = \frac{\sum \text{signif. } L_{\text{harm}}}{\sum L_{\text{ges}}}$$

Die Summe des gesamten Leistungsspektrums beinhaltet alle Komponenten des Periodogramms und gibt die totale Spektraldichte wieder. Der harmonische Anteil drückt die Beziehung zwischen den harmonischen Komponenten und dem Rauschniveau des gesamten Spektrums aus (BERGER et al., 2003).

5 Ergebnisse

5.1 Lokomotorische Aktivität

Die lokomotorische Aktivität zeigt bei eimergetränkten Kälbern ein höheres Aktivitätsniveau als bei Automatentränke (vgl. Abb. 6). Die Steigerung der lokomotorischen Aktivität war nach der Umstellung von Einzel- in Gruppenhaltung am höchsten und vom 20. bis zum 35. Tag etwa gleichbleibend. Zu diesem Zeitpunkt begann die Ausstallung männlicher Kälber, die bis etwa zum 57. Tag andauerte. Nach etwa 12 Wochen war die Entwöhnung abgeschlossen (vgl. Anhang 7). Das Absetzen von der Milch und die Umstellung auf die Mischfütterration bewirkten stärkere Aktivitätsschwankungen. Bei den automatisch getränkten Kälbern verteilte sich die lokomotorische Aktivität insgesamt relativ konstant mit leicht steigender Tendenz über den Zeitraum in der Gruppenhaltung.

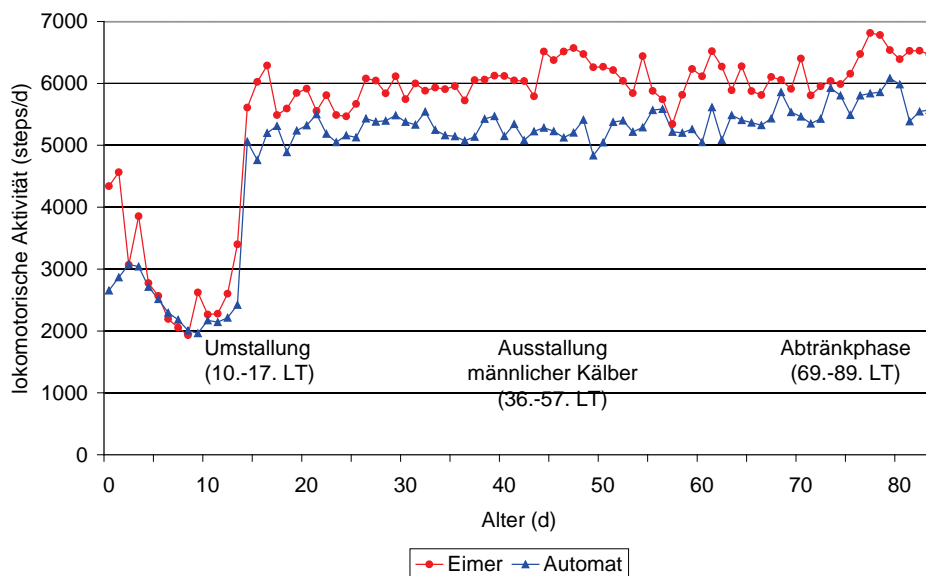


Abb. 6: Einfluss des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke, $n = 114/150$) auf die mittlere lokomotorische Aktivität (steps/d) unter Angabe betriebsbedingter Einflüsse

Die Parameter des lokomotorischen Verhaltens wiesen keine Homogenität auf. Somit wurden Prüfverfahren verwendet, die keine Normalverteilung der Grundgesamtheit erforderten. Die altersabhängige Betrachtung des lokomotorischen Verhaltens zeigte bei eimergetränkten Tieren bis zum Ende des zweiten Lebensmonats (56 Tage) eine erhöhte Schrittzahl im RR (vgl. Abb. 7). Bei hoher tierindividueller Varianz ergaben sich große Streuungen (Anhang 15). Die Standardabweichung nahm mit steigender Schrittzahl zu und weist auf interindividuelle Gruppenunterschiede hin, die statistisch nicht bestätigt wurden. Im Zeitraum vom 15. bis zum 84. Tag wurde eine mittlere lokomotorische Aktivität von 5583 ± 296 (RR) und 6000 ± 216 (KV) steps ermittelt. Signifikante Geschlechtsunterschiede wurden nicht gefunden, es zeigte sich eine höhere Aktivität weiblicher Kälber (Abb. 8).

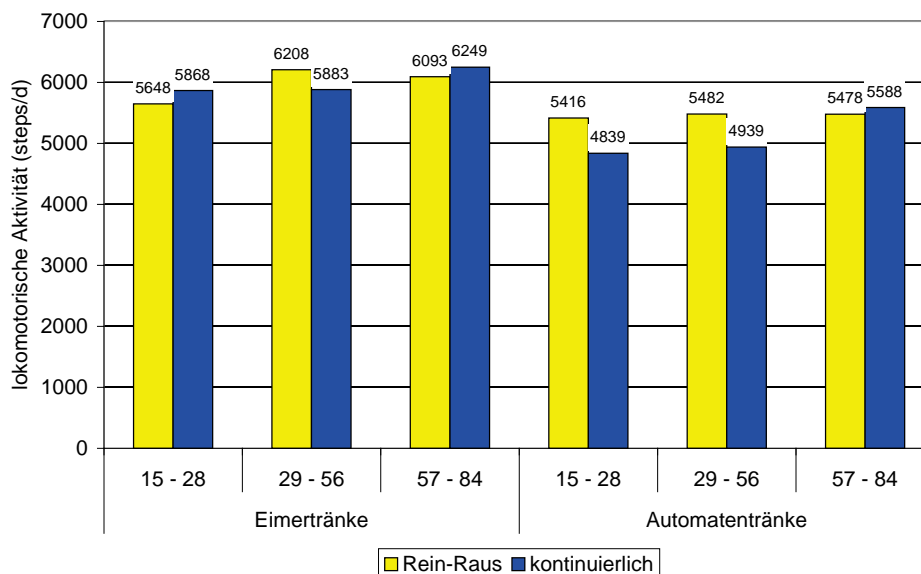


Abb. 7: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere lokomotorische Aktivität

Bei automatisch getränkten Tieren lag die lokomotorische Aktivität im RR (5459 ± 372 steps) im Zeitraum vom 15. bis zum 84. Tag über der im KV (5122 ± 407 steps, vgl. Abb. 8). Bei der Prüfung der Einflüsse der Haltungsverfahren auf ihre statistische Bedeutsamkeit ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, lediglich ein schwacher Geschlechtseinfluss bei Automatentränke im Altersabschnitt vom 15. bis zum 28. Tag ($p = 0,045$).

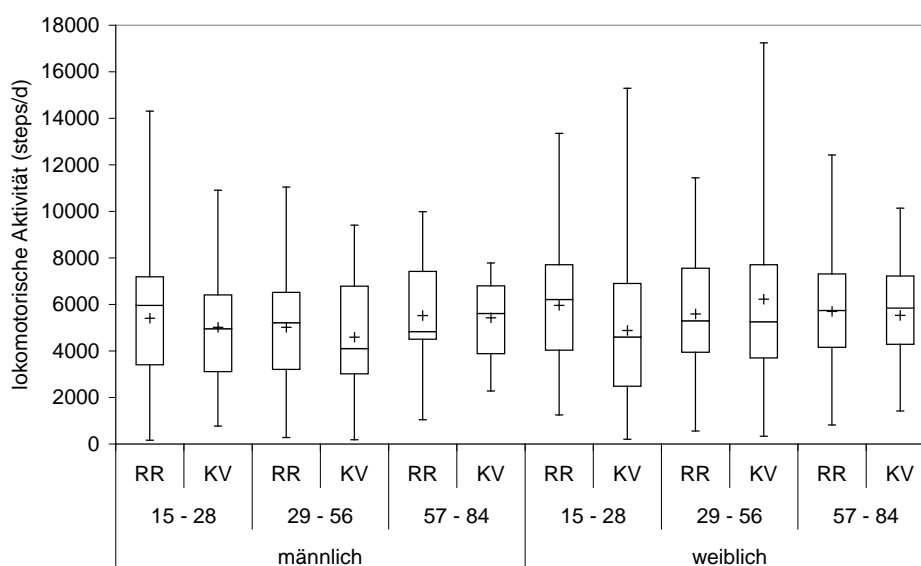
Untersuchungen zu den altersabhängigen Veränderungen ergaben signifikante Unterschiede zwischen den definierten Zeiträumen (Tab. 7). Die lokomotorische Aktivität korrelierte in den Zeitperioden 2 und 3 sowie 3 und 4 positiv und stärker als in der Zeitperiode 2 und 4 mit der größten Altersdifferenz.

Tab. 7: Mittlere lokomotorische Aktivität (Mittelwertdifferenz und Signifikanz) zwischen den Altersgruppen (Zeitperiode P2 bis 4) bei Eimer- und Automatentränke

Zeitperiode (P) Alter (d)	P2 (Tag 15 – 28) P3 (Tag 29 – 56)	P2 (Tag 15 – 28) P4 (Tag 57 – 84)	P3 (Tag 29 – 56) P4 (Tag 57 – 84)
Eimertränke	0,67***	0,48**	0,87***
Automatentränke	0,80	0,52***	0,70***

Signifikanz: *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; Anzahl Tiere Eimertränke: P2-P3 = 48, P2-P4 = 34, P3-P4 = 47; Anzahl Tiere Automatentränke: P2-P3 = 75, P2-P4 = 43, P3-P4 = 46

Eimertränke



Automatentränke

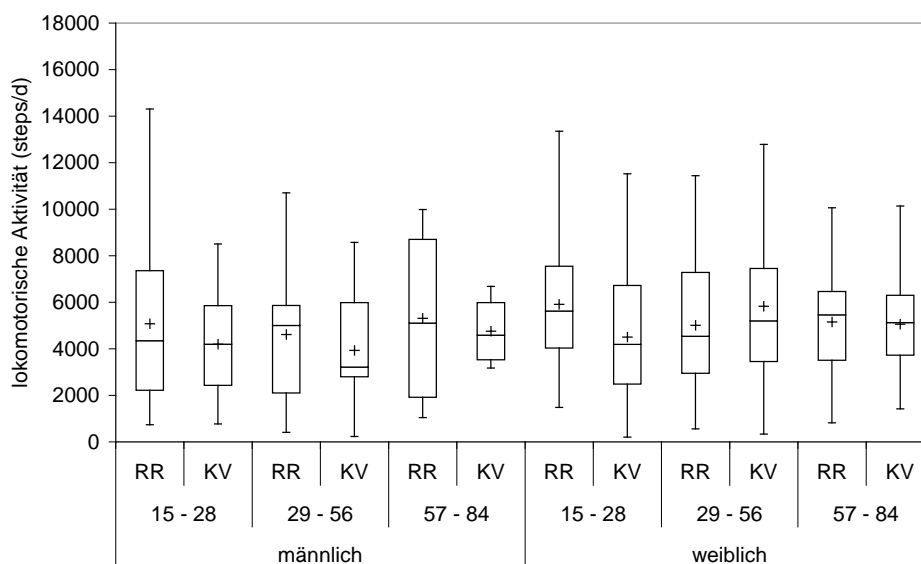


Abb. 8: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV), des Geschlechts sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere lokomotorische Aktivität (steps/h); Median, 25 %, 75 %, Mittelwert, Minimum und Maximum

Für die Untersuchungen wurden idealisierte Bedingungen unterstellt, die als Referenzdaten gesunder Tiere aufgezeichnet wurden. Neben der mittleren Referenzkurve wurde mittels Standardabweichung ein Bereich mit Ober- und Untergrenzen festgelegt, innerhalb derer sich gesunde Tiere bewegten (vgl. Abb. 9). In Anlehnung an den Tagesrhythmus aller gesunden Referenztiere gestaltet sich die Aufzeichnung der lokomotorischen Aktivität gesunder und erkrankter Einzeltiere im Zeitverlauf sowohl ober- als auch unterhalb der Referenzkurve. Zur Verdeutlichung der Variationsbreite wurden die Aufzeichnungen der Tagesmittelwerte von zwei gesunden Focustieren dargestellt.

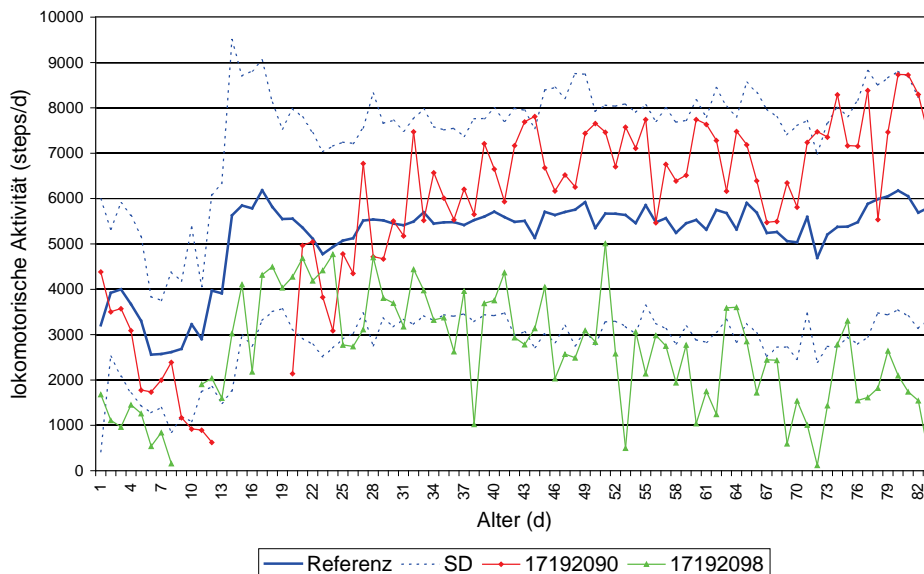


Abb. 9: Mittlere lokomotorische Aktivität (steps/d) und Standardabweichung (SD) gesunder Tiere (Referenz, $n = 136$) und beispielhaft zwei gesunde Tiere (VVVO-Nr. 17192090 und 17192098)

Zur Klärung der Beziehung zwischen den Altersgruppen wurden die gesunden Tiere zwischen den Zeitperioden verglichen, wobei bereits die Parameter der Aktivität und Ruhedauer (min/d) berücksichtigt wurden. Es zeigte sich eine hohe Korrelation zwischen den Verhaltensmerkmalen im zweiten und dritten Lebensmonat (vgl. Tab. 8). Zwischen dem Altersabschnitt 15. bis 28. Lebenstag und dem dritten Monat (57. bis 84. Tag) wurde insbesondere bei der lokomotorischen Aktivität eine geringere Korrelation festgestellt.

Tab. 8: Mittlere lokomotorische Aktivität, Bewegungsaktivität (min.) und Ruhedauer (min.) gesunder Tiere, Mittelwertdifferenz und Signifikanz zwischen den Altersgruppen (Zeitperiode P2 bis 4)

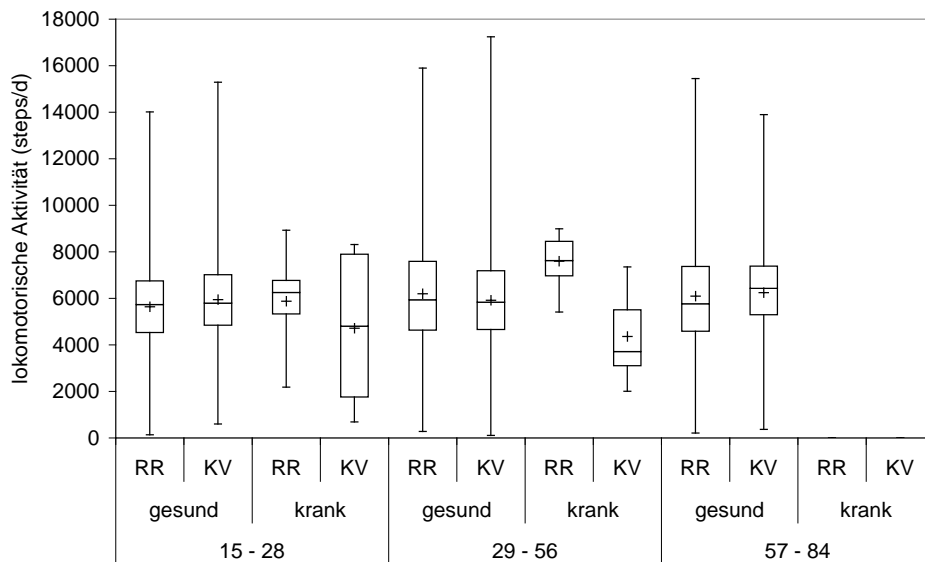
Parameter	lokomotorische Aktivität (steps)		Bewegungsaktivität (min.)		Ruhedauer (min.)	
Alter (d)	P3 (29–56)	P4 (57–84)	P3 (29–56)	P4 (57–84)	P3 (29–56)	P4 (57–84)
P2 (15–28)	0,77 ***	0,47 **	0,89 ***	0,65 ***	0,89 ***	0,69 ***
P3 (29–56)	--	0,80 ***	--	0,80 ***	--	0,88 ***

Signifikanz: *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; Anzahl Tiere steps/Aktivminuten/Ruheminuten: P2-P3 = 46/39/39, P2-P4 = 36/36/37, P3-P4 = 44/44/48

Die Aufzeichnungen der Aktivitätsprofile gesunder und erkrankter Tiere zeigen ein geringes Aktivitätsniveau in Einzelhaltung, das mit dem eingeschränkten Platzangebot der Kälber begründet war (vgl. Anhang 17, Anhang 18). Bei erkrankten Tieren wurden geringere Abweichungen der mittleren lokomotorischen Aktivität festgestellt, zudem wiesen automatisch getränkte Tiere ein geringeres Aktivitätsniveau auf (vgl. Abb. 10). Die geringe Anzahl der Daten lokomotorischer Aktivität erkrankter Tiere ließ keine Varianzanalyse in den jeweiligen Altersabschnitten zu. Der Variationskoeffizient (VK) lag bei gesunden Kälbern in Einzelhaltung (P1) bei 27,8 %. In Gruppenhaltung (Zeitperiode P2, P3, P4) wurde bei Eimertränke ein VK von 26,0 %; 24,7 % und 24,4 % berechnet. Demgegenüber lag der VK in der Zeitperiode 3 bei erkrankten Kälbern ($n = 3$) mit 28,2 % über dem ge-

sunder Tiere. Im zweiten Versuchsanschnitt zeigten Berechnungen der Variation in Einzelhaltung (P1) bei erkrankten Tieren eine höhere Breite (44,0 %) als bei gesunden Tieren (40,1 %). Bei gesunden Tieren wurde nach der Umstellung in Gruppenhaltung bei Automatentränke in den Zeitperioden 2, P3 und P4 ein VK von 34,2 %; 29,7 % und 32,9 % ermittelt. Erkrankte Tiere wiesen in diesen Zeitabschnitten einen VK von 49,1 %; 33,0 % und 29,6 % auf. Signifikante Haltungs- oder Geschlechtseinflüsse konnten mit vorliegender Datenmenge nicht festgestellt werden.

Eimertränke



Automatentränke

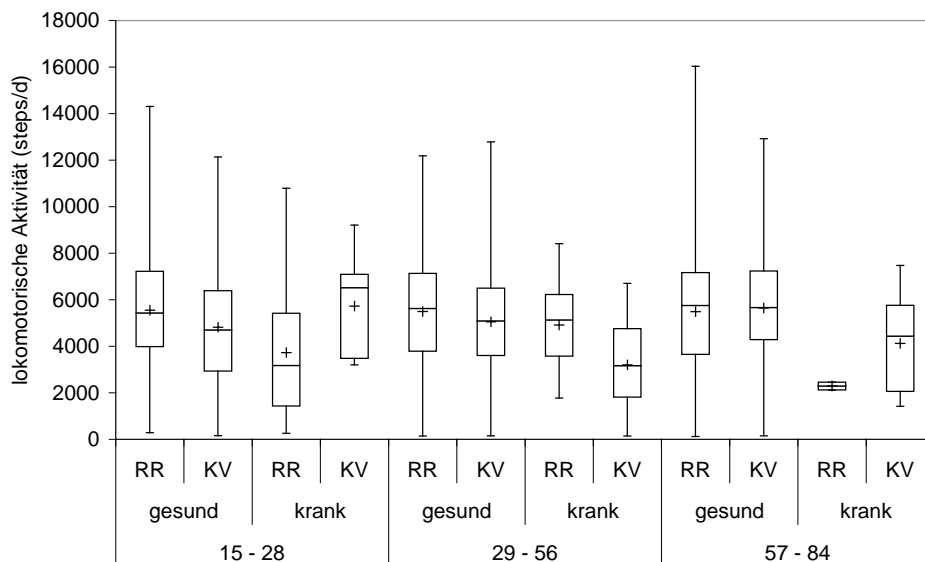


Abb. 10: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV), der Morbidität (gesund vs. krank) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere lokomotorische Aktivität (steps/d); Median, 25 %, 75 %, Mittelwert, Minimum und Maximum

5.2 Aktivitäts- und Ruheverhalten

5.2.1 Bewegungsaktivität

Entsprechend der Programmierung der Sensoren der Pedometer werden Impulse, die nicht in Ruhestellungen verbracht wurden, als Bewegungsaktivität bewertet. Der Verlauf der Bewegungsaktivität bestätigt bei enger Korrelation ($r = 0,91$) die Aussagen der lokomotorischen Aktivität. Tiere, die den Zeitpunkt der Milchaufnahme am Tränkeautomaten selbst wählen konnten, wiesen eine geringere Aktivität und somit eine höhere tägliche Liegedauer auf, als eimergetränkte Kälber. Die mittlere Tagesaktivität lag im RR vom 15. bis 84. Lebenstag bei 402 ± 28 Minuten (Eimertränke) und 337 ± 22 Minuten (Automatentränke). Bei der Haltung der Kälber im KV wurde eine mittlere Tagesaktivität von 405 ± 33 Minuten (Eimertränke) und 339 ± 38 Minuten (Automatentränke) festgestellt. Da die Summe der täglichen Bewegungsaktivität (in Minuten) spiegelbildlich zum Ruheverhalten verläuft, wurde an dieser Stelle auf die grafische Darstellung nach Haltung und Geschlecht verzichtet (statistische Kennzahlen vgl. Anhang 19). Die Prüfung von Gruppenunterschieden ergab wie bei der varianzanalytischen Auswertung der lokomotorischen Aktivität keinen Haltungseinfluss. Bei automatisch getränkten Kälbern wurde im Alter von 15 bis 28 Tagen eine signifikant höhere Bewegungsaktivität weiblicher Tiere ermittelt ($p = 0,035$). Wie aus Tab. 9 ersichtlich, entsprach die Aussage zur Beziehung zwischen den Alterszeiträumen mit höherer Korrelation zwischen aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten denen der lokomotorischen Aktivität.

Tab. 9: Mittlere Bewegungsaktivität (min.), Mittelwertdifferenz und Signifikanz zwischen den Altersgruppen (Zeitperiode P2 bis 4) bei Eimer- und Automatentränke

Zeitperiode (P) Alter (d)	P2 (Tag 15 – 28) P3 (Tag 29 – 56)	P2 (Tag 15 – 28) P4 (Tag 57 – 84)	P3 (Tag 29 – 56) P4 (Tag 57 – 84)
Eimertränke	0,73***	0,63***	0,79***
Automatentränke	0,79***	0,59***	0,79***

Signifikanz: *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; Anzahl Tiere Eimertränke: P2-P3 = 38, P2-P4 = 31, P3-P4 = 45; Anzahl Tiere Automatentränke: P2-P3 = 63, P2-P4 = 36, P3-P4 = 41

5.2.2 Ruheverhalten

Die Maxima des Parameters Ruhedauer lagen erwartungsgemäß zeitgleich mit den Minima der täglichen Aktivitätsdauer (vgl. Abb. 11, Anhang 19, Anhang 20). Im Zeitraum vom 15. bis zum 84. Tag differierte die mittlere Ruhedauer zwischen den Haltungsverfahren unwesentlich (Abb. 12). Die Anzahl der mittleren täglichen Ruheminuten betrug bei Eimertränke im RR 1038 ± 28 Minuten und im KV 1035 ± 33 Minuten. Das entspricht bei einer Anzahl von 17,30 Stunden einem prozentualen Anteil von 72,1 % am Tag (RR) bzw. bei 17,25 Stunden 71,9 % im KV (Tab. 10). In Anlehnung an die Ausführungen zum Aktivitätsverhalten bewirken kürzere Aktivitätszeiten längere Ruhezeiten. Dies zeigte sich bei automatisch getränkten Kälbern in der Anzahl der Ruheminuten. Die mittlere tägliche Gesamtliegedauer lag bei 1104 ± 22 Minuten (18,40 h; 76,7 %) im RR und 1103 ± 38 Minuten (18,38 h; 76,6 %) im KV, wobei die Einzelhaltungsphase unberücksichtigt blieb.

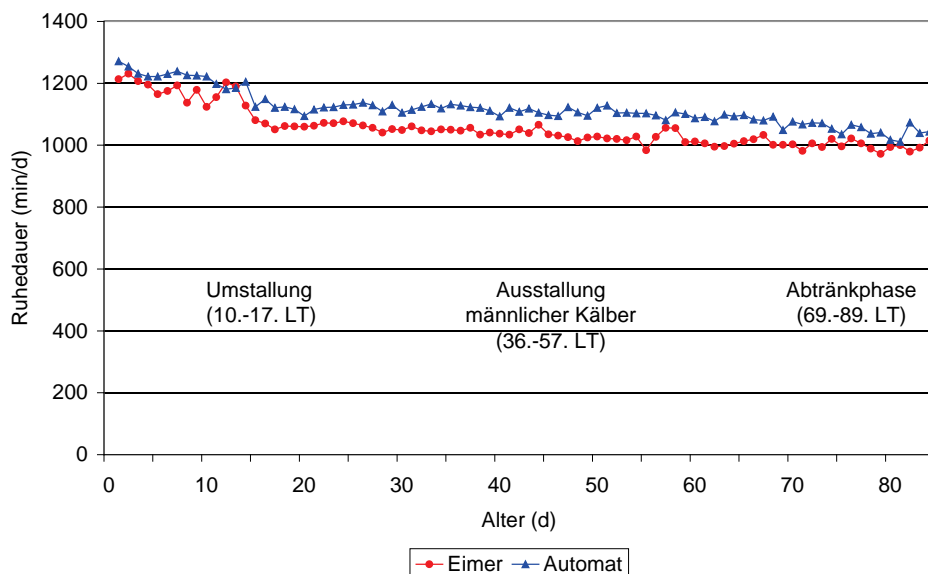


Abb. 11: Einfluss des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke, $n = 114/150$) auf die Ruhedauer (min/d) unter Angabe betriebsbedingter Einflüsse

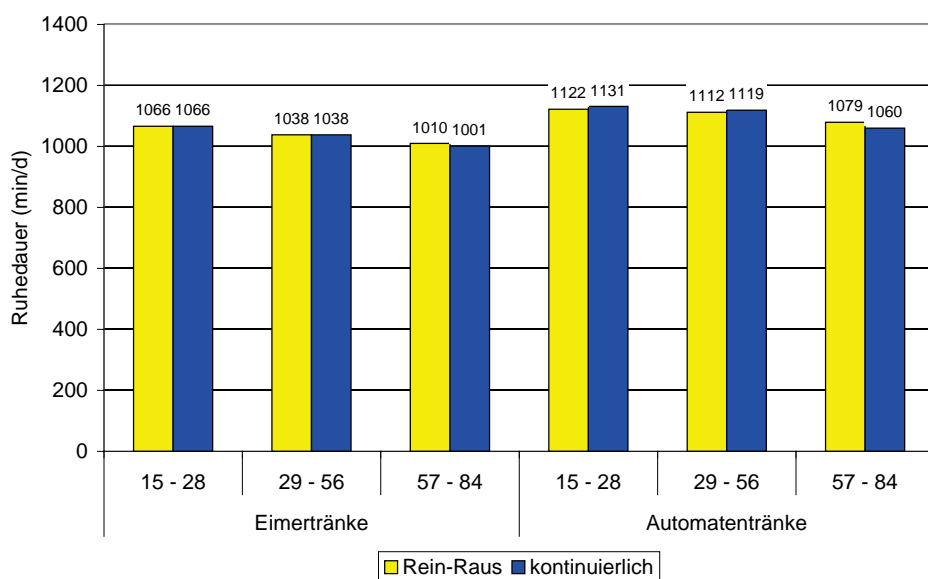


Abb. 12: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere Ruhedauer (min/d)

Tab. 10: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die Ruhezeit (h, %)

Zeitperiode (P) Alter (d)	P1 (1 – 14)		P2 (15 – 28)		P3 (29 – 56)		P4 (57 – 84)		P2 - P4 (15 – 84)	
	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%
Eimertränke	19,6	81,7	17,8	74,0	17,3	72,1	16,8	69,8		
RR	19,7	82,2	17,8	74,0	17,3	72,1	16,8	70,1	17,30	72,1
KV	19,5	81,3	17,8	74,0	17,3	72,1	16,7	69,5	17,25	71,9
Automat	20,5	85,3	18,8	78,2	18,6	77,5	17,8	74,3		
RR	20,5	85,5	18,7	77,9	18,5	77,2	18,0	74,9	18,40	76,7
KV	20,5	85,2	18,9	78,5	18,7	77,7	17,7	73,6	18,38	76,6

Zeitperiode 1 entspricht dem Verhalten vor der Umstallung in Gruppenhaltung, bei Gegenüberstellung der Haltungsverfahren wurden die Werte von Zeitperiode 2 bis 4 berücksichtigt

In beiden Versuchsabschnitten ruhten männliche Kälber länger als die weiblichen Tiere (vgl. Abb. 13, Anhang 20, Anhang 21). Signifikante Geschlechtsunterschiede wurden im Zeitraum vom 15. bis zum 28. Lebenstag festgestellt ($p = 0,03$).

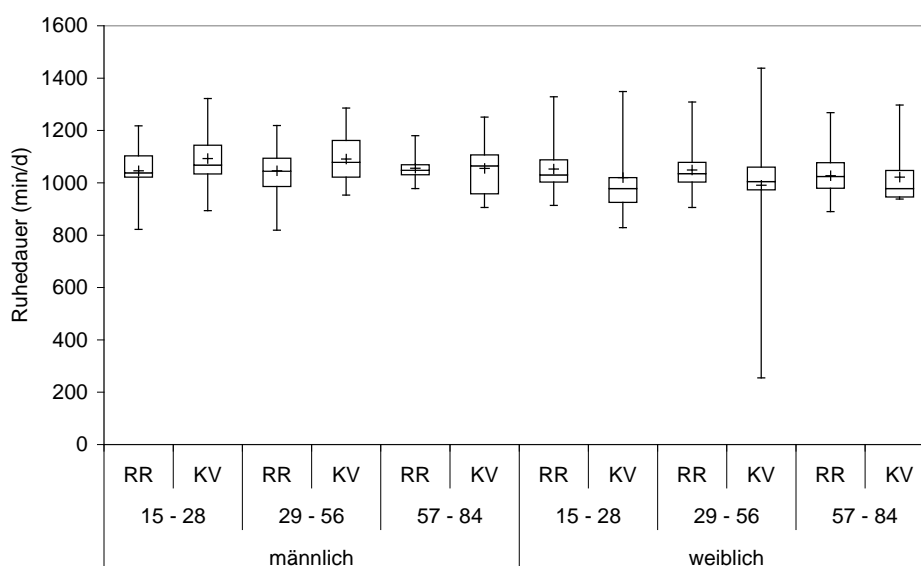
Anhand der Korrelationsberechnungen konnten zwischen den Zeiträumen Beziehungen festgestellt werden, die stärkere Veränderungen zwischen dem ersten und dritten Lebensmonat zeigen (Tab. 11). Das ermittelte Ruheverhalten war im zweiten und dritten Monat etwa auf gleichem Niveau. Bei den eimergetränkten Tieren wurde zwischen der Umstallungsphase (Zeitperiode 2) und dem zweiten Monat (Zeitperiode 3) in Gruppenhaltung eine geringere Korrelation der Ruheminuten ermittelt.

Tab. 11: Ruhedauer (min.), Mittelwertdifferenz und Signifikanz zwischen den Altersgruppen (Zeitperiode P2 bis 4) bei Eimer- und Automatentränke

Zeitperiode (P) Alter (d)	P2 (Tag 15 – 28) P3 (Tag 29 – 56)	P2 (Tag 15 – 28) P4 (Tag 57 – 84)	P3 (Tag 29 – 56) P4 (Tag 57 – 84)
Eimertränke	0,58***	0,50**	0,80***
Automatentränke	0,78***	0,67***	0,85***

Signifikanz: *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; Anzahl Tiere Eimertränke: P2-P3 = 38, P2-P4 = 31, P3-P4 = 45; Anzahl Tiere Automatentränke: P2-P3 = 67, P2-P4 = 38, P3-P4 = 44

Eimertränke



Automatentränke

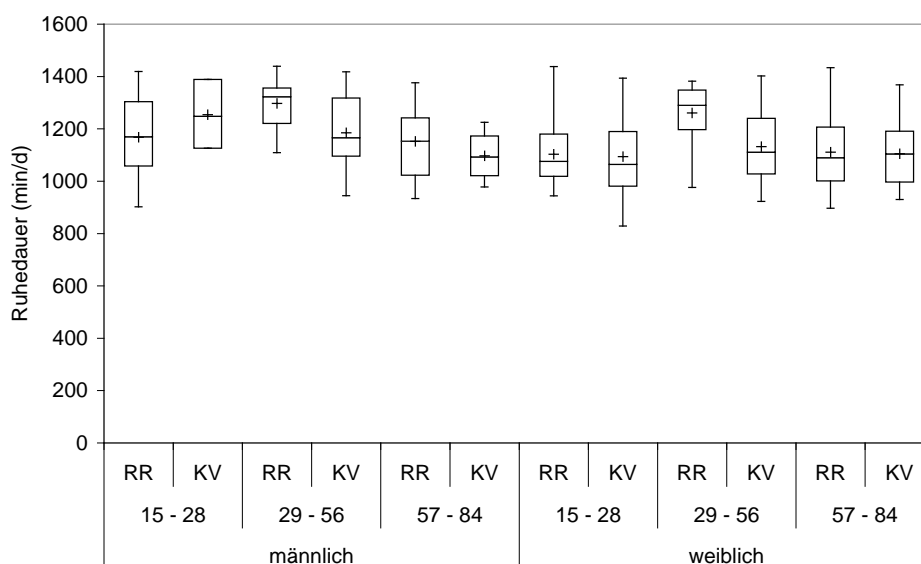


Abb. 13: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV), des Geschlechts sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere Ruhedauer (min/d); Median, 25 %, 75 %, Mittelwert, Minimum und Maximum

5.2.3 Dauer der Ruheperioden und Häufigkeit der Ruhephasenwechsel

Bei Eimertränke erhöhte sich die mittlere Dauer der Ruheperioden mit zunehmendem Alter im RR und verringerte sich im KV (vgl. Abb. 14, Anhang 22). Vom 15. bis zum 28. Tag betrug die mittlere Phasendauer 67,8 Minuten (RR) bzw. 67 Minuten (KV) mit signifikanten Unterschieden zwischen den HV ($p = 0,03$). Vom 29. bis zum 56. Tag differierte die Ruheperiodendauer zwischen den HV um vier Minuten ($p = 0,01$), vom 57. bis zum 84. Tag verstärkte sich der Unterschied (RR 72,1 min., KV 63,8 min., $p = 0,03$). In Gruppenhaltung (15. bis 84. Tag) unterschieden sich die Tiere im RR (69,8 min.) signifikant

von Tieren im KV (65,6 min.; $p = 0,0001$). Die Ruheperiodendauer weiblicher Kälber lag im Tagesverlauf bei Eimertränke signifikant über der Dauer männlicher Tiere ($p = 0,002$).

Bei automatisch getränkten Kälbern zeigten Berechnungen der Ruheperiodendauer (vgl. Abb. 14, Anhang 23) signifikante Haltungsverfahrensunterschiede vom 15. bis zum 28. Tag ($p = 0,004$). Die Dauer der im RR aufgezogenen Kälber (63 min.) lag unter der Ruheperiodendauer der Kälber im KV (69,8 min.). Es ergaben sich signifikante Haltungsverfahrensunterschiede vom 29. bis zum 56. Tag: $p = 0,03$ und vom 57. bis zum 84. Tag: $p = 0,01$. Bei den im KV gehaltenen Kälbern verringerte sich mit zunehmendem Alter die mittlere Phasendauer. Dieses Resultat konnte bei den Tieren im RR nicht gezeigt werden. In der Gruppenhaltung wurden vom 15. bis 84. Tag signifikante Haltungsverfahrensunterschiede ermittelt (RR: 66,1 min.; KV: 68,3 min.; $p = 0,03$). Weibliche Tiere wiesen in beiden Tränkeverfahren im Zeitraum von 29 bis 56 Tagen eine signifikant höhere Phasendauer auf ($p = 0,002$).

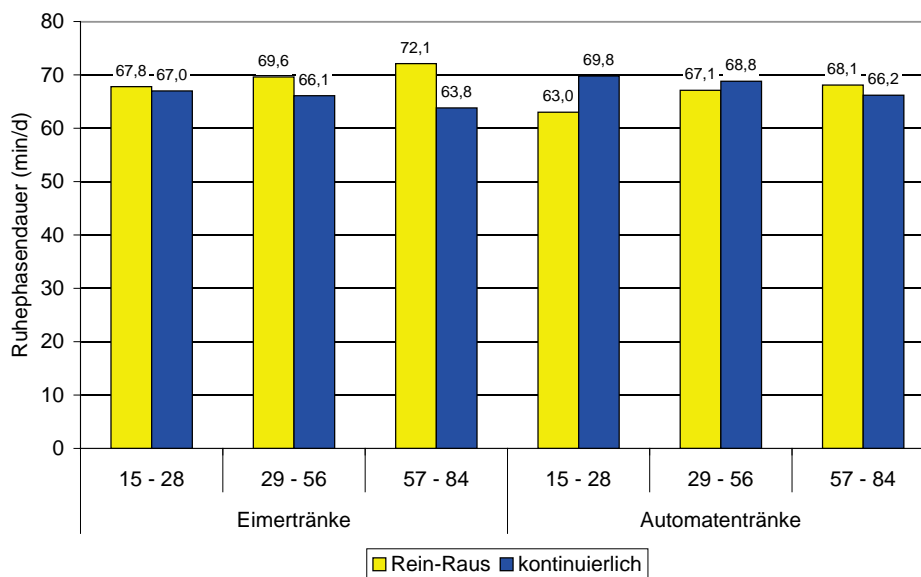


Abb. 14: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere Ruhephasendauer (min/d)

Die Häufigkeit der mittleren täglichen Wechsel zwischen den Ruhephasen lag bei Eimertränke vom 15. bis zum 84. Tag bei Gruppen im Rein-Raus-Verfahren bei 13,6 und im KV bei 14,4 Phasen (vgl. Abb. 15, Anhang 24) und ergab signifikante Differenzen ($p = 0,0001$). Auch im Zeitraum vom 29. bis zum 56. Tag wurden signifikante Haltungsverfahrensunterschiede ermittelt ($p = 0,0001$). Vom 57. bis zum 84. Tag verringerte sich die Häufigkeit des Wechsels in beiden HV, im RR um 1,8 Wechsel, im KV um 0,1. In allen Zeitabschnitten zeigten männliche Kälber mit höherer Anzahl der Phasenwechsel ein signifikant unruhigeres Verhalten ($p = 0,0001$).

Bei automatisch getränkten Tieren differierte die Häufigkeit der mittleren täglichen Ruhephasenwechsel zwischen den Haltungsverfahren vom 15. bis zum 84. Tag (RR: 14,8 und KV: 14,1; vgl. Anhang 25). Haltungsverfahrensbedingte Unterschiede wurden im Alter von 29 bis 56 Tagen festgestellt ($p = 0,0001$). Signifikante Geschlechtseinflüsse ergaben sich in jedem Zeitabschnitt der Gruppenhaltung ($p = 0,0001$), wobei männliche Kälber eine höhere Aktivität beim Wechsel zwischen den Ruhephasen aufwiesen.

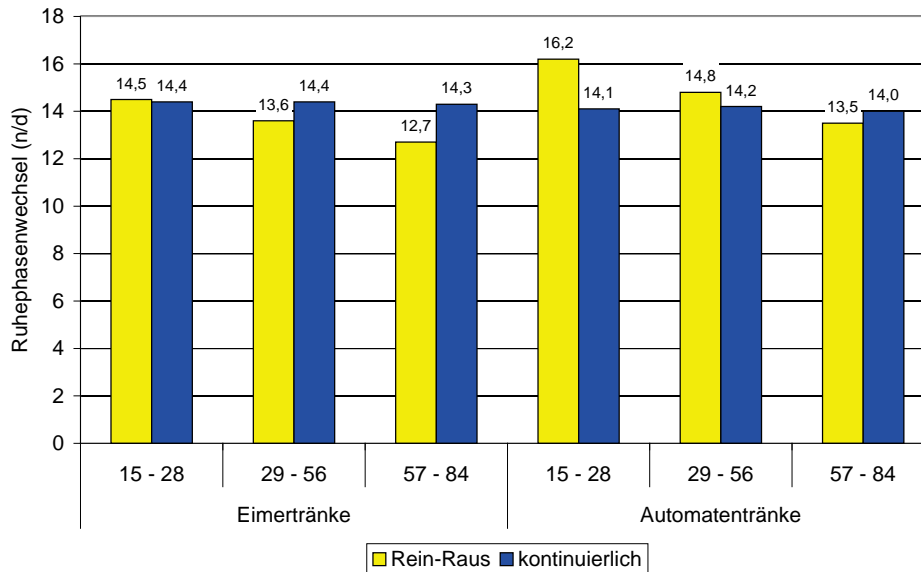


Abb. 15: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere Anzahl der Ruhephasenwechsel (n/d)

5.3 Rhythmik

5.3.1 Aktivitäts- und Ruhephasenrhythmik im Tages- und im Jahresverlauf

Die Tagesrhythmik war durch Fütterungszeiten beeinflusst. Eine Unterteilung in Sommer- und Wintermonate unterstützt die Aussagen zum Aktivitätsverhalten (vgl. Abb. 16 und Abb. 17). Festgestellt wurde in den Wintermonaten vom Dezember bis zum Februar eine klimatisch bedingte höhere lokomotorische Aktivität. Stark ausgeprägt war die Aktivität in den Abendstunden angepasst an den Sonnenuntergang. Bei eimergetränkten Kälbern deuten vier Peaks einen ultradianen Rhythmus im Abstand von 3, 4, 5 und 12 Stunden an. Die gleichen Beobachtungen wurden auch bei automatisch getränkten Kälbern gemacht, wobei die Peaks jeweils eine Stunde vorher und mit geringerer Intensität auftraten.

Untersuchungen zur Verteilung der Liegezeiten im Tagesverlauf ergaben drei bevorzugte Liegeperioden, die von der Fütterung unterbrochen wurden. Diese waren nach der ersten Milchaufnahme am Morgen, vor der Mittagsfütterung am späten Vormittag und am Nachmittag von 14 bis 15 Uhr. Bei eimergetränkten Kälbern waren die Ruheperioden besonders deutlich abgegrenzt vom höheren Aktivitätsniveau. Die Differenzen zwischen Sommer- und Wintermonaten waren geringer, als bei automatischer Tränke. Eine ausgeprägte Rhythmik in Abhängigkeit von der Tageslichtlänge war bei jungen Kälbern im Außenklimastall nicht feststellbar. In den Sommermonaten wurde bei Eimertränke bei verlängerter Tageslichtperiode eine mittlere stündliche Ruhedauer von $42,6 \pm 11,8$ Minuten ermittelt. Mit länger werdender Dunkelperiode betrug die tägliche mittlere Ruhedauer in den Wintermonaten $43,8 \pm 12,4$ Minuten. Bei Automatentränke verringerte sich hingegen die Gesamtliegezeit in den Wintermonaten ($45,7 \pm 8,7$ min/h) gegenüber den Sommermonaten ($46,8 \pm 6,9$ min/h).

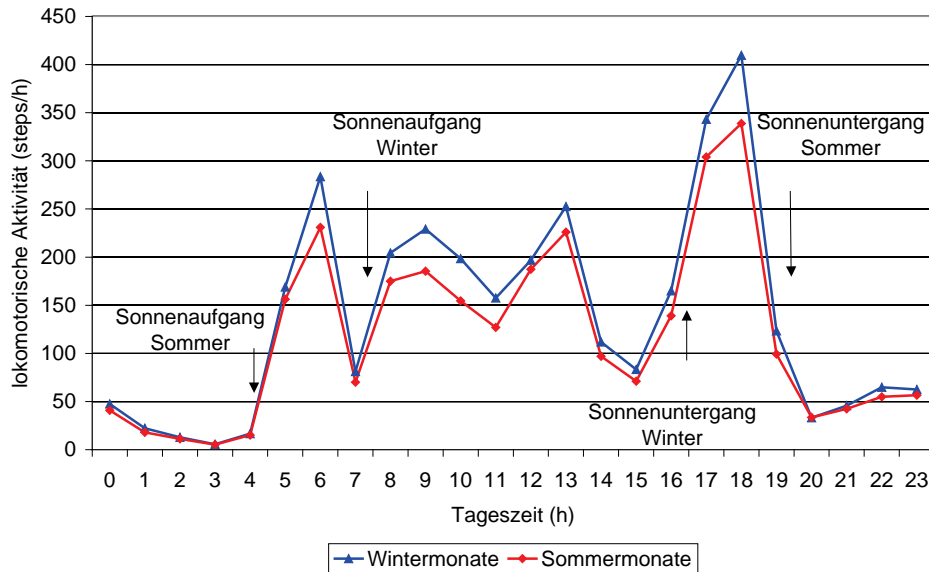


Abb. 16: Einfluss der Jahreszeit (Wintermonate: Dezember bis Februar, Sommermonate: Juni bis August) auf die mittlere lokomotorische Aktivität (steps/h) im Tagesverlauf bei Eimertränke

Die geringere Streuung deutet darauf hin, dass bei automatischen Tränkeverfahren die Nachruheperiode von einer geringeren Anzahl von Einzeltieren unterbrochen wird. Der Beginn der Nachruhe wurde nach eigenen Untersuchungen nicht vom Sonnenuntergang und dem Eintritt völliger Dunkelheit beeinflusst. In diesem Zeitraum stieg die lokomotorische Aktivität, um gegen 21 Uhr in die Nachruhephase überzutreten (vgl. Abb. 17).

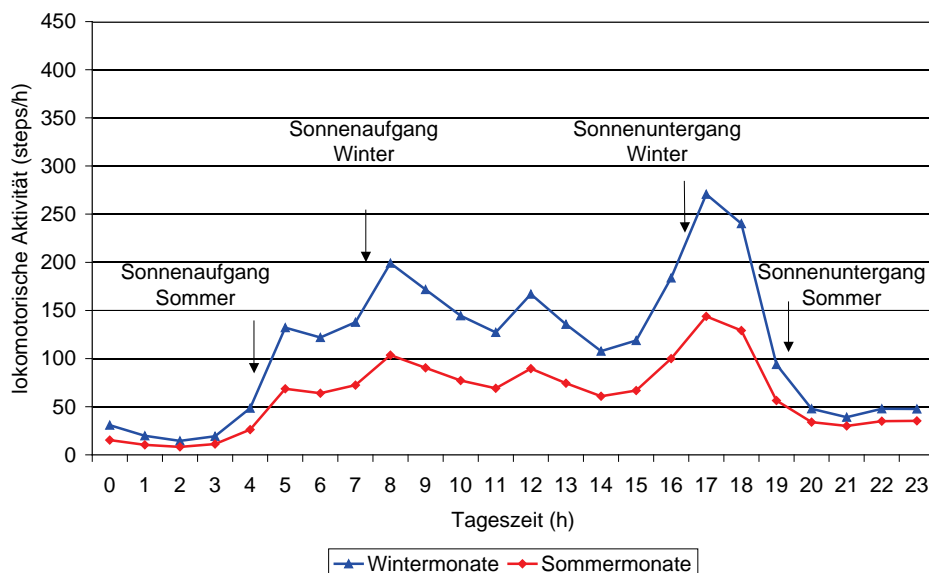
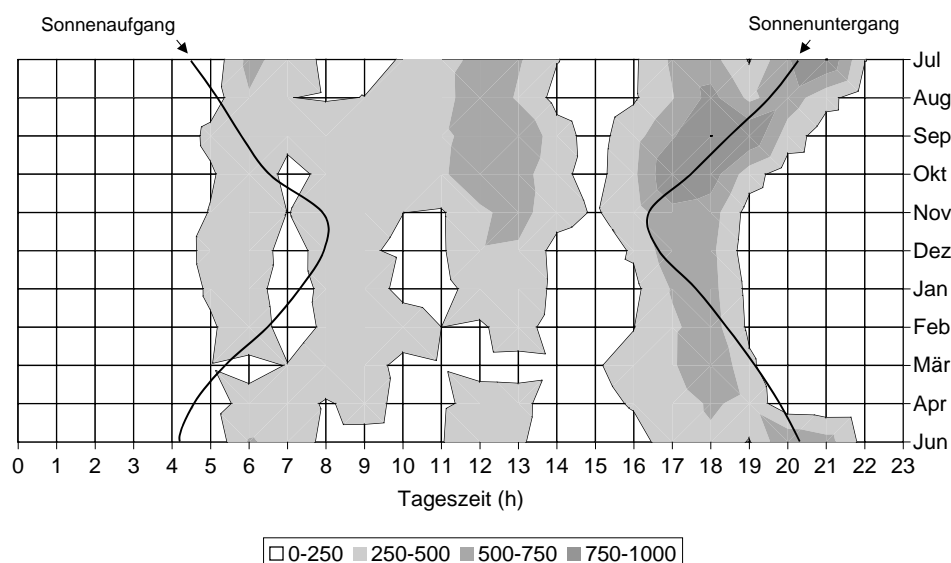


Abb. 17: Einfluss der Jahreszeit (Wintermonate: Dezember bis Februar, Sommermonate: Juni bis August) auf die mittlere lokomotorische Aktivität (steps/h) im Tagesverlauf bei Automatentränke

Im Tagesverlauf zeigten sich bei eimergetränkten Kälbern Erhöhungen der Aktivität zu den Fütterungszeiten, die bei etwa 6:00 Uhr, 12:30 Uhr und 18:00 Uhr lagen (vgl. Abb. 18, fehlende Werte im Mai waren durch die Versuchsanstellung bedingt; im November durch allgemeine technische Probleme). Bei Automatentränke wurde den Tieren die Wahl

des Zeitpunktes der Milchaufnahme überlassen. In Zusammenhang mit den Fütterungszeiten wurden keine klaren Maxima mit Abgrenzung zur allgemeinen Aktivität bestätigt.

Eimertränke



Automatentränke

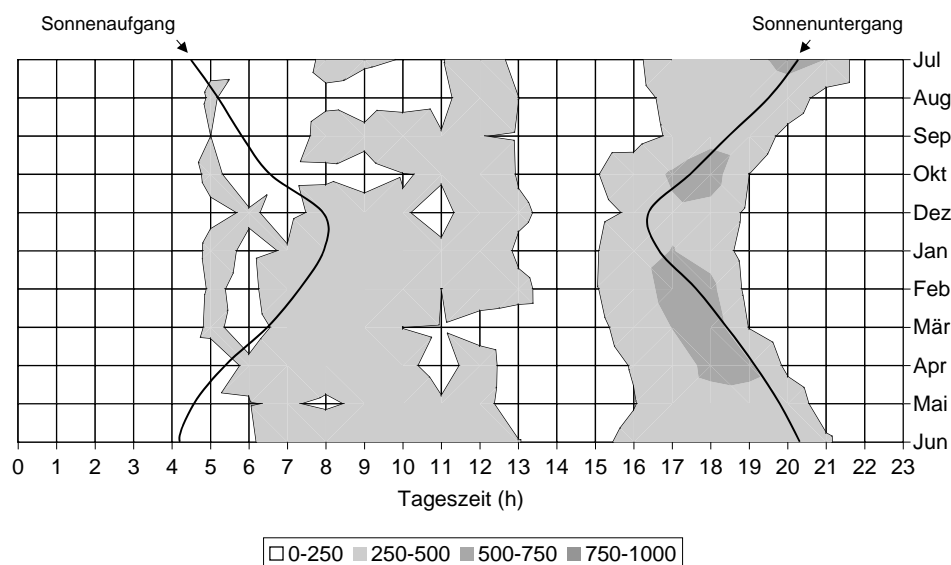
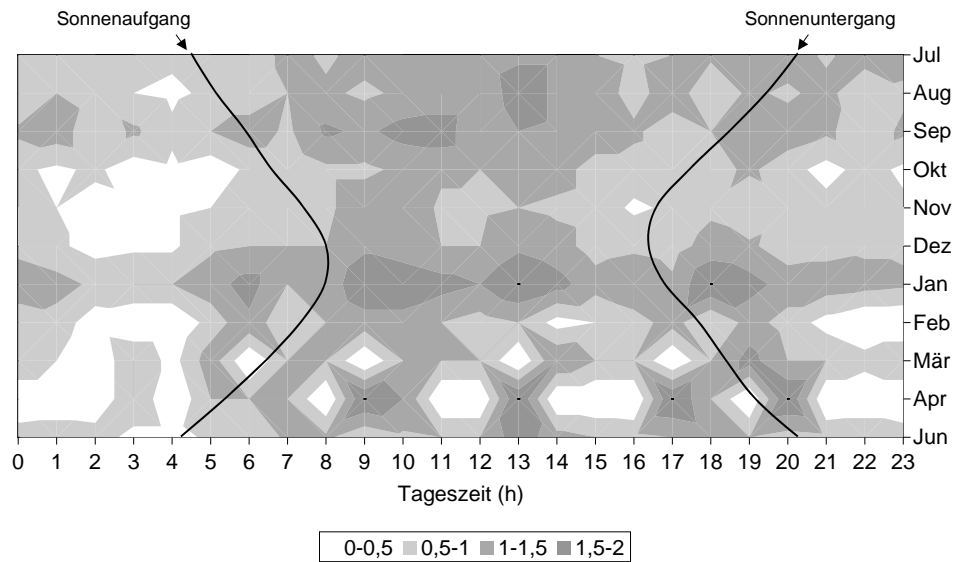


Abb. 18: Mittlere lokomotorische Aktivität (steps/h) im Tages- und Jahresverlauf bei Eimertränke (Werte im Mai unberücksichtigt) und bei Automatentränke (Werte im November unberücksichtigt)

Zur Zeit des Sonnenaufgangs wurde keine Aktivitätssteigerung festgestellt. Im Zeitraum des Sonnenuntergangs und der Dämmerung waren im Jahresverlauf Zusammenhänge zum lokomotorischen Verhalten erkennbar. Das höhere Aktivitätsniveau der eimergetränkten Kälber in den Abendstunden führte offensichtlich zu ausgeprägten Ruhezeiten, die sich in geringerem nächtlichen Phasenwechsel zeigten (Abb. 19). Die Beobachtungen der Aktivitätsrhythmik wird durch zirkannuale Betrachtungen der Ruhephasenwechsel bestätigt. Bei Eimertränke zeichneten sich unregelmäßige Phasenwechsel ab, die im Tagesverlauf inten-

siver waren. Bei Automatentränke zeigten die Wechsel der Tiere zwischen den Ruhephasen im Vergleich konstante Zeitmuster, in den Herbst- und Frühjahrsmonaten angepasst an den Sonnenuntergang. Gegen 5 Uhr (ganzjährig) und 19 Uhr (im Winterhalbjahr) wurde ein Tag-Nacht Rhythmus festgestellt, der vom Sonnenauf- und Untergang unbeeinflusst zu sein scheint. Prägnant sind bei automatischer Tränke häufige Wechsel um die Mittagszeit.

Eimertränke



Automatentränke

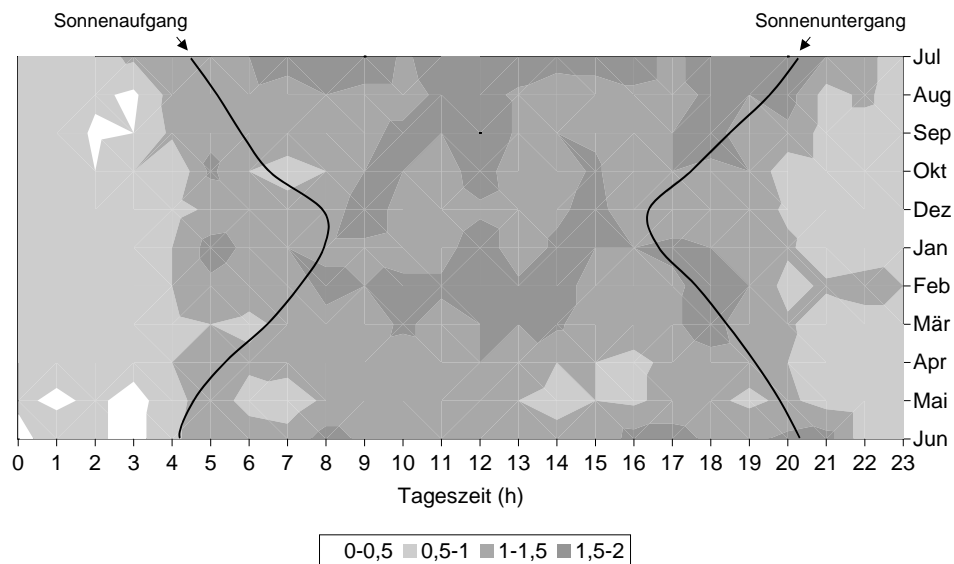
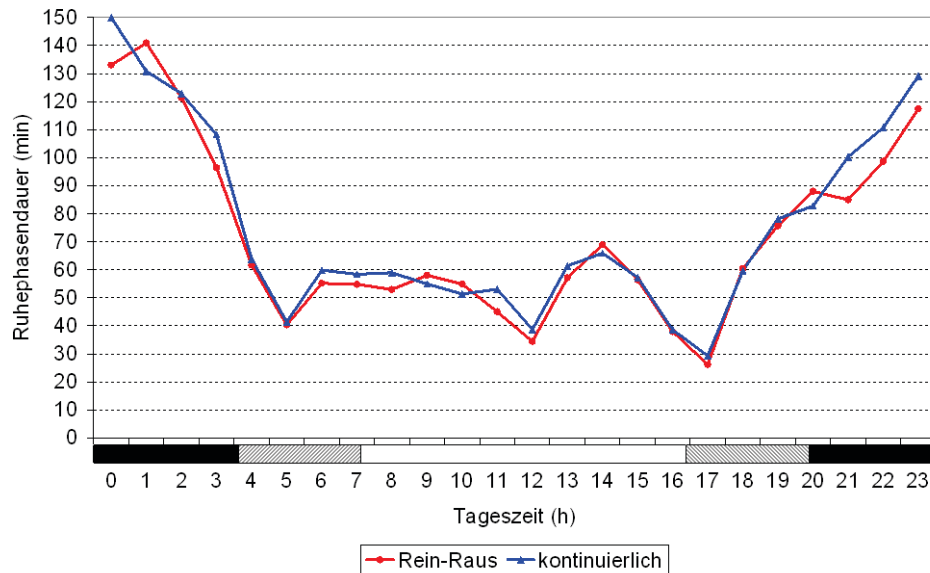


Abb. 19: Häufigkeit der mittleren Ruhephasenwechsel (n/h) im Tages- und Jahresverlauf bei Eimertränke (Werte im Mai unberücksichtigt) und bei Automatentränke (Werte im November unberücksichtigt)

Untersuchungen zur Verteilung der Liegezeiten im Tagesverlauf ergaben bevorzugte Liegeperioden in der Nacht. Kurz vor Sonnenaufgang war den Aufzeichnungen nach zu beurteilen die Nachtruhe beendet (vgl. Abb. 20 mit Angabe der Dämmerungszeiten). Im Tagesverlauf wurden Ruheperioden nach der ersten Mahlzeit und am frühen Nachmittag

festgestellt. Bei Eimertränke war der Einfluss externer Zeitgeber auf das Ruheverhalten deutlich erkennbar. Geringfügige Haltungunterschiede zeichneten sich vorwiegend während der Nachtruhe und der Ruhephase nach der ersten Milchtränke und am Nachmittag ab. Jeweils nach der Eimertränke zu vorgegebenen Zeitpunkten wurden im KV vermehrt Ruheperioden beobachtet. Bei Automatentränke zeigte sich im RR ein harmonisches Ruheverhalten mit weniger stark ausgeprägten Maskierungen durch die Fütterungseinflüsse.

Eimertränke



Automatentränke

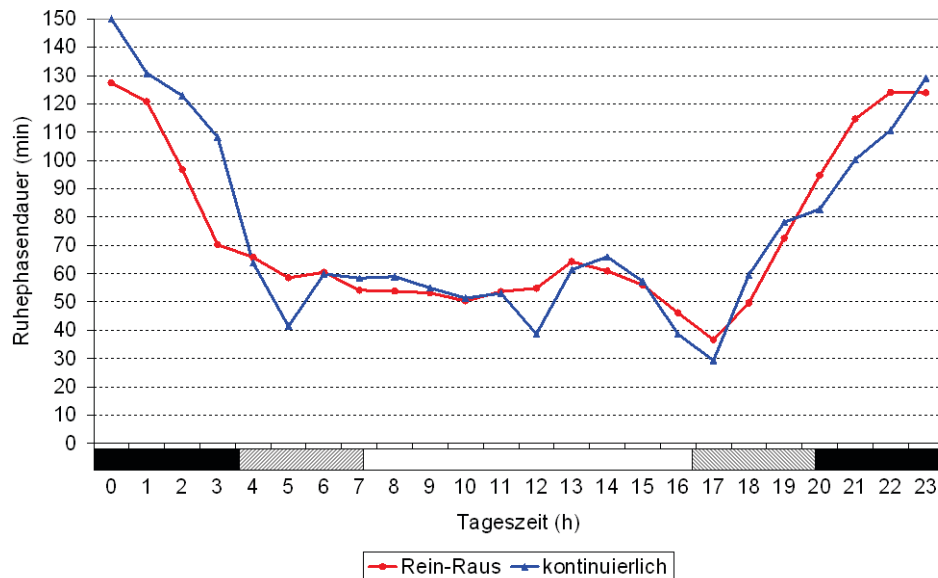


Abb. 20: Mittlere Dauer der stündlichen Ruhephasen (min.) in den Haltungsverfahren (RR vs. KV) sowie den Tränkeverfahren (Eimer- vs. Automatentränke) im Tagesverlauf unter Angabe der Tag-, Nacht- und Dämmerungszeiten (weißer, schwarzer und grauer Balken)

Die stündliche Ruhedauer der im KV aufgezogenen Kälber war während des gesamten Zeitraumes in Gruppenhaltung bei Automatentränke signifikant größer als die Dauer im

RR (vgl. Kap. 5.2.3), insbesondere in den nächtlichen Ruhestunden vor der ersten Futteraufnahme. Der Einfluss zu den Milchaufnahmezeiten gegen 5, 12 und 17 Uhr verminderte die Ruhephasendauer kontinuierlich gehaltener Kälber.

Im Jahresverlauf ergaben Berechnungen der Ruhephasendauer bei Eimertränke lediglich im Januar geringfügige Haltungsunterschiede ($p = 0,03$), wobei die Dauer im RR über der im KV lag. Automatisch getränkte Tiere wiesen im August signifikante Unterschiede auf, die durch eine höhere Ruhephasendauer der kontinuierlich gehaltenen Tiere gekennzeichnet war ($p = 0,01$). Signifikante Geschlechtseinflüsse deuteten bei verminderter Dauer der Ruhephasen und häufigerem Phasenwechsel unruhigere Verhaltensmuster bei männlichen Tieren an (Eimer: $p = 0,0004$; Automat: $p = 0,02$). Die mittlere Anzahl der stündlichen Ruhephasenwechsel lag bei Eimertränke bei $1,0 \pm 0,4$ und bei Automatentränke bei $1,2 \pm 0,4$. Sowohl Dauer als auch Wechsel zwischen den Ruhephasen zeigten bei Automatentränke geringere Abweichungen im Jahresverlauf als bei Eimertränke.

5.3.2 Zeitreihenanalyse

In der Zeitreihenanalyse wurde durch die Wahl der Analyse-Intervalle von 15 Minuten und die Dauer der Reihe von sieben Tagen der Bereich des Spektrums bestimmt. Altersabhängig wurden unterschiedliche Rhythmen festgestellt, die sich zudem zwischen den Verfahren der Tränkeverabreichung in der Intensität unterschieden. In den ersten Lebens-tagen, die Kälber in Einzelhaltung verbrachten, wurden neben einer 24-Stunden Rhythmik ultradiane Rhythmen festgestellt, deren höchste Intensität im 12-Stunden Bereich lag, welche von 19, 11, 7 und 16 Stunden gefolgt wurden (Abb. 21).

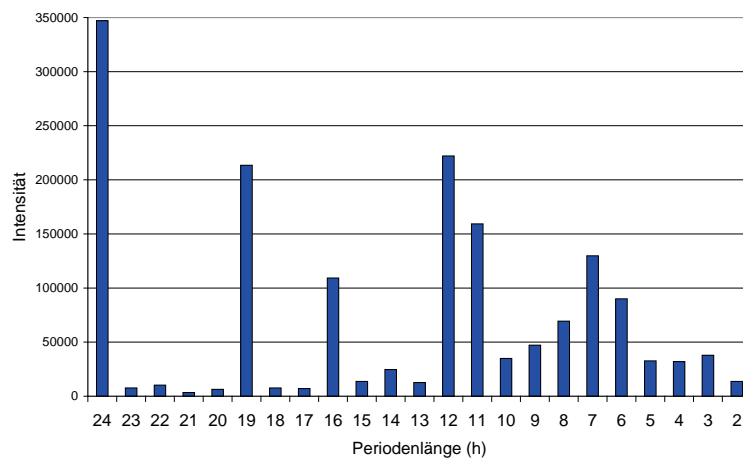
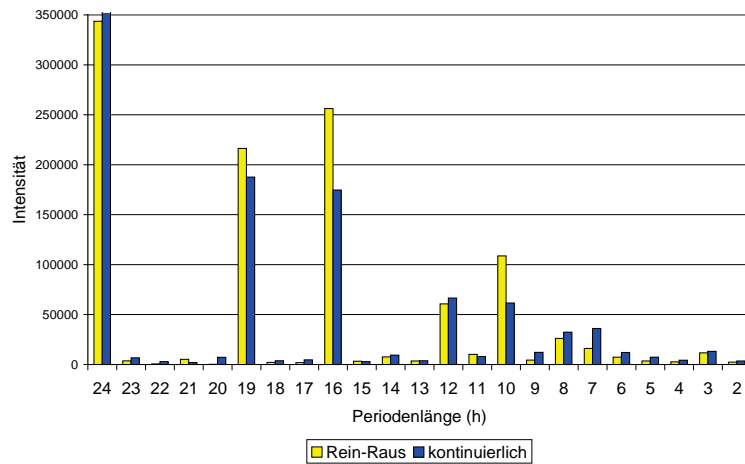


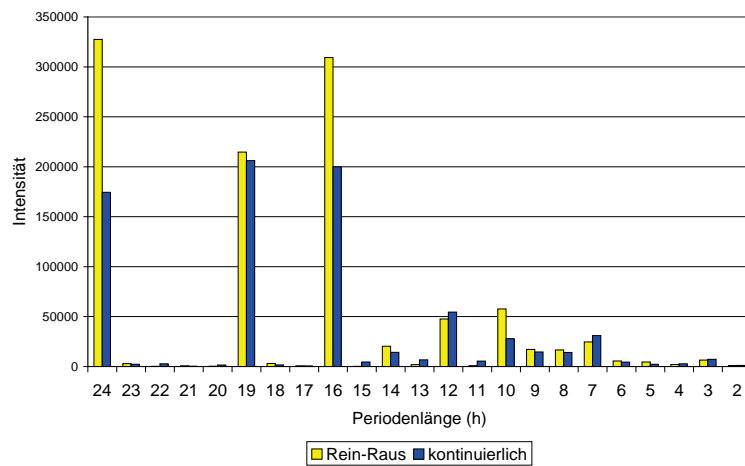
Abb. 21: Periodogramm der mittleren lokomotorischen Aktivität im Tagesverlauf (15 Minuten Intervall, Dauer 7 d) in Einzelhaltung vor Einteilung der Tiere in Gruppenhaltung mit Eimertränke

Nach der Umstallung in die Gruppenhaltung lag die Ausprägung der 24-Stunden Rhythmik bei eimergetränkten Kälbern bis zum Ende des 2. Monats über der Intensität im ultradianen Bereich, insbesondere im RR und verringerte sich mit zunehmendem Alter (vgl. Abb. 22). Im Abstand von 1 bis 3 Stunden waren sekundäre Aktivitätsmaxima zu beobachten. Festgestellt werden konnte in allen Altersabschnitten und Haltungsvarianten eine 3-, 7-, 8-, 10-, 12-, 16- und 19-Stunden Rhythmik, darunter liegend waren minimale Peaks erkennbar.

Zeitperiode 2 (15 – 28 d)



Zeitperiode 3 (29 – 56 d)



Zeitperiode 4 (57 – 84 d)

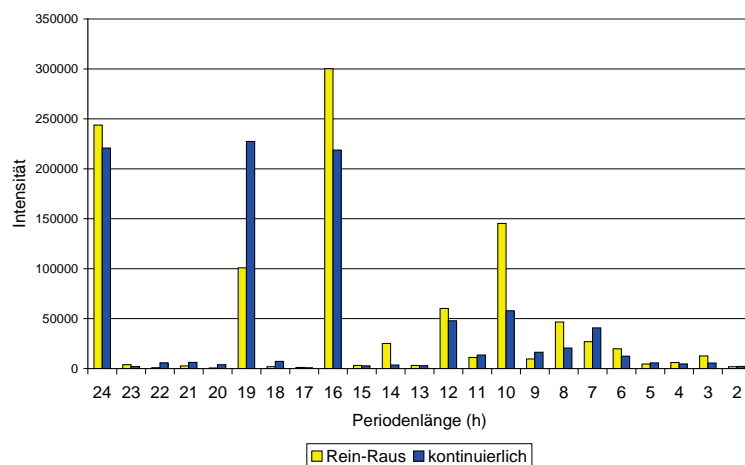


Abb. 22: Periodogramm der mittleren lokomotorischen Aktivität im Tagesverlauf (15 Minuten Intervall, Dauer 7 d) in den Haltungsverfahren (RR vs. KV) bei Eimertränke

Verhaltensrhythmisch traten während des Lichttages signifikante Unterschiede zwischen den Haltungsverfahren auf (Zeitperiode P2: $p = 0,002$; P3: $p = 0,02$; P4: $p < 0,0001$). Im Rein-Raus-Verfahren zeigten die Tiere eine stärkere Ausprägung relevanter Rhythmen. Eine Ausnahme bildet die 19-Stunden Rhythmik bei kontinuierlich gehaltenen Kälbern vom 57. bis zum 84. Tag (vgl. Abb. 22).

Vor Umstallung der Tiere in Gruppen mit automatischem Tränkesystem wurden in Einzelhaltung 24-, 16-, 10- und 12-Stunden Rhythmen festgestellt (Abb. 23). Die Intensität unterschied sich von jungen Kälbern vor Umstallung mit Eimertränke aufgrund des geringeren Niveaus der lokomotorischen Aktivität (vgl. Kap. 5.1).

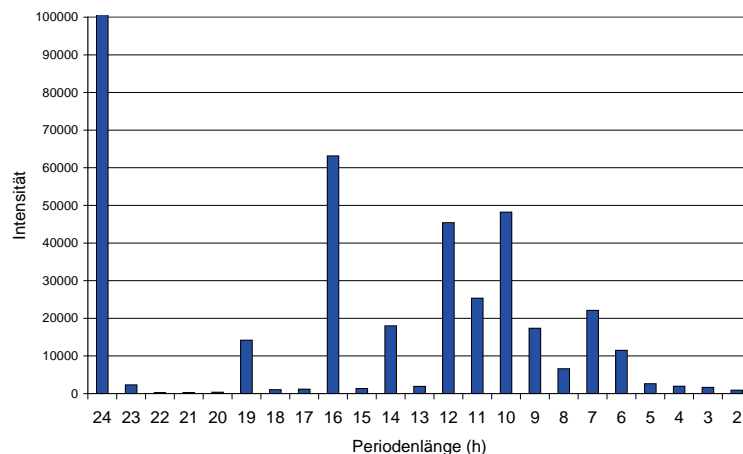
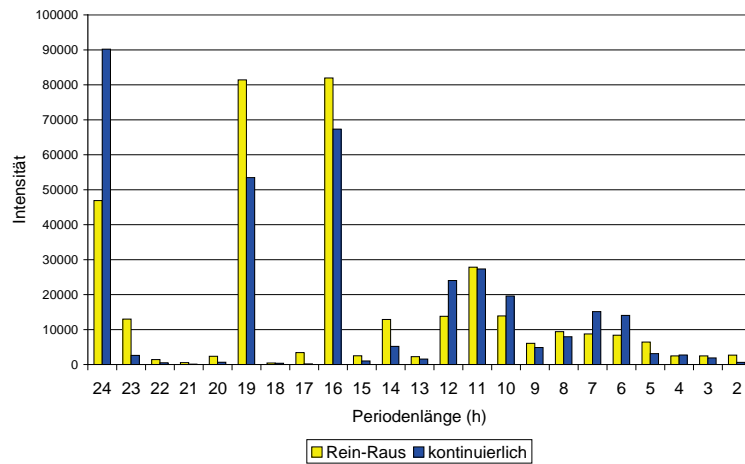


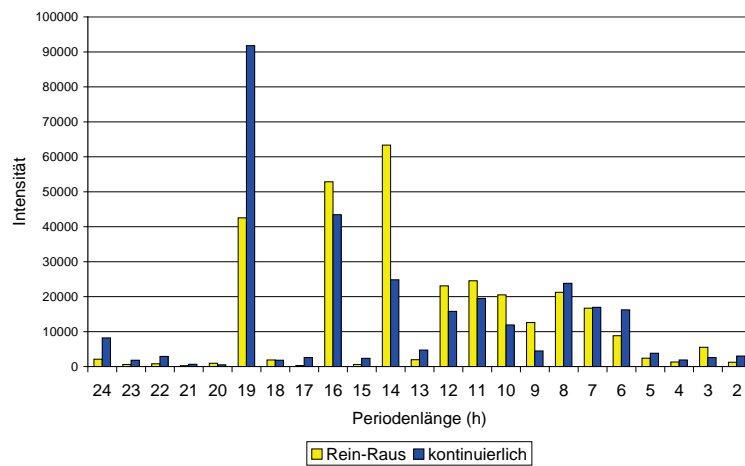
Abb. 23: Periodogramm der mittleren lokomotorischen Aktivität im Tagesverlauf (15 Minuten Intervall, Dauer 7 d) in Einzelhaltung vor Einteilung der Tiere in Gruppenhaltung mit Automatentränke

Veränderungen in der Verabreichungsform der Milchtränke führten im Vergleich zur Eimertränke zu einer breiteren Variation der ultradianen Struktur der Aktivität, die neben einer weniger stark ausgeprägten 24-Stunden Rhythmik durch Zeitmuster der Aktivität von 2- bis 19-Stunden Periodenlänge charakterisiert wurde (Abb. 24). Im Zeitverlauf trat vom 15. bis 28. und vom 56. bis 84. Tag eine spektrale Komponente der 24-Stunden Periode hervor, die in der Gruppe bei kontinuierlicher Belegung deutlicher als im RR auftrat. Vom 29. bis 56. Tag wurde die 24- durch eine 19-Stunden Periodik ersetzt, insbesondere unter kontinuierlichen Haltungsbedingungen. Die unter 12 h liegenden Rhythmen zeigten bei altersabhängiger Differenzierung im Vergleich zur 14-, 16- und 19-Stunden Rhythmik eine geringere Leistungsstärke und glichen sich im Tagesrhythmus mit zunehmendem Alter wieder an. Signifikante Haltungsunterschiede wurden in allen Zeitabschnitten ermittelt (P2: $p = 0,003$; P3: $p = 0,0003$; P4: $p = 0,006$). Unter den Haltungsbedingungen bei homogener Gruppenzusammensetzung (RR) zeigte sich im Zeitraum vom 15. bis zum 28. Tag (P2) die ultradiane Periodik leistungsstärker, vom 57. bis zum 84. Tag bei kontinuierlich gehaltenen Tieren.

Zeitperiode 2 (15 – 28 d)



Zeitperiode 3 (29 – 56 d)



Zeitperiode 4 (57 – 84 d)

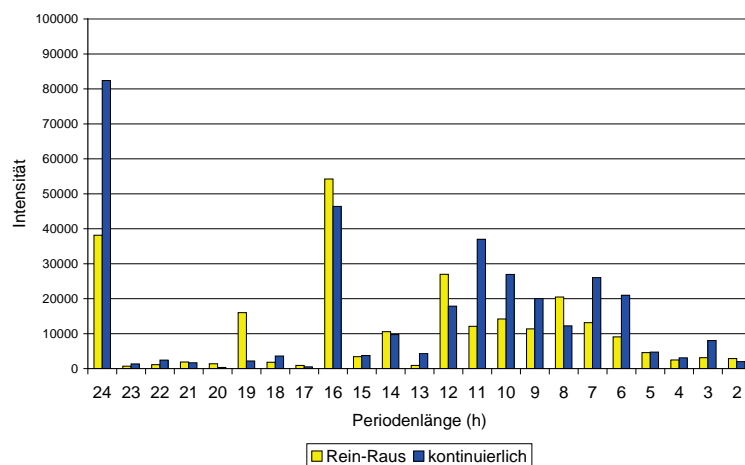


Abb. 24: Periodogramm der mittleren lokomotorischen Aktivität im Tagesverlauf (15 Minuten Intervall, Dauer 7 d) in den Haltungsverfahren (RR vs. KV) bei Automatenränke

5.3.3 Kopplungsgradanalyse

Der Informationsgehalt der erfassten Aktivitätsdaten ermöglicht sowohl quantitative als auch zeitlich bezogene Aussagen. Die Einschätzung der tagesrhythmischen Struktur anhand der Aktivität ergab bei Eimertränke eine ausgeglichene Statusdiagnostik (vgl. Abb. 25), wobei Belastungsfaktoren unter kontinuierlichen Haltungsbedingungen signifikant geringer waren als im RR (LKG: $p < 0,0001$, harmonischer Anteil: $p < 0,0005$). Demgegenüber wiesen Untersuchungen von Belastungsbedingungen bei automatisch getränkten Kälbern auf höhere Belastungen der Tiere hin. Die Ausprägung des LKG ergab bei kontinuierlicher Belegung größere Anpassungsschwierigkeiten an die Tränketeknik. Signifikante Unterschiede zwischen den Haltungsbedingungen ließen sich an der Ausprägung des Abfalls des LKG feststellen, der im RR geringer war (Eimertränke) und bei kontinuierlicher Belegung (Automatenränke) wesentlich stärker ($p < 0,01$). Die Messwerte des harmonischen Anteils ergaben keine signifikanten Haltungsunterschiede bei Automatenränke. Insgesamt verbesserte sich mit zunehmendem Alter die Anpassung der Tiere sowohl an das Haltungs- als auch an das automatische Tränkesystem.

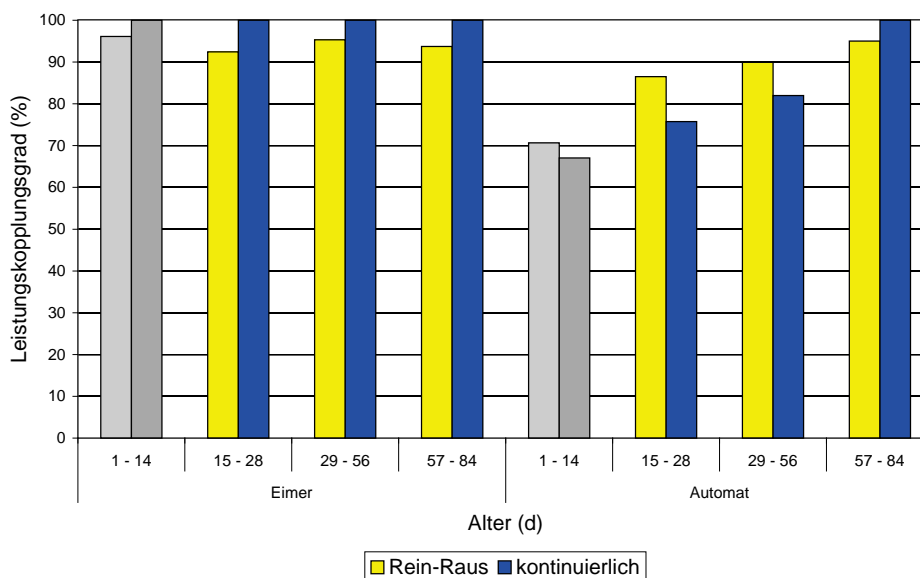
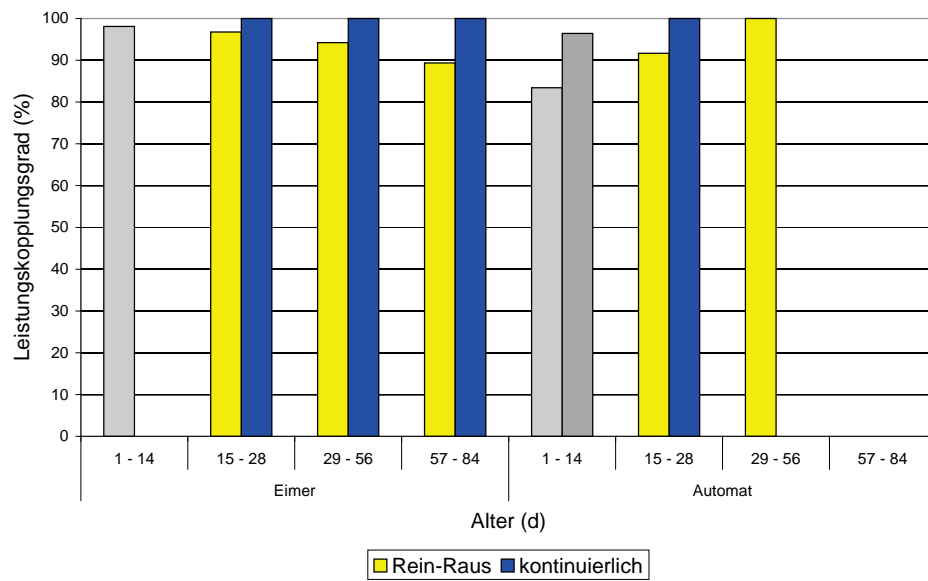


Abb. 25: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatenränke, $n = 28/18$ Tiere) auf den Leistungskopplungsgrad der mittleren lokomotorischen Aktivität nach Altersabschnitten (d)

Definitionsgemäß zeigt der leistungsbezogene Kopplungsgrad bei einem Maximum von 100 % einen Status guten Befindens des Tieres an. Erkrankte Tiere wiesen einen niedrigeren LKG als gesunde Tiere auf, besonders in den ersten Lebensabschnitten (vgl. Abb. 26). Berechnungen des LKG ergaben bei gesunden Tieren im Gruppenmittel im RR häufiger einen Anteil unterhalb des Maximums als bei kontinuierlicher Belegung. Bei der Bewertung der Rhythmik erkrankter Tiere zeigten eimergetränkte Tiere gemessen an der Ausprägung des LKG eine höhere innere Stabilität, die sich bei erkrankten automatisch getränkten Tieren im Altersverlauf allmählich entwickelte. Die Folgen einer Desynchronisierung durch Erkrankungen waren vom 15. bis zum 28. Tag (Eimertränke) im RR bzw. vom 15. bis zum 56. Tag im KV (Automatenränke) bei einem Anteil des LKG zwischen 77 bis 90 % stärker ausgeprägt.

gesunde Tiere



erkrankte Tiere

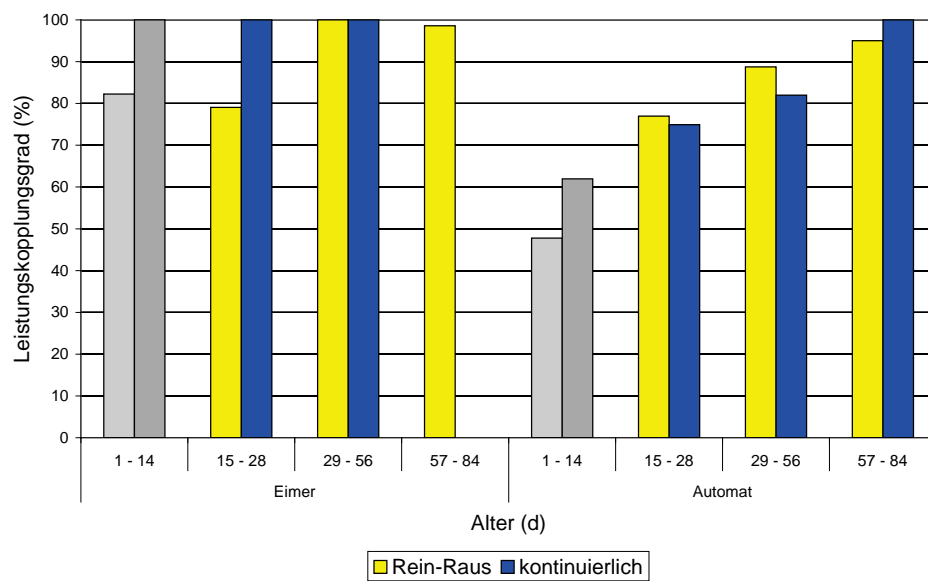


Abb. 26: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV), der Morbidität sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf den Leistungskopplungsgrad der mittleren lokomotorischen Aktivität nach Altersabschnitten (d), Eimer: gesund/krank, $n = 105/30$; Automat: gesund/krank, $n = 37/87$ Berechnungswerte

5.3.4 Einzeltierbezogene Kopplungsgradanalyse

Tierindividuelle Datenanalysen bieten eine Ansatzmöglichkeit zu Aussagen über den Status eines Tieres, wobei Berechnungen des Leistungskopplungsgrades (LKG) und des harmonischen Anteils (hA) als Stressmaß genutzt wurden. Zur Bewertung der Reaktionen von Einzeltieren wurden maßgebliche Einflüsse einbezogen. Diese waren veterinärmedizinische Behandlungen (B), Vitalitätscode > 1 (V), Umstallung von Einzel- in Gruppenhaltung (U), Erfassung der Körpermasse durch Wägung (W), Einstreu im Gruppenabteil (E), Zustallung von Tieren in die Gruppe (Z) und Ausstallung von Einzeltieren aus der Gruppe (A).

Bei einem gesunden Tier mit Eimerfütterung (RR) zeigten sich bei zumeist hohem LKG Schwankungen des harmonischen Anteils, die mit Ausnahme weniger Tage zwischen 10 und 20 % lagen (vgl. Abb. 27). Ein starker Anstieg des hA deutete auf ein Wohlbefinden des Tieres nach Umstallung in die Gruppenhaltung hin, das durch die Wägung und Zustallung weiterer Tiere negativ beeinflusst wurde, anschließend am 24. Tag aber gleichermaßen mit dem LKG stieg. Die folgenden Schwankungen verliefen weitgehend unabhängig von äußeren Einflüssen. An den drei Tagen der Wägung sank der hA, am 50. Tag auch der Anteil des LKG von 100 auf 7 %. Die lokomotorische Aktivität des Tieres deutet auf ein insgesamt niedriges Aktivitätsniveau im Vergleich zu gesunden Referenztieren hin (Abb. 28).

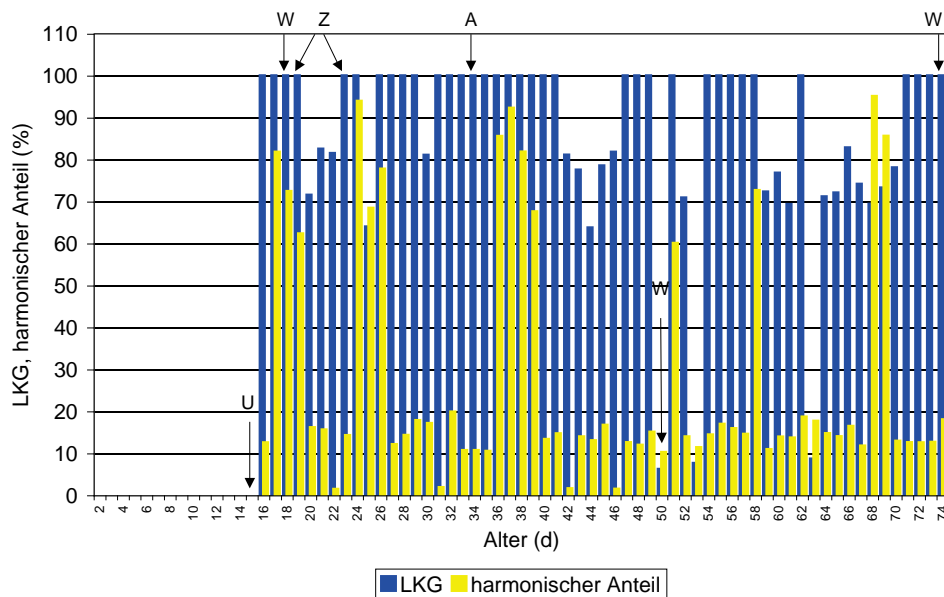


Abb. 27: LKG und harmonischer Anteil (%), VVVO-Nr. 18198105, gesund, RR, Eimertränke; A = Ausstallung, U = Umstallung, W = Wägung, Z = Zustallung

Wird zusätzlich die stündliche Aktivitätsrhythmik im Tagesverlauf betrachtet, zeigen sich Unregelmäßigkeiten in der durch Fütterungszeiten vorgegebenen Tränkerhythmik (vgl. Abb. 29) an Tagen mit sinkendem harmonischen Anteil (Tag 27, 28) oder abfallendem LKG (Tag 44).

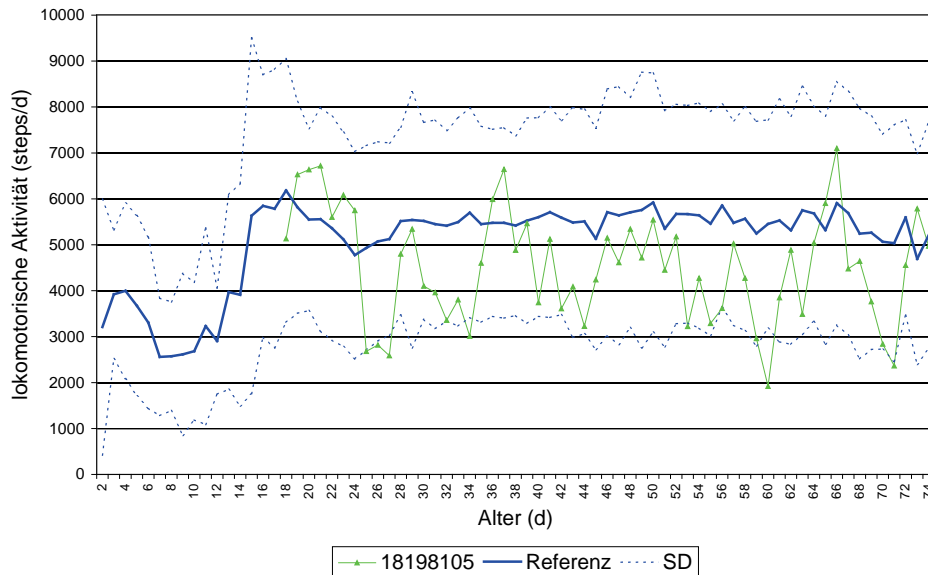


Abb. 28: Tagesaktivität (steps/d) in Referenz zu gesunden Tieren im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198105, gesund, RR, Eimertränke

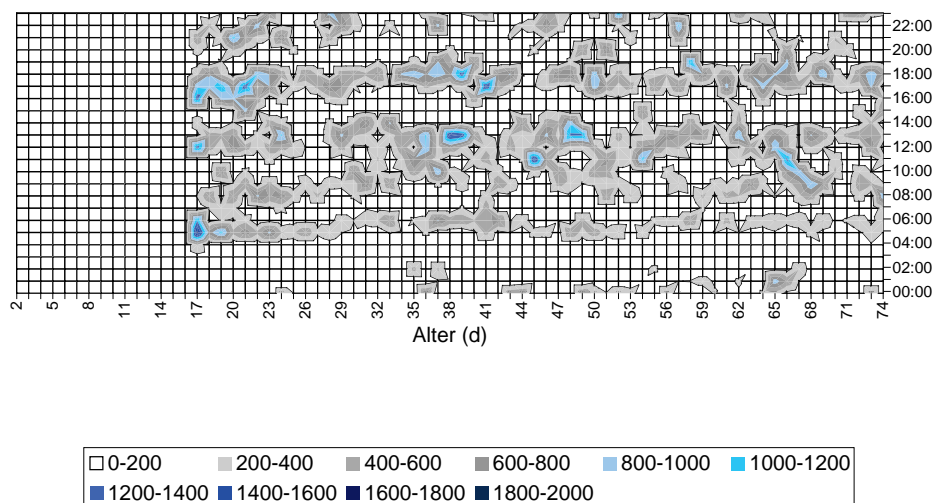


Abb. 29: Aktogramm (steps/h und Tag) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198105 gesund, RR, Eimertränke

Bei automatisch getränkten Tieren konnten Aktivitätsdaten der ersten Lebensstage in die Auswertungen einbezogen werden (vgl. Abb. 30 bis Abb. 35). In den ersten Tagen wurde ein vergleichsweise geringerer Anteil des LKG festgestellt. Bezogen auf den Messwert des leistungsbezogenen Kopplungsgrades erbrachten die Ergebnisse der Einzeltierauswertungen nach zwei bis drei Lebenswochen bei häufigerem Anteil des LKG von 100 % eine Stabilität der Tiere. Diese Feststellung traf nicht für den Anteil harmonischer Perioden zu. In Zusammenhang mit der Wägung zeigte sich am Beispiel des Tieres Abb. 30 eine sinkende Tendenz im harmonischen Anteil (hA). Die Untersuchungen zur Klärung, inwieweit sich Umstellungen auf die Periodik der Schrittaktivität im Tagesverlauf auswirken, ergaben keine negative Auswirkungen. Der hA lag über dem Anteil des Vortages. Auf das Zustreuen reagierte das Tier am 22. Tag mit einem Anstieg des hA auf 90 %, was bei den

folgenden Einstreutermeninen nicht beobachtet wurde. In Zeitabschnitten mit häufigen betriebsinternen Abläufen (Tag 43 bis 61) sank der LKG tendenziell. Demgegenüber bewegte sich der Anteil des harmonischen Anteils vom 49. bis zum 59. Tag auf hohem Niveau (60 bis 80 %). Bei steigendem hA wurde eine geringere lokomotorische Aktivität im Vergleich zu gesunden Referenztieren beobachtet (Abb. 31, Abb. 32).

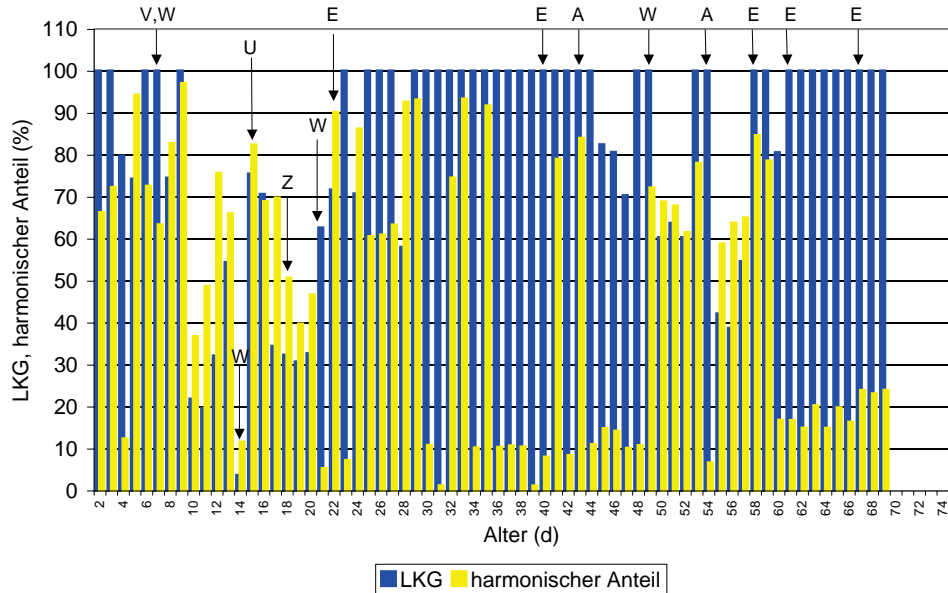


Abb. 30: LKG und harmonischer Anteil (%), VVVO-Nr. 18198248, gesund, RR, Automatenränke; A = Ausstallung, E = Einstreu; U = Umstallung, V = Vitalitätscode > 1, W = Wägung, Z = Zustallung

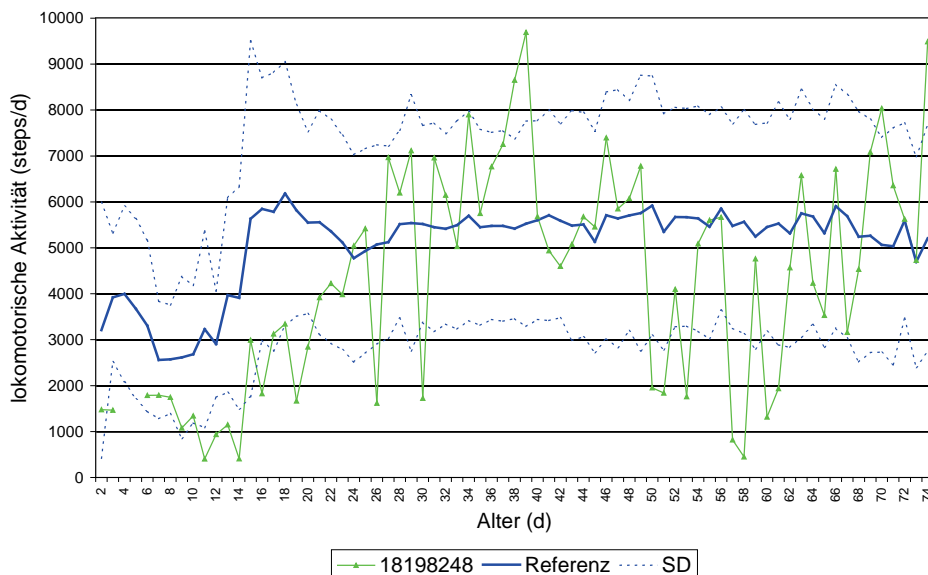


Abb. 31: Tagesaktivität (steps/d) in Referenz zu gesunden Tieren im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198248, gesund, RR, Automatenränke

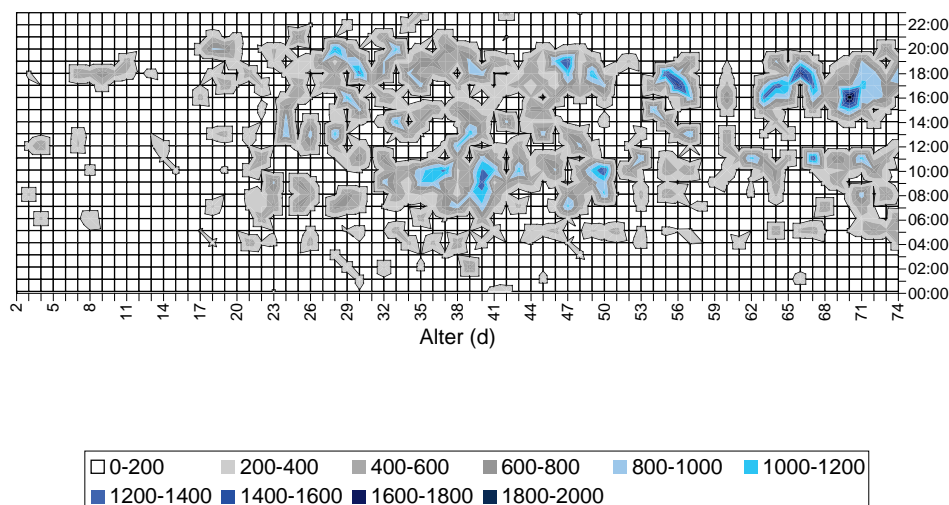


Abb. 32: Aktogramm (steps/h und Tag) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198248, gesund, RR, Automatentränke

Zum Umstallungstermin wies ein weiteres Tier (VVVO-Nr. 18198255) bei einem LKG von 100 % einen stabilen Zustand auf, der bei einem Anteil harmonischer Perioden zwischen 10 und 15 % Belastungstendenzen zeigte (Abb. 33). Eine Anpassung an die Gruppenhaltung verdeutlichte ein steigender Anteil des LKG und hA nach zwei Tagen. Am 30. Tag wurde ein starkes Absinken des hA unter 20 % ohne nachweisliche Einflüsse ermittelt. Den Einflussfaktoren Wägung, Einstreu und Umstallungen innerhalb der Gruppe folgte kein einheitlicher Trend des LKG.

Vitalitätsbewertungen ergaben bereits vor veterinärmedizinischer Behandlung im Alter von 50. Tagen bei eingeschränktem Gesundheitszustand einen LKG unter 20 %. In einem erkrankungsbeeinflussten Zeitabschnitt kam es zu einer Verringerung des LKG und des harmonischen Anteils, wobei die Schwankungen des harmonischen Anteils nicht immer dem LKG folgten. Im Alter von 50 Tagen sank der LKG mit unmittelbarer Beteiligung von Erkrankungen von 100 % auf unter 20 %, eine Steigerung setzte verzögert nach erhöhtem hA ein.

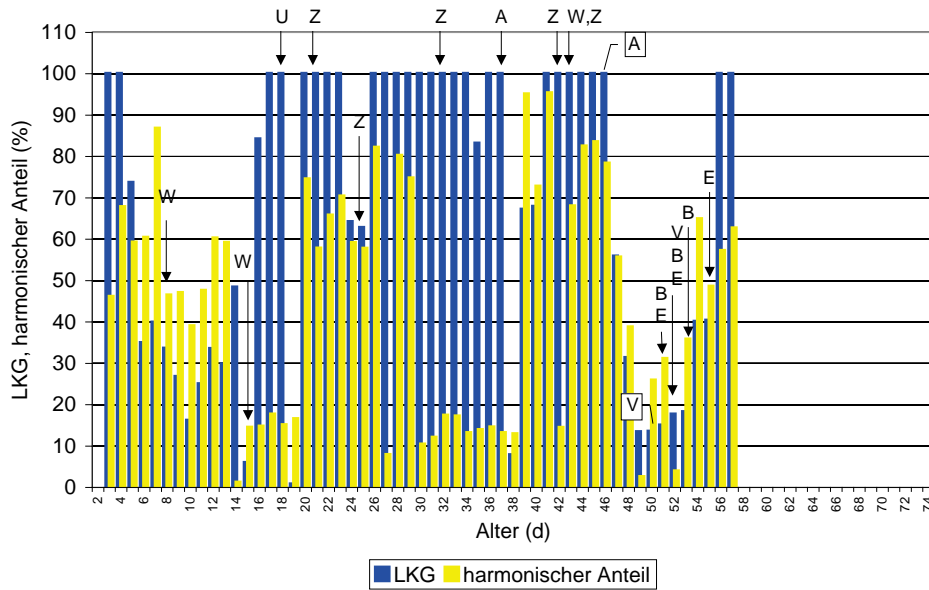


Abb. 33: LKG und harmonischer Anteil (%), VVVO-Nr. 18198255, krank, KV, Automaten-tränke; A = Ausstellung, B = Behandlung, E = Einstreu; U = Umstellung, V = Vitalitätscode > 1, W = Wägung, Z = Zustallung

Das Aktivitätsniveau lag im Tagesmittel erwartungsgemäß unter der durchschnittlichen lokomotorischen Aktivität gesunder Tiere (Abb. 34) und zeigte im Tagesverlauf Peaks in den Vormittags- und Abendstunden (Abb. 35). Deutliche Einschränkungen wurden im Erkrankungszeitraum (etwa 50. bis 54. Tag) festgestellt.

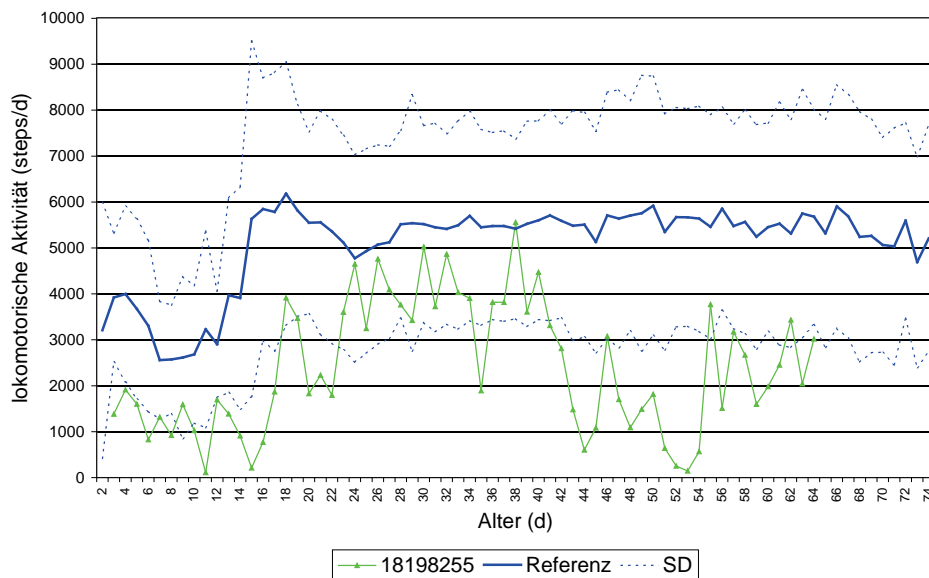


Abb. 34: Tagesaktivität (steps/d) in Referenz zu gesunden Tieren im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198255, krank, KV, Automaten-tränke

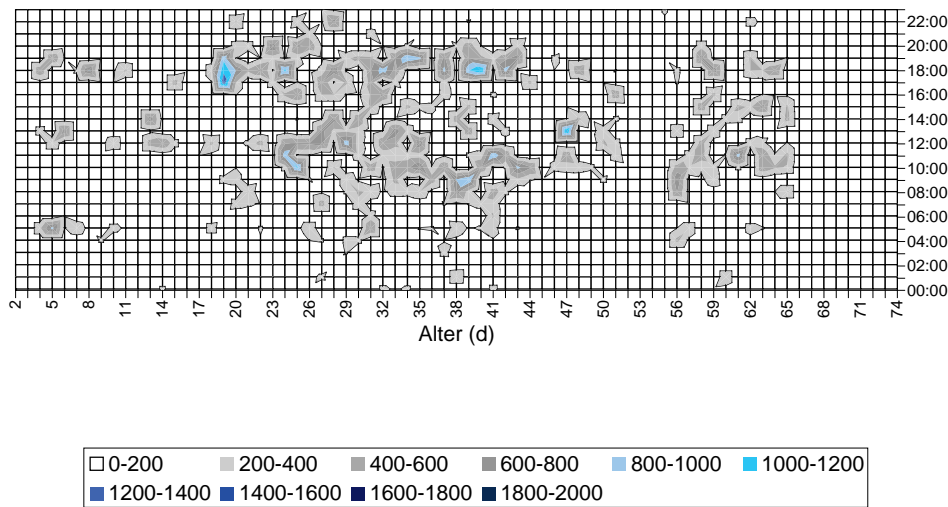


Abb. 35: Aktogramm (steps/h und Tag) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198255, krank, KV, Automatenränke

5.3.5 Einzeltierbezogene Nahrungsaufnehmerhythmik

Die Berechnungen im Kapitel 5.3.3 ergaben zwischen den Haltungsverfahren Unterschiede im Gruppenmittel. Bei Eimerränke war die Aktivitätsrhythmik durch Fütterungszeiten maskiert. Konstante Tränkezeiten bestimmten bei Eimerfütterung den Tagesablauf dahingehend, dass klare Aktivitätsmuster zu den Fütterungszeiten erkennbar waren (vgl. Abb. 29). Im Unterschied zu automatisch getränkten Tieren (vgl. Abb. 32, Abb. 35) war das Aktivitätsniveau bei der Morgenfütterung über einen längeren Zeitraum deutlicher und weniger Schwankungen unterworfen.

Bei Automatenränke folgten die Zeiten der Milchaufnahme im Tagesverlauf in den Haltungsverfahren RR und KV in etwa gleichen Zeitrhythmen mit Peaks gegen 5, 11 und 17 bzw. 19 Uhr (vgl. Anhang 8). Die Festfuttermittellage schien im Rein-Raus-Verfahren gegen 9 Uhr ein synchrones Futteraufnahmeverhalten hervorzurufen, das auch in den Abendstunden gegen 19 Uhr einen Milchaufnahme-Peak auslöste. Bei Automatenfütterung konnten zusätzlich zur Aktivitätsrhythmik Menge und Zeit der Futteraufnahme aufgezeichnet werden (Abb. 36, Abb. 38). Im ersten Lebensmonat wurden starke Schwankungen der Milchaufnehmerhythmik bei gleichzeitigem Anstieg der täglichen Menge von 6 auf 8 Liter im Tagesverlauf (vgl. Abb. 37) ermittelt. Mit zunehmendem Alter zeigten sich gelegentlich Unterbrechungen, die sich etwa ab 50. Tag auf konstante Milchaufnahmezeiten zu gleicher Tagesstunde um 5, 11 und 17 Uhr einpendelten.

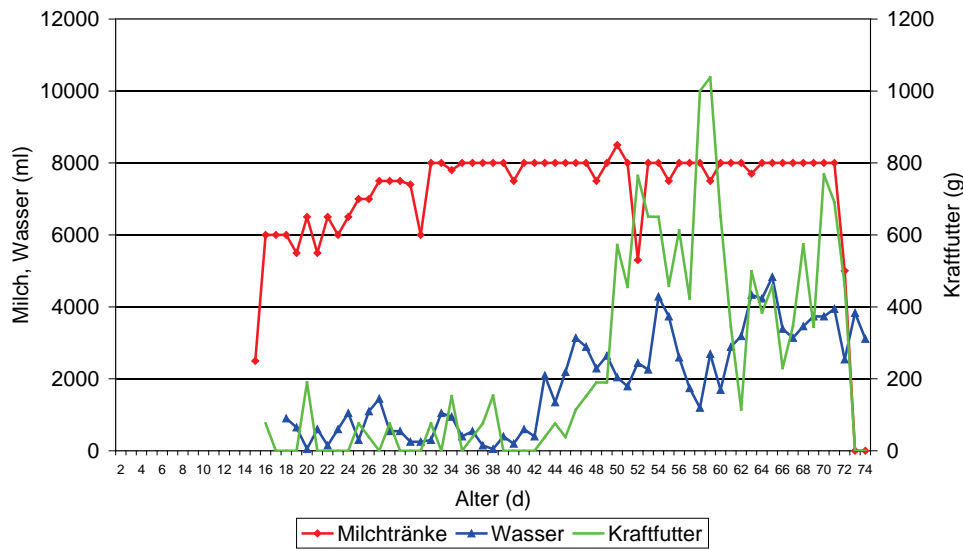


Abb. 36: Futteraufnahmeverhalten (Milch-, Wasser- und Kraftfutteraufnahme) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198248, gesund, RR

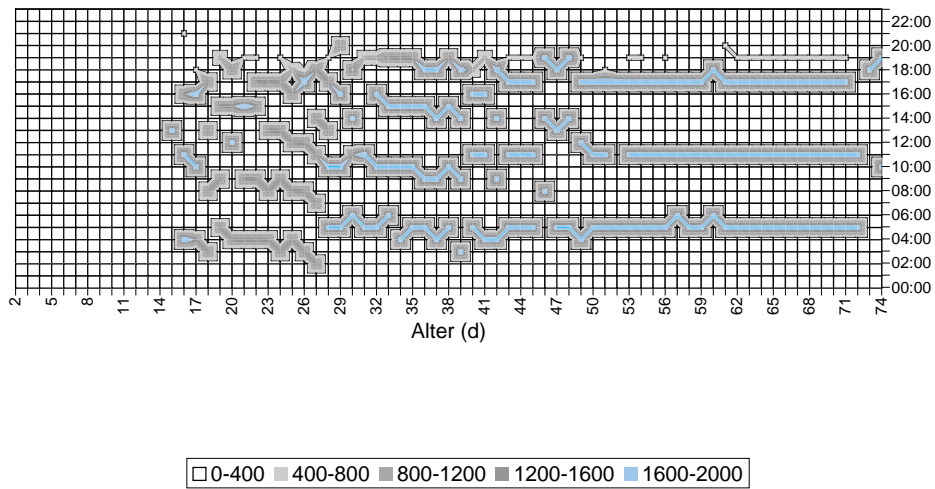


Abb. 37: Milchaufnahmerhythmik (ml/h und Tag) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198248, gesund, RR

Beispielhaft wurde auch das Trinkverhalten eines erkrankten Tieres gezeigt. Tageschwankungen traten häufiger auf und ließen erst im Alter ab 47 Tagen auf einen Rhythmus schließen, der jedoch im erkrankungsbeeinflussten Zeitabschnitt beeinträchtigt war (vgl. Abb. 39). Nach überstandener Erkrankung entsprachen die Milchaufnahmezeiten dem eines gesunden Tieres. An den Tagen geringerer Milchaufnahme konnte ein Zusammenhang mit verminderter lokomotorischer Aktivität ermittelt werden (Abb. 34, Abb. 35).

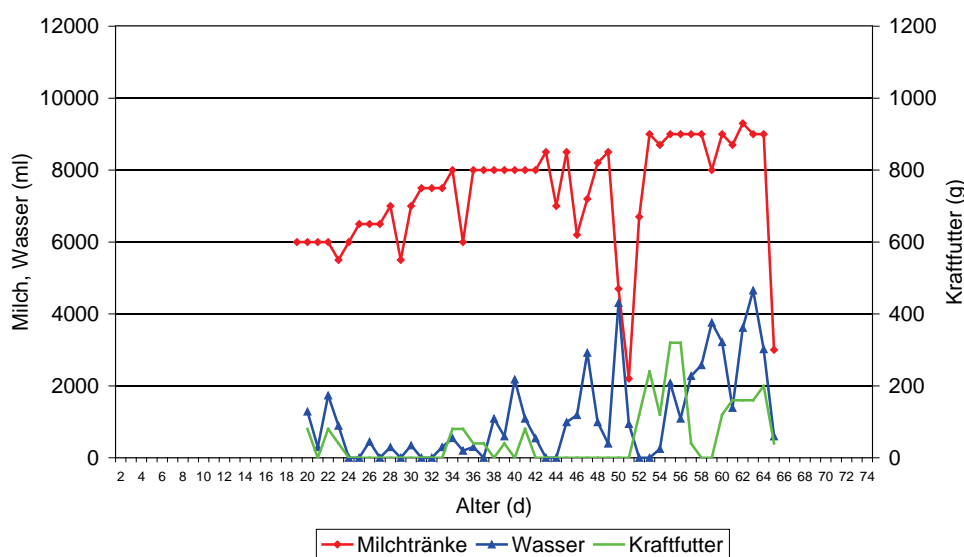


Abb. 38: Futteraufnahmeverhalten (Milch-, Wasser- und Kraftfutteraufnahme) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198255, krank, KV

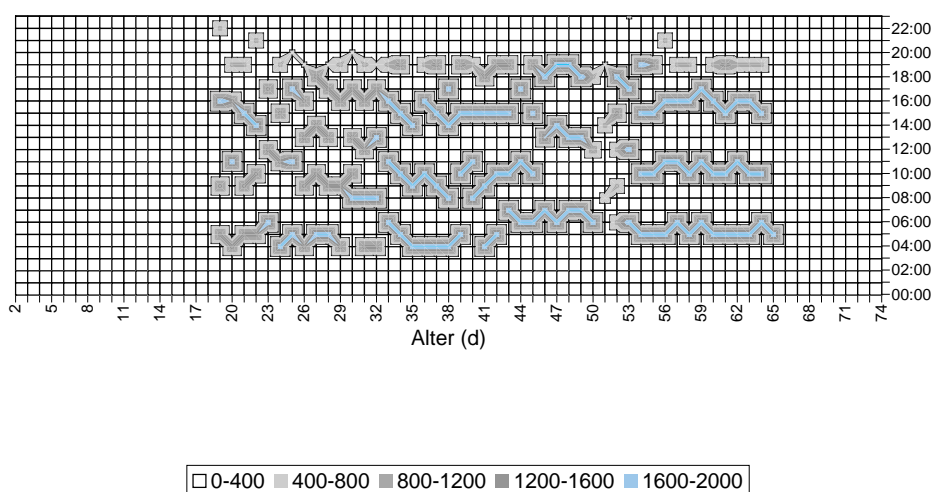


Abb. 39: Milchaufnahmerhythmik (ml/h und Tag) im Alter von 2 bis 74 Tagen, VVVO-Nr. 18198255, krank, KV

5.4 Morbidität

5.4.1 Veterinärmedizinische Behandlung und Vitalitätseinschätzung

Die Behandlung von Erkrankungen erfolgte bei angezeigten Indikationen durch den Hof-tierarzt. Eine erhöhte Anzahl von Behandlungen wurde in den Frühjahrs- und Herbstmonaten vorgenommen (vgl. Tab. 12 nach Krankheitskomplexen). Am häufigsten wurden Erkrankungen des Respirationstraktes festgestellt (34,7 %), gefolgt von Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes (30,5 %). Nabel- und sonstige Erkrankungen wurden zu gleichen

Anteilen tierärztlich behandelt (13,2 %), Erkrankungen des Bewegungsapparates wurden mit einem Anteil von 8,4 % diagnostiziert. Bei der Beurteilung der Nabelerkrankungen lag der Anteil der Behandlungen entzündlicher Erkrankungen bei 87,5 % (Eimertränke) und 68,8 % (Automatenränke). Weitere Behandlungen erfolgten aufgrund eines Nabelbruchs bzw. einer Operation.

Tab. 12: Krankheitskomplex ab Geburt (Anzahl/Monat und Jahr, Anteil/Jahr)

Krankheitskomplex	Monat												gesamt	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	n	%
Respirationstrakt	3	11	5	5	1	5	9	7	7	1	3	1	58	34,7
Gastrointestinaltrakt	1	3	14	6	3	4	1	2	6	4	5	2	51	30,5
Bewegungsapparat	1	.	3	.	1	2	.	1	3	.	1	2	14	8,4
Nabelerkrankungen	1	4	3	2	3	1	1	.	2	2	2	1	22	13,2
sonstige Erkrankung	.	.	1	4	1	1	.	1	3	8	3	.	22	13,2
gesamt	6	18	26	17	9	13	11	11	21	15	14	6	167	100

Die Korrelation zwischen Morbidität und Besatzdichte im Abteil lag bei $r = 0,01$. Unterstützt wird die festgestellte Aussage des geringen Zusammenhangs zwischen behandelten Erkrankungen und der Belegungsdichte mit einer Übersicht zur Häufigkeit und Erkrankungsrate nach Monaten (vgl. Anhang 11 und Anhang 12).

Der Anteil behandelter Erkrankungen lag in Einzelhaltung vorwiegend über der relativen Häufigkeit in Gruppenhaltung und unterschied sich zudem zwischen den Tränkeregimen (vgl. Tab. 13). Die Prüfung von Haltungseinflüssen ergab keine signifikanten Zusammenhänge zur Erkrankungshäufigkeit. Männliche eimergetränkte Kälber wiesen einen signifikant höheren Anteil auf ($p = 0,04$).

Tab. 13: Einfluss des Haltungsverfahrens (Einzelhaltung, RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatenränke, $n = 18/41$ Tiere) auf die Morbidität

Krankheitskomplex	Einzelhaltung	Eimer		Einzelhaltung	Automat	
		RR	KV		RR	KV
Respirationstrakt	29,8	22,2	27,8	27,1	22,0	14,6
Gastrointestinaltrakt	32,0	11,1	11,1	29,4	17,1	17,1
Bewegungsapparat	10,6	5,6	11,1	10,6	4,9	4,9
Nabelerkrankungen	14,9	5,6	0,0	20,0	7,3	2,4
sonstige Erkrankungen	12,8	0,0	5,6	12,9	7,3	2,4

Zur Untersuchung der Krankheitsinzidenz wurde als ein weiterer Gesundheitsindikator die Vitalitätsbeurteilung herangezogen. Insgesamt war die Prävalenz innerhalb der ersten Lebensstage deutlich höher, als in Gruppenhaltung. Bei differenzierter Betrachtung nach Tränkeregime zeigte sich, dass eimergetränkte Tiere anhand der Gesundheitsindikatoren

vor der Umstallung häufiger als krank eingeschätzt wurden (Abb. 40). In Gruppenhaltung wiesen die kontinuierlich aufgestellten Tiere häufiger Symptome auf. Unabhängig vom Tränkeverfahren ergaben die Beobachtungen einen höheren Anteil männlicher Tiere mit eingeschränktem Gesundheitsstatus. Haltungseffekte waren unter Berücksichtigung der Vergabe der Vitalitätscodes statistisch nicht abzusichern. Wurden KK und Vitalität zur Beschreibung des Zustandes eines Tieres genutzt, so lag die Morbiditätsrate im RR bei einem Anteil von 11,3 %, im KV bei 16,1 %. Bei den automatisch getränkten Kälbern wurde in Einzelhaltung eine Erkrankungsrate von 66,8 % festgestellt (Abb. 40). Im Gegensatz zu eimergetränkten Tieren mussten Tiere im RR häufiger behandelt werden. Somit ergab sich nach der Umstallung in Gruppenhaltung eine Morbiditätsrate von 17,7 % im RR und 15,6 % im KV. Signifikante Haltungseinflüsse wurden auf die Häufigkeit der Vitalitätseinschätzungen ($p = 0,04$) ermittelt, wobei die Vergabe von Code 2 und 3 im KV überwog.

Die ermittelten Gesundheitsparameter behandelte Erkrankungen und Vitalitätscode korrelierten in Einzelhaltung positiv (Eimer: $r = 0,66$; $p = 0,0003$; $n = 23$; Automat: $r = 0,76$; $p < 0,0001$; $n = 47$). In Gruppenhaltung lag die Korrelation bei $r = 0,01$; $n.s.$; $n = 6$ (Eimertränke) und bei $r = -0,008$; $n.s.$; $n = 44$ (Automatentränke).

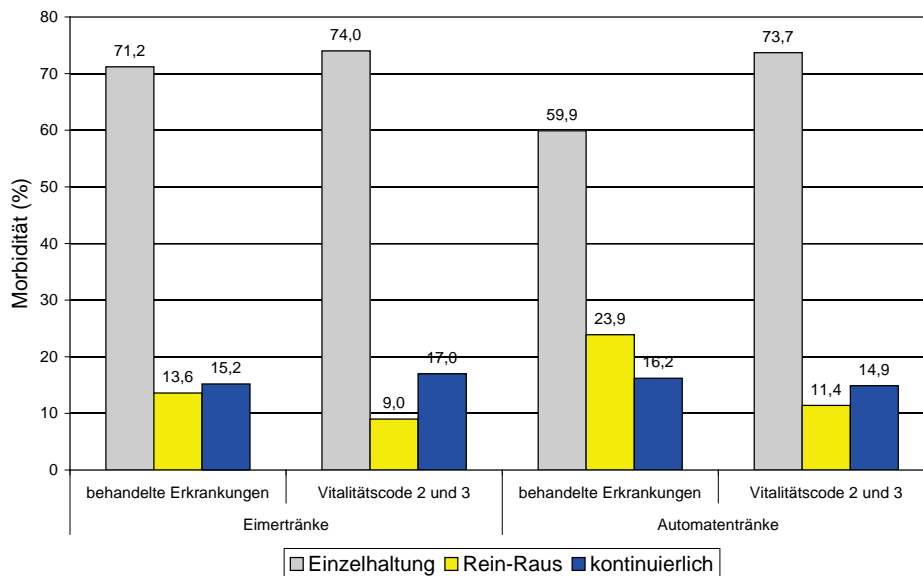


Abb. 40: Behandelte Erkrankungen (%) und Einschätzung der Vitalität (Code 2 und 3) in Einzelhaltung und in Gruppenhaltung (RR vs. KV) sowie den Tränkeverfahren (Eimer- vs. Automatentränke)

Zur Beschreibung des individuellen Gesundheitszustandes wurden die Unterscheidungskriterien krank/gesund genutzt (vgl. Tab. 5). Demnach beläuft sich der auszuwertende Zeitraum für erkrankte Tiere auf die Dauer von jeweils zwei Tagen vor und nach einer Erkrankung. Um Aussagen über den Anteil gesunder Tage, den Verlauf und die Dauer einer Erkrankung treffen zu können, wurden die gesamten Beobachtungstage der Tiere genutzt (Eimertränke: 173 Tiere, Automat: 238 Tiere). Die Berechnung erfolgte anhand veterinärmedizinisch behandelter Erkrankungen und der Vitalitätseinschätzung ab Geburt einschließlich der Tage in Einzelhaltung, da die Tiere zufällig in die Gruppen eingeteilt wurden deren Vorerkrankungen in der Gesamtbetrachtung mitberücksichtigt werden mussten. Bei einer Berechnung wurde folgendes Resultat erzielt. Der Anteil gesunder Tage überwog deutlich (vgl. Tab. 14). Im ersten Versuchsabschnitt (Eimertränke) erkrankten

die im Rein-Raus-Verfahren aufgestellten Tiere seltener (1,9 %) als bei kontinuierlicher Belegung (2,6 %), wobei weibliche Tiere während der Aufzucht am häufigsten gesund waren (48,0 %). Im zweiten Versuchsabschnitt (Automatenränke) war die Erkrankungsdauer im RR höher (3,2 %) als im KV (3,0 %).

Tab. 14: Verlauf und Dauer einer Erkrankung (gesund, krank, unklar) nach Haltungsv erfahren (RR vs. KV), Geschlecht und Tränkeverfahren (Eimer- vs. Automatenränke)

Gesundheitszustand	Beobachtung, gesamt (d)	Anteil, gesamt (%)	Rein-Raus (RR)		kontinuierlich (KV)	
			männlich	weiblich	männlich	weiblich
Eimerränke						
gesund	14554	95,6	10,8	48,0	19,3	17,5
krank	504	3,3	0,4	1,0	1,8	0,2
unklar	160	1,1	0,2	0,3	0,5	0,1
Automatenränke						
gesund	24178	93,9	20,2	42,2	13,8	17,7
krank	1086	4,2	1,0	1,1	1,6	0,5
unklar	484	1,9	0,5	0,6	0,6	0,3

Definition einer Erkrankung nach Vitalitätscode und Krankheitskomplex: gesund: Vitalitätscode 1, ohne veterinärmedizinische Behandlung; krank: Vitalitätscode 2 und 3, veterinärmedizinische Behandlung zuzüglich 1 Tag vor und nach dieser Indikation; unklar: 2 Tage vor und nach dieser Indikation

5.4.2 Immunstatus

Untersuchungen zum Einfluss der Kolostrumversorgung auf die Serum-IgG-Konzentration ergaben eine positive Korrelation ($r = 0,35$; $n = 181$). Die Befunde der Untersuchungen der Immunglobulin-Konzentration zeigten bei eimergetränkten Kälbern im Mittel $37,7 \pm 20$ g je Liter Kolostrum und $10,2 \pm 6$ g IgG je Liter Serum (Anhang 31). Im RR aufgestellte männliche Kälber erhielten qualitativ minderwertiges Kolostrum, wiesen jedoch eine ausreichende Konzentration im Serum auf. Weibliche Tiere im RR schienen aufgrund der Serum-Konzentration unterversorgt zu sein (vgl. Abb. 41). Den Untersuchungsergebnissen zufolge wurden die automatisch getränkten Kälber mit höherwertigerem Kolostrum versorgt als eimergetränkte Tiere (durchschnittlich $40,5 \pm 23$ g/l), was sich in einer höheren Serum-Konzentration von $13,0 \pm 8,7$ g/l bestätigte. Der mittlere Gesamtproteingehalt lag bei $57,0 \pm 8,7$ g TP pro Liter Serum. Es wurde eine positive Korrelation zwischen Serum- und Gesamtproteingehalt ermittelt ($r = 0,48$; $n = 86$).

Untersucht wurde der Einfluss der Serum-IgG-Konzentration auf die Krankheitsinzidenz in der Einzel- und in der Gruppenhaltungsphase (vgl. Tab. 15). Festgestellt wurde ein unzureichender Immunstatus bei Kälbern in der Einzelhaltungsphase, die aufgrund von Respirationserkrankungen behandelt wurden. Erkrankten Kälber am Nabel oder Bewegungsapparat, war dies nicht auf mangelnde Immunität zurückzuführen. Die Kälber wiesen einen Gehalt von $15,0$ g IgG/l bzw. $12,4$ g IgG/l Serum auf. Nach der Umstallung der Tiere in Gruppenhaltung (Eimerränke) wurde bei Respirationserkrankungen Gegenteiliges festgestellt.

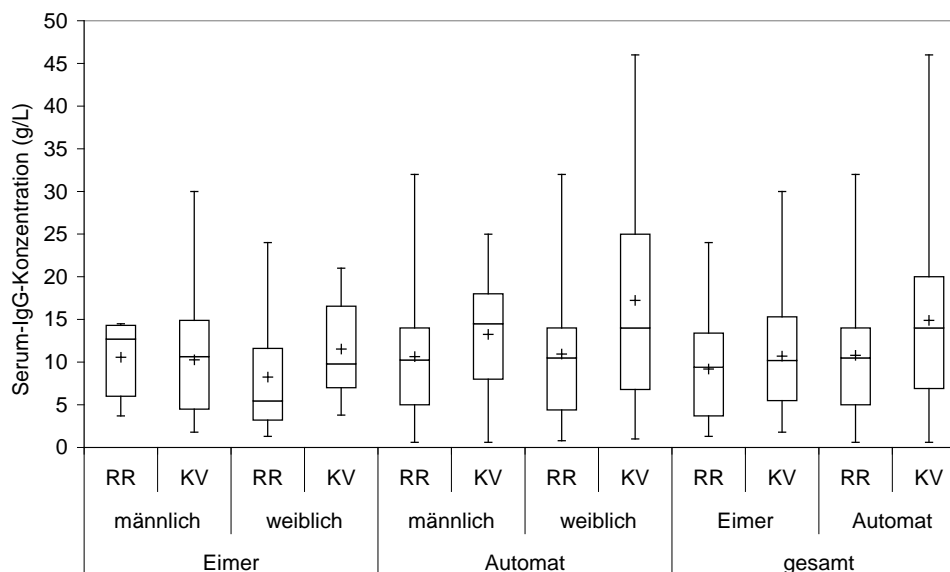


Abb. 41: Mittlere Serum-IgG-Konzentration (g/l) in den Haltungsverfahren (RR vs. KV), nach Geschlecht sowie Tränkeverfahren (Eimer- vs. Automatentränke; Median, 25 %, 75 %, Mittelwert, Minimum und Maximum)

Tab. 15: Einfluss der Serum-IgG-Konzentration (g/l) auf die Morbidität (Krankheitskomplexe) in Einzelhaltung und Gruppenhaltung (RR vs. KV) bei Eimer- und Automatentränke

Krankheitskomplexe	Einzelhaltung		Rein-Raus (RR)		kontinuierlich (KV)	
	n	Serum-IgG (g/l)	n	Serum-IgG (g/l)	n	Serum-IgG (g/l)
Eimertränke						
Respirationstrakt	3	4,1 ± 1,9	-	--	1	16,0
Gastrointestinaltrakt	-	--	1	6,0	1	5,2
Bewegungsapparat	5	12,4 ± 12,2	-	--	1	2,1
Nabelerkrankungen	1	15,0 ± 12,7	1	6,0	-	--
sonstige Erkrank.	-	--	-	--	-	--
Automatentränke						
Respirationstrakt	6	6,4 ± 8,3	4	13,8 ± 7,6	2	3,8 ± 3,0
Gastrointestinaltrakt	7	10,1 ± 8,2	1	2,4	6	16,2 ± 5,4
Bewegungsapparat	2	16,5 ± 6,4	1	1,1	-	--
Nabelerkrankungen	6	5,7 ± 4,5	2	6,2 ± 0,2	1	16,0
sonstige Erkrank.	9	11,1 ± 7,7	1	0,6	-	--

Bei Automatenränke wurde in der Einzelhaltungsphase eine unzureichende Konzentrationen bei Erkrankungen des Respirationstraktes und bei Nabelerkrankungen ermittelt. Bei den weiteren KK lag der Serum-Gehalt über 10 g/l. Während die im RR aufgestellten Tiere bei Respirationserkrankungen 13,8 IgG/l Serum aufwiesen, wurde bei den weiteren Erkrankungen eine Unterversorgung festgestellt. Bei den im KV gehaltenen Kälbern waren Tiere, die aufgrund von Respirationserkrankungen behandelt wurden, unterversorgt, Tiere mit weiteren Erkrankungen wiesen ausreichende Konzentrationen auf. Signifikante Einflüsse der Serum-Konzentration auf die Krankheitsinzidenz konnten nicht nachgewiesen werden.

5.4.3 Mortalität

Im Untersuchungszeitraum wurden 474 Kälber geboren, von denen 33 Tiere innerhalb der ersten 24 Lebensstunden verendeten (männlich = 4,9 %, weiblich = 2,1 %). Bezogen auf alle geborenen Kälber wurden 3,2 % Erstlingskalbungen und 0,6 % Kalbungen in der 5. und 6. Parität aufgezeichnet. Der Anteil der Erstkalbenden lag bei den totgeborenen Tieren bei 57,6 %, der Anteil bei den Kühen in 5. und 6. Parität bei 24,2 %.

Die Anzahl der mit obligatorischer Lebensohrmarke gekennzeichneten Tiere lag im Untersuchungszeitraum bei 441 Tieren. Verendet sind während der Aufzucht insgesamt 16 Tiere (3,63 %). Während der Aufzucht in Gruppenhaltung überwog der Anteil verendeter männlicher Tiere (vgl. Abb. 42). In Einzelhaltung war die Verteilung der Geschlechter gleichermaßen. Bei der Prüfung der Kälbersterblichkeit nach Haltungsverfahren, Geschlecht, Quartal und Fütterungsregime konnten keine signifikanten Einflüsse nachgewiesen werden. Kalbemerkmale wie Körpermasse, Zwillingengeburt, Parität, Geburtsverlauf wurden im Anhang 13 ausgewiesen. Der Anteil totgeborener Zwillingenkälber betrug 12,5 % (9 von 72 geborenen Zwillingstieren), während der Aufzucht verendeten 6 Zwillingenkälber (8,3 %). Die durchschnittliche Körpermasse lag bei 45,9 kg mit einem Minimalwert von 30 kg und einem Maximalwert von 64 kg.

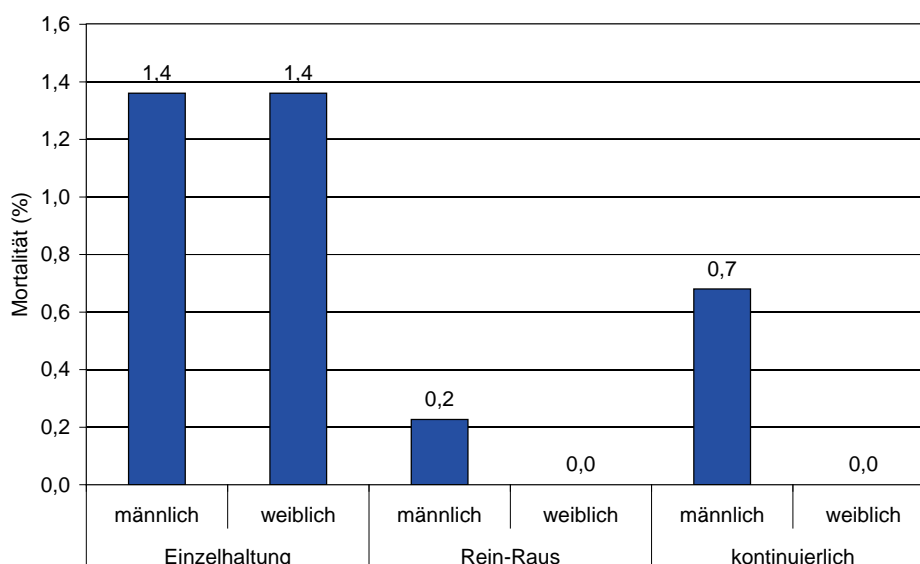


Abb. 42: Anteil verendeter Tiere (%) ohne Totgeburten nach Haltung und Geschlecht

Bei Eimerränke wurden vom Mai 2006 bis zum 19.01.2007 geborene Tiere berücksichtigt ($n = 167$). Die Totgeburtenrate lag in diesem Zeitraum bei 10,2 % (19 von 186 Tiere). Acht Tiere verendeten während der Aufzucht im Einzelhaltung (3 männl., 5 wbl.), ein

Kalb befand sich im kontinuierlichen Haltungsverfahren. Die Totgeburtenrate lag im Zeitraum vom 20.01.2007 bis zum 8.04.2008 (Automatentränke) bei 5,1 %. Von den sieben verendeten Tieren während der Aufzucht verstarben vier Kälber in Einzelhaltung (3 männl., 1 wbl.). Der Anteil verendeter Tiere lag bei Automatentränke bei 1,25 %.

5.5 Körpermasse

Die erste automatische Wägung (innerhalb der ersten Lebenswoche) entsprach der Anfangskörpermasse der Tiere (vgl. Tab. 16). Die Kälber wiesen in diesem Zeitraum eine mittlere Körpermasse von 46,5 kg auf ($n = 376$ Tiere). Im Einstellungszeitraum (10. bis 17. Lebenstag) lag die mittlere Körpermasse bei 51,1 kg ($n = 341$), wobei geschlechtsspezifische Unterschiede festgestellt wurden. Die Körpermasse männlicher Tiere lag über der Körpermasse der weiblichen Tiere.

Tab. 16: Statistische Kennzahlen zum Zeitraum der ersten Wägung (1. bis 7. LT) und der Einstallung (10. bis 17. LT)

Zeitraum	Ge- schlecht	Tiere (n)	KM (kg)*	SD	Median	Minimum	Maximum
1. Wägung (Tag 1-7)	ml.	182	48,5	6,6	49,0	31,0	65,5
	wbl.	194	44,5	5,8	44,5	28,5	61,0
	ges.	376	46,5	6,5	46,0	28,5	65,5
Zeitraum der Einstellung (Tag 10-17)	ml.	166	52,9	6,9	53,3	34,0	70,0
	wbl.	175	49,4	5,9	49,5	34,0	63,5
	ges.	341	51,1	6,6	51,5	34,0	70,0

*Rohmittelwerte

Unter Berücksichtigung des Ausstellungszeitpunktes männlicher Kälber wurde ein geschlechtsspezifischer Vergleich der Körpermasseentwicklung bis zum 84. Lebenstag vorgenommen. Das Merkmal Wiegealter beeinflusste das Wachstum signifikant. Aus diesem Grunde wurden die Körpermassedaten in Abhängigkeit vom Wiededatum analysiert. Die Unterteilung der Zeiträume erfolgte in den Ausführungen nach festgelegten Zeitabschnitten (vgl. Kap. 4.4). Eine Übersicht über die Verteilung der Messwerte der Körpermasse im Altersverlauf ist der Abb. 43 zu entnehmen.

Die Körpermasseszunahme stieg signifikant mit zunehmendem Alter, wobei sich die Variabilität erhöhte (vgl. Abb. 44, Anhang 32). Eimergetränkte Tiere wiesen im zeitlichen Verlauf eine höhere Körpermasse als automatisch getränkte Tiere auf. Signifikante Unterschiede zwischen den HV wurden bei Eimertränke nicht festgestellt (Anhang 33). Gesicherte Geschlechtsdifferenzen konnten im Zeitraum vom 15. bis zum 28. Lebenstag nachgewiesen werden ($p = 0,002$), wobei männliche Kälber eine höhere Körpermasse aufwiesen. Die automatisch getränkten Tiere wiesen beim Vergleich der Körpermasse im Zeitraum vom 29. bis zum 56. Tag zugunsten des RR schwach signifikante Haltungsunterschiede auf ($p = 0,048$). Die Differenzen zwischen männlichen und weiblichen Kälbern ergaben vom 15. bis zum 28. Tag sowie vom 57. bis zum 84. Tag Signifikanzen ($p = 0,001$).

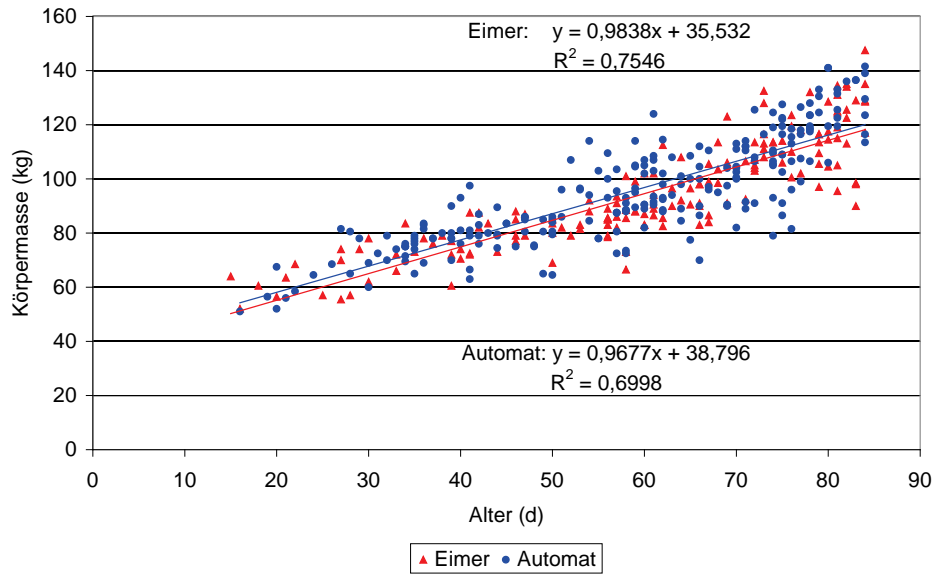


Abb. 43: Verteilung der Messwerte der Körpermasse (kg) im Altersverlauf in den Tränkeverfahren (Eimer- vs. Automatentränke, $n = 172/233$ Tiere)

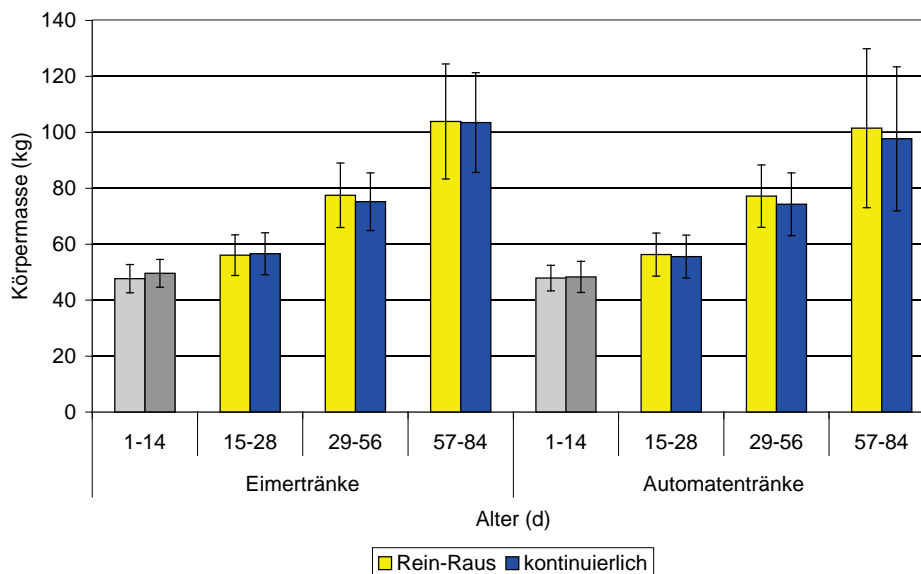


Abb. 44: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke, $n = 172/233$ Tiere) auf die mittlere Körpermasse (kg)

5.5.1 Körpermasseszunahme

Bei der Betrachtung der täglichen Zunahmen wird der unterschiedliche Entwicklungsverlauf der Tiere deutlich. Während bei den Kälbern bereits bei der Einstellung im RR höhere Zunahmen festgestellt wurden, wurde bei den im KV aufgezogenen Tieren ein vergleichsweise geringeres Wachstumspotential im Zeitverlauf ermittelt (Abb. 45, Anhang 32). Die varianzanalytische Auswertung der Körpermasseszunahme ergab bei automatisch getränkten männlichen Tieren vom 29. bis zum 56. Tag höhere Zunahmen ($p = 0,02$). Im Aufzuchtabschnitt vom 57. bis zum 84. Tag zeigten weibliche Tiere ein signifikant höheres Zunahmeniveau ($p = 0,002$), vgl. Anhang 33.

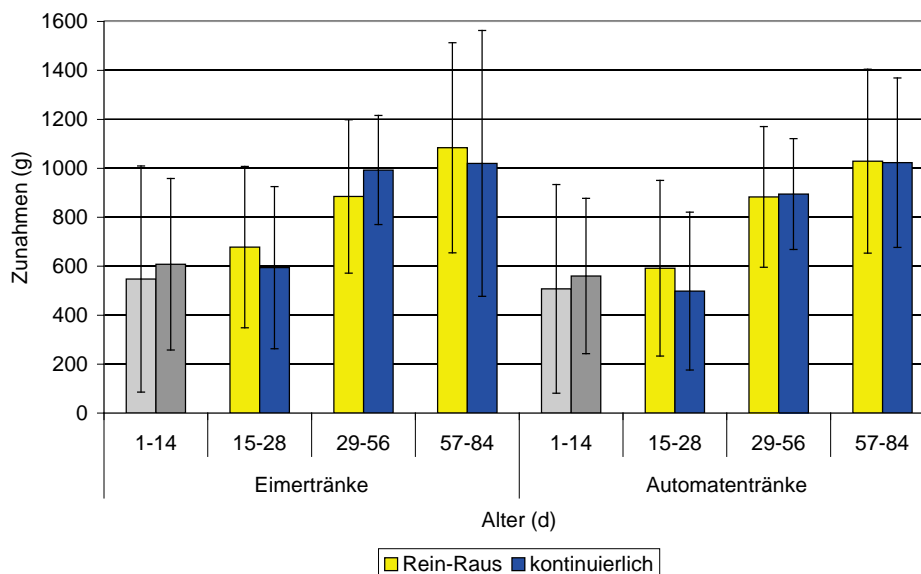


Abb. 45: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV) sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke, $n = 172/233$ Tiere) auf die mittlere Körpermassezunahme (g/d)

Bei den Untersuchungen von Quartalseffekten auf die Körpermassezunahme wurden signifikant höhere Zunahmen im zweiten Quartal (Automatentränke) ermittelt (vgl. Tab. 17). Die Prüfung der Unterschiede zwischen Einlings- und Zwillingsgeburten ergab signifikante Einflüsse des untersuchten Faktors auf die Wachstumsleistung. Festgestellt wurden geringere Zunahmen bei Kälbern aus Zwillingsgeburten (Automatentränke).

Tab. 17: Effekte des Quartals, von Einlings- und Zwillingsgeburten, des Gesundheitsstatus (gesund, krank) auf die Körpermassezunahme (g/d) bei Eimer- und Automatentränke im Zeitraum vom 15. bis 84. Tag

Quartal	Tiere (n)		mittlere Zunahme (g/d)	
	Eimer	Automat	Eimer	Automat
Quartal 1	57	85	870	850 ^b
Quartal 2	1	92	1242	997 ^a
Quartal 3	83	40	892	868 ^b
Quartal 4	83	81	859	908 ^b
Einlingsgeburt	196	252	888	937 ^a
Zwillingsgeburt	28	46	793	787 ^b
gesund	162	119	873	964 ^a
krank	62	179	884	880 ^b

^{a, b} unterschiedliche Buchstaben innerhalb der Spalte zeigen signifikante Differenzen der Mittelwerte ($p < 0,05$); Anzahl der Messwerte bei Eimertränke: 224, Automatentränke: 298

Die Untersuchung des Einflusses der Morbidität ergab bei eimergetränkten Tieren keine signifikanten Unterschiede, bei automatisch getränkten Tieren wurden jedoch signifikant niedrigere Zunahmen erkrankter Tiere ermittelt. Effekte des Faktors Wiegealter waren während des gesamten Untersuchungszeitraumes hochsignifikant.

Zur Bewertung der Haltungsbedingungen von Kälbern wurde ein möglicher Einfluss der Besatzdichte innerhalb der Tiefstreubuchten auf die Zunahmeleistung untersucht. Die Ergebnisse zeigen Differenzen (vgl. Tab. 18). Bei Eimertränke wiesen die Tiere signifikante Unterschiede auf ($p < 0,0001$). Bei einer Belegung von einem Tier wurden die niedrigsten täglichen Zunahmen verzeichnet. Waren fünf, sieben oder elf Tiere in einem Abteil (Automatentränke), wurden unterschiedliche Zunahmeleistung festgestellt ($p < 0,0001$).

Tab. 18: Effekte der Besatzdichte (1 bis 15 Tiere im Abteil) auf die Körpermassezunahme (g/d) bei Eimer- und Automatentränke im Zeitraum vom 15. bis 84. Tag

Besatzdichte	Tiere (<i>n</i>)		mittlere Zunahme (g/d)	
	Eimer	Automat	Eimer	Automat
1	4	12	238 ^b	989 ^{ab}
2	4	18	732 ^a	876 ^{ab}
3	3	12	980 ^a	780 ^{ab}
4	18	31	653 ^{ab}	1072 ^a
5	11	26	1027 ^a	770 ^b
6	36	17	825 ^a	892 ^{ab}
7	21	52	764 ^a	1059 ^a
8	50	44	955 ^a	1036 ^{ab}
9	82	44	935 ^a	940 ^{ab}
10	39	57	930 ^a	930 ^{ab}
11	12	74	937 ^a	773 ^b
12	97	53	803 ^a	838 ^{ab}
13	--	47	--	809 ^{ab}
15	--	15	--	994 ^{ab}

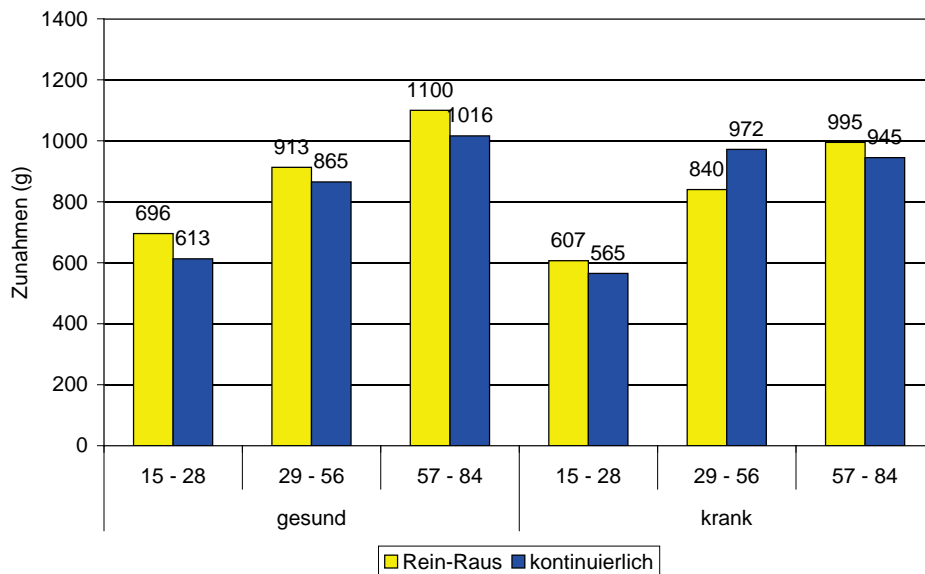
^{a, b} unterschiedliche Buchstaben innerhalb der Spalte zeigen signifikante Differenzen der Mittelwerte ($p < 0,05$); Anzahl der Messwerte bei Eimertränke: 377, Automatentränke: 502

5.5.2 Einfluss der Morbidität auf die Körpermassezunahme

Die berechneten Zunahmen erkrankter Tiere ergaben ein geringeres Wachstumspotential gegenüber gesunden Kälbern, jedoch stetige Zunahmen im Altersverlauf. Bei Eimertränke wurden mit Ausnahme der Beobachtungen erkrankter Tiere im zweiten Lebensmonat höhere Zunahmen im RR festgestellt (vgl. Abb. 46), die statistisch nicht abzusichern waren. Bei automatisch getränkten Tieren ergab die Prüfung der Zunahmen bei den gesunden Kälbern im Zeitraum vom 15. bis zum 28. Tag signifikante Haltungsunterschiede ($p = 0,004$), vgl. Abb. 46. Die mittleren Zunahmen der Kälber lagen im Rein-Raus bei

706 ± 53 g/d, bei den Tieren im KV hingegen bei 458 ± 64 g/d (vgl. Anhang 32). Vom 29. bis 56. Tag wurden signifikant höhere Zunahmen bei männlichen Tieren ($p = 0,003$) ermittelt. Minimale Differenzen zwischen den Haltungsverfahren traten bei erkrankten Tieren auf. Signifikante Geschlechtsunterschiede ergaben sich zugunsten weiblicher Tiere im Zeitraum vom 57. bis zum 84. Tag ($p = 0,002$).

Eimertränke



Automatentränke

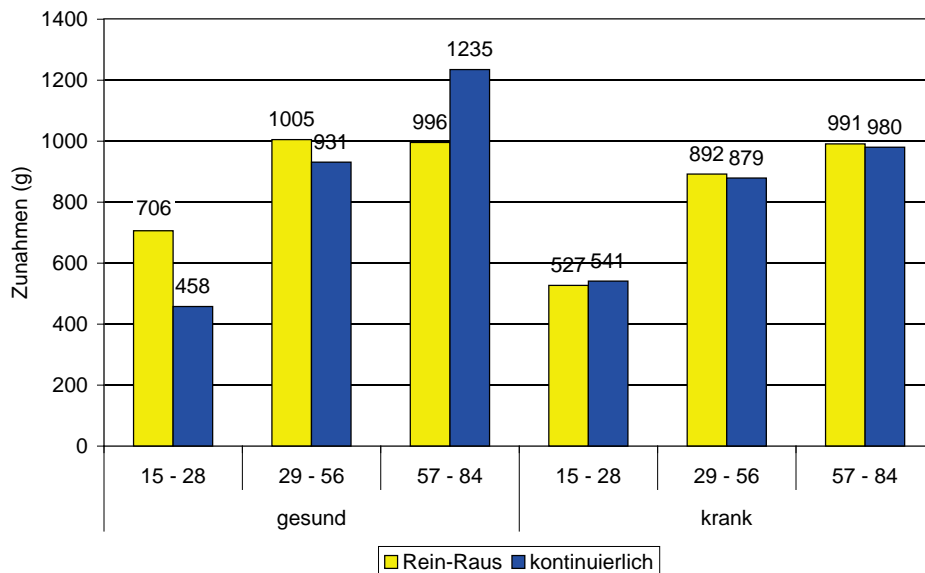


Abb. 46: Einfluss des Haltungsverfahrens (RR vs. KV), der Morbidität sowie des Tränkeverfahrens (Eimer- vs. Automatentränke) auf die mittlere Körpermassenzunahme (g/d) in definierten Zeiträumen (d)

5.5.3 Schätzung der Körpermasse mittels Brustumfang

Die Messung des Brustumfanges ergab bei den Messwerten der Kälber bis zum fünften Lebensmonat einen engen Zusammenhang ($r = 0,98$). Zur Berechnung des Bestimmtheitsmaßes wurden 869 Messwerte von 210 Tieren im Zeitraum vom 1. bis zum 134. Lebenstag zugrunde gelegt (vgl. Abb. 47). Das Bestimmtheitsmaß zeigt an, welcher Anteil auf die Modellannahme zurückzuführen ist. Die Berechnung ergab ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,97$. Zur Vorausschätzung der Körpermasse mit Hilfe des Brustumfanges wurde folgende Regressionsgleichung geschätzt: $\hat{y}_{KM} = 84 - 2,53x_{BU} + 0,03x_{BU}^2$. Die punktuell gegenüberstellende Bewertung der erfassten Körpermasse und der Maße des Brustumfanges ergaben die in Tab. 19 gezeigten Werte.

Tab. 19: Maße der mittleren Körpermasse (kg) und des Brustumfanges (cm), $n = 210$ Tiere

Körpermasse (kg)	40	47	56	66	77	90	104	119	136
Brustumfang (cm)	75	80	85	90	95	100	105	110	115

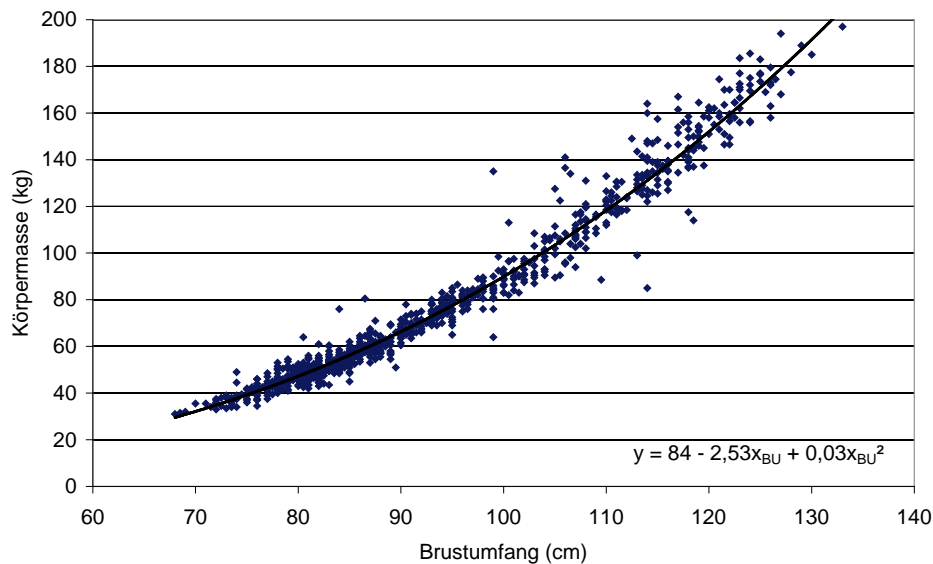


Abb. 47: Verteilung der Messwerte von Körpermasse (kg) und Brustumfang (cm), $n = 210$ Tiere

6 Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Gegenüberstellung der Haltungsverfahren Rein-Raus und kontinuierliche Belegung sowie die Klärung der Frage, inwieweit die untersuchten Parameter zur Bewertung von Haltungsverfahren geeignet sind. Im Folgenden wird zunächst die methodische Vorgehensweise bewertet. Anschließend werden die Ergebnisse eingehend betrachtet und diskutiert.

6.1 Einschätzung der Versuchsanstellung

Haltungsbedingungen

Die für die Durchführung der Untersuchungen genutzten Kälberställe können in Bezug auf Tiergerechtigkeit, Platzangebot, Beschäftigungsmöglichkeiten und Stallklima als sehr geeignet beurteilt werden. Es ist davon auszugehen, dass die Haltungsumgebung in beiden Ställen identisch war. Unter Verwendung identischen Futters und der Nutzung von Tieren gleicher Rasse und Herkunft waren sehr gute Versuchsbedingungen bezüglich der Vergleichbarkeit der Daten gegeben. Für die vorliegende Versuchsanstellung war jedoch eine Umstrukturierung des betriebsinternen Managements bei der Belegung der Abteile erforderlich. In diesem Zusammenhang kam es zu ungleicher Geschlechterverteilung in den Haltungsverfahren, im RR überwog der Anteil weiblicher Tiere. Des Weiteren konnte die Belegung der Abteile im KV aufgrund der geringen Entmistungszyklen nur in einem der beiden Außenklimaställe erfolgen. Das im Versuchsbetrieb angewandte Haltungsmanagement wurde als praxisüblich eingeschätzt.

Die Anordnung des Versuches ermöglichte die Untersuchung des Einflusses der Faktoren Haltung und Geschlecht auf die Kälber in den Haltungsverfahren, jedoch nicht die Prüfung eines Periodeneffektes zwischen den Tränkeverfahren, da diese zeitlich gestaffelt durchgeführt wurden. Da die Umstellung der Tränketeknik während des Untersuchungszeitraumes stattfand, konnte die Gegenüberstellung der Haltungsverfahren übergreifend in zwei Tränkesystemen erfolgen, der rationierten Eimertränke und der rechnergesteuerten Automatentränke. Dies sind zwei gängige Fütterungsverfahren, die durch die Anzahl der Tiere und die Liquidität im Betrieb bestimmt werden. Rahmenbedingungen für eine exakte Vergleichbarkeit verschiedener Haltungsverfahren sind zeitlich nebeneinander ablaufende Untersuchungen. Da diese nicht gegeben waren, ergab sich eine weitere Versuchsanstellung, die um die Erfassung von Verhaltensdaten am Tränkeautomaten erweitert wurde. Die eigene konzipierte Datenerhebung wurde nach Eimer- und Automatentränke getrennt ausgewertet. Mit dem dadurch erhöhten Informationsgehalt werden die Ergebnisse der erfassten Daten eine hohe Aussagekraft für mehrere Nutzer in der Forschung und in Praxisbetrieben erbringen.

Die kontinuierliche Aufzeichnung von Klimadaten war aufgrund technischer Störungen nicht möglich. Dies betraf insbesondere die Messung der Windgeschwindigkeit im Tierbereich. Es war davon auszugehen, dass die Stallbauweise das Wohlbefinden der Tiere nicht durch Zugluft beeinträchtigte. Die Kälber hatten bei hohem Platzangebot ausreichend Möglichkeiten, sich einen geschützten Platz in den eingestreuten Liegebuchten zu suchen. Die erfassten Messdaten der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit im Tierbereich werden als geeignet eingestuft, um Aussagen zu den klimatischen Umgebungsbedingungen machen zu können.

Verhalten

Die Erhebung der Daten zum Verhalten und die Verknüpfung mit den Aufzeichnungen zur Morbidität und des Wachstums gewährte einen guten Einblick in die Entwicklung der Tiere. Die zur Datenaufnahme des Aktivitäts- und Liegeverhaltens eingesetzten Pedometer erwiesen sich mit der Anpassungsmanschette bei Kälbern als einsatzfähig. Es konnten fundierte Aussagen über Verhaltensmuster im Altersverlauf getroffen werden. Die Beschreibung des Verhaltens setzt voraus, dass die Datenaufzeichnungen im Hinblick auf technisch bedingte Ausfallzeiten sorgfältig geprüft wurden. Technische Ausfälle traten bei defektem Modem und bei Stromausfall auf. In diesem Fall war ein manueller Neustart mit entsprechender Konfiguration der Pedometer notwendig. Kam es während der Datenaufzeichnung zum Verlust eines Schrittzählers am Tier, war ebenso ein Eingreifen notwendig. Der somit entstandene Datenverlust war bei der vorliegenden Datenmenge zur Bewertung von HV und für Grundlagenforschung vertretbar. Betriebsabläufe wie Einstreu, Körpermasseerfassung, Blutentnahme, Enthornung beeinflussten zwar die Verhaltensdaten, wurden jedoch nicht eliminiert. Das gewählte 5-Minuten Intervall mit stündlicher Datenübertragung erwies sich als geeignet, da junge Kälber ausgeprägte Ruhezeiten aufweisen. Mit dem erhobenen Datenmaterial konnten zirka- und ultradiane Rhythmen nachgewiesen werden.

Die verzögerte Aufbereitung der Rohdaten ermöglichte in den Untersuchungen keinen direkten Vergleich von Verhaltensdaten und Erkrankungen. Wünschenswert wären zeitnahe Alarmmeldungen bei Verhaltensabweichungen, die beispielsweise bei der Brunsterkennung von Milchkühen Anwendung finden. Nach Resultaten der vorliegenden Untersuchung zu urteilen, lassen sich ALT-Pedometer für wissenschaftliche Fragestellungen in der Kälberhaltung als geeignet einschätzen. Die Einbeziehung tierindividueller Parameter in das Bewertungsschema zur Einschätzung der Entwicklung von Kälbern ist notwendig und sinnvoll, insbesondere bei festgestellter großer Schwankungsbreite zwischen den Einzeltieren. Aus der Höhe der Merkmalsausprägung der Verhaltensparameter können treffsichere Aussagen und Strategien abgeleitet werden. Technik wird künftig ein wichtiges Hilfsmittel für die Entscheidungsfindung beim Landwirt sein, der sich als Informationsverarbeiter den veränderten Anforderungen stellen muss. Mit dem Einsatz technischer Hilfsmittel können Alarmsysteme entwickelt werden. Die Nutzung von Tränkeautomaten zur Milchaufnahme gilt als physiologisch, da die Milchaufnahme verteilt über den Tag erfolgt. Bei der Mengenbegrenzung von zwei Litern pro Mahlzeit konnte im Grunde keine häufigere Verteilung der Milchaufnahme erfolgen, aber die Möglichkeit der ad libitum Aufnahme schien im Vergleich zu rationierter Eimertränke eine Harmonie der beobachteten Verhaltensparameter zu begünstigen. Die Aufzeichnung kontinuierlicher Tierdatenmessung relevanter tierphysiologischer Parameter wird zukünftig ein unverzichtbares Mittel für sichere und schnelle Produktionsentscheidungen sein.

Morbidität

Die Kälberställe boten gute Aufzuchtbedingungen. Aus diesem Grunde konnte bei der ätiologischen Betrachtung von Erkrankungen das Haltungssystem (KV, RR) oder der Immunstatus der Kälber nicht gesichert als Ursache für eine Krankheitsinzidenz ermittelt werden. In Anbetracht geringer festgestellter haltungsbedingter Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen scheint ein Neubau ohne ubiquitären Keimbesatz für die Versuchsfrage ungeeignet. Deutlicher wäre der Nachweis von Unterschieden hinsichtlich Morbidität vermutlich in unterschiedlichen Stallsystemen mit Tiefstreubuchten ohne turnusmäßige Reinigung und Desinfektion.

Mit den erfassten Vitalitätsbeobachtungen wurden Befunde erhoben, die für den tiermedizinisch wenig ausgebildeten Beobachter ohne invasive Methoden erfassbar waren. Als abgesichert wurden die Aussagen aufgrund verabreichter Medikamente angesehen, da das Tier infolge einer tatsächlichen Erkrankung behandelt wurde. In Kombination mit den Vitalitätseinschätzungen wurde vorab auf Erkrankungen hingedeutet, aber auch der Allgemeinzustand nach Behandlungen betrachtet. In die Berechnung der Morbidität wurden somit auch Tiere einbezogen, die einen eingeschränkten Gesundheitsstatus aufwiesen und nicht medikamentös behandelt wurden. Die verwendeten Beurteilungskriterien Reaktivität, klinische Symptome, äußeres Erscheinungsbild und Milchaufnahme umfassen prägnante Aspekte zur Einschätzung des Gesundheitszustandes eines Tieres, jedoch scheint in Gruppenhaltung die Beobachtung erschwerter. Bei Umstellung der Tränketchnik in größeren Betrieben hin zu automatischen Systemen zeigte sich, dass eine sorgfältige Beobachtung der Tiere für eine frühzeitige Erkennung von Erkrankungen im Hinblick auf finanzielle Einbußen von Nutzen ist. Bei jeder Erkrankung sind individuelle Begleitumstände zu berücksichtigen, so dass die eingesetzte Technik als wertvolles Hilfsmittel bei der Tierkontrolle und Gesundheitsüberwachung angesehen werden kann, jedoch keinesfalls den Menschen ersetzt. Zudem ist der frühzeitige Aufbau einer Mensch-Tier-Beziehung aus ethologischer Sicht von großer Bedeutung. Die Bewertungen des Allgemeinzustandes unterliegen subjektiven Einflüssen des Untersuchers und können durch Nutzung technischer Hilfsmittel unterstützt werden. Mit dem Datenmaterial der Schritttaktivität konnten bei erkrankten Tieren im Gruppenmittel Abweichungen festgestellt werden. Bei großer festgestellter intraindividuelle Varianz sowohl bei gesunden als auch bei erkrankten Kälbern sind auch unter Nutzung der Verhaltensparameter zur Früherkennung von Erkrankungen die Einzeltierfassung und der Zeitpunkt der Erkennung der Verhaltensänderung von Bedeutung. Insgesamt erscheinen die tierindividuellen Unterschiede (innerhalb der Datenauswertungen gesunder Tiere) die Erkennung von Abweichungen bei Erkrankungen zu erschweren. In Hinblick auf den künftigen Stellenwert des Gesundheitsstatus der Tiere, die mindestens gleichrangig wie Tierleistung und Produktivität anzusehen ist, wird eine möglichst genaue Erfassung der Gesundheitsparameter notwendig. Die Vorgehensweise wurde für die Erhebung der Daten zur Gesundheit unter den gegebenen Bedingungen als geeignet eingestuft.

Wachstum

Die Leistung der Tiere wird vorrangig durch die genetische Veranlagung und durch die Fütterung bestimmt (EKESBO, 1984). Da die Tiere das gleiche Futter (Vollmilch und Mischration) erhielten, war eine gute Vergleichbarkeit bezüglich der Zunahmen möglich. Bei unterschiedlicher Mengenzuteilung für Aufzucht- und Mastkälber waren Geschlechtsunterschiede evident.

Abschließend kann festgestellt werden, dass sich die methodische Vorgehensweise der Untersuchungen bei Kälbern unterschiedlichen Alters während drei aufeinanderfolgender Durchgänge (RR) zur Bewertung der Haltungsverfahren als geeignet erwiesen hat. Als negative Begleitumstände eines Neubaus waren während der Versuchsdurchführung die Nachrüstung der Tränketchnik (Automatenfütterung), die nachträgliche Anbringung von Windschutznetzen und die Installation des *calf protectors* anzusehen. Die Absperrung wurde erst zu Versuchsende an den Milchtränkestationen installiert und beeinflusste die Ergebnisse insofern nicht.

6.2 Verhalten und Rhythmik

6.2.1 Lokomotorische Aktivität

Für quantitative Aussagen über die Ausprägung von Verhaltensweisen in Zusammenhang mit unterschiedlichen Haltungs- und Tränkesystemen wurde die lokomotorische Aktivität genutzt. Das Aktivitätsniveau unterschied sich zwischen den Tränkeverfahren. Die ermittelte höhere lokomotorische Aktivität bei eimergetränkten Kälbern wurde auch von MARSH und WARNOCK (2008) beschrieben und mit verstärkter Ruhelosigkeit begründet, während bei automatisch getränkten Kälbern häufiger gegenseitiges Besaugen beobachtet wurde. SCHLEYER (1998) stellte bei automatisch getränkten Kälbern eine erhöhte Aktivität fest, die ebenfalls mit gegenseitigem Besaugen begründet wurden. EGGLE (2005) weist jedoch auf große individuelle Unterschiede in der Häufigkeit und Dauer des gegenseitigen Besaugens hin. Die Dauer des Besaugens klingt nach einer Zeit, die dem natürlichen Saugvorgang entsprechen würde, ab (LIDFORS, 1994) und wird von Verhaltensweisen wie Spielen und Fressen abgelöst (MARSH und WARNOCK, 2008). Daher ist das Fixieren der Kälber nach der Milchaufnahme als notwendige Maßnahme gegen diese Verhaltensstörung zu bewerten. Allerdings ist die Fixierung der Kälber auf 8 bis 10 Minuten zu begrenzen, da Kälber das Bedürfnis haben, sich nach der Tränke ermüdet abzulegen (BARTUSSEK et al., 1995).

Im ersten und zweiten Versuchsabschnitt wurden unterschiedliche Haltungsformen für Kälber in Einzelhaltung genutzt. Zu Versuchsbeginn befanden sich Kälber nach der Geburt in Iglus mit Auslauf. Bei großer Hitze im Sommer wurden Gitter in quadratischer Form mit Einstreu, vom Außenklimastall überdacht für die Haltung in den ersten Lebens Tagen errichtet. Fahrbare Kälberboxen wurden seit Dezember 2006 im Einzelhaltungs Bereich genutzt. Eine höhere Schritttaktivität in der Einzelhaltungsphase bei eimergetränkten Tieren liegt demzufolge darin begründet, dass die Tiere zu Versuchsbeginn in Iglus mit Auslauf gehalten wurden. Das ermittelte Aktivitätsniveau in der dritten und vierten Lebenswoche stand in Zusammenhang mit der Umstallung. Die Kälber mussten sich an Tiefstreubuchten mit mehr Platzangebot, an Artgenossen und im zweiten Versuchsabschnitt an Tränkeautomaten gewöhnen, was zu Verhaltensänderungen in diesem Beobachtungszeitraum führte. SCHRAMA et al. (1995) beziffern den Anpassungszeitraum der Kälber an eine neue Haltungsumgebung mit 10 bis 12 Tagen. Im Altersverlauf wurde eine höhere Aktivität im zweiten Monat ermittelt, die sich im dritten Monat verminderte. Die Ausprägung der Differenzen zwischen den Zeitperioden war bei automatischer Tränke geringer.

RIESE et al. (1977) stellten hingegen die höchste Schritttaktivität bei Kälbern im ersten Monat fest, die mit der Anwesenheit von Spielgefährten begründet wurde. Hinzu kam in deren Untersuchungen das großzügige Platzangebot in Laufstallhaltung bei Mutterkühen. JENSEN und KYHN (2000) stellten bei Kälbern im Alter von fünf Wochen mehr spielerisches Verhalten, als mit sieben oder neun Wochen fest und ermittelten nur in der fünften Lebenswoche einen Effekt erhöhten Platzangebotes auf das Spielverhalten. Eine erhöhte Lokomotion ist auch nach Ansicht von MÜLLER und SCHLICHTING (1991) mit sozialen Interaktionen bei ausreichend Platz verbunden. Bezogen auf das Platzangebot haben Haltungssysteme stimulierende Wirkung in Form von Fortbewegung, Erkundungsverhalten oder in Bezug auf spielerische Verhaltensweisen (SAMBRAUS, 1980). Das individuelle Platzangebot in den Abteilen war in den vorliegenden Untersuchungen bei einer Besatzdichte von 12 Kälbern überdurchschnittlich hoch. Zudem wurden in beiden Haltungsverfahren geeignete Beschäftigungsmöglichkeiten angeboten (Einstreu, Beschäftigungselemente, Sozialpartner). VORNHOLT (2007) untersuchte Verhaltensparameter bei Kälbern im

RR und KV. Als soziopositiv galten spielerisches Hornen, Aufreiten und soziales Lecken, als sozionegativ das Verdrängen bei der Futteraufnahme. Im RR wurden bei geringer Altersdifferenz zwischen den Kälbern signifikant häufiger soziale Interaktionen festgestellt. Bestätigt werden die Beobachtungen von REINHARDT (1980) und SCHLEYER (1998), die soziale Kontakte zu Gleichaltrigen beobachteten. Die in den eigenen Untersuchungen ermittelte höhere lokomotorische Aktivität im RR, insbesondere bei Automatentränke, kann mit den Spielaktivitäten gleichaltriger Kälber zusammenhängen. Da das Spiel auf einen Sozialpartner bezogen ist bzw. gruppenweise ausgeführt wird, ist davon auszugehen, dass im KV bei größeren Altersdifferenzen zwischen den Tieren offenbar weniger potentielle Spielpartner vorhanden waren. Kälber verbringen 20 % des Tages mit Spielaktivitäten, wobei die Hauptspielstunden mit der abendlichen Saugphase zusammen fallen (REINHARDT, 1980). Unter Berücksichtigung des geringeren Aktivitätsniveaus vor der Einstellung wiesen kontinuierlich aufgezogene Kälber im dritten Monat eine erhöhte Schritttaktivität auf, die mit der Einstellung jüngerer Tiere zusammenhängt. Nach BROWNLIE (1939) und JENSEN et al. (1998) zeigen Jungtiere bei befriedigten Grundbedürfnissen und in völlig entspannten Situationen eine hohe Motivation zu spielen. In eigenen Untersuchungen zeigen die Gruppenmittelwerte in den ersten beiden Lebensmonaten eine höhere lokomotorische Aktivität im RR. Unter Nutzung quantitativer Aussagen zum Aktivitätsverhalten und damit der Häufigkeit des Spielverhaltens lässt sich feststellen, dass bei Kälbern das RR gegenüber dem KV als vorteilhafter zu bewerten ist.

Nach Aussagen von REINHARDT et al. (1978) können auch Freundschaften im Kalbesalter festgestellt werden. Daher ist beim Haltingsmanagement empfehlenswert, eine Gruppe nicht aufzutrennen oder zu mischen, um Störungen der Sozialverbände zu vermeiden und das Wachstum von Kälbern nicht zu beeinträchtigen. Vorteile der Gruppenhaltung bezogen auf die Bewegungsfreiheit der Tiere und den Sozialkontakt zu Artgenossen wurden in neuzeitlichen Stallsystemen berücksichtigt (vgl. Kap. 2.5). Als Vorteil wurde von SCHLEYER (1998) auch gegenseitiges Lernen bewertet. Der Autor ist der Meinung, dass der Lernen von adulten Tieren sich positiv auf die Bewältigung der Lebensanforderungen auswirkt. Insofern ist das Haltingssystem RR bei etwa gleichem Alter der Tiere kritisch zu betrachten. Um dieser Frage nachzugehen, wurden Leistungsparameter (KM) herangezogen, deren Unterschiede in den vorliegenden Untersuchungen signifikant geschlechtsspezifisch waren und keinen bedeutenden Hinweis auf Vorteile eines bestimmten Haltingsverfahrens zeigten. In Anlehnung an Untersuchungsergebnisse von SCHLEYER (1998), der ein schnelleres Anlernen am Tränkeautomaten herausfand, könnten sich Altersunterschiede positiv in der kontinuierlichen Gruppenhaltung auswirken. Umstellungen verändern zwar den Aktivitätsrhythmus (VEISSIER et al., 2001), verbessern jedoch die Reaktivität der Tiere auf neue Situationen (BOISSY et al., 2001). In Hinblick auf fortlaufende Nutzungsformen der Kälber würde sich die Ausbildung sozialer Fähigkeiten positiv auf die Tiere auswirken (RAUSSI, 2005) und werden nach TRACHSEL (1988) von hoher Bedeutung bei der Eingliederung in den Herdenverband und für die Rangfolge eingeordnet. Studien zeigten, dass die soziale Integration bei der Eingliederung von jungen Tieren problematischer verläuft als bei älteren Tieren (MENCH et al., 1990). Aus diesem Grunde ist das Training um so bedeutender. Es sei darauf hingewiesen, dass in der vorliegenden Studie im KV Kälber aller Altersstufen vertreten waren. Möglicherweise konnte dabei der Anlernprozess junger unerfahrener Tiere durch die Nachahmung älterer Tiere beschleunigt werden. KAPHENGST et al. (1977) fanden heraus, dass sich bei künstlicher Aufzucht der Artgenosseneffekt positiv auf das zu erwerbende Trinkverhalten auswirkt. Daraus ergibt sich ein Vorteil altersgemischter Kälbergruppen. PIRKELMANN und SCHLICHTING (1992) bestätigten in ihren Untersuchungen die Beobachtung, dass jüngere Tiere die Bedienung

der Automaten von älteren Kälbern lernen und somit ein störungsfreier Verfahrensablauf ermöglicht wird.

Diese Möglichkeit ist in einem geschlossenen, nahezu gleichaltrigen Gruppenverband (RR) weit weniger gegeben. Allerdings bietet die Aufzucht der Kälber in einer homogenen Gruppe arbeitswirtschaftliche Vorteile (Tränketchnik, Entmistung, Reinigungsintervalle). Beim Abwägen der diskutierten Vorteile des RR (homogene Gruppenzusammensetzung) oder des KV (Kommunikation mit älteren Tieren, Weitergabe von Erfahrungen) ist die natürliche Sozialisierung in einer altersgemäß heterogenen Gruppe mit erfahrenen Sozialpartnern, welche die Reize der Jungtiere mit latenter Lernbereitschaft befriedigen ethologisch als positiv zu bewerten. Unter Berücksichtigung des Wohlfühlaspektes sind in künftigen Untersuchungen genannte Argumente zu berücksichtigen. Demgegenüber steht der Leistungsaspekt, da die einsetzende Wiederkautätigkeit einen höheren Anteil an Liegezeiten erfordert und eine gestörte Ruhe sich negativ auf Zuwachsleistungen auswirken würde.

Die Auswahl von zwei gesunden Kälbern in Referenz zur gesamten Anzahl gesunder Tiere zeigt anhand der vorliegenden Daten deutliche intraindividuelle Differenzen des Aktivitätsniveaus (vgl. Abb. 9) und ist bei der Bewertung eines HV auf individueller Grundlage zu berücksichtigen. Nach TSCHANZ (1985) sind Aussagen bei großer Übereinstimmung zwischen den Vergleichstieren verlässlicher. Der Autor ist der Meinung, dass bei Abweichungen von normalen Verhaltensabläufen Schlussfolgerungen auf nicht artgemäße Haltung zulässig sind. Wird das Temperament zur Beschreibung der Anpassung der Kälber an die Haltungsbedingungen genutzt, ließe sich dies anhand vorliegender Messwerte der lokomotorischen Aktivität beschreiben. Die untersuchten Verhaltensparameter belegen eine enge Beziehung bei gesunden Kälbern in aufeinanderfolgenden Lebenswochen, insbesondere im zweiten und dritten Monat. Die Werte zwischen erstem und drittem Monat korrelierten jedoch nicht so eng. Somit kann vom Bewegungsverhalten in der dritten und vierten Lebenswoche nach der Umstellung in die Gruppe mit beschränkter Aussagekraft auf das Verhalten im dritten Monat geschlossen werden. Sollten zur Bewertung verschiedener Haltungssysteme Rückschlüsse auf der Grundlage des Temperaments herangezogen werden, so scheinen die ermittelten Basiswerte gesunder Kälber im zweiten und dritten Lebensmonat geeignet zu sein. ERMGASSEN (1996) fand zudem bei lebhaften Kälbern gegenüber den als mittel und ruhig bewerteten Tieren die beste körperliche Entwicklung in Form der größten täglichen Zunahmen heraus.

6.2.2 Ruheverhalten

Das Liegeverhalten ist die von den Kälbern am häufigsten und am längsten ausgeführte Verhaltensweise. Mutterlos aufgezogene Kälber ruhten in allen Altersabschnitten über 50 % eines 24-Stunden Tages. In den eigenen Untersuchungen wurde in Einzelhaltung ein Ruheanteil von 83,5 % festgestellt. Ein Liegerhythmus bildet sich in den ersten 14 Lebenstagen heraus (PORZIG, 1982). Während des Beobachtungszeitraumes in Gruppenhaltung vom 15. bis zum 84. Lebenstag schwankte der prozentuale Anteil der Ruhezeit zwischen 72,0 % (Eimertränke) und 76,7 % (Automatentränke). Die durchschnittliche Ruhedauer unterschied sich kaum zwischen den Haltungsverfahren (Eimertränke RR: 72,1 %, KV: 71,9 % und Automatentränke RR: 76,7 %, KV: 76,6 %). Die Differenzen in Abhängigkeit der Fütterungsmethoden schienen bereits in den unterschiedlichen Messwerten vor Umstallung in die Gruppenhaltung und somit intraindividuell begründet zu sein. Kälber, die bei Eimertränke aufgestellt wurden, wiesen in Einzelhaltung einen Anteil von 81,7 % und bei Automatentränke 85,4 % auf.

Die Ruhedauer weist altersabhängige Unterschiede auf, zeigt aber auch eine intraindividuelle Varianz. Nach vorliegenden Untersuchungen nimmt die Ruhedauer mit zunehmendem Alter tendenziell ab. Diese Beobachtung wird von PORZIG et al. (1969) bestätigt. Die festgestellten Ruhezeiten stimmen mit dem von SAMBRAUS (1978) ermittelten Anteil der Ruhezeit von zwei Drittel am Tag überein. Die Berechnungen vorliegender Untersuchungen ergaben in der dritten und vierten Woche während einer Beobachtungszeit von 24 Stunden eine Ruhedauer von 17,8 bzw. 18,8 Stunden (Eimer- bzw. Automatenränke). Der Anteil der Ruhedauer lag im zweiten Monat bei Eimertränke im Gruppenmittel bei 72,1 % (17,3 Stunden), im dritten Monat bei 69,8 % (16,8 Stunden). Bei automatischer Tränke wurde ein Ruheanteil von 77,5 % (18,6 Stunden) im zweiten Monat und 74,3 % (17,8 Stunden) im dritten Monat festgestellt. Die ermittelte Ruhedauer lag über den von CZAKÓ et al. (1969) gefundenen Werten. Nach deren Aussagen nahm die Ruhezeit im Alter von 42 Tagen einen Anteil von 69,56 % am Tag ein, am 84. Tag 59,05 %. Im Alter von 60 bis 70 Tagen wurde ein Ruheanteil von 60 % in Gruppen bei einer Frequenz des täglichen Phasenwechsels von 14,5 ermittelt. Zwischen den Altersstufen wurden in den vorliegenden Untersuchungen und von CZAKÓ et al. (1969) hochsignifikante Unterschiede nachgewiesen. Die vorliegenden Ergebnisse zum Altersverlauf entsprechen tendenziell den von STEINHARDT und THIELSCHER (2002) gefundenen Werten. Die Autoren untersuchten Aktivitäts- und Ruheperioden von Kälbern an vier Alterspunkten in Einzel- und Gruppenhaltung mit einer Zeitdauer von je 3 Stunden. Festgestellt wurden kürzere Ruhezeiten am 40. und am 60. Lebenstag als am 5. und 15. Tag und signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten von Anzahl und Dauer der Ruhe- und Aktivitätsperioden in den Alterspunkten. Verglichen mit Angaben aus der Literatur wiesen die Kälber in den vorliegenden Untersuchungen insgesamt eine höhere Ruhedauer auf. Untersuchungen zur Gesamtliegedauer bei Kälbern in Mutterkuhhaltung zeigten im ersten Monat durchschnittlich 4,76 Stunden am Tag und 10,25 Stunden in der Nacht (HUTCHISON et al., 1962). Im zweiten Monat lagen deren Angaben zufolge die Kälber tagsüber durchschnittlich 2,70 Stunden und nachts 10,32 Stunden; im dritten Monat betrug die Liegedauer tagsüber 3,96 Stunden und nachts 9,42 Stunden.

RIESE et al. (1977) fanden bei tagsüber durchgeführten Untersuchungen der Verhaltensmerkmale Liegen, Gehen und Stehen, Fressen, Sozialkontakte und Spielen heraus, dass bei Kälbern in Gruppenhaltung die Liegedauer im zweiten Monat zunahm und sich im dritten Monat verringerte. Es konnte eine Tendenz, aber keine direkte Vergleichbarkeit mit den eigenen Daten gezeigt werden, da in den Untersuchungen von RIESE et al. (1977) eine Beobachtungszeit von 12 Stunden zugrunde gelegt wurde. Im Alter bis zu einem Monat betrug in deren Untersuchungen die Liegedauer bei Aufzuchtältern 7,9 von 12 Stunden, im zweiten Monat 8,5 Stunden und im dritten Monat 7,8 Stunden. KEHR et al. (1971) ermittelten bei einer Beobachtungszeit von 12 Stunden im dritten Monat eine Ruhedauer mit 7,3 Stunden in Gruppenhaltung mit Liegeboxen auf Vollspaltenböden.

In der vorliegenden Studie wies die mittlere tägliche Ruhedauer geschlechtsspezifische Unterschiede auf, die Dauer lag bei männlichen Kälbern über der Dauer weiblicher Tiere. Ein signifikanter Nachweis konnte im Zeitraum von der dritten bis vierten Woche erbracht werden. Bestätigt werden die Ergebnisse von SAMBRAUS (1978), der bei weiblichen Kälbern eine um 5 % bzw. 2 bis 5 % (PORZIG, 1982) kürzere Liegedauer feststellte. Im Gegensatz zu den eigenen Untersuchungen stellten RIESE et al. (1977) in Untersuchungen bei Mastkälbern eine geringere Liegedauer als bei Aufzuchtältern fest. Diese betrug im ersten Monat 6,5 von 12 Stunden, im zweiten Monat 8,6 von 12 Stunden. Die Autoren begründeten diese Beobachtung mit individuellen Unterschieden und fütterungsbedingten Schwankungen.

Erwartet wurde eine auffallende Tagesrhythmik, die durch die Fütterungszeiten hervorgerufen wird. Beim Tränkeverfahren mit Eimerfütterung konnte anhand des Parameters Ruheverhalten festgestellt werden, dass der zirkadiane Rhythmus in starkem Maße von den Fütterungszeiten abhängig ist. Den Einfluss der Tränkzeiten als primäre Zeitgeber wiesen auch HAUPTMAN (1966) bei Stallhaltung sowie SAMBRAUS und STEINEL (1978) nach. Schlaf ist nach KAPPELER (2006) durch reduzierte Aktivität und Aufmerksamkeit charakterisiert und kann leicht durch externe Reize unterbrochen werden. Reizeinwirkungen, die akustisch, durch Anwesenheit des Menschen oder Futter ausgelöst werden, haben einen stärkeren Einfluss als die Dämmerung (KOCH, 1968). Bei Sonnenaufgang konnte in den vorliegenden Untersuchungen keine lokomotorische Reaktion der Tiere nachgewiesen werden, zur Zeit des Sonnenuntergangs war das Aktivitätsniveau deutlich erhöht. Eine Begründung dafür kann die Körperpflege sein, die nach Untersuchungen von GEORG und UDE (2007) unter Nutzung einer automatischen Putzmaschine verstärkt zwischen 20 und 22 Uhr beschrieben wurde. Bei geringer Lichtintensität verbringen Kälber mehr Zeit mit Ruhen (DANNENMANN et al., 1985). Nach ASCHOFF et al. (1982) nimmt die Periodendauer, die als Relation zwischen Aktivität und Ruhe zu sehen ist, sowie die Aktivitätsmenge bei hellaktiven Tieren mit der Beleuchtungsstärke zu. Mit der Festfuttermittellage zwischen 8 und 10 Uhr konnte der Einfluss betriebsinterner Abläufe gezeigt werden, der von STEINEL (1977) bestätigt wurde und zu dem HAUPTMAN (1966) und SAMBRAUS (1978) auch den allgemeinen Arbeitsbeginn als Zeitgeber auf den Rhythmus zählen. Nach CZAKÓ et al. (1969) repräsentiert die Fütterungstechnik den Faktor mit den größten Effekten auf Rhythmik und Periodizität.

Bei der Berechnung der Ruhedaten waren betriebsinterne Abläufe, wie Einstreu berücksichtigt. Beobachtet wurde während der Untersuchungen, dass die Kälber bei frischer Einstreu sehr bewegungsaktiv waren und sich anschließend gern auf den verteilten Strohballen ablegten. Bei geringerem Entmistungsintervall im KV wurde häufiger nachgestreut als im RR. Da über den Beobachtungszeitraum vom 15. bis zum 84. Tag kein Nachweis signifikanter Haltungseinflüsse auf die Ruhedauer erbracht werden konnte, deutet sich an, dass keine wesentlichen Unterschiede aufgrund der Einstreuintervalle und in der Liegeflächenbeschaffenheit gegeben waren.

In der Gruppenhaltung wird das Verhalten von Interaktionen zwischen den Tieren geprägt. Bei synchronisiertem Liegeverhalten, das den Bedürfnissen der Tiere entspricht (NIELSEN et al. 1997), könnten die Wechselwirkungen innerhalb der Gruppe zu Ruhestörungen führen. Werden Tiere innerhalb einer Gruppe häufig von Artgenossen aufgetrieben, kann daraus auf die Haltungsbedingungen bzw. auf die Altersstruktur geschlossen werden. HEITING (1997) beschrieb im RR eine soziale Rangordnung in der Gruppe, die durch Zu- oder Abgänge nicht gestört wird, was sich positiv auf die Ruhe im Stall auswirkt. Die in vorliegender Studie ermittelte geringere Ruhedauer kontinuierlich aufgestallter Kälber im dritten Monat (10 bis 20 Minuten) weist einerseits auf ein gestörtes Ruheverhalten älterer Kälber hin, deren beginnende Wiederkautätigkeit im Liegen von neu eingestellten jüngeren Tieren unterbrochen wurde, andererseits weisen jüngere Kälber ein größeres Ruhebedürfnis auf, welches die Feststellung in gewissem Maße ausgleicht. Das Ruhen ist an das für Wiederkäuer physiologisch unverzichtbare Wiederkäuen gekoppelt (SÜSS und ANDREAE, 1984), wobei Länge und Anzahl der Ruhepausen einem bestimmten Rhythmus folgen. Im vierten Monat liegen die täglichen Ruhezeiten bei 80 % (SAMBRAUS, 1978).

Die Ausprägung der Ruhephasendauer und die Häufigkeit der Ruhephasenwechsel erwiesen sich in vorliegender Untersuchung als bedeutende Parameter hinsichtlich des Einflusses von Haltungsunterschieden. Deutlich erkennbar ist eine an den Schlaf-Wach-

Rhythmus angegliche Ruhephasendauer, die in den Morgenstunden etwa ab vier Uhr sank. Die Kälber ruhten hauptsächlich nachts, wobei Ruhemaxima zwischen 21 und 3 Uhr festgestellt wurden. Es zeigte sich bei längerer Ruhephasendauer in den Abendstunden (Automatenränke, RR) eine Verkürzung der Dauer ab 23 Uhr. Offenbar ist die Phasendauer an Tiefschlafphasen gekoppelt. Bestätigt wird diese Beobachtung von SAMBRAUS (1978), wobei die intensivste Ruheperiode mit Tiefschlafphasen gegen Mitternacht festgestellt wurde. PORZIG (1982) beschrieb bei Kälbern auf der Weide fünf Ruheperioden, davon zwei um Mitternacht. Ein weiterer Einfluss auf die Ruhephasendauer lag aufgrund der Fütterung vor. Die höchste Auslastung bei der Nutzung der Tränkeautomaten zur Milchaufnahme wurde zwischen 4 und 5 Uhr, gegen 11 Uhr und zwischen 17 und 19 Uhr ermittelt. Unterstützt wird die Beobachtung durch Untersuchungen von PORZIG et al. (1969), die eine Säugezeit bei Tagesanbruch ermittelten. Sowohl in etwa gleichaltrige Tiere im RR als auch kontinuierlich aufgestallte Kälber zeigten ein synchrones Trinkverhalten (vgl. Kap 5.3.4). Die Beobachtung gibt einen Hinweis auf die Einstellung eines Rhythmus in Abhängigkeit von der Fütterungszeit, die das Schlafverhalten überlagert. Unterstützt wird die Aussage von ASCHOFF (1954), nach dessen Beobachtung Fütterungszeiten als Zeitgeber das Hell-Dunkel-Prinzip mit nicht ständig vorhandenem Futterangebot überlagern.

Untersuchungen zur Verteilung der Liegezeiten im Tagesverlauf ergaben zwei bevorzugte Liegeperioden nach der Morgenmahlzeit und in den Vormittagsstunden sowie stärker ausgeprägt am Nachmittag zwischen 13 und 15 Uhr. Von 5 bis 19 Uhr sind die Ruhephasen erheblich verkürzt und zugleich zahlreicher. In mutterloser Aufzucht zeichnen sich bei eimergetränkten Kälbern die Fütterungszeiten im Stundenintervall von 5, 12 und 17 Uhr ab. Die Beobachtungen stimmen mit den von CZAKÓ et al. (1969) ermittelten Ruhezeiten in etwa überein, die zwischen 8 und 10 Uhr lagen. Kälber, die älter als drei Monate waren, ruhten zwischen 11 und 12 Uhr bzw. 14 und 16 Uhr. Die Autoren hoben den Einfluss der Fütterung hervor. RIESE et al. (1977) stellten ebenfalls zwei Hauptliegezeiten fest, wobei die erste 30 bis 60 Minuten nach der Morgenfütterung begann und am späten Vormittag endete, die zweite begann etwa um 13 Uhr und endete etwa eine Stunde vor der Abendfütterung. Vom ersten bis zum dritten Monat wurde von den Autoren eine Liegedauer von 52,8 Minuten festgestellt, wobei die unterschiedliche Dauer der Beobachtungszeiträume zu berücksichtigen ist. Bei 12-stündiger Beobachtungszeit ermittelten RIESE et al. (1977) eine Spannbreite der Liegedauer, die tagsüber zwischen wenigen Sekunden und maximal zwei Stunden lag und mit eigenen Beobachtungen übereinstimmt. Während der Nachtruhe wurde in vorliegender Studie eine mittlere Ruhephasendauer von maximal 150 Minuten festgestellt.

Nachdem in der vorliegenden Studie und von CZAKÓ (1974) bereits festgestellt wurde, dass die Gesamtdauer des Ruhens mit steigendem Lebensalter tendenziell abnimmt, konnte im Haltungsvergleich bei steigender Dauer der mittleren Ruheperioden in einer homogenen Gruppe eine sinkende Phasendauer im KV im Altersverlauf ermittelt werden. Signifikante Haltungsunterschiede wurden eigenen Berechnungen zufolge nicht in der Gesamtruhedauer, sondern anhand der Parameter Ruhephasendauer und -wechsel ermittelt. Den vorliegenden Untersuchungen zufolge lag die tägliche Ruhedauer in Gruppenhaltung (15. bis 84. Tag) bei 17,3 Stunden (Eimertränke) bei einer mittleren Ruhephasendauer von 69,8 (RR) und 65,6 Minuten (KV). Bei automatisch getränkten Kälbern wurde bei einer täglichen Gesamtruhezeit von 18,4 Stunden eine Ruhephasendauer von 66,1 (RR) bzw. 68,3 Minuten (KV) festgestellt. Vom 57. bis zum 84. Tag ergab sich eine Verteilung der mittleren Liegephasendauer von 72,1 Minuten auf durchschnittlich 12,7 Liegeperioden (Eimertränke, RR). Demgegenüber wurden bei kontinuierlich gehaltenen Kälbern bei geringerer Ruhephasendauer (63,8 Minuten) häufigere Wechsel (14,3) ermittelt. Die Beobachtungen

bestätigen unterbrochene Ruhephasen in altersgemischten Gruppen. Bei automatisch getränkten Kälbern waren die Haltungsunterschiede weniger stark ausgeprägt. CZAKÓ (1974) stellte insgesamt geringere tägliche Ruhezeiten bei häufigeren Wechseln fest. Der Autor ermittelte im zweiten Monat bei einer täglichen Liegedauer von 15,9 Stunden 16,2 Liegeperioden, im dritten Monat lag die Dauer bei einer Verteilung von 15,4 Liegeperioden bei 14,2 Stunden. Dem schließen sich von SWANSON und HARRIS (1958) ermittelte Liegezeiten an. In deren Untersuchungen nahm die Ruhe im Alter von 9 Tagen eine Dauer von 17,5 Stunden und am 23. Tag 16,5 Stunden ein. Im zweiten Monat schwankte die ermittelte Dauer zwischen 14,9 Stunden (37. Tag); 15,2 Stunden (51. Tag) und im dritten Monat zwischen 14,2 Stunden (65. Tag) und 14,7 Stunden (79. Tag). KEHR et al. (1971) ermittelten bei einer Beobachtungszeit von 12 Stunden 7,7 Liegeperioden bei durchschnittlicher Dauer von 56,7 Minuten, die das Verhalten im Tagesverlauf wiedergeben und eigenen ultradianen Beobachtungen entsprechen.

Die Qualität des Ruhens und der damit verbundene Erholungsgrad ist an der Häufigkeit des Phasenwechsels erkennbar und kann in Kombination mit der Länge der Perioden einen ungefähren Anhaltspunkt über das Wohlbefinden eines Tieres geben, da auch das Alter und der Gesundheitszustand eine wesentliche Rolle spielen. Je häufiger Wechsel zwischen Ruhe und Bewegung festgestellt werden, desto kürzer sind diese Zeitabschnitte und um so oberflächlicher der Schlaf (HERTER und LEHMANN, 1955). Die vorliegenden Untersuchungen belegen in den ersten drei bis vier Lebenswochen häufige Wechsel zwischen den Ruhephasen. SCHRAMA et al. (1995) bestätigen bei Untersuchungen zur Anpassung an eine neue Haltungsumgebung Verhaltensänderungen in Form häufiger Wechsel zwischen Aktivitäts- und Liegephasen. Überraschenderweise wurden bei automatisch getränkten Kälbern größere Haltungsunterschiede mit geringerer Ruhephasendauer und einem häufigeren Phasenwechsel festgestellt. Die Beobachtung zeigt, dass Kälber beim Anlernen an das automatische Tränksystem eine Anpassungszeit benötigen. Geringere Abweichungen im KV bestätigen in Abhängigkeit von der Anzahl bereits abgetränkter Kälber das unterschiedliche Verhalten zwischen den Haltungsverfahren. Unter dem Aspekt der Gleichzeitigkeit des Verhaltens in Herden, in denen sich die Tiere gut aneinander gewöhnt haben (BARTUSSEK et al., 1995), ist als wesentlicher Teil die Futteraufnahme zu sehen. Bei synchronem Verhalten von Kälbern könnte das Fütterungssystem der Eimertränke im Vergleich zur Verabreichung der Milch am Automaten eine beruhigende Wirkung auf die Tiere ausüben. Automatenfütterung mit einer Saugstelle für etwa 12 Kälber kann zu sozional negativen Auseinandersetzungen führen, die von VORNHOLT (2007) beobachtet wurden.

6.2.3 Rhythmik im Tages- und Jahresverlauf

Eine steigende Aktivität bei erhöhter Lichtintensität im Außenklimastall konnte in den Morgenstunden nicht gezeigt werden. Die Ergebnisse gaben einen Hinweis auf eine an den Sonnenuntergang und die sich anschließende Dämmerungszeit gekoppelte Aktivität. Diese war an die zunehmende Tageslänge angepasst. Somit konnten jahreszeitliche Schwankungen durch den Tageslichteinfluss bei verkürzten Tagen im Winter nachgewiesen werden. Im Tagesverlauf zeigten sich Aktivitätsmaxima in den Abendstunden, die mit den Beobachtungen weiterer Studien übereinstimmen. Untersuchungen zeitlich bezogener Verhaltensmerkmale ergaben einen typischen Biorhythmus mit Maxima in den frühen Morgenstunden und am Abend (BREER und BÜSCHER, 2006). Auch SAMBRAUS (1978) und VEISSIER et al. (1989a) beschrieben beim Rind Hauptaktivitätsphasen mit einem ersten Maximum am Morgen und einem zweiten am Abend. Bei langer Lichtphase zeigt sich in den Mittagsstunden eine weitere Aktivitätsphase (SAMBRAUS, 1978), die in eigenen Unter-

suchungen bei Kälbern durch höhere Aktivität und häufigere Ruhephasenwechsel gekennzeichnet war.

Der Vergleich des Aktivitätsniveaus zwischen den Sommer- und Wintermonaten ergab ein höheres Niveau im Winter. HÄNNINEN et al. (2003) stellten im Kaltstall eine geringere Ruhezeit der Kälber als im Warmstall fest. Die Ruhedauer verringerte sich nach Meinung der Autoren tendenziell in den Sommermonaten. Auch STEINEL (1977) ermittelte eine starke jahreszeitliche Abhängigkeit der Aktivitätsmaxima und wählte daher Beobachtungszeiten von 17 bis 21 Uhr im Sommer und 15 bis 19 Uhr im Winter, die sich mit eigenen Maxima decken. BREER und BÜSCHER (2006) ermittelten kaum einen Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Tieraktivität und begründeten die Feststellung mit relativ hohen Umgebungstemperaturen.

In den Versuchsabschnitten unterschieden sich die Beobachtungen im Jahresverlauf durch die Ausprägung der Intensität der lokomotorischen Aktivität. Bei eimergetränkten Tieren waren sowohl Aktivität als auch Nachtruhe stärker ausgeprägt. Die Hauptaktivitätsperioden standen in Zusammenhang mit den Fütterungszeiten der Milch und intensiver Beschäftigung bei Festfuttermitteln. Nach der Futteraufnahme wurden in den Vormittagsstunden zwei Ruhephasen ermittelt. Zwischen der Mittags- und Abendmahlzeit wurde eine ausgedehnte Ruhezeit festgestellt und eine Nachtruhe von etwa 8 Stunden. Die Beobachtungen stimmen mit Beobachtungen von PORZIG (1982) bei Kälbern auf der Weide überein, der fünf Ruheperioden beschrieb, von denen zwei um Mitternacht nachgewiesen wurden. Die bei Automatentränke im KV festgestellten verringerten Ruhephasen in Anlehnung an die Beobachtungen bei Eimertränke um 5, 12 und 17 Uhr sind auf etablierte Fütterungszeiten der Kälber zurückzuführen, die bereits einen eigenen Tränkerhythmus aufgebaut haben. Im RR konnten anhand der Ruhephasen keine Tränkezeiten mit derartiger Ausprägung zu festen Terminen ermittelt werden. Begründet wird die Feststellung anhand eigener Beobachtungen mit Schwankungen der Tränkeaufnahmezeit junger Kälber bis etwa zur 7. Lebenswoche.

In den Sommermonaten wurde eine signifikant kürzere Ruhephasendauer, insbesondere bei kontinuierlich aufgestellten männlichen Kälbern bei häufigerem Phasenwechsel festgestellt. Begibt man sich auf die Ursachenforschung für diese Resultate, so stößt man auf unterschiedliche altersspezifische Aufzuchtbedingungen im kontinuierlichen Haltungsverfahren. Die längeren Ruhephasen bei kontinuierlich aufgestellten Kälbern in den Frühjahrsmonaten (Eimertränke) stehen im Zusammenhang mit dem Anteil abgesetzter älterer Kälber, die bei Wiederkautätigkeit mehr Zeit im Liegen verbringen. Bestätigt werden die Beobachtungen zur Synchronität von Verhaltensabläufen durch Untersuchungen von NIELSEN et al. (1997). Das insgesamt ruhigere Verhalten bei automatischer Tränke spiegelt sich in konstanter Ruhedauer im Jahresverlauf wider. Die ermittelten häufigen Phasenwechsel im Oktober bei KV sind mit betriebsinternen Einflüssen zu begründen (Reinigung und Desinfektion). Die gewonnenen Erkenntnisse werden detaillierter im Folgenden bei der Rhythmikanalyse besprochen.

6.2.4 Zeitreihen- und Kopplungsgradanalyse

Zeitreihenanalyse

Die lokomotorische Aktivität zeigt typische 24-Stunden und darunterliegende Rhythmen, doch sind zahlreiche spezielle motorische Muster in eine Zeitordnung eingepasst (TEMBROCK, 1992). So erfolgt die Anpassung der Tiere durch Verkoppelung spezifischer Interaktionen, die durch exogene Zeitgeber gesteuert und geregelt werden oder auf Artgenossen orientiert sind. Als übergeordnete externe Zeitgeber stellten sich die Fütterungszei-

ten heraus. Diese erzeugten bei Eimertränke eine höhere Intensität bei der Ausprägung von ultradianen Rhythmen als bei automatisch getränkten Tieren. Im Vergleich zu adulten Pflanzenfressern, deren Rhythmus mit einer Phasenlänge von acht Stunden und einer zweiten ultradianen Komponente von 4,8 Stunden bestimmt wird (SCHEIBE et al., 1999), ist bei Kälbern eine wesentlich größere Anzahl an Ultradianrhythmen feststellbar. Dabei spielt der Entwicklungsprozess im Altersverlauf eine Rolle, aber auch die Anpassung an unvorhersehbare Umgebungen nach Umstallung, die mehr Erkundungsverhalten zur Folge haben.

Rhythmische Strukturen, wie Nahrungsaufnahme und motorische Aktivität, also Zeitreihen des Verhaltens, lassen sich mit der Spektralanalyse darstellen (SCHEIBE et al., 1999; SCHEIBE et al., 2002). Verglichen mit standardisierten deskriptiven Prozeduren ist die Spektralanalyse komplex. Zeitreihen präsentieren einen Trend, der die Varianz in einer Datenreihe und periodische Komponenten zeigt. Bei der Interpretation der Leistungsspektren bezogen sich Beobachtungen innerhalb der Zeitreihe auf die Aktivität. Die Analyse von sieben Tagen war gut gewählt, um eine Zirkadianperiodik nachzuweisen (persönliche Mitteilung, SCHEIBE, 2010). Die stärkste Ausprägung des Leistungsspektrums wies bei Eimertränke die 24-Stunden Rhythmik auf, welche sich mit dem Aufbau einer 16- und 19-Stunden Periodik im Altersverlauf verringerte. Der endogene Aktivitätsrhythmus wurde durch Zeitgeber dahingehend modifiziert, dass täglich nahezu zur gleichen Zeit dieselbe Tätigkeit vollzogen wird. Diese betrafen sowohl den Schlaf-Wach-Rhythmus (10 Stunden von 19 bis 5 Uhr bzw. 19 Stunden von 19 bis 14 Uhr), als auch den zeitlichen Abstand zwischen den Nahrungsaufnahmen bzw. Schlafzyklen (16 Stunden von 19 bis 11 Uhr). Das Wach-Schlafverhalten kann nach RUCKEBUSCH (1975) zur Beurteilung der Anpassung eines Tieres an seine Umwelt herangezogen werden, wobei Störungen des biologischen Rhythmus zu Beeinträchtigungen des Wohlbefindens führen können. Kälber weisen nach der Geburt ein hohes Schlafbedürfnis auf, das mit zunehmendem Alter sinkt (PORZIG et al., 1969). Das ausgeprägte Ruheverhalten bei jungen Kälbern wird in der vorliegenden Studie mit der Intensität der 19-Stunden Periodik im Alter von 15 bis 28 Tagen bei Synchronität im RR gezeigt. In der Zeit vom täglichen Aktivitätsbeginn bis zur Milchfütterung gegen 12 Uhr trat die 7-Stunden Komponente hervor. Die festgestellte Kurzzeitrhythmik von 3 Stunden ist auf den Zeitgeber Fütterung zurückzuführen (erste bzw. zweite Milchtränke bis zur Festfuttermalage). Bestätigt werden Einflüsse auf die ultradiane Rhythmik, wie Wechsel der Schlafstadien, tägliche Leistungsfähigkeit oder durch Fütterungszeiten (PALMER, 1976; TEMBROCK, 1992). STEINEL (1977) ermittelte, dass in relativen Ruhephasen zwischen zwei Mahlzeiten nie alle Kälber lagen. Jeweils im Abstand von etwa 2 Stunden waren sekundäre Aktivitätsmaxima zu beobachten, wobei die Hälfte der Gruppenmitglieder stand. Zum einen wurde diese Beobachtung mit physiologischen Gründen erklärt, zum anderen mit dem Nachahmungstrieb. Die im 3. Monat im RR ermittelte geringere Ausprägung der 19-h Rhythmik hatte eine stärkere Intensität der 10-h Rhythmik zur Folge. Möglicherweise verursachte das Abtränken der Tiere ein starkes Bedürfnis zur Milchaufnahme um 5 Uhr nach Beginn der Nachtruhe gegen 19 Uhr bei synchronen Verhaltensweisen. Zudem kann der Milchentzug neben höherer Wasseraufnahme zu vermehrtem Komfortverhalten führen, das vorwiegend in den Abendstunden ausgeführt wird und somit die nächtliche Ruhephase verschiebt.

Bei automatisch getränkten Tieren ließen sich in Bezug auf die zeitliche Verteilung ähnliche periodische Änderungen in den Datenreihen zeigen. Der Anteil der einzelnen Perioden unterschied sich, insbesondere durch fließende Übergänge im 6- bis 12-Stunden Bereich. Ultradiane Rhythmen besitzen eine besondere Bedeutung bei der effektiven internen Organisation physiologischer Vorgänge und des Verhaltens (ASCHOFF und GERKEMA, 1985).

Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass automatisch getränkte Kälber bei selbst gewählten Tränkezeiten ihren endogenen Rhythmus allmählich finden. In der vorliegenden Versuchsanstellung bekamen die Tiere bei einer Tagesration von 8 Liter Milch und einer Ansparmenge von einem Liter etwa nach 3 Stunden ein Tränkeanrecht. Zudem teilen Kälber den Tag in 2- bis 3-stündige Phasen, nicht wie Kühe in Laufstallhaltung in zwei große Fress- und Liegeperioden (KOCH, 1968). Der Tagesrhythmus war durch Aktivität im Zeitraum am Vormittag von 5 bis 13 Uhr gekennzeichnet, dem eine Inaktivitätsphase mit ausgedehnter Liegeperiode bis 15 Uhr folgte. Vom 29. bis zum 56. Tag erfolgte keine Einstellung der zirkadianen Rhythmik. Es findet sich eine Periodik von 14, 16 und 19 Stunden. Die häufigsten Tränkebesuche wurden um 5 und um 19 Uhr registriert, welche der 14-Stunden Rhythmik entsprechen. Es wurden aber auch Auslastungen gegen 4 und 9 Uhr festgestellt. Die im KV stark ausgeprägte 19-Stunden Periodik könnte ein Hinweis auf das Verdrängen bei der Milchaufnahme sein, da ältere Tiere den jüngeren Tieren mit einer höheren Körpermasse überlegen sind. Die deutlichen Unterschiede zwischen den Haltungsverfahren bei der 14- und 19-Stunden Periodik zeigen den starken Einfluss der Einstellungs-systematik auf die Futteraufnahme, Milchaufnahmerhythmik und das Ende der Nachtruhe. Untersuchungen von RUCKEBUSCH et al. (1974) bestätigen den Einfluss der Managementfaktoren auf das Schlafverhalten, so wurden Tiefschlafphasen nur bei an die Umgebung adaptierten Tieren festgestellt.

Die verminderte Ausprägung der Rhythmizität in der eigenen Untersuchung könnte im zweiten Lebensmonat mit dem sogenannten Immunloch zusammenhängen, das durch allgemeine Abwehrschwäche ein Hervortreten der 24-Stunden Rhythmik verhindert. Erkrankungen oder Umstellungen verändern auch den Wach-Schlaf-Rhythmus mit einer Verminderung der Gesamtschlafzeit (RUCKEBUSCH, 1975). Der Autor ist der Ansicht, dass sich konstante Fütterungszeiten, ein regelmäßiger Tagesablauf und Stallruhe während der Dunkelperiode positiv auf einen ungestörten Schlaf-Wach-Rhythmus auswirken. Die in eigenen Untersuchungen festgestellte 24-Stunden Rhythmik im 1. und 3. LM im KV kann auch ein Hinweis auf die Orientierung an Artgenossen sein, wobei das Lernverhalten bei großen Altersunterschieden zum Ausdruck kommt, aber auch das Bedürfnis nach Synchronität. ZERBE (1998) fand heraus, dass ein Tagesrhythmus mit mehr als zwei Aktivitätsphasen eine schnelle Sozialisierung und Raufutteraufnahme begünstigt. Mittels Tränkeprogramm wurden in Versuchsanstellungen drei periodische Aktivitätsphasen erzeugt, die an die Milchaufnahme gekoppelt waren. Somit wurde der Tagesrhythmus mit Aktivitäts- und Ruhephasen strukturiert. Bei automatischer Milchversorgung mussten Kälber den Zeitpunkt des Tränketermins erkunden und folgten dabei einem inneren 5- bis 6-Stunden Rhythmus. Der Autor schlussfolgerte, dass die Intensität der Aufzucht über die Futtermenge, das Erkundungsverhalten und den Tagesrhythmus bestimmt wird.

Die anhand des Leistungsspektrums ermittelten Ergebnisse weisen auf die Bedeutung der Analyse des Aktivitätsrhythmus zur Einschätzung der Wirkung von unterschiedlichen Haltungsbedingungen hin. So fanden sich bei Eimertränke im RR-System synchronisierte periodische Komponenten (10-, 16- und 19-h Periodik). Gleichaltrige Sozialpartner führen bestimmte Verhaltensweisen gleichzeitig aus. Bei automatisch getränkten Gruppen zeigte sich im RR die 14-, 16- und 19-Stunden Rhythmik leistungsstärker, sowie Kurzzeitrhythmen im zweiten Monat. Die Ultradianrhythmen im Stundenbereich stehen im Zusammenhang mit synchronem Verhalten und sind somit umweltangepasst. Die Analysen des Aktivitätsrhythmus vom 56. bis 84. Tag ergaben bei kontinuierlicher Belegung eine über den Lichttag verteilte harmonische Strukturierung von Rhythmuskomponenten im ultradianen Bereich von 6 bis 12 Stunden. Bei Altersunterschieden bis zu zwei Monaten gibt es weni-

ger regelmäßige und gleichzeitige Verhaltensweisen bezogen auf Nahrungsaufnahme, motorische Aktivität und Spiel.

Kopplungsgradanalyse

Die Kopplungsgradanalyse eröffnet Möglichkeiten, anhand der Intensität signifikanter Perioden Umgebungsbedingungen der Tiere genauer zu bewerten. Der Leistungskopplungsgrad (LKG) gibt den Anteil der wiederkehrenden Verhaltenskomponenten an, die mit der 24-Stunden Periodik synchronisieren (BERGER et al., 2003). Bei eimergetränkten Tieren war die 24-Stunden Rhythmik im Alter von 15 bis 28 Tagen am stärksten ausgeprägt und sank mit zunehmendem Alter, wobei im RR ein höherer Anteil der 24-Stunden-Komponente vorlag. Eine Bestätigung dafür, dass sich die Haltungsform im RR mit etwa gleichaltrigen Tieren und synchronen Verhaltensweisen positiv auswirkt, konnte anhand des LKG nicht getroffen werden. Der LKG lag im KV über dem des RR. Bei gesunden Tieren zeigten Berechnungen, dass ein sinkender Anteil des LKG tendenziell mit geringerer Ausprägung der 24-Stunden-Komponente im Altersverlauf verbunden ist. Demzufolge waren in der vorliegenden Untersuchung die größere Altersdifferenz und die hygienischen Bedingungen im KV keine Kriterien, durch die das Wohlfühlverhalten der Tiere negativ beeinflusst wurde.

In automatisch getränkten Gruppen wurde bei weitgehend freier zeitlicher Bestimmung der Milchaufnahme eine größere Anzahl von Kurzzeitrhythmen ermittelt. Wird unterstellt, dass Kälber bei dieser Fütterungstechnik geringere Abweichungen vom physiologischen Verhalten aufweisen, sind Aussagen auf der Basis vorliegender Untersuchungen in Abhängigkeit vom Gesundheitszustand zu betrachten. Einen starken Einfluss auf die Gesamtberechnung des leistungsbezogenen Kopplungsgrades hatten erkrankte Tiere, die mit zunehmendem Alter vom 15. bis zum 84. eine allmähliche Erhöhung des LKG um 20 % zeigten. Eine interne Desynchronisation physiologischer und ethologischer Rhythmen kann zur Beeinträchtigung der Tiergesundheit führen (HURD und RALPH, 1998). Folgen einer Desynchronisierung können physische Beschwerden wie Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes, respiratorische Erkrankungen, Immunsuppression und psychische Beschwerden sein, die sich in Stereotypien oder Aggressionen zeigen können (TOBER, 2008). Im dritten Monat waren die Kälber soweit an das Haltungssystem mit automatischer Tränke adaptiert, dass der LKG sowohl im RR, als auch im KV im Gruppenmittel bei 95 bis 100 % lag.

Zudem werden an der lokomotorischen Aktivität gemessene Anpassungsvorgänge an die Umwelt im Altersverlauf auch von Wachstumsprozessen beeinflusst (TEMBROCK, 1992). So sind Verdrängungen an der Saugstelle des Automaten im KV durch eine höhere Körpermasse bei älteren Kälbern einfacher und könnten den geringeren Anteil des LKG begründen. In der per Eimer verabreichten Fütterungsform, bei der jedes Kalb einen Fressplatz hatte und nach der Milchaufnahme fixiert wurde, ergab die Kopplungsgradanalyse einen Anteil von 100 % im KV. Das ist als Bestätigung dafür zu werten, dass die Ausprägung der Intensität der Periodizität und des leistungsbezogenen Kopplungsgrades eng an die Verabreichungsform der Milchaufnahme bei Kälbern gekoppelt ist.

Einzeltieruntersuchungen

Individuelle Datenanalysen erhöhten die Treffsicherheit der Aussagen zum Einfluss der Managementfaktoren, die auf jedes Tier einwirken und den Tagesablauf der Tiere bestimmen. Ob dieser mit dem endogenen biologischen Rhythmus vereinbar ist, sollte mittels Kopplungsgradanalyse geklärt werden. Änderungen im biologischen Rhythmus bzw. Reaktionen auf Belastungssituationen machen sich beispielsweise durch ein geringeres

Aktivitätsniveau oder Tränke zu ungewohnten Zeiten, Schlaf- und Futteraufnahmestörungen bemerkbar (GROSS und SIEGEL, 1993). Der Nachweis von Verhaltensänderungen mit dem Parameter Bewegungsaktivität, hervorgerufen durch eine Abkalbung, gelang BAHN et al. (2007). Die Fourieranalyse erhöhte vor allem die Sensitivität in der Identifizierung von Störungen in der Tagesperiodik. Auch GRAU et al. (1995) bestätigen Einflüsse durch Umweltbedingungen auf die Ausprägung ultradianer Rhythmen der motorischen Aktivität, wobei soziale Interaktionen und Umgebungsbedingungen zu einer Maskierung des Rhythmus führen können.

Moderne Haltungssysteme fordern Gruppenhaltung (TIERSCHNUTZTV, 2009), womit Umstellungen und Anpassungen an neue Umgebungen und Gruppenmitglieder verbunden sind. In vorliegenden Untersuchungen wurden haltungsbedingte Veränderungen von Einzel- in Gruppenhaltung in Zeiträumen vorgenommen, die bereits durch interne und externe Desynchronisation der Verhaltensrhythmik gekennzeichnet waren bzw. in denen junge Kälber noch keinen ausgeprägten endogenen Rhythmus entwickelt haben. Die Einzeltieruntersuchungen ergaben bei zwei von acht Tieren am Tag nach der Umstellung verminderte Anteile der Parameter, die auf Stress hindeuten können. Vermutet wurde in einer Haltungsumgebung mit kontinuierlicher Belegung ein stärkerer Wechsel der Aktivitätsrhythmen als im RR. Zu- und Ausstellungen ergaben gleichermaßen Tagesschwankungen, die nicht eindeutig mit einem sinkenden Anteil des LKG und dem Anteil harmonischer Perioden (hA) verbunden waren. Es zeigte sich eine Veränderung der täglichen Aktivitätsrhythmik, wie auch von VEISSIER et al. (2001) und BØE und FÆREVIK (2003) festgestellt wurde. Bei jungen Kälbern konnten anhand der eigenen untersuchten Parameter jedoch keine für einzelne Tiere charakteristischen Verhaltensweisen abgeleitet werden, zudem variierte der hA bei den einzelnen Individuen stark. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass bei einem Anteil des LKG auf hohem Niveau anhand des Parameters Anteil harmonischer Perioden mit höherer Genauigkeit die Auswirkungen belastender Faktoren auf das Einzeltier gezeigt werden können.

In den vorliegenden Untersuchungen konnten Einflüsse betriebsspezifischer Abläufe wie Einstreu nicht eindeutig als positiv oder negativ auf das Verhalten der Tiere bewertet werden. Häufig wurden an einem Tag mehrere Einflussfaktoren, wie Erkrankung, Einstreu und Umstellungen aufgezeichnet, sodass keine klare Abgrenzung möglich war. Es ist davon auszugehen, dass Einstreu als Beschäftigungselement positive Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Tiere hat und eigenen Beobachtungen zufolge die Kälber zum gegenseitigen Spielen und soziopositiven Aktivitäten animierte. Frische Einstreu bewirkte kein nachweisliches Sinken des LKG und hA. War kein sprunghafter Anstieg des hA zu verzeichnen, könnte das Einwirken neuer Eindrücke angestaunend oder als Stress empfunden worden sein. Am Tag der Körpermasseerfassung wurde meist ein geringerer hA als am Vortag festgestellt und kann als Belastung für die Tiere gedeutet werden. Die Fixierung in einem Fangstand, wie in vorliegender Untersuchung zur Wägung genutzt, bereitet den Tieren Stress (WILLECKE, 2006). Auf Aktionshäufungen reagierten die Tiere unterschiedlich. Die Ergebnisse der Studie verdeutlichen die Bedeutung des ungestörten Ablaufs biologischer Rhythmen durch Vermeidung unnötiger Aktionen, da die Tiere stabile Rahmenbedingungen benötigen. Möglicherweise lassen sich in gewohnten Tagesabläufen beispielsweise bei der Abwehr von Erkrankungen höhere Abwehrkräfte zu mobilisieren.

Erkrankungen führten in hohem Maße zu Abweichungen des Aktivitäts- und Futteraufnahmerhythmus. Entsprechend gewonnener Erkenntnisse, nach denen eine interne Desynchronisation zu mangelndem Wohlbefinden führt (PALMER, 1976; TUREK, 1994), wurde in vorliegender Studie ermittelt, inwieweit die Indikatoren LKG und der Anteil harmo-

nischer Perioden Aussagen für belastende Umstände und für Krankheitserkennung zulassen. In der eigenen Untersuchung deuteten sich periodische Änderungen der Milch- und Kraftfutteraufnahme frühzeitig mit sinkender Aktivität an. Bei Behandlungen wurde ein Abfall des hA und anfangs auch des LKG festgestellt. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass anhand des LKG tendenzielle Aussagen zum Wohlbefinden des Tieres ermöglicht werden und mit dem Anteil harmonischer Perioden kurzfristige Verbesserungen des Zustandes angezeigt werden können. So wurde beispielsweise bei einem geringeren Anteil des LKG als dem harmonischer Perioden gezeigt, dass das Tier unter einer Belastungssituation stand und diese durch die Verabreichung von Medikamenten kurzfristig überlagert wurde. Diese Beobachtung wurde sowohl in den ersten Lebenstagen als auch im Alter von zwei Monaten festgestellt. Im zeitlichen Verlauf von einigen Tagen stabilisierte sich der innere Rhythmus wieder, was sich in einem erhöhtem LKG zeigte. Tendenziell folgte der hA dem LKG bei interner und externer Desynchronisation.

Wird die Fixierung in einem Fangstand von Kälbern als Stress empfunden (WILLECKE, 2006), ließe sich der hA auf niedrigem Niveau bei Eimergetränkten Tieren erklären. Bei dieser Tränkeverabreichungsform wurden die Tiere nach jeder Milchaufnahme etwa zehn Minuten im Fressgitter fixiert. Die anschließende Flucht aus einer derartigen Situation könnte eine Erklärung für das höhere Gesamtaktivitätsniveau bei Eimertränke sein. Sowohl gesteigerte Aktivität (VEISSIER et al., 1989b; DE PASSILLÉ et al., 1995), als auch totale Unbeweglichkeit können ein Anzeichen für Angst oder Unbehagen sein (BOISSY, 1995). Eine Steigerung der Erregung nach körperlicher Fixierung wurde auch von STEPHENS und TONER (1975) festgestellt.

Gelten Störungen biologischer Rhythmen als mangelndes Wohlbefinden (PALMER, 1976; TUREK, 1994), so wird anhand vorliegender Ergebnisse deutlich, dass mit der Bewertung des Allgemeinzustandes (Vitalitätscode) zwar zusätzlich und vor veterinärmedizinischen Behandlungen Beeinträchtigungen der Tiere erkannt wurden, jedoch nicht die Sensitivität des LKG bzw. hA aufwiesen. Unter Berücksichtigung weiterführender Untersuchungen, nach denen Verhaltensänderungen frühzeitiger Rückmeldung über Umgebungsbedingungen geben als physiologische Anpassungsprozesse (SAMBRAUS, 1978), ist die Nutzung der Parameter zu Bewertung des Wohlbefindens von Tieren zu befürworten. Die auf der lokomotorischen Aktivität basierenden Parameter leistungsbezogener Kopplungsgrad und Anteil harmonischer Perioden erwiesen sich als effizient in der Statusbeurteilung der Tiere und als wichtiges Maß für die Intensität belastender Bedingungen, insbesondere bei Erkrankungen der Tiere. Stressbedingte Verhaltensänderungen (GROSS und SIEGEL, 1993) konnten mit den verwendeten Parametern erklärt werden. Mit der vorliegenden und weiteren verfügbaren Studien über biologische Rhythmen bei Kälbern sollte zur Weiterentwicklung tiergerechter Haltungssysteme weitere Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Chronobiologie angeregt werden. Die in vorliegender Studie ermittelte verminderte Milch- und Kraftfutteraufnahme in Zusammenhang mit Erkrankungen entspricht den Beobachtungen von WILSON (1971), nach denen erste Hinweise auf Stresssituationen in Verhaltensänderungen zu finden sind.

6.2.5 Tränkerhythmik

In der Struktur der Verhaltenselemente junger Aufzuchtkälber vollziehen sich zeitliche Veränderungen (BRUNSCH et al., 1996). Neben dem Saugen steigt der Anteil des Fressens und Wiederkauens mit zunehmendem Alter. Umweltreize führen zu einer Veränderung der zeitlichen Verteilung und der Ausprägung von Verhaltensweisen, was letztendlich zu einer Maskierung der zirkadianen Rhythmik führt (SCHEIBE et al., 1999). In vorliegender

Untersuchung war die Aktivitätsrhythmik bei Eimertränke bei einem 6-Stunden Rhythmus stark an die Fütterungszeiten orientiert. Die Tiere zeigten fütterungsabhängig Peaks zu den Mahlzeiten. Die Intensität verschiedener Lebensprozesse wird im Verhalten im unterschiedlichen Alter charakterisiert, wobei Fütterungsmethoden einen wesentlichen Einfluss ausüben (CZAKÓ et al., 1969). So ist bei Stallhaltung die Saugaktivität an Stallarbeitszeiten gebunden. VEISSIER et al. (1989a) untersuchten Tiere im Alter von sieben Monaten über einen Zeitraum von zwölf Tagen nach der Entwöhnung, die mit einer Trennung von der Mutter verbunden war. Bei der Anpassung an neue Haltungsbedingungen von der Weide in den Stall wurden zunehmende Ruhezeiten und eine Verstärkung der zirkadianen Aktivitätsrhythmik nachgewiesen. Untersuchungen von SENN et al. (2000) bestätigen, dass die Futteraufnahme einem zirkadianen Rhythmus unterliegt.

Die zeitliche Strukturierung der Futteraufnahme, die dem Tier die Nahrungsaufnahme zum günstigsten Zeitpunkt vermittelt, wird durch den Rhythmus bewirkt (STEPHAN, 2002). So führen Tränkeverfahren ohne vorgegebene Tränkezeiten im weiteren Sinne zu einer Auflockerung der Tagesrhythmik, wobei eigenen Beobachtungen zufolge Aktivitätsspitzen feststellbar blieben. Der Säugerhythmus im automatischen Tränkesystem lag nach einer Ansparmenge von einem Liter Milch bei etwa 3 Stunden. Über den Tag verteilt entsprechen vorliegende Untersuchungsergebnisse dem natürlichen Säugerhythmus, bei dem Kälber bei Tagesanbruch mit der Saugaktivität beginnen, mittags häufiger und vom späten Nachmittag bis zur Abenddämmerung saugen, gelegentlich auch um Mitternacht (PORZIG, 1982). Eine Einstellung der Aktivitätsrhythmik mit der Säugerhythmik wurde bei Automatentränke vom 29. bis zum 56. Tag anhand der 14-Stunden Periodik gezeigt, welche die Intensität der Morgen- und Abendtränke nachweist. Diese Periodizität zeigte sich im RR mit einem stärker ausgeprägten Peak in der tageszeitlichen Rhythmik als im KV, die mit allelomimetischem Verhalten erklärt werden kann, was nicht mit gleichzeitiger Futteraufnahme verbunden war, sondern vermutlich mit gegenseitigem Besaugen. Bestätigt wurde gleichzeitiges Saugverhalten von BRUMMER (2004), das sich im Alter von acht Wochen verstärkte. Die vorliegenden Ergebnisse unterstützen die Aussagen von DEININGER und KÄCK (1999) und KIRCHGEBNER et al. (2008), die die automatische Fütterung der Milch als ernährungsphysiologisch und tiergerechter einschätzen, da die Verabreichung der Tränke in kleinen, stets frisch zubereiteten Portionen erfolgt. Zudem wird die enorme Arbeitszeitersparnis beim Einsatz der Automaten angeführt (BÜSCHER und KÄCK, 1995). Zu klären bleibt jedoch, inwieweit gegenseitiges Besaugen bei automatischer Tränkeverabreichungsform mit einer Saugstelle für 15 Tiere und das Bedürfnis nach synchronisiertem Verhalten vereinbar sind. In den eigenen Untersuchungen wurden altersabhängige Differenzen in der Ausprägung der ultra- und zirkadianen Rhythmen ermittelt. Junge Kälber könnten ihrem natürlichen Hungerrhythmus zur Folge gesaugt haben, was weitere Kälber dazu veranlasste, sich ebenfalls mit einer Form von Saugaktivität zu betätigen, was zumindest mit Aktivitätserhöhung verbunden war. Untersuchungen zum Saugverhalten ergaben, dass Kälber gleichzeitig an der Kuh saugten (BRUMMER, 2004). Mit vorliegenden Untersuchungsergebnissen lassen sich tendenzielle Aussagen über die Aktivitäts- und Säugerhythmik machen, die auf Gruppenmittelwerten beruhen. Gezielte Beobachtungen weisen darauf hin, dass sich die Kälber bei der Fütterung am Tränkeautomaten mit nur einer Saugstelle vor der Milchaufnahme bereits gegenseitig besaugten und sich des öfteren eine Saugerkette hinter dem Kalb, das gerade am Nuckel des Tränkeautomaten saugt, bildeten (BRUMMER, 2004). Das gleichzeitige Saugen der Kälber an der Kuh lässt nach Ansicht der Autorin den Schluss zu, dass die Aufzucht mit Tränkeautomaten desto natürlicher ist, je weniger Kälber pro Saugstelle gehalten werden.

In den vorliegenden Untersuchungen wurden Kälber gehalten, denen altersentsprechend unterschiedliche Milchmengen zugewiesen wurden. Die Tatsache, dass sich bei den Tieren im kontinuierlichen Verfahren im dritten Lebensmonat wieder der 24-Stunden Rhythmus einstellte, zeigt einen Gewöhnungseffekt. Untersuchungen von JOHANNESSON und LADEWIG (2000) zeigten bei verändertem Zeitpunkt der Milchtränke, dass die Tiere diesen Einfluss durch verändertes Wasser-, Komfort- und Futteraufnahmeverhalten kompensierten und sich mit zunehmendem Alter an vorgegebene Fütterungsbedingungen gewöhnten. Demzufolge sind die Tiere in der Lage, den endogenen Rhythmus nach einer Adaptationsphase mit den Umgebungsbedingungen zu synchronisieren.

6.3 Morbidität

Die Milchproduktion steht vor der Herausforderung, ein stabiles Leistungsniveau bei zunehmenden Herdengrößen und abnehmendem Arbeitszeitaufwand zu erbringen. Dabei spielt das Gesundheitsmanagement in der Kälberaufzucht eine herausragende Rolle. Neben den Faktoren Haltung und Klima wird die Krankheitsinzidenz maßgeblich durch den Immunstatus der Kälber bestimmt.

Immunglobulin

Die in den vorliegenden Untersuchungen ermittelte geringe Korrelation zwischen Kolostrumversorgung und Serum-IgG-Konzentration spiegelt die Effektivität der Kolostrumaufnahme wider (persönliche Mitteilung, KASKE, 2009; DONAT, 2010). ERBERS (2005) fand eine signifikante positive Korrelation ($r = 0,9$) zwischen verfütterter Kolostrummenge und der IgG-Konzentration im Plasma der Kälber. Da die uneingeschränkte Kolostrumaufnahme durch den Schluss der Darmschranke zeitlich begrenzt ist (ERHARD und STANGASSINGER, 2000), ist so frühzeitig wie möglich auf eine gesicherte Kolostrumaufnahme zu achten. Zudem ist zu berücksichtigen, dass nur etwa ein Viertel bis ein Drittel der im Kolostrum enthaltenen Immunglobuline resorbiert wird (KASKE und KUNZ, 2003). Die Autoren schlussfolgerten, dass der frühzeitigen Verabreichung des Kolostrums eine wesentlich größere Bedeutung zukommt, als die Bedeutung unterschiedlicher Immunglobulin-Konzentrationen in Kolostrum. Weiterhin ergaben Untersuchungen, dass die Konzentration an Immunglobulinen im Serum neugeborener Kälber direkt mit der Immunglobulinmenge des verabreichten Kolostrums zusammenhängt. Bestätigt wird ein signifikanter Zusammenhang zwischen Kolostrumaufnahme innerhalb der ersten vier Lebensstunden und hoher IgG-Konzentration im Serum mit Werten von 9,87 bis 16,23 mg/ml (LIPP, 2005). Kälber, die später Kolostrum aufnahmen, wiesen signifikant niedrigere IgG-Konzentration im Plasma auf (5,21 mg/ml). Die aufgenommene Menge und der Zeitpunkt der Aufnahme wurden in den eigenen Untersuchungen nicht dokumentiert. Es war davon auszugehen, dass die Neugeborenen versorgt wurden, jedoch konnten keine gesicherten Angaben über die Kolostrumaufnahme innerhalb der ersten zwei Lebensstunden gemacht werden. Ob demzufolge eine Resorption kolostraler Immunglobuline aus dem Darm innerhalb der ersten Lebensstunden stattfand, kann mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen nicht eindeutig geklärt werden. Bei der Überprüfung eines möglichen Einflusses der Geburtszeit auf die maternale Kolostrumversorgung wurde, wie auch von DERENBACH (1981), eine Verteilung der Geburtszeit über Tages- und Nachtzeiten, mit einem erhöhten Anteil nach Mitternacht und am frühen Nachmittag festgestellt.

In den vorliegenden Untersuchungen wurde den Tieren etwa 48 Stunden nach der Geburt Blut entnommen. Ab zweitem Lebenstag ermittelte Serum-IgG-Konzentrationen sind größtenteils auf die Absorption maternaler Antikörper aus dem Kolostrum zurückzuführen (ERHARD et al., 1997), die als wichtigste postnatale Voraussetzung für eine Stärkung des

Immunsystems angesehen werden. Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen ergaben größtenteils keine ausreichende Versorgung der Kälber mit kolostralen Immunglobulinen und entsprechen in etwa der Konzentration gemessener Werte weiterer Untersuchungen. Als ausreichend gelten Konzentrationen von 50 g/l (KASKE et al., 2003). ERBERS (2005) ermittelte bei Braunvieh Konzentrationen von 31,0 mg IgG pro ml Kolostrum. Die eigenen Messungen der Serum-IgG-Konzentration stimmen mit den in der Literatur gefundenen Werten überein. HEYN (2002) fand bei eimergetränkten Kälbern Konzentrationen von 12,8 mg/ml. Nach Erkenntnissen von DONAT (2010) ergaben sich Globulin-Konzentrationen unterhalb des Normwertes von 12 g/l bei Kälbern in 75 % der überprüften Betriebe. Bei guter Abwehrlage ist das Immunsystem des Tieres bei der Einwirkung negativer Umwelteinflüsse zu schnellerer Reaktion befähigt. Die berechnete Spannweite der kolostralen Immunglobuline zwischen 1 und 120 g/l weist auf große individuelle Schwankungen hin und kann einen Unterschied zwischen ausreichender oder mangelhafter IgG-Versorgung des Kalbes bewirken. Die ermittelten Serum-IgG-Konzentrationen zeigten mit Ausnahme der im RR aufgezogenen weiblichen Tiere eine ausreichende Versorgung, die bei ≥ 10 g/l als ausreichend angesehen wird (KASKE und KUNZ, 2003). In Praxisbetrieben wird bei mehr als 20 Prozent erniedrigter Werte im Bestand routinemäßiges Drenchen empfohlen, um durch Aufnahme größerer Mengen den IgG-Gehalt zu erhöhen. Allerdings stellten LACK (2006) und ZAREMBA et al. (1985) geringere IgG-Serumkonzentrationen bei via Sonde gefütterten Kälbern fest. Nach LACK (2006) könnte die geringere Serumkonzentrationen darin begründet liegen, dass durch Ausschaltung des Schlundrinnenreflexes das Kolostrum vorerst in den Pansen und nicht in den Labmagen gelangt. Mit verzögerter Ankunft im Dünndarm kann es zu einer geringeren Resorption der kolostralen Immunglobuline kommen. Die weite Streuung der Einzelwerte innerhalb des eigenen Versuches deutet auf individuelle Unterschiede in der Absorption hin, was von verschiedenen Autoren bestätigt wurde (ZAREMBA et al., 1985; ERHARD et al., 1999).

Den Messwerten des Gesamtproteingehaltes lagen Proben zugrunde, die bei automatisch getränkten Kälbern untersucht wurden. Diese ergaben eine ausreichende Versorgung und decken sich mit den Untersuchungsergebnissen von HEYN (2002). Bei einem Gehalt von 51 mg/ml lagen 80 % der Tiere im Normbereich von 50 bis 70 g/l, was von DONAT (2010) bestätigt wurde. Die in der vorliegenden Studie ermittelte positive Korrelation zwischen IgG- und Gesamtproteingehalt im Serum deutet darauf hin, das kostengünstigere Analyseverfahren der Gesamtproteinbestimmung in Praxisbetrieben zu nutzen.

Krankheitsinzidenz

Ein Zusammenhang zwischen der Krankheitsinzidenz bei geschwächter Immunitätslage der Tiere und den Haltungsbedingungen konnte statistisch nicht gesichert werden. So wurden Atemwegserkrankungen auch bei ausreichender Serum-IgG-Konzentration festgestellt. Jedoch erhöhte die in den eigenen Untersuchungen festgestellte Unterversorgung mit kolostralen Gammaglobulinen das Morbiditätsrisiko der Kälber. Untersuchungen von SCHMIDT et al. (1982) ergaben einen signifikant niedrigeren Immunglobulin-Status bei erkrankten Tieren als bei den gesund gebliebenen Kälbern, was bereits zwei Stunden nach der ersten Kolostrumaufnahme ersichtlich war. Nach SCHÄFER et al. (1998) ist eine Serum-IgG-Konzentration von 6 bis 12 mg/ml für eine ungestörte Entwicklung der Kälber ausreichend. HECKERT et al. (1999) fand auch bei Konzentrationen von 5 mg/ml kein erhöhtes Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko, KLINGENBERG (1996) widerspricht dem. ERBERS (2005) geht davon aus, dass eine Aussage zu erhöhter Morbidität und Mortalität aufgrund der Höhe der Serum-IgG-Konzentration praktisch nicht möglich ist, da neben

dem Transfargeschehen und der Spezifität maternaler Immunglobuline auch der Infektionsdruck zu berücksichtigen ist.

In Einzelhaltung wurden am häufigsten Gastrointestinal- und in Gruppenhaltung Respirationserkrankungen festgestellt. Bestätigt wurden die Ergebnisse in Untersuchungen von SVENSSON et al. (2003) mit signifikantem Alterseinfluss bei Diarrhoe. Kam es mit zunehmendem Alter in Gruppenhaltung zu Erkrankungen, sind eigenen Beobachtungen zufolge Rückschlüsse aufgrund des Immunstatus der Kälber bedingt zulässig, da die IgG-Konzentration der Tiere in den ersten Tagen nach der Geburt ermittelt wurde. Um dieser Frage gezielt nachzugehen, müssten die Tiere im Krankheitsverlauf hinsichtlich der Abwehrkraft wiederholt beprobt werden. Berücksichtigt werden muss auch ein Absinken der IgG-Konzentration im Serum mit zunehmendem Alter der Kälber, die mit zunehmendem Blutvolumen bis zum 77. Tag nach der Geburt wieder ansteigt (ERBERS, 2005). Bei niedriger Menge der erworbenen maternalen Immunglobuline beginnt die Eigensynthese früher, bei hypogammaglobulinämischen Kälbern bereits in der ersten Lebenswoche (LOGAN et al., 1974).

Die Morbidität der Tiere nahm in beiden Haltungsverfahren mit zunehmendem Alter ab. Im ersten Versuchsabschnitt (Eimertränke) wurden in Einzelhaltung eine hohe Erkrankungsrate ermittelt, die mit der durchschnittlichen Serum-IgG-Konzentration von 10,2 g/l in Zusammenhang gebracht werden kann. Die Beobachtungen im zweiten Versuchsabschnitt (Tränkeautomat) ergaben bei höherem mittleren Serum-IgG-Spiegel (13,0 g/l) eine geringere Erkrankungsrate. Mit zunehmendem Aufbau der körpereigenen Immunität wurde in Gruppenhaltung (Eimertränke) eine Morbiditätsrate von 13,7 % mit einem hohen Anteil von Erkrankungen des Respirationstraktes festgestellt. Respirationserkrankungen werden größtenteils mit ungünstigen Haltungsbedingungen in Zusammenhang gebracht, besonders mit inadäquaten klimatischen Bedingungen (Zugluft), die in Verbindung mit Stress, wie beispielsweise Entwöhnung, verstärkt werden (PHILLIPS, 2002; KUNZ, 2006). Dieser Zusammenhang würde das häufigere Auftreten der Erkrankungen des Respirationstraktes erklären, da mit der Installation der Windschutznetze die Haltungsbedingungen deutlich verbessert und weniger Respirationserkrankungen diagnostiziert wurden. Bei Eimertränke kam es bei den Kälbern durch ein limitiertes Angebot (dreimal täglich) zu einer hastigen Tränkeaufnahme. Diese kann zu einer Belastung des Respirationstraktes führen, da der tierische Organismus sich erst entwickelt. Bei automatisch getränkten Kälbern wurden trotz besserer Startbedingungen bei zunehmendem Alter in Gruppenhaltung häufiger Erkrankungen ermittelt (16,7 %). Zudem befindet KUNZ (2006) ein Entmistungsintervall im Abstand von zwei bis drei Wochen als wirksamer, als das Zustreuen auf eine vorhandene Strohmatten, durch die Ammoniak gelangen kann, bei der liegende Kälber Schadgase einatmen, die Schleimhäute und Flimmerepithel angreifen und dadurch zu Wegbereitern für die Erreger von Atemwegserkrankungen werden.

Untersuchungen von ZAREMBA und GRUNERT (1981) belegen, dass niedrige Serum-IgG-Konzentrationen für eine erhöhte Infektionsbereitschaft verantwortlich sind. Analysen der Interaktionen zwischen Immunabwehr und Haltung ergaben in den eigenen Untersuchungen kaum signifikante Beziehungen zwischen dem Gesundheitsstatus und den Serum-Immunglobulin-Konzentrationen. Bei automatisch getränkten Kälbern lag die Beziehung an der Signifikanzgrenze. Die Tatsache zeigt, dass Verdauungsprobleme nicht infektiös bedingt waren. Zur gleichen Ansicht kam BENDER (2004). Die Autorin fand bei an Diarrhoe erkrankten Kälbern keine signifikant niedrigeren Immunglobulinspiegel als bei gesunden Individuen.

Die bedeutendsten und häufigsten Gesundheitsprobleme sind durch Atemwegs- und Durchfallerkrankungen bedingt (SVENSSON et al., 2003; LUNDBORG, 2004). Diese typischen Kälberkrankheiten wurden bei Automatentränke im KV trotz ausreichender Serum-IgG-Konzentration (13,1 g/l) festgestellt. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass die Haltung der Kälber im KV die Ausbreitung des Krankheitsgeschehens in der gesamten Gruppe begünstigte. Nach Untersuchungen von VIRTALA et al. (1999) erkrankten Kälber mit niedrigen IgG-Serum-Konzentrationen doppelt so häufig an Pneumonien wie Kälber mit höheren Serum-IgG-Gehalten. Im RR und bei Eimertränke wurden Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes mit einem Serum-Gehalt von unter 10 g/l ermittelt. Bestätigt wird diese Beobachtung von BOYD (1972). SCHULTE-MÄRTER (2000) stellte einen signifikant höheren Anteil an Diarrhoe erkrankten Tieren in den Herbst- und in den Wintermonaten fest, wobei der Anteil weiblicher Tiere größer als der männlicher Tiere war.

Ätiologisch betrachtet ist zwischen infektiösen und nicht-infektiösen Erkrankungen zu unterscheiden. Als infektiös gelten typische Kälberkrankheiten, die Symptome wie gestörtes Allgemeinbefinden, sinkende Saugflust und Tränkeaufnahme, Fieber und dünnflüssigen bis wässrigen Kot aufweisen (KASKE und KUNZ, 2003). Diese Merkmale wurden bei der Vitalitätseinschätzung berücksichtigt. Virusinfektionen, die vor allem die Atemwege befallen und einen Fieberschub auslösen, sind häufig von einer bakteriellen Folgeinfektion begleitet. An dieser Stelle kann durch Früherkennung Einfluss auf das Krankheitsgeschehen genommen werden. Die deutlich erhöhten Vitalitätseinschätzungen mit eingeschränktem Allgemeinzustand in Einzelhaltung zeigen die Bedeutung der Erkennung erster Anzeichen wie verminderter Tränkeaufnahme, insbesondere wegen der Austrocknung der Tiere und möglicher Folgeschäden. In vielen Betrieben werden Verdauungsstörungen in den ersten 14 Tagen und mit Umstellung in die Gruppenhaltung mit Tränkeautomaten vermehrt registriert. Verschiedene Autoren konnten eine Beziehung zwischen erhöhter Diarrhoeanfälligkeit oder Diarrhoeinzidenz und einer Hypogammaglobulinämie bei neugeborenen Kälbern nachweisen (BORG, 1981; LUETGEBRUNE, 1982). Dagegen sahen CALDOW et al. (1988) keinen direkten Zusammenhang zwischen der Inzidenz von Enteritis und Diarrhoe und dem Immunglobulin-Serumgehalt. Bestätigt wurde dies durch Untersuchungen von BENDER (2004), die keine signifikante Beziehung zwischen Gesundheitsstatus und Serum-Immunglobulin-Konzentrationen zu den jeweiligen Messzeiten feststellte.

In Hinblick auf die Einschätzung des Gesundheitszustandes von Kälbern wurden von SAVARY (2003) Verhaltensänderungen am Tränkeautomaten erfasst. Zwischen den tierärztlichen Diagnosen und den Angaben des Messsystems waren die Aussagen zum Gesundheitszustand unterschiedlich. Unter Berücksichtigung der Körpertemperaturmessungen wurde zudem eine größere Genauigkeit erzielt. Es konnte mittels Messwerten am Tränkeautomaten bei großer Variabilität ein deutlicher Unterschied bei schmerzhaften Erkrankungen (Otitis, auffälliges Abdomen) gegenüber dem gesundem Zustand ermittelt werden. Die vom Tierhalter nicht erkannten Erkrankungen zeigten einen Einfluss auf das Trinkverhalten. Bei schwächenden Erkrankungen, wie Durchfall oder Bronchopneumonie wurden keine signifikanten Beeinträchtigungen im Trinkverhalten festgestellt.

In der vorliegenden Studie ist bei der Frage nach der Beurteilung haltungsbedingter Erkrankungen das Tränkemanagement zu berücksichtigen, da nicht-infektiöse Erkrankungen haltungs- oder fütterungsbedingt sein können. Die Versuchsanstellung begünstigte gegenseitiges Besaugen bei automatisch getränkten Kälbern. Nach Beobachtungen von PORZIG (1982) kann diese Verhaltensstörung zur Übertragung von Infektionserkrankungen führen. Anhand festgestellter Nabelentzündungen konnte in den eigenen Untersuchungen kein

erhöhter Anteil bei automatisch getränkten Tieren nachgewiesen werden (68,8 %). Da die Häufigkeit bei Eimertränke (87,5 %) höher war, kann aus der Beobachtung geschlossen werden, dass Nabelentzündungen u.a. durch das Tränkemanagement bestimmt wurden. Der Nabel eines Kalbes ist eine Eintrittspforte für Bakterien und das Immunsystem ist bei jungen Kälbern noch nicht vollständig entwickelt, es wechselt in den ersten Wochen von passiver zu aktiver Immunität. Das junge Tier reagiert bei zu starker Beanspruchung und Stressfaktoren (Umstallung, große Altersdifferenzen zwischen den Tieren im KV) mit Erkrankungen (KUNZ, 2006; EULENBERGER, 2008). Ätiologisch ist zwischen entzündlichen und angeborenen Nabelerkrankungen zu unterscheiden. In den vorliegenden Untersuchungen lag der Anteil der Behandlungen aufgrund von Nabelentzündungen über dem der Behandlungen bei Nabelbruch. Nach PLATH (1999) lag der Anteil gesundheitsrelevanter oraler Aktivitäten am Präputium, Nabel oder Skrotum täglich bei einem Anteil von weniger als 1 %, wobei bei der Tränkeverabreichung per Nuckeleimer die häufigste orale Aktivität festgestellt wurde. Demzufolge ist die Inzidenz von Omphalophlebitis nicht hauptsächlich auf gegenseitiges Besaugen zurückzuführen, wurde jedoch durch Eimertränke im ersten Versuchsabschnitt begünstigt.

Verhalten

Als bedeutender Indikator für Gesundheit und Wohlbefinden des Kalbes gelten Ausprägungen von Verhaltensweisen. Angenommen wurde, dass bei erkrankten Tieren Abweichungen im lokomotorischen Verhalten erkennbar sind. Unter Nutzung von Messungen der lokomotorischen Tagesaktivität konnten niedrigere mittlere Aktivitätszeiten bei Erkrankungen von Kälbern gezeigt werden. Intraindividuell zeigten sich starke Schwankungen, die teilweise über dem Niveau gesunder oder kranker Tiere lagen. Möglicherweise bestand ein Zusammenhang zwischen dem Aktionspotential und der Wirkung verabreichter Medikamente. Berechnungen des Variationskoeffizienten ergaben geringere Varianzen bei gesunden Kälbern, insbesondere im ersten Lebensmonat. Bestätigt werden die Feststellungen von KAPHENGST et al. (1976), die keine Unterschiede zwischen mittlerer Steh- und Liegezeit feststellten, jedoch signifikant geringere Varianzen bei gesunden Kälbern. Die Ergebnisse lassen die Aussage zu, dass sich mit steigender Variabilität der Anteil erkrankter Tiere erhöht. Wurden bis zu zwei kranke Kälber mit gesunden verglichen, konnte diesbezüglich keine Aussage getroffen werden. Daher scheint die Variation innerhalb einer Gruppe ein geeigneter Bewertungsparameter des Verhaltens zu sein. Bei klinisch gesunden Tieren können auch Abweichungen im Bewegungs-, Ruhe- und Futteraufnahmeverhalten beobachtet werden, die auf ein gestörtes Wohlbefinden der Kälber hinweisen (KAPHENGST et al., 1976). Aus diesem Grunde sind umfassende Verhaltensbeobachtungen bei intensiver Tierhaltung erforderlich, wobei Pedometer als geeignetes technisches Hilfsmittel angesehen werden können. Dem schließen sich BREER und BÜSCHER (2006) an, die mindestens zwei Tage vor visueller Einstufung des Kalbes als „krank“ eine verminderte Aktivität feststellten. Ebenso wurden in Untersuchungen von JONASSON (2009) ein signifikant niedrigeres Aktivitätsniveau bei erkrankten Kälbern ermittelt.

Kälber zeigen erhebliche individuelle Unterschiede bei der Futter- und Wasseraufnahme. Bei Erkrankungen kommt es zu Verhaltensänderungen, die mit verändertem Futteraufnahme- und Trinkverhalten verbunden sind. Einige Tage vor dem Auftreten deutlicher klinischer Symptome können verminderte Fresszeiten und geringere Kraft- und Raufutteraufnahmen festgestellt werden (KAPHENGST et al., 1976). Die Autoren ermittelten bei erkrankten Tieren stärkere Schwankungen bei Verhaltensparametern (Steh- und Liegezeit), die in eigenen Beobachtungen anhand des Futteraufnahmeparameters Sauggeschwindigkeit und lokomotorischer Aktivität bestätigt werden konnten (FRÖHNER et al., 2008). Das

Erkrankungsgeschehen wurde anhand verminderter lokomotorischer Aktivität einige Tage vor dem Auftreten klinischer Symptome festgestellt. SAVARY (2003) befand den Parameter „Verhalten nach der Tränkezuteilung“ für eine Früherkennung von Erkrankungen als tauglich, da geschwächte Kälber die Trinkaktivität verringerten. Erkrankungen können Schmerzempfindungen auslösen und Verhaltensänderungen hervorrufen (LANGE, 2004). Das Aktivitäts- und Ruheverhalten wird durch die Art der Erkrankung mitbestimmt, die schmerzhaft oder schwächend sein kann. Beobachtet wurden bei Durchfall-, Doppelerkrankungen und schwerer Pneumonie eine längere Liegezeit (KAPHENGST et al., 1976) und bei leichter bis mittelgradiger Pneumonie eine längere Stehzeit, die von PORZIG (1982) bestätigt wurde. Die Bedeutung weiterführender ausführlicher Analysen auf Einzeltierbasis wird daraus ersichtlich. Hinsichtlich der Krankheitsfrüherkennung werden die Daten des zweiten Versuchsabschnittes unter Nutzung des Futteraufnahmeverhaltens ergänzend zu eigenen Verhaltensanalysen in einer weiteren Dissertation bearbeitet.

Haltung

Die vorliegenden Untersuchungen wurden in einem Neubau durchgeführt. Demzufolge war kein langjähriger Keimbesatz vorhanden, der den Gesundheitszustand der Kälber halterungsbedingt beeinträchtigen konnte. Angenommen wurde weiterhin, dass die Übertragung von Erregern durch häufige Wechsel innerhalb der Gruppe die Ausbreitung von Infektionserkrankungen begünstigen. PLATH (1999) und SVENSSON et al. (2003) ermittelten in großen Gruppen mit automatischen Fütterungssystemen höhere Erkrankungsraten, insbesondere des Respirationstraktes, als in Einzelhaltung. In eigenen Untersuchungen wurden Tiere, die eine intensive Betreuung benötigten, von der Gruppe räumlich getrennt im Iglu oder im Krankenstall untergebracht. Nach RICHTER (1998) ist die Krankenisolierung, die sich im Winter in beheizbaren Ställen befindet, eine wirksame Maßnahme zur Verhinderung der Ausbreitung von Krankheiten im Bestand. Für eine zuverlässige Gesundheitskontrolle ist es wichtig, Merkmale von gesunden und von kranken Kälbern zu erkennen und frühzeitig Maßnahmen gegen Krankheiten zu ergreifen. Daher wurde in der vorliegenden Studie die Reaktivität herangezogen. Der Anteil definierter kranker und unklarer Tage ergab im Gruppenvergleich bei eimergetränkten Kälbern Unterschiede mit geringerer Erkrankungsrate im Rein-Raus-Verfahren. Auffällig ist der sehr hohe Anteil von Atemwegserkrankungen im KV, der nach Beobachtungen von SVENSSON et al. (2003) mit zunehmendem Alter in Gruppenhaltung eine erhöhte Inzidenz aufweist. Die von RADOSTITS et al. (1994) getroffene Feststellung, dass ältere Kälber eine Infektionsquelle für jüngere Tiere darstellen, könnte die eigenen Beobachtungen begründen. Die Ausbreitung von häufig viral infektiös bedingten Respirationserkrankungen, werden durch direkten Kontakt begünstigt. Die Autoren sehen die Hauptursache für ein erhöhtes Erkrankungsrisiko im engen Kontakt vieler Kälber unterschiedlichen Alters. Das enge Zusammenliegen entspricht nach Auffassung der Autoren dem natürlichen Verhalten bei den untersuchten Kälbern im Alter von 1 bis 3 Monaten und begünstigt die Übertragung von Erregern.

Bei automatisch getränkten Kälbern konnte der Nachweis für mangelhafte hygienische Bedingungen bei kontinuierlicher Aufzucht in Zusammenhang mit der Morbidität nicht erbracht werden. Der Haltungseinfluss war mit erhöhter Morbidität im RR verbunden. In diesem Fall könnte die Art der Erkrankung die Ursache erklären. Mit Ausnahme der Durchfallerkrankungen, die sich bei Erregerkontamination schnell ausbreiten, war die Morbiditätsrate bei Automatentränke auch durch alle anderen Krankheitskomplexe bedingt. SVENSSON et al. (2003) fand in großen automatisch getränkten Gruppen tendenziell eine geringere Rate an Diarrhoe. Die Autoren begründen diese Beobachtung mit erschwer-

ter Identifizierung erkrankter Tiere im Vergleich zu kleinen Tiergruppen. In eigenen Untersuchungen konnten keine Auswirkungen der Besatzdichte auf die Morbidität nachgewiesen werden. Demgegenüber wiesen Kälber mit höherer Besatzdichte in Untersuchungen von SCHLICHTING et al. (1990) eine deutlich höhere physiologische Belastung auf, als bei geringerer Anzahl von Tieren auf einer Fläche von 1,0 und 1,5 m². Die Belastungssituation war mit geringerer Bewegungsaktivität verbunden. KANDLER et al. (1989) sind der Ansicht, bei der Senkung des Infektionsdruckes Maßnahmen einzuleiten, die u.a. auf die Reduzierung der Besatzdichte abzielen.

Unter vorliegenden Versuchsbedingungen wurde ein großzügiges Platzangebot im Liegebereich bereitgestellt, womit das Wohlbefinden und somit die Gesundheit der Tiere gefördert wurde. Die Zuwachsleistungen erkrankter Tiere lagen unter denen der gesunden Kälber. Signifikante Einflüsse der Haltungsvorfahren und der Besatzdichte konnten nicht festgestellt werden. Trotz erhöhter Infektionsanfälligkeit der Kälber stiegen die Zunahmen linear bis zum Ende der zweiten Adaptationsperiode an. Auch APPLEMAN und OWEN (1973) stellten bei geringer Besatzdichte positive Auswirkungen auf Verhalten, höherer Futteraufnahme und Zuwachs fest.

Klimatische Bedingungen

In der vorliegenden Untersuchung waren aufgrund eines neuerbauten Außenklimastalls sowohl stallbautechnisch, als auch klimatisch optimale Voraussetzungen mit maximaler Frischluftversorgung für die Tiere gegeben. Den Kälbern wurde bei großzügigem Platzangebot in den Gruppenbuchten durch die nach Süden offene Längsseite des Stalles die Möglichkeit gegeben, die hineinscheinende tiefstehende Sonne im Winter zu nutzen, während im Sommer bei hochstehender Sonne kühle Schattenzonen aufgesucht werden konnten. Zum Schutz der Kälber vor Zugluft wurde mit der Installation von Windschutznetzen den Anforderungen der TIERSCHNUTZTV (2009) Rechnung getragen.

Entstehen unterschiedliche Tagesmittelwerte im Außen- und Innenbereich sind im klassischen Außenklimastall Temperaturdifferenzen von 1 bis 3 Kelvin vertretbar (persönliche Mitteilung, FREIBERGER, 2009). In eigenen Untersuchungen verliefen die ermittelten geringeren Werte der Stalltemperatur mit einer Differenz von 0,2 bis 2,8 Kelvin parallel zur Außentemperatur. Bei einem überwiegenden Anteil der Temperaturdifferenz von einem Kelvin (75,7 %) zwischen Außenklimastall und Umgebung kann davon ausgegangen werden, dass für die Beurteilung der klimatischen Bedingungen im Tierbereich eines Außenklimastalls gemessene Außenbereichswerte beispielsweise von Wetterstationen genutzt werden können.

Mit einem Anteil der Messwerte von über 50 % lag die relative Luftfeuchtigkeit im Bereich von 60 bis 80 %, wie es die Rechtsvorschrift nach TIERSCHNUTZTV (2009) vorgibt. Einzelne Klimakomponenten für sich spielen eine untergeordnete Rolle. Wetterabhängige Reaktionen der Tiere beruhen hauptsächlich auf der Veränderung der kombinierten Werte aus relativer Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Der THI kann einen möglicherweise negativen Einfluss der Klimafaktoren auf das Tier anzeigen. Bei erhöhten Außentemperaturen entsteht trockene Luft, was wiederum ein Absinken der Luftfeuchtigkeit bewirkt. Wurden hohe Temperaturen bei niedrigerer Luftfeuchtigkeit gemessen, waren die Kälber in der vorliegenden Untersuchung keinem Hitzestress ausgesetzt. Zudem bestand die Möglichkeit, sich in den Sommermonaten in den überdachten Liegebereich zurückzuziehen, der keine direkte Sonneneinstrahlung aufwies. Messungen des THI ergaben keine nennenswerten Stresssituationen, die durch hohe Umgebungstemperaturen hervorgerufen wurden. Hitzestress wirkt sich leistungsmindernd auf Tiere aus. STOTT (1980) stellte fest, dass

exogene Stressoren, wie beispielsweise hohe Außentemperaturen, die Resorption von Immunglobulinen beim neugeborenen Kalb negativ beeinflussen. Die Umgebungsbedingungen der Einzelboxen entsprachen in etwa denen der eingestreuten Gruppenbucht 3B, die durch eine Trennwand abgeteilt war, in denen die Klimalogger zur Datenaufzeichnung ausgelesen wurden. Es kann davon ausgegangen werden, dass dem höheren Wärmebedarf der Kälber nach der Geburt Rechnung getragen wurde und diese keinen haltungsbedingten Beeinträchtigungen ausgesetzt waren.

Behandlungsspitzen wurden in den eigenen Untersuchungen in den Frühjahrsmonaten und zu Herbstbeginn registriert. Vermutet wurde ein Einfluss des Klimas auf diagnostizierte Erkrankungen des Respirationsapparates. Ein Zusammenhang zwischen den tierischen Organismus belastenden klimatischen Bedingungen und erhöhter Morbidität konnte nicht ermittelt werden. Positive Auswirkungen der Hütten- bzw. Außenklimahaltung wurden in Verbindung mit verbesserter Tiergesundheit und höheren Zunahmen von RIST et al. (1999) beschrieben. Bezogen auf das Morbiditätsgeschehen stellten die Autoren nach einer Umstallung der Kälber in Hütten bei Temperaturen von minus 20 °C eine umgehende Eindämmung von Erkrankungen und Abgängen fest. Bestätigt wurde die Verringerung der Mortalität und Morbidität neugeborener Kälber, die durch die Mütter trockengeleckt und nach der Trocknung des Fells im Freien in eingestreuten Einzelhütten aufgestellt wurden (GROTH, 1988; HEITING, 2008b; DONAT, 2010). Demzufolge waren in den vorliegenden Untersuchungen optimale Voraussetzungen gegeben.

6.4 Mortalität

Die Ergebnisse vorliegender Untersuchungen decken sich mit den Datenerhebungen bayernweiter Prüfungen der Rinderzucht. Die Mortalitätsrate totgeborener oder unmittelbar nach der Geburt verendeter Tiere macht deutlich, dass viele Tiere bei der Umstellung vom intrauterinen zum eigenständigen Leben scheitern. Bestätigt wird die Beobachtung durch den Anteil verendeter Tiere bis zum 7. Tag nach der Geburt (50 %). Die eigenen Beobachtungen stimmen mit Untersuchungen von MARTIN et al. (1975b) überein, bei denen die Mortalitätsrate in der ersten Lebenswoche bei 55 % lag und in der zweiten Woche einen Anteil von 27 % einnahm. Zwischen fünfter Woche und drittem Monat ermittelten die Autoren eine Mortalitätsrate von 2 %.

Einflüsse der Haltungsverfahren konnten mit den vorliegenden Untersuchungen nicht nachgewiesen werden. Dies könnte an der geringen Anzahl der in Gruppenhaltung verendeten Tiere liegen (0,8 %), aber auch mit Erkrankungen im Versuchsverlauf zusammenhängen. Die betroffenen Tiere wurden über längere Zeit medikamentös behandelt und verendeten infolge geringer Heilungschancen. SCHULTE-MÄRTER (2000) bestätigt einen Zusammenhang zwischen Vorerkrankungen und der Mortalität. Untersuchungen von (MARTIN et al., 1975a) ergaben hinsichtlich der Herdengröße und der zu versorgenden Anzahl von Kälbern, dem Ort und der Haltung von Kälbern keine signifikanten Beziehungen zur Mortalität. Eine jahreszeitbedingt erhöhte Mortalitätsrate konnte in den eigenen Untersuchungen nicht ermittelt werden. MARTIN et al. (1975b) stellten 20 % höhere Verlustraten in den Wintermonaten November bis Januar und einen Zusammenhang bei extremen Temperaturen fest. Untersuchungen von DONAT (2010) ergaben ebenfalls eine deutlich höhere Verlustrate bei dem Auftreten von Pneumonie im Winter als im Sommer und bei Erkrankung an einer Lungenentzündung kurz nach der Umstallung in Gruppenhaltung.

Da sich der Embryotransfer im züchterischen Bereich etabliert hat, wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zur Mortalitätsrate besteht. Die Klärung der Frage, ob bei den mittels Embryotransfer belegten Erstkalbenden ein erhöhter Anteil an den verendeten Tieren auf-

tritt, ergab keine Auffälligkeiten. Unter den Tieren befanden sich keine Zwillinge. Festgestellt wurden drei Totgeburten (9,1 %), zwei Kälber (12,5 %) verendeten während der Aufzucht. In den vorliegenden Untersuchungen wurde bei 37,5 % der in der Aufzucht verendeten Tiere Geburtshilfe vorgenommen. SCHULTE-MÄRTER (2000) bestätigte eine höhere Sterblichkeitsrate bei nicht spontan geborenen Kälbern. Deutliche Hinweise auf eine erhöhte Mortalitätsrate gab der Anteil der Erstkalbenden und der Anteil bei den Kühen in fünften und sechsten Parität. Diese Ergebnisse decken sich mit denen der Zuchtwertschätzung, wonach ein sehr niedriges und höheres Kalbealter bei den Abkalbungen als problematisch eingeschätzt wird. Die Datenerfassung des LKV belegt die Feststellungen mit einem Anteil von 5,9 % bei Erstkalbenden und 4,4 % bei einer Kalbenummer von 5 bzw. 6 (LKV, 2008). Bestätigt wird die Beobachtung von MARTIN et al. (1975a), die eine höhere Mortalitätsrate bei Erstkalbinnen und zudem um 100 g geringere Zunahmen bei den Kälbern ermittelten (ROFFEIS et al., 2006). Geburtshilfe ist in Abkalbebuchten selten nötig, da das Tier die für die Austreibungsphase optimale Strecklage problemlos einnehmen kann. Jedoch liegt es im Wesentlichen an den betreuenden Personen, zu erkennen, wann ein Eingriff notwendig erscheint, da mit Geburtshilfen auch die Gefahr einer Infektion der Geburtswege verbunden, was zu Gebärmutterentzündung führen kann. Die Höhe der Verlustrate kann somit auch in managementbedingten Ursachen liegen, insbesondere im personellen Management. Nach einem Wechsel während des Untersuchungszeitraumes verringerte sich die Verlustrate deutlich. Unterstützt wird die Beobachtung von MARTIN et al. (1975a), die signifikante Einflüsse zwischen der Mortalitätsrate und dem Management in Betrieben mit wechselndem Personal ermittelten. Demzufolge können in Abhängigkeit vom Bewusstsein des Betriebsleiters für das Geburtsmanagement Verbesserungen vorgenommen werden. Weiterhin wurden Zusammenhänge zwischen monatlicher Mortalitätsrate und zur Haltung und Anzahl geborener Kälber pro Monat gefunden, die in eigenen Untersuchungen nicht bestätigt werden konnten.

In der vorliegenden Versuchsanstellung wurden bei mutterloser Aufzucht die Kälber nach der Geburt zu unterschiedlichen Zeiten von der Mutter getrennt. Kalbten die Kühe in den nächtlichen Stunden, wurde die kolostrale Versorgung der Kälber nicht überprüft. Etwa 50 % aller Abkalbungen finden nachts und in den frühen Morgenstunden statt. Bei lebensschwachen Kälbern könnte somit eine Unterversorgung vorliegen, da die Tiere keine oder Biestmilch in zu geringer Menge aufnahmen. Es ist bekannt, dass neugeborene Kälber vor der Biestmilchversorgung nahezu agammaglobulinämisch und damit Infektionserregern weitgehend schutzlos ausgeliefert sind. Durch termingerechte Kolostrumverabreichung sollte die immunologisch schutzlose Periode der Kälber möglichst kurz gehalten werden, um das Krankheitsrisiko zu minimieren (LEBLANC, 1986). Während des Untersuchungszeitraumes verabreichte das Stallpersonal dreimal täglich Kolostrum. War die Kolostrummenge von Erstkalbenden nicht ausreichend, so wurde Kolostrum von älteren Kühen an die Neugeborenen angeboten. Hygieneaspekte schreiben vor, nach jeder Geburt die Abkalbebucht auszumisten, zu reinigen und frisch einzustreuen. Dies bietet hygienische Vorteile, ist jedoch arbeitswirtschaftlich aufwändiger und in der Praxis nicht immer umsetzbar, insbesondere bei saisonbedingter hoher Anzahl von Abkalbungen. In den vorliegenden Untersuchungen lag die durchschnittliche Körpermasse totgeborener Kälber zum Geburtszeitpunkt mit 45,9 kg über der im Untersuchungszeitraum ermittelten durchschnittlichen Körpermasse von 44,6 kg. Untersuchungen von GRUNERT und ANDRESEN (1996) ergaben eine steigende Totgeburtenrate bei Abweichungen von der physiologischen Körpermasse zum Geburtszeitpunkt.

6.5 Wachstum

Informationen über den Wachstumsverlauf während der Aufzuchtphase sind von entscheidender Bedeutung. Dazu kann die Körpermasseentwicklung als Leistungsmerkmal herangezogen werden. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass sich das RR vorteilhafter auf die Kälber auswirkt. Die Körpermasseentwicklung der Kälber entsprach den Wachstumsverläufen in der Kälberaufzucht (KIRCHGEBNER et al., 2008). Bereits zum Einstellungszeitpunkt zeigten männliche Kälber eine höhere Körpermasse als weibliche Tiere, was mit der höheren Körpermasse zum Geburtszeitpunkt zusammenhängt. Das Ergebnis entspricht den Mitteilungen des LKV (2008). Die mittleren täglichen Zunahmen der im Rein-Raus gehaltenen Tiere lagen im Untersuchungszeitraum vom 15. bis zum 84. Tag um 45 g/d über den ermittelten Zunahmen im KV. Ähnliche Tendenzen wurden bei automatisch getränkten Kälbern berechnet (53 g/d). Möglicherweise hatte die Verfütterung von Vollmilch insgesamt einen positiven Effekt auf vergleichsweise höhere Zuwachslleistungen. JILG (2003) ermittelten von der ersten bis zur 12. Lebenswoche Zunahmen von 718 g/d. DEININGER und KÄCK (1999) bestätigten die Beobachtungen bei einer mittleren Zunahmeleistung von 720 Gramm pro Tag vom ersten bis zum 80. Lebenstag. Empfehlungen von KIRCHGEBNER et al. (2008) liegen bei Tageszunahmen von 750 g/d. Dem schließen sich Untersuchungen von STEINHÖFEL und STEINHÖFEL (2008) an, wonach sich das Optimum mittlerer Tageszunahmen zwischen 700 bis 800 Gramm bewegt, um einen nachhaltigen Erfolg in der Aufzucht zu sichern. Unter Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufes wurde ein signifikanter Alterseffekt berechnet, der in Zusammenhang mit der Adaptationsphase der Kälber in den ersten Lebenswochen steht (STEINHARDT und THIELSCHER, 2000). Bei Durchfallerkrankungen, die vorwiegend in der Phase schwacher Immunität auftreten, wurden größere Schwankungen der täglichen Zunahmen festgestellt, die sich in signifikant niedrigeren Zunahmen zeigten (Automatentränke). Verminderte tägliche Zunahmen bei Erkrankungen wurden auch von LÜHRMANN (2010) beschrieben. Im Vergleich zu gesunden Kälbern, die in der Tränkephase durchschnittliche tägliche Zunahmen von 800 g erreichen, werden bei schweren Durchfallerkrankungen knapp 700 g realisiert, bei Atemwegserkrankungen 720 g. Geringere Körpermassezunahmen bedeuten wiederum eine Verlängerung der Aufzuchtphase.

Untersuchungen zum Einfluss von Zwillingsgeburten auf die Wachstumsintensität ergaben geringere Zunahmen bei Zwillingskälbern. HAMPE (2005) hingegen fand signifikant höhere tägliche Körpermassezunahmen bei Zwillingskälbern. Ein Jahreseffekt konnte nicht ermittelt werden, da die Tiere nicht zeitgleich eingestallt wurden. Bei der Prüfung der Quartalseffekte zeigten sich im zweiten Quartal signifikant höhere Zunahmen, die mit der Fütterung der Kühe in Zusammenhang gebracht werden können. So stellten auch ROFFEIS et al. (2006) die höchsten Zunahmen bei Frühjahrskalbungen fest. Signifikante Einflüsse der Gruppengröße deuten darauf hin, dass die Ursachen für vermindertes Wachstum in individuellen physiologischen und anpassungsbedingten Aspekten, wie Kümmerer, Stress durch Umstallung oder dem Immunloch liegen könnten. In den vorliegenden Untersuchungen wurde ein signifikanter Einfluss einer Besatzdichte von einem, fünf, sieben oder elf Tieren auf die Zunahmeleistung ermittelt. Eine Überprüfung ergab, dass häufig das gleiche Tier bei der monatlichen Wägung Einfluss auf das Ergebnis hatte und dieser somit entwicklungsbedingt war. Darin zeigt sich deutlich der tierindividuell unterschiedliche Entwicklungsverlauf. Nach LUNDBORG (2004) lag die Wachstumsrate bei Kälbern von Erstkalbenden von Geburt bis zum 90. Lebenstag bei Zunahmen von 600 g/d. Laut Autorin wurden negative Effekte von Erkrankungen, Schweregeburten, erster Parität und der Haltung in großen Gruppen auf das Wachstum der Kälber herausgefunden. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen diese Aussage.

Neben den Körpermasserfassungen mit der Waage wurde in den vorliegenden Untersuchungen ein Bandmaß zur Körpermasse-Schätzung genutzt. Es konnten Übereinstimmungen zwischen den Messungen aus der Wägung der Körpermasse und vom Brustumfang gefunden werden. Daraus ergaben sich Schätzungen der Körpermasse über eine Messung des Brustumfanges mit hoher Genauigkeit. In Untersuchungen von STEINHÖFEL (2007) wurden bei der Aufzucht von Rindern bis zum 15. Lebensmonat ähnliche Resultate gefunden. Die höchste Genauigkeit bringt nach Meinung der Autorin jedoch das Wiegen des Einzeltieres. Die absolute Streuung der Messwerte um die Trendlinie nahm in eigenen Untersuchungen bei älteren und somit schwereren Tieren zu, jedoch nicht im ausgewerteten Zeitraum bis zum 84. Lebenstag. Demnach beeinflusst die Wachstumsintensität der Kälber den Zusammenhang zwischen BU und KM kaum. Das Ergebnis zeigt, dass mittels Messungen des Brustumfanges auf die körperliche Entwicklung des wachsenden Tieres im Vergleich zur Bestimmung der Körpermasse auf der Waage aufgrund sehr enger Korrelation nahezu ohne Informationsverlust geschlossen werden kann.

7 Verfahrenstechnische Einordnung der Ergebnisse

Eigenen Ergebnissen zufolge lassen sich folgende Empfehlungen für die Praxis ableiten:

- Bei den Untersuchungen zur **Haltung** von Kälbern boten die neu erbauten Kälberställe gute Möglichkeiten zur Datenaufnahme bedeutender Aufzuchtparameter. Die Umstallung der Kälber in Gruppen sollte im Alter von etwa zwei Wochen bei gesundheitlicher Stabilität erfolgen. Das Platzangebot der Kälber lag über dem gesetzlich geforderten Mindestangebot von 1,5 m²/Tier. Die Gruppengröße von maximal 15 Kälbern im Abteil bot hinsichtlich der Entwicklung von Kälbern in den ersten Lebensmonaten optimale Haltungsbedingungen. Eine hohe Belegungsdichte begünstigt eine zusätzliche Beunruhigung der Tiere.
- Ergebnisse zur Beurteilung des **Stallklimas** zeigten keine Beeinträchtigungen der Tiere im Außenklimastall. Berechnungen des Temperatur-Luftfeuchtigkeits-Index als Indikator für möglicherweise auftretende Störungen des Allgemeinbefindens ergaben keine Belastungsbedingungen für die Kälber. Bei einem überwiegenden Anteil der Temperaturdifferenz von 1 °C zwischen Außenklimastall und Umgebung kann davon ausgegangen werden, dass für die Beurteilung der klimatischen Bedingungen im Tierbereich eines Außenklimastalls gemessene Außenbereichswerte beispielsweise von Wetterstationen genutzt werden können. Die Haltung der Kälber in Außenklimaställen bietet gute hygienische und klimatische Bedingungen, die das Wohlbefinden fördern und tiergerecht sind.
- Anhand der **ethologischen Parameter** lokomotorische Aktivität und Ruhedauer konnten zwischen den Gruppen keine Haltungsunterschiede nachgewiesen werden. Geschlechtsunterschiede zeigten sich in signifikant höherer lokomotorischer Aktivität bei weiblichen Kälbern. Mit den Messdaten der Schrittaktivität können mit höherer Genauigkeit Unterschiede gezeigt werden, als mit der in Minuten ermittelten täglichen Bewegungsaktivität. Die Untersuchungsergebnisse geben bei signifikant höherer Ruhephasendauer im Rein-Raus-Verfahren Hinweise auf einen störungsfreien Ablauf und deuten auf einen besseren Status weiblicher Tiere hin. Mehr Unruhe zeigten männliche Tiere bei signifikant häufigerem Phasenwechsel.
- Die Ausprägung der Aktivität stand in engem Zusammenhang mit den Haltungsformen **Einzelhaltung** und Gruppenhaltung. Bei großer intraindividuelle Varianz des lokomotorischen Verhaltens gelingt die Einschätzung des Temperaments in Einzelhaltung unter Ausschluss interindividueller Bedingungen besser. Unter Nutzung von Gruppenmittelwerten sollten beim Vergleich von Tieren in unterschiedlichen Gruppen die Anfangsbedingungen bei der Bewertung der Haltungsbedingungen einbezogen werden. Die festgelegten Zeitabschnitte in der Datenauswertung zeigten deutliche Abgrenzungen zwischen den Haltungsformen und waren geeignet, die Entwicklung der Tiere in bestimmten Lebensabschnitten übersichtlich darzustellen.
- In **Gruppenhaltung** werden individuelle Unterschiede durch Interaktionen überlagert. Die hohe Variabilität weist darauf hin, in welcher Ausprägung individuelle Unterschiede auftraten. Werden die Interaktionen am Aktivitätsniveau gemessen, so ist die lokomotorische Aktivität zur Bewertung der Unterschiede zwischen den Haltungsverfahren geeignet. Das Ruhe-, Spiel- und Milchaufnahmeverhalten war in der homogenen Gruppe (RR) von Synchronität geprägt. Bei kontinuierlicher Belegung kam es zur Widerspiegelung altersabhängiger Bedürfnisse, die sich bei jungen Kälbern in einem hohen Anteil an Spielverhalten zeigen und bei älteren Kälbern bei geringerem Aktivitätsniveau ein vermehrtes Liegeverhalten andeuten. Sowohl die Aus-

wirkungen einer homogenen Gruppenzusammensetzung als auch einer natürlichen Sozialisierung in einer altersgemäß heterogenen Gruppe auf das Verhalten sind als positiv zu bewerten. Mit Ausnahme der Umstellungsphase blieben die erfassten Verhaltensparameter im Beobachtungszeitraum etwa auf dem gleichen Niveau. Somit sind Abweichungen im Altersverlauf trotz großer individueller Unterschiede gut erkennbar.

- Als komplexer Prüfparameter zur Wirkung von Haltungsbedingungen auf Kälber erwies sich das Leistungsprofil der lokomotorischen **Aktivitätsrhythmik** als geeignet. Die Zeitreihenanalyse war sensitiv genug, um ultradiane Rhythmen bei Kälbern entsprechend altersabhängiger Bedürfnisse nach Ruhe und Bewegung nachzuweisen. Die 24-Stunden Rhythmik verminderte sich mit zunehmendem Alter, bei Automatentränke infolge der Anpassung an die Umgebung besonders im zweiten Monat. Die automatische Fütterung bot eine über den Tag verteilte gleichmäßige Nahrungsaufnahme gemäß dem biologischen Rhythmus. Anhand der Ausprägung periodischer Komponenten wurden synchronisierte Verhaltensweisen bei der Verabreichung der Tränke per Eimer, die eine gleichzeitige Fütterung bei einem Tier-Freßplatz-Verhältnis von 1:1 zuließ, ermittelt. Unterschiedlich aufgezogene Gruppen zeigten mit der Intensität relevanter Rhythmen im RR weniger Störungen der biologischen Rhythmik. Wesentliche verhaltensrhythmische Unterschiede zwischen den Altersabschnitten waren im ultradianen Bereich festzustellen. Das unterschiedliche Alter der Tiere bestimmte im Wesentlichen die Verhaltensdifferenzen zwischen Haltungsverfahren, was besonders bei kontinuierlicher Belegung im dritten Monat bei automatischer Tränke gezeigt werden konnte. In Verbindung mit Standardmessungen über die Frequenz und Dauer von Rhythmen kann mehr Verständnis des Tierverhaltens erreicht werden.
- Berechnungen des **leistungsbezogenen Kopplungsgrades** erwiesen sich als wichtiges Hilfsmittel, um ein Maß für die Intensität belastender Bedingungen zur Bewertung des Wohlfühlens zu bestimmen. Mit zunehmendem Alter entwickelten Kälber nach überstandenen Erkrankungen eine höhere innere Stabilität. Die Parameter leistungsbezogener Kopplungsgrad und Anteil harmonischer Perioden auf Basis der lokomotorischen Aktivität erwiesen sich als effizient in der Statusbeurteilung. Diese können in künftigen Untersuchungen als ein potentielles Werkzeug zur Einschätzung verschiedener Haltungsbedingungen angesehen werden. In Kombination vom Aktivitäts- und Futteraufnahmeverhalten ließen sich individuelle Zustandsänderungen mit hoher Sensitivität erkennen. Einzeltierbezogene Verhaltensanalysen ergaben keine eindeutigen Einflüsse betriebsbedingter Maßnahmen, wie Einstreu oder Wägung. Tendenziell lässt sich feststellen, unnötige Umstellungen und Aktionshäufungen zu vermeiden, da diese desynchronisierend auf die Verhaltensrhythmik wirken. Halungsbedingte Veränderungen und Erkrankungen führten in hohem Maße zu Abweichungen und zu interner Desynchronisation des biologischen Aktivitäts- und Futteraufnahme-rhythmus. Automatisch getränkte Tiere zeigten im KV die größten Anpassungsschwierigkeiten an die Umgebung, die sich mit zunehmendem Alter verminderten. Ein durch das Nahrungsangebot strukturierter Tagesrhythmus scheint sich positiv auf das Wohlbefinden von Kälbern auszuwirken, insbesondere bei kontinuierlicher Belegung.
- Erkranken Tiere, ist dies meist mit verminderter Vitalität verbunden, die sich auch in deren Verhalten zeigt. Krankheitsbedingte Einschränkungen auf das Verhalten und Wohlbefinden äußerten sich in verminderter Schrittzahl beim Kalb. Der charakteristische Verlauf der Aktivität weist schwankende Tagesmittelwerte und individuelle Unterschiede auf. Anhand der lokomotorischen Aktivität und des Futteraufnahmeverhaltens konnten Anzeichen herausgearbeitet werden, die bei Erkrankungen bereits vor dem

Auftreten von Krankheitssymptomen auf charakteristische Änderungen des Zustandes der Tiere hinweisen. Die mittels Pedometer festgestellten Verhaltensänderungen sind als Indikator für Gesundheitsstörungen geeignet. Bei der Nutzung rechnergestützter Überwachungssysteme in der Kälberaufzucht bleibt jedoch eine intensive visuelle Tierbeobachtung erforderlich, wobei die Gesundheitsüberwachung mit Hilfe von Verhaltensanalysen und Alarmlisten unterstützt werden kann. Die eingesetzte Technik bot ein wertvolles Hilfsmittel bei der Tierkontrolle.

- Das Verfahren der **Tränke** führte zu unterschiedlicher Intensität des Verhaltens. Die geringere mittlere Aktivität bei Automatentränke deutet auf positive Effekte der Automatenfütterung hin, die durch mehr Ruhe in der Gruppe geprägt ist und somit zur Stressminderung oder Pathogenabwehr beitragen kann. Die Einstellung des Wohlbefindens der Tiere schien erst mit zunehmendem Alter einzutreten. Diese Feststellung erfolgt aufgrund verlängerter Ruhephasendauer bei automatischer Tränke und allmählich steigendem Leistungskopplungsgrad.
- Die **automatisierte Ermittlung** der grundlegenden Verhaltensweisen wie lokomotorische Aktivität, Ruhedauer, Ruhephasendauer und –häufigkeit und Rhythmik mittels Pedometer kann für die Beurteilung tierartgerechter Haltungssysteme herangezogen werden und zur Verbesserung der Tierhaltung beitragen. Wünschenswert wäre, die echtzeitliche Beschreibung des Verhaltens durch technische Weiterentwicklung der Mess- und Auswertungsverfahren in der Kälberhaltung nutzbar zu machen und in Kombination mit den Gesundheitsmerkmalen mit Hilfe von Modellen eine verbesserte Einschätzung auf individueller Ebene zu erreichen. Somit können Managementhilfen zur Gesundheitsüberwachung in Form von Alarmmeldungen geschaffen werden, die bei Über- und Unterschreitungen entsprechend eingestellter Grenzwerte Alarme auslösen. Es sind weitere Analysen notwendig, da die individuelle Schwankungsbreite eine Eingrenzung möglicher Richtwerte erschwert und in den vorliegenden Untersuchungen ethologische Auswertungsergebnisse einer zu geringen Anzahl erkrankter Tiere vorlagen. Werden die berechneten Ergebnisse erfasster Verhaltensparameter innerhalb der ersten drei Lebensmonate von Kälbern als Richtwerte für zukünftige Forschungsarbeiten genutzt, können Aussagen über spezielle Fragestellungen zukünftig treffsicherer weiterbearbeitet werden.
- Das **Gesundheitsmanagement** wurde unter Nutzung antimikrobieller Schutzmaßnahmen als gut eingeschätzt. Die Immunität wurde durch außenklimatische Haltungsbedingungen, Hygienemaßnahmen, Ernährung und Prophylaxe unterstützt. Veterinärmedizinische Behandlungen erfolgten zeitnah nach festgestellten Auffälligkeiten durch das Betreuungspersonal. Nach Bestätigung der in der Literatur gefundenen Angaben zum höheren Anteil von Erkrankungen in den ersten Lebensstagen ist die Haltung der Tiere nach der Geburt in Einzelboxen für eine besserer Tierkontrolle und durchzuführende Maßnahmen wie Enthornung zu befürworten. Eine sorgfältige Beobachtung der Kälber ist für eine frühzeitige Erkennung von Erkrankungen im Hinblick auf finanzielle Einbußen von Nutzen. Die in den vorliegenden Untersuchungen genutzten neuerbauten Kälberställe erbrachten bezüglich der Bewertung der Haltungsbedingungen Rein-Raus und kontinuierliche Belegung nicht den Nachweis verminderter Infektionsgefahr bei Rein-Raus-Belegung der Gruppenabteile. Die diagnostizierten Effekte der Haltungsverfahren auf die Erkrankungshäufigkeit zeigten einen höheren Anteil der Atemwegserkrankungen sowohl im KV bei eimergetränkten Tieren, als auch im RR (Automatentränke), die statistisch nicht abzusichern waren. Männliche Kälber erkrankten signifikant häufiger als weibliche Tiere. Mit vorliegenden Ergebnissen wurde gezeigt, dass bei zufälliger Einstellung der Kälber ein Einfluss der Haltung auf die Morbidität statistisch nicht abzusichern war und ätiologisch als

intraindividuelle Krankheitsinzidenz gewertet werden kann. Unter Berücksichtigung der Art und Häufigkeit der Erkrankungen ist festzustellen, dass die Installation eines Windschutznetzes mit der Senkung von Atemwegserkrankungen in Zusammenhang steht.

- Die **Gesundheitsindikatoren** behandelte Erkrankungen und Einschätzung der Vitalität sind für die Bewertung des Gesundheitszustandes von Kälbern und des Managements geeignet und die zweckgebundene Datenerhebung in Praxisbetrieben, insbesondere bei wechselndem Betreuungspersonal, umsetzbar. Die verwendeten Beurteilungskriterien Reaktivität, Verdauungsstörungen, Ernährungszustand und Milchaufnahme umfassen prägnante Aspekte zur Einschätzung des Gesundheitszustandes eines Tieres. Die Vitalitätsbewertung ist als zusätzliches Hilfsmittel für den Landwirt anzusehen, um mittels kontinuierlicher Kontrollen in den ersten Lebenswochen die Kälbergesundheit zu erhalten und zu fördern. Die besondere Bedeutung der Einzeltierbeobachtung in größeren Tiergruppen ist hervorzuheben.
- Die Untersuchungsergebnisse der Konzentration an **Gammaglobulinen** bestätigen einen Zusammenhang zwischen Kolostrum und Serum und zeigen, dass die Tiere auch bei unzureichendem Gehalt kolostraler Immunglobuline ausreichende Serum-IgG-Konzentrationen aufweisen können. Zudem wurde eine große Variabilität der Serum-Konzentrationen ermittelt. Kolostrale IgG-Konzentrationen können zur Einschätzung der Immunitätslage der Kälber genutzt werden. Zur Prophylaxe von Erkrankungen ist die Überwachung der aufgenommenen Kolostrummengen unumgänglich. Unter Berücksichtigung der Kalbezeiten lässt sich eine kontrollierte Kolostrum-Aufnahme nach der Geburt in einem Milchviehbetrieb dieser Größenordnung nicht bei jeder Geburt bewerkstelligen. Die positive Korrelation zwischen dem Serum-IgG-Gehalt und dem Gesamtproteingehalt im Serum deutet darauf hin, das kostengünstigere Analyseverfahren der Gesamtproteinbestimmung in Praxisbetrieben zu nutzen.
- Die festgestellte **Mortalitätsrate** entspricht der eines bayerischen Staatsbetriebes mit wechselnder Belegschaft. Die Aufzuchtverluste in Gruppenhaltung waren sehr gering und statistisch nicht auf Haltungsmängel zurückzuführen. Bei geeignetem Management ließe sich die krankheitsspezifische Mortalität verringern.
- Beim Vergleich der Haltungsverfahren zeigten sich positive Effekte des Rein-Raus-Verfahrens auf die **Zunahmen** der Tiere. Bei leistungsorientierter Tierhaltung ist demzufolge dem RR der Vorzug zu geben. Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen zu beurteilen, sind beide HV gleichermaßen gut geeignet, gesunde Kälber mit hohen täglichen Zunahmen aufzuziehen. Die Methodik vorliegender Untersuchungen stellte den Gruppenvergleich in den Mittelpunkt. Bestätigt wurden geringere Zuwachsleistungen bei erkrankten Tieren. Die festgestellten signifikanten Haltungseinflüsse bei eimergetränkten Tieren waren auf den hohen Anteil der Respirationserkrankungen zurückzuführen. Ein Zusammenhang zwischen hoher Belegungsdichte und erhöhter Anzahl von Erkrankungen wurde nicht gefunden. Die Feststellung bestätigt ein gutes Gesundheitsmanagement.
- Die hohe Übereinstimmung der Messwerte des **Brustumfangs** und der Körpermasse zeigen, dass das System geeignet war, die Körpermasse der Kälber mittels Messung des Brustumfangs mit hoher Genauigkeit zu schätzen. Das Maßband ist als zusätzliches Kontrollinstrument geeignet und weniger zeit- und kostenaufwändig. Die Erfassung der Körpermasse mittels Wägung ist exakter und bei Vorhandensein einer Waage vorzuziehen.

Die erarbeiteten Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Kälber unter optimalen Aufzuchtbedingungen in den geprüften Haltungsverfahren RR und KV kaum Unterschie-

de aufwiesen. Es zeigte sich, dass das Halungsverfahren Rein-Raus in seiner Wirkung hinsichtlich hygienischer Aspekte überbewertet wurde und die ihm zugeschriebenen Effekte nicht bestätigt werden konnten. Die Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass altersgemischte Gruppen zusammengestellt werden können und diese bei begrenzter Anzahl von Tieren (bis zu $n = 15$) in mittelgroßen Betrieben auch gemischtgeschlechtlich sein können. Die festgestellten Geschlechtsunterschiede deuten darauf hin, bei ausreichender Geburtenzahl Mast- und Aufzuchtkälber getrennt zu halten, um Krankheitsverläufe besser kontrollieren und eingrenzen zu können. Zudem zeigen Kälber unterschiedlichen Geschlechts ein verschiedenes Bewegungs- und Ruheverhalten. Gruppen mit Altersdifferenzen von maximal sechs Wochen bieten gute Bedingungen hinsichtlich positiver Sozialkontakte, die für die Entwicklung der Tiere von großer Bedeutung sind.

8 Weiterführende Arbeiten

Die ermittelten Ergebnisse und Zusammenhänge tragen dazu bei, die Basis für die Erarbeitung von Kriterien einer artgerechten Tierhaltung zu erweitern. Die vorliegenden wissenschaftlichen Forschungsergebnisse dokumentieren weitgehend reale Verhältnisse und bieten für weitere wissenschaftliche Untersuchungen Anregungen und Vergleichsmöglichkeiten. In einem neubauten Stall ließen sich haltungsbedingte Unterschiede vorwiegend anhand pedometergestützter Technik erfassen. Steht diese nicht zur Verfügung, müssten für einen Vergleich unterschiedliche Ställe oder Betriebe genutzt werden. Bei Entwicklungsverzögerungen wurden anhand genutzter Parameter vorwiegend intraindividuelle Einflüsse nachgewiesen. Daher sollte bei jungen Tieren die Stärkung der Vitalität mittels kontinuierlicher Kontrolle des Gesundheitsstatus mit Managementhilfen fokussiert werden. Auf Basis der Indikatoren für Störungen in der Haltungsumgebung lassen sich Systeme entwickeln, die dem Anliegen des Halters nach Produktivität, aber auch dem Tier gerecht werden. Unter Nutzung einer größeren Stichprobenanzahl erkrankter Tiere ist die Notwendigkeit einer intensiven visuellen Tierbeobachtung und der parallelen Nutzung rechnergestützter Überwachungssysteme in der Kälberaufzucht zu klären. Messdaten des Aktivitäts- und Futteraufnahmeverhaltens können in künftigen Untersuchungen zuverlässig als potentiell Werkzeug zur Einschätzung von individuellen Zustandsänderungen genutzt werden. In zukünftigen Forschungen sollte bezüglich des Erkrankungs geschehens der Schwerpunkt auf deren Beziehung zur Aktivität und Rhythmik gelegt werden.

Es besteht weiterer Forschungsbedarf bei der Entwicklung der Zeitreihenanalyse als selektives Managementinstrument. Anhand vorliegender Ergebnisse können sich künftige Untersuchungen zum Vergleich von Haltungsbedingungen an den auf der Basis lokomotorischer Aktivität ermittelten Verhaltenskriterien Ruhephasendauer, -wechsel, Leistungskopplungsgrad und Anteil harmonischer Perioden orientieren. In Hinblick auf die nicht eindeutig geklärte Ausprägung des Einflusses betriebsbedingter Störungen auf das Wohlbefinden von Kälbern ist in weiterführenden Untersuchungen zu prüfen, bei welcher Frequenz eine desynchronisierte Verhaltensrhythmik die Gesundheit nachhaltig negativ beeinflusst. Bei der Weiterentwicklung tiergerechter Haltungssysteme sollten diesbezüglich weitere chronobiologische Forschungsarbeiten angeregt werden. Um das Verhalten als Indikator für die Ausprägung des Wohlbefindens und somit tiergerechter Haltungssysteme zu belegen, sind weitere Untersuchungen notwendig.

9 Literaturverzeichnis

- Albright, J.L. und Arave, C.W. (1997): The behaviour of cattle. CAB International, Wallingford, 146.
- Andenaes, H., Andersen, I.L. und Bøe, K.E. (1999): Early weaning from milk replacer – does it affect the behaviour of calves. International Symposium: Suckling, behavioural and physiological aspects, problems and possibilities in ruminants, at Hamra Farm, Tumba, Sweden, 5.-7. Mai 1999.
- Appleman, R.D. und Owen, F.G. (1973): Managing the young dairy calf. In: Proc. Nat. Dairy Housing Conf., Spec. Pub. 01-73 Am. Soc. of Agric. Eng. St. Joseph, Michigan.
- Aschoff, J. (1954): Zeitgeber der tierischen Tagesperiodik. Naturwiss., Berlin Heidelberg, 41, 49-56.
- Aschoff, J. (1955): Jahresperiodik der Fortpflanzung bei Warmblütern. Stud. Gen. 8, 742-776.
- Aschoff, J. (1959): Zeitliche Strukturen biologischer Vorgänge. N. Acta Leopoldina 21, 147-177.
- Aschoff, J. (1964): Circadian Clocks. Amsterdam, North-Holland Publishing Company.
- Aschoff, J. (1981): Handbook of behavioral neurobiology 4. New York, London, Plenum Pr.
- Aschoff, J., Daan, S. und Honma, K.I. (1982): Zeitgebers, Entrainment, and Masking: Some Unsettled Questions. In: Aschoff, J., Daan, S. und Groos, G.A.: Vertebrate circadian systems. Springer-Verl., Berlin Heidelberg New York, 13-24.
- Aschoff, J. und Gerkema, M. (1985): On diversity and uniformity of ultradian rhythms. In: Ultradian rhythms in Physiology and Behaviour, Hrsg. Schulz, H. und Lavie, P., Springer Verlag Berlin Heidelberg, 321-334.
- Bachmann, A.P., Eichhorn, W. und Heß, R.G. (1982): Aktive Mutterschutzimpfung: Passive Immunisierung von Neugeborenen. Tierärztl. Umschau 37, 684-703.
- Bahr, C., Kaufmann, O. und Scheibe, K.M. (2007): Sensorbasierte Analyse und Modellierung des Bewegungs- und Ruheverhaltens von Mutterkühen im geburtsnahen Zeitraum. KTBL-Schrift 461, Darmstadt, 57-65.
- Bartussek, H., Tritthart, M., Würzli, H. und Zortea, W. (1995): Rinderstallbau. Stocker Verlag, Graz, 19-103.
- Belyaev, D.K. (1978): Destabilizing selection as a factor in domestication. J. Hered. 70, 301-308.
- Bender, P. (2004): Bestimmung von Immunglobulin G und Immunglobulin M im Serum neugeborener Kälber während der ersten zehn Lebenstage unter besonderer Berücksichtigung der Darmgesundheit der Probanden sowie im Kolostrum derer Mütter mittels zweier neuartiger ELISAs. Diss., Gießen 2004.
- Berchtold, M., Zaremba, W. und Grunert, E. (1990): Kälberkrankheiten. In: Walser, K. und Bostedt, H. (Hrsg): Neugeborenenkunde und Säuglingskunde der Tiere. Enke Verlag, Stuttgart, 260-265.

- Berger, A. (1999): Chronobiologische Untersuchungen an Przewalskipferd (*Equus ferus przewalskii*) und Rothirsch (*Cervus elaphus*) unter naturnahen Bedingungen und Möglichkeiten der chrono-biologischen Belastungsdiagnostik. Diss., Halle/Saale 1999.
- Berger, A., Scheibe, K.M., Michaelis, S. und Streich, W.J. (2003): Evaluation of living conditions of free-ranging animals by automated chronobiological analysis of behaviour. *Behav. Res. Methods, Instruments & Computers*. 35, 3, 458-466.
- Besser, T.E., Gay, C.C. und Pritchett, L. (1991): Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 198, 419-423.
- Besser, T.E. und Gay, C.C. (1994): The importance of colostrum to the health of neonatal calf. *Vet. Clin. of North Am, Food Anim. Pract.* 10, 107-117.
- Blom, J.Y. (1982): The relationship between serum immunoglobulin values and incidence of respiratory disease and enteritis in calves. *Nord. Vet. Med.* 34, 276-281.
- Bøe, K.E. und Færevik, G. (2003): Grouping and social preferences in calves, heifers and cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 80, 175-190.
- Boissy, A. (1995): Fear and fearfulness in animals. *Quart. Rev. Biol.* 70, 165–191.
- Boissy, A. und Le Neindre, P. (1990): Social Influences on the Reactivity of Heifers: Implications for Learning Abilities in Operant Conditioning. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 25, 149-165.
- Boissy, A. und Le Neindre, P. (1997): Behavioural, Cardiac and Cortisol Response to Brief Peer Separation and Reunion in Cattle. *Physiol. Behav.* 61, 693–699.
- Boissy A., Veissier I. und Roussel S. (2001): Behavioural reactivity affected by chronic stress: an experimental approach in calves submitted to environmental instability. *Anim. Welfare* 10, 175-185.
- Borg, L. (1981): Quantitative Untersuchungen über den Gesamtprotein- und Immunglobulingehalt im Blutserum kranker, bis zu 12 Wochen alter Kälber mit Hilfe der Refraktometrie, Biuretmethode, Elektrophorese und Nephelometrie. Diss., Tierärztl. Hochschule Hannover 1981.
- Bothmer, G. Graf v. und Budde, H. (1992): Kälberaufzucht für Milch und Mast. 3. Aufl., Verlagsunion Agrar, 166-171.
- Bouissou, M.F., Porter, R.H., Boyle, L. und Ferreira, G. (1996): Influence of a conspecific image of own vs. different breed on fear reactions of ewes. *Beh. Proc.* 38, 37–44.
- Boyd, J.W. (1972): The relationship between serum immunoglobulin deficiency and diseases in calves: A farm survey. *Vet. Rec.* 90, 645-649.
- Brandes, C. (1999): Kälberhaltungsmanagement oder Housing and Welfare von Kälbern. *Veterinärmed. Fachorgan für tierärztl. Beratung und Bestandsbetreuung, Agrar-Service Verlag Rheinbach* 12/1999, 16-26.
- Brandes, C. (2002): Vital vom Start weg – mehr Komfort für Kälber. *Nutztierpraxis Aktuell*, April 2002, 8-11.
- Brauchle, U. (2000): Zusammenhang zwischen Geburtsverlauf, Vitalität und verschiedenen Blutparametern beim neugeborenen Kalb. Diss., München 2000.
- Breer, D und Büscher, W. (2006): Aktivitätsmessung bei Kälbern. *Landtechnik* 61, 5, 274-275.

- Brehme, U., Stollberg, U., Holz, R. und Schleusener, T. (2004): Sichere Brunsterkennung mit sensorgestützten ALT-Pedometern. *Landtechnik* 59, 230–231.
- Broom, D.M. (1993): The effect of social and physical environment on social behaviour in farm animals. *International congress on Appl. ethology*, 3. Joint Meeting.
- Brownlee, A. (1939): The habits of, and physiological phenomena exhibited by domestic cattle. *Vet. Record* 51, 626. In: Porzig, E., Tembrock, G., Engelmann, C., Signoret, J.P. und Czako, J. (1969): *Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*. Dtsch. Landwirtschaftsverlag Berlin, 130.
- Brownlee, A. (1954): Play in domestic cattle in Britain. *Brit. Vet. J.* 110, 48. In: Porzig, E., Tembrock, G., Engelmann, C., Signoret, J.P. und Czako, J. (1969): *Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*. Dtsch. Landwirtschaftsverlag Berlin, 130.
- Brummer, S. (2004): Untersuchungen zur Reduzierung des gegenseitigen Besaugens bei Kälbern in Gruppenhaltung mit Tränkeabrufautomaten. Diss., Techn. Univ. München 2004.
- Brunsch, R., Kaufmann, O. und Lüpfer, T. (1996): *Rinderhaltung in Laufställen*. Ulmer Verlag Stuttgart, 5-26.
- Burkhardt, G., Schmadel, L.D. und Marx, S. (1994): Ahnerts Kalender für Sternfreunde, Kleines astronomisches Jahrbuch. 46. Jg., Barth Verlagsgesellschaft mbH Leipzig-Berlin-Heidelberg, 26-29.
- Büscher, W. und Käck, M. (1995): Prozessrechnergesteuerte Tränkeautomaten zur Kälberfütterung – Arbeits- und Managementhilfe. *Zeitschr. für Agrarinformatik* 3, 5, 113-116.
- Buschmann, H. (1990): Anatomische und physiologische Grundlagen des Neugeborenen; Infektionsabwehr. In: Walser, K. und Bostedt, H. (Hrsg.): *Neugeborenenkunde und Säuglingskunde der Tiere*, Verlag Enke, Stuttgart, 30-35.
- Bush, L.J., Aguilea, M.A., Adans, G.D. und Jones, E.W. (1971): Absorption of colostral immunoglobulins by newborn dairy calves. *J. Dairy Sci.* 54, 1547-1549.
- Bush, L.J. und Staley, T.E. (1980): Absorption of colostral immunoglobulins in newborn calves. *Journ. of Dairy Sci.* 63, 4, 672-680.
- Butler, J.E. (1973): Synthesis and distribution of immunoglobulins. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 163, 796-798.
- Butler-Hogg, B.V. und Tulloh, N.M. (1982): Growth patterns in sheep: the effects of weight losses on compensatory growth and feed intake in Corriedale sheep. *J. Agric. Sci.* 99, 641-649.
- Butz, T. (2009): *Fouriertransformation für Fußgänger*. 6. Aufl., Vieweg und Teubner GmbH, Wiesbaden. 4-59.
- Caldow, G.L., White, D.G., Kelsey, M., Peters, A.R. und Solly, K.J. (1988): Relationship of calf antibody status to disease and performance. *Vet. Rec.* 122, 63-65.
- Campbell, R.G. (1988): Nutritional constraints to lean tissue accretion in farm animals. *Nutr. Res. Rev.* 1, 233–241.
- Clover, C.K. und Zarkower, A. (1980): Immunologic responses in colostrum-fed and colostrum-deprived calves. *Am. J. Vet. Res.* 41, 1002-1007.

- Czakó, J., Bárczy, G. und Balika, S. (1969): Data on the daily rhythm of the behaviour and certain life processes of calves. *Acta Agron. Acad. Sci. Hung.*, 18, 147-153.
- Czakó, J. (1974): Determination of behaviour norms in cattle of various age and purpose. *Allattenyesztes* 23, 2, 37-49.
- Daniel, U. (1997): *Kühe halten*. 2. Aufl., Ulmer Verlag Stuttgart, 8-11.
- Dannenmann, K., Buchenauer, D. und Fliegenger, H. (1985): The behaviour of calves under four levels of lighting. *Appl. Anim. Beh. Sci.* 13, 243-258.
- Dantzer, R. und Mormède, P. (1983): Stress in Farm animals: a need for reevaluation. *J. Anim. Sci.* 57, 6-17.
- Davis, L.R., Bowman, G.W. und Porter, D.A. (1952): Portable pens compared with other enclosures for control of diseases of dairy calves. *Vet. Med.* 47, 485.
- Davis, L.R., Autrey, K.M., Herlich, H. and Hawkins, G.E. Jr. (1954): Outdoor individual portable pens compared with conventional housing for raising dairy calves. *J. Dairy Sci.* 37, 562.
- Deiningner, A. und Käck, M. (1999): Untersuchungen zum kraftfuttergesteuerten Abtränken bei Saugkälbern. *Agrartechn. Forsch.* 5, 2, 125-134.
- Derenbach, J. (1981): Untersuchung zum Saugverhalten neugeborener Kälber in der Mutterkuhhaltung. Diss., Göttingen 1981.
- Devery-Pocius, J.L. und Larsson, B.L. (1983): Age and previous lactations as factors on the amount of bovine colostrum immunoglobulins. *J. Dairy Sci.* 66, 221-226.
- Doll, K., Weirather, P. und Küchle, H.M. (1995): Kälberdurchfall als Bestandsproblem: Betriebsinterne Faktoren und häufige Behandlungsfehler. *Prakt. Tierarzt* 11, 995-1004.
- Donat, K. (2010): Viele Kälber unterversorgt. *top agrar*, 3, 26-27.
- Donovan, G.A., Dohoo, I.R., Montgomery, D.M. und Bennett, F.L. (1998): Calf and disease factors affecting growth in female Holstein calves in Florida, USA. *Prev. Vet. Med.* 33, 1-10.
- Egle, B. (2005): Verhaltensbeobachtungen zum gegenseitigen Besaugen von Fleckviehkälbern. Diss., Halle 2005.
- EFSA (2006): The risk of poor welfare in intensive calf farming systems. An update of the Scientific Veterinary Committee Report on the Welfare of Calves. *The EFSA Journal* 366, 1-36.
- Eigenmann, U.J.E., Grunert, E. und Luetgebrune, K. (1983): Die Asphyxie des Kalbes. *Prakt. Tierarzt* 64, 603-611.
- Ekesbo, I. (1984): Methoden der Beurteilung von Umwelteinflüssen auf Nutztiere unter besonderer Berücksichtigung der Tiergesundheit und des Tierschutzes. *Wien, Tierärztl. Monatsschr.* 71, 6/7, 186-190.
- Erb, R.E., Gilden R.O., Goodwin, M.M., MiUard, J.B und Murdock, F.R.. (1951): Open shed versus conventional housing for dairy calves. *Washington Agr. Exp. Sta., Tech. Bull.* 3.
- Erbers, C. (2005): Untersuchungen zum Verhalten und zur maternalen Kolostrumversorgung von Braunvieh-Kälbern in der Abkalbebox. Diss., Tierärztl. Fak. München 2005.

- Erhard, M.H., Amon, P., Younan, M., Ali, Z. und Stangassinger, M. (1999): Absorption and synthesis of immunoglobulin G in newborn calves. *Reprod. Dom. Anim.* 34, 173-175.
- Erhard, M.H., Göbel, E., Lewan, B, Lösch, U. und Stangassinger, M. (1997): Zur systematischen Verfügbarkeit von bovinem Immunglobulin G und Hühner- Immunglobulin Y aus gefüttertem Kolostrum bzw. Volleipulver bei neugeborenen Kälbern. *Arch. Anim. Nutr.* 50, 369-380.
- Erhard, M.H. und Stangassinger, M. (2000): Kolostrum als „functional food“ für das neugeborene Kalb: Einflüsse auf den Immunstatus. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, 147-149.
- Ermgassen, K. (1996): Untersuchungen zur Herzfrequenz und zu klinischen Vitalitätsparametern bei Kälbern in Beziehung zu Tragzeit, Geburtsverlauf, Geschlecht und Rasse. *Diss.*, Leipzig 1996.
- Ernst, E. (1988): Aufzuchtverluste bei Rind und Schwein. *Der Tierzüchter*, Frankfurt/M. 40, 11, 482-483.
- Eulenberger, K. (2008): Reinigung und Desinfektion im Kälberstall- Ein Muss für gesunde Kälber. Anwenderseminar „Pneumonie- und Durchfallprophylaxe in der Kälberhaltung“, Köllitsch, 16.4.2008.
- Fagen, R. (1981): *Animal play behaviour*. New York, Oxford Univ. Pr. XVII, 684.
- Ferking, H. (1976): Das neugeborene Kalb. *Prakt. Tierarzt* 58, 80-83.
- Fraser, A.F. (1978): *Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*. 1. Aufl., Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 44.
- Fröhner, A., Koßmann, A. und Reiter, K.D. (2008): Untersuchungen zum Verhalten und zur Vitalität bei Kälbern in den Haltungsverfahren Rein-Raus und kontinuierliche Belegung. *KTBL-Schrift* 471, Darmstadt, 220-222.
- Fröhner, A. und Reiter, K.D. (2005): Ursachen von Kälberverlusten bei Milchvieh und Möglichkeiten zur Reduzierung, Literaturstudie für ein Forschungsprojekt. *Schriftenreihe* 11 der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Furtner, K. (1970): Die Mast von Kälbern mit Milchaustauscher an stationären Automaten in Laufstallungen im Vergleich zur Einzelfütterung aus dem Eimer. *Diss.*, Wien 1970.
- Gay, C.C. (1983): Failure of passive transfer of colostral immunoglobulin and neonatal disease in calve: A review. *Proc. 4. Int. symposium of neonatal diarrhea Vet. Infectious Disease Organisation*, Saskatoon, Saskatchewan, Can., 346-364.
- Gay, C.C., McGuire, T.C. und Parrish, S.M. (1983): Seasonal variation in passive transfer of immunoglobulin G1 to newborn calves. *JAVMA* 183, 566-568.
- Georg, H. und Ude, G. (2007): Anreicherung der Haltumgebung von Kälbern in Gruppenhaltung durch den Einsatz einer Putzmaschine. *KTBL-Schrift* 461 Braunschweig, 42-47.
- Girnius, D. (2004): Inzidenz und Verlauf von Neugeborenendurchfall bei Kälbern in einem Praxisgebiet in Oberbayern. *Diss.*, Tierärztl. Fak. München 2004.
- Grandin, T. (1993): Behavioural agitation during handling of cattle is persistent over time. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 36, 1-9.
- Graf, B., Wegmann, R. und Rist, M. (1976): Das Verhalten von Mastkälbern bei verschiedenen Haltungsformen. *Schweizer. Landwirtsch. Mh.* 54, 333-355.

- Grau, C., Escera, C., Cilveti, R., Garcia, M., Mojon, A., Fernandez, J.R. und Hermida, R.C. (1995): Ultradian rhythms in gross motor activity of adult humans. *Physiol. Behav.* 57, 3, 411-419.
- Grauvogl, A. (1990): Verhaltensstörungen bei landwirtschaftlichen Nutztieren. In: Proc. DVG Fachgruppe Verhaltensforschung, Angewandte Verhaltenskunde bei Nutztieren, Grub, 123-145.
- Grauvogl, A. (1997): Artgemäße und rentable Nutztierhaltung. BLV Verlagsgesellschaft mbH München, 37-41.
- Gross, W.B. und Siegel, P.B. (1993): General principles of stress and welfare. In: Grandin, T. (Hrsg.): *Livestock handling and transport*. CAB International, Wallingford UK, 21-34.
- Groth, W. (1988): Die Bedeutung der Haltungsbedingungen für die Erhaltung der Gesundheit von Kälbern und Ferkeln. *Tierärztl. Umschau* 43, 584-594.
- Grunert, E. und Andresen, P. (1996): Geburtshilfe. In: Grunert, E. (Hrsg.): *Buiatrik*. Bd. I, Euterkrankheiten, Geburtshilfe und Gynäkologie, Andrologie und Besamung. Verl. M.&H. Schaper, Hannover, 129-150.
- Grützner, B. (1993): Ethologische Untersuchungen zum Flächenbedarf von Kälbern unter Laufstallbedingungen. Diss., Techn. Univ. München 1993.
- Gutzwiller, A. (2002): Effect of colostrum intake on diarrhoea incidence in new-born calves. *Schweizer Arch. für Tierheilkunde* 144, 59-64.
- Gutzwiller, A. und Morel, I. (2003): Igluhaltung von neugeborenen Kälbern im Winter. *Agrarforschung* 10, 70-74.
- Gutzwiller, A. und Morel, I. (2009): Kälberaufzucht: Iglus und Auslaufhaltung für Kälber. *Schweizer Fleckvieh*, 1, 23-25.
- Hahn, G.L., Mader, T.L., Spiers, D.E., Gaughan, J.B., Nienaber, J.A., Eigenberg, R., Brown-Brandl, T., Hu, Q., Griffin, D., Hungerford, L., Parkhurst, A.M., Leonard, M., Adams, W. und Adams, L. (2001): Heat wave impacts on feedlot cattle: Considerations for improved environmental management. In: Nienaber, J., *Livestock Environment*, VI., 6. Int. Livestock Environ. Symposium, Kentucky, USA, 21-23 May 2001, 129-139.
- Hampe, J. (2005): Untersuchungen zur Körperzusammensetzung und zum Wachstum von Kälbern unterschiedlicher genetischer Herkunft mittels Dualenergie-Röntgenabsorptiometrie (DXA). Diss., Tierärztl. Fak. München, 2005.
- Hancock, D.D. (1983): Studies of the epidemiology of mortality and diarrheal morbidity in heifer calves in northeastern Ohio dairy herds. *Diss.-Abstracts-International-B.*, 1983, 44, 1023-1024.
- Hänninen, L., Hepola, H., Rushen, J., Passillè, A.M., Pursiainen, P., Tuure, V., Syrjälä-äquist, L., Pyykkönen, M. und Saloniemi, H. (2003): Resting behaviour, growth and diarrhoea incidence rate of young dairy calves housed individually or in groups in warm or cold buildings. *Acta Agric. Scand.*, 53, 1, 21-28.
- Hänninen, L., Passillè, A.M. und Rushen, J. (2005): The effect of flooring type and social grouping on the rest and growth of dairy calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 91, 193-204.
- Harsch, E. (2002): Vergleich der Rektaltemperatur zur automatisch gemessenen Zungentemperatur bei Kälbern am Tränkeautomaten. Diplomarbeit, Nürtingen 2002.

- Hartung, J. (2000): Haltungsformen in der Rinderhaltung im Vergleich aus hygienischer Sicht. *Tierärztl. Umsch.* 55, 445-451.
- Hauptman, J. (1966): Grundlagen der Ethologie beim Rind. *Czech J. Anim. Sci.* 11, 4. In: Bogner, H. und Grauvogl, A. (1984): Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Ulmer-Verlag, Stuttgart, 186.
- Heckert, H.P., Bardella, I., Hoffmann, W. und Oltmer, S. (1999): Untersuchungen zum Einfluss eines antikörperhaltigen Volleipulvers auf die aktive Immunitätsausbildung bei Kälbern. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 106, 10-14.
- Heinroth, O. (1910): Beiträge zur Biologie, namentlich Ethologie und Psychologie der Anatiden. *Verh. Intern. Ornith. Congr. Berlin*, 589. In: Porzig, E., Tembrock, G., Engelmann, C., Signoret, J.P. und Czakó, J. (1969): Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. *Dtsch. Landwirtschaftsverlag Berlin*, 121.
- Heiting, N. (1997): Rein-Raus auch im Kälberstall. *Top agrar* 2, R18-21.
- Heiting, N. (2005): Erfolgreiche Kälberaufzucht – Maßnahmen zur Reduzierung der Kälberverluste, *Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Haus Riswick*, 54-60.
- Heiting, N. (2008a): Aktuelle Entwicklung in der Kälberaufzucht unter Berücksichtigung der Gesundheit. *Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Haus Riswick*, 1-9.
- Heiting, N. (2008b): Haltungsvarianten für Kälber - Kälberaufzucht Riswick Modell. *Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Haus Riswick*, 1-6.
- Hemsworth, P.H. und Barnett, J.L. (1987): Human – Animal Interactions. *Veterinary Clinics of North America: Food and Animal Practice* 3, 339–356.
- Herrmann, J. und Knierim, U. (1999): Auswirkungen der Tränketchnik auf das Sozialverhalten zwei bis acht Wochen alter Mastkälber in Gruppenhaltung. *KTBL-Schrift* 382, 130-136.
- Herter, K. und Lehmann, G. (1955): Winterschlaf - Handbuch der Zoologie Bd. VIII. Walter de Gruyter Verlag Berlin, Kap. 4, 1-60. In: Bogner, H. und Grauvogl, A. (1984): Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Ulmer-Verlag, Stuttgart, 186.
- Heyn, E. (2002): Vergleichende Untersuchungen zur kolostralen IgG-Versorgung neugeborener Kälber unter verschiedenen Haltungsbedingungen. *Diss., München* 2002.
- Hochberg, H., Dyckmans, A., Finke, C., Mörchen, F., Peper, F., Priebe, R., Landmann, D. und Wolf, D. (2002): Voraussetzungen für eine tiergerechte Haltung. In: Hochberg, H. und Dyckmans, A. (Hrsg.): Tiergerechte und umweltverträgliche Freilandhaltung von Fleischrindern im Winter. *Deutscher Grünlandverband e.V., Schriftenreihe* 2, 12-19.
- Hondele, J. (1986): Felduntersuchungen über Kälberverluste und Mißbildungen in Milchviehbetrieben. *Diss., Tierärztl. Fak. München* 1986.
- Hoog, B.W., Pearson, A.M. und Dutson, T.R. (1991): Growth regulation in farm animals. *Adv. in meat Res.* 7, 103-134.
- Hurd, M.W. und Ralph, M.R. (1998): The significance of circadian organization for longevity in the golden hamster. *J. Biol. Rhythms* 13, 5, 430-436.
- Hutchison, H.G., Woof, R., Mabon, R.M., Salehe, I. und Robb, L.M. (1962): A study of the habits of Zebu cattle in Tanganyika. *J. agric. Sci.* 59, 301-317. In: Porzig, E., Tembrock, G., Engelmann, C., Signoret, J.P. und Czakó, J. (1969): Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. *Dtsch. Landwirtschaftsverlag Berlin*, 126-127.

- Hütt, M.T. (2001): Datenanalyse in der Biologie. 1. Aufl., Springer Verlag, Berlin, 156.
- Jensen, M.B. und Kyhn, R. (2000): Play behaviour in group-housed dairy calves, the effect of space allowance. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 67, 35-46.
- Jensen, M.B., Vestergaard, K.S. und Krohn, C.C. (1998): Play behaviour in dairy calves kept in pens: the effect of social contact and space allowance. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 56, 97-108.
- Jilg, T. (2003): Kälberaufzucht - Erfahrungen und aktuelle Entwicklung. 30. Viehwirtsch. Fachtagung, 24.-25.04.2003, Bericht BAL Gumpenstein.
- Johannesson, T. und Ladewig, J. (2000): The effect of irregular feeding times on the behaviour and growth of dairy calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 69, 103-111.
- Johnston, J.D. und Buckland, R.B. (1976): Response of male Holstein calves from seven sires to four management stresses as measured by plasma corticoid levels. *Can. J. Anim. Sci.* 56, 727-732.
- Jonasson, K. (2009): Activity as indicator of disease in calves in group systems. Dept. of Anim. Environment and Health, SLU., Examensarbeit, Vol. 28 Uppsala.
- Joubert, D.M. (1954): The influence of winter nutritional depressions on the growth, reproduction and production of cattle. *J. Agric. Sci.* 44, 5-66.
- Kaarupun, V. (1974): Sb. nauc. Tr. est. sel'skochoz, Akad. Tartu 80, 24. In: Porzig, E. und Sambraus, H.H. (1991): Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. 1. Aufl., Dtsch. Landwirtschaftsverlag Berlin, 45.
- Kandler, J., Mayr, A., Ring, C. und Denzinger, F. (1989): Zur ökonomischen Bewertung einer Schutzimpfung gegen die Enzootische Bronchopneumonie des Rindes. *Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr.* 102, 152-155.
- Kaphengst, P., Bünger, U., Bünger, B. und Schmoltdt, P. (1976): Zum Verhalten von gesunden und kranken Kälbern während des ersten Haltungsabschnittes im Aufzuchtbetrieb. *Tierzucht* 10, 30. Jg., 443-447.
- Kaphengst, P., Bünger, U. und Schmoltdt, P. (1977): Einfluss unterschiedlicher Aufstallungsformen auf das Verhalten von Kälbern im ersten Haltungsabschnitt eines Aufzuchtbetriebes. *Tierzucht*, 31. Jg., 445-448.
- Kappeler, P. (2006): Verhaltensbiologie. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 3-80.
- Karrer, M. (1998): Neuere Entwicklungen in der Rinderhaltung. DVG-Tagung „Ethologie und Tierschutz“, Weihenstephan, 16.-19. September 1998, In: Tgbd., 39-49.
- Karrer, M., Nitsche, R., Freiberger, F., Meisl, F. und Gelbach, A. (2000): Der optimierte Außenklimastall für Milchkühe unter besonderer Berücksichtigung der Tiergerechtigkeit und der Arbeitsplatzqualität. *SÖL-Berater-Rundbrief* 2/00.
- Kaske, M., Kehler, W. und Schuberth, H.J. (2003): Kolostrumversorgung von Kälbern. *Nutztierpraxis aktuell*, Ausg. 4., 1-6.
- Kaske, M. und Kunz, H.J. (2003): Handbuch Durchfallerkrankungen der Kälber. Kamlage Verlag, Osnabrück, 9-95.
- Kehr, K., Mörchen, F. und Eckstein, W. (1971): Rationalisierung der Kälber- und Jungtierhaltung durch die einstreulose Aufstallung und die Reduzierung des Tierfressplatzverhältnisses. Dt. Akad. der Landwirtschaftswiss. Berlin, Landwirtschaftsausstellung

- der DDR, Markkleeberg, Empfehlungen für die Praxis, Inst. für Tierzucht und Tierhaltung Iden-Rohrbeck.
- Keil, N.M. (2006): Gruppenhaltung von Kälbern ohne gegenseitiges Besaugen: geht das? 13. Freiland-Tagung „Freilandhaltung: Perspektive für die Zukunft!“, Wien, 28.9.2006, In: Tag.bd., 1-8.
- Keil, N.M., Zwicky, U. und Schrader, L. (2002): Einfluss der Umweltkomplexität auf Verhalten und gegenseitiges Besaugen von Aufzuchtkälbern in Gruppenhaltung. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, KTBL-Schrift 407, 76-83.
- Kelly, G.S. (2003): Bovine Colostrums: A Review of Clinical Uses. Altern. Med. Rev. 8, 378-394.
- Kilgour, R. (1975): The open-field test as an assessment of the temperament of dairy cows. Anim. Behav. 23, 615-624.
- Kirchgeßner, M., Roth, F.X., Schwarz, F.J. und Stangl, G.I. (2008): Tierernährung: Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 12. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main., 425-447.
- Klingenberg, K. (1996): Serum gamma globulin levels, rotavirus excretion and neonatal enteritis in calves. British Cattle Vet. Ass., 19. World Buiatrics Congress, Edinburgh, posters presentation, 116-117.
- Koch, G. (1968): Ethologische Studien an Rinderherden unter verschiedenen Haltungsbedingungen. Diss., Tierärztl. Fak. München 1968.
- Kotenbeutel, J. und Krockner, M. (1992): Kälberaufzucht am Tränkautomaten in einem großen Milchviehbetrieb. In: Pirkelmann, H.: Tiergerechte Kälberhaltung mit rechnergesteuerten Tränkeverfahren. KTBL; Darmstadt, 100-108.
- Krämer, W., Schoffer, O. und Tschiersch, L. (2008): Datenanalyse mit SAS®. 2. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 164-225.
- Kruse, V. (1970): Yield of Colostrum and Immunglobulin in cattle at the first milking after parturition. Anim. Prod. 12, 619-626.
- Kubaev, S.K. und Kubaeva, S.A. (1989): Das Verhalten von Kühen und Kälbern in verschiedenen Haltungsvarianten. Zootechnika Moskau 8, 58-61.
- Kunz, P. und Montandon, G. (1985): Vergleichende Untersuchungen zur Haltung von Kälbern im Warm- und Kaltstall während der ersten 100 Lebenstage. FAT Schriftenreihe 26, FAT, Tänikon.
- Kunz, H.J. (2006): Haltung und Hygiene in der Kälber- und Färsenaufzucht. Nutztierpraxis aktuell 19, 6-17.
- Köhler, W., Schachtel, G. und Voleske, P. (2007): Biostatistik - Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler. 4. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 35-186.
- Lack, P. (2006): Bestimmung von Immunglobulin G und M im Serum neugeborener Kälber während der ersten zehn Lebenstage unter besonderer Berücksichtigung des Fütterungsregimes, Diss., Justus-Liebig-Univ. Gießen 2006.
- Lambrecht, G., Frerking, H. und Henkel, E. (1982): Bestimmung von IgG, IgA und IgM im Erstkolostrum des Rindes mit Hilfe der Nephelometrie und der radialen Immundiffusion unter besonderer Berücksichtigung von Jahreszeit, Laktationsnummer und Vererbung. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 89, 107-110.

- Langbein, J., Raasch, M.L. und König, I. (1998): Untersuchungen zur frühen Mutter-Kind-Beziehung in der extensiven Mutterkuhhaltung - das Kalb des Hausrindes als Ablieger. KTBL-Schrift 382 (Hrsg.), Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, Darmstadt, Landwirtschaftsverl., 34-41.
- Lange, W. (2004): Gesundheit, Krankheit und Gesundheitsschutz. In: Busch, W., Methling, W. und Amselgruber, W.M.: Tiergesundheits- und Tierkrankheitslehre. 1. Aufl., Parey Verlag Stuttgart. 1-8.
- LeBlanc, M.M. (1986): Passive transfer of immunity in calves. In: Morrow, D.A. (Hrsg.) (1986): Current therapy in theriogenology 2, Verlag Saunders Co., Philadelphia, 2. Aufl., 224-226.
- LfL (2009): Betriebsspiegel der Versuchsstation Grub. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Abt. Versuchsstation, 1.1.2009.
- Lidfors, L. (1994): Mother-young behaviour in cattle. Rapport 33, Skara Swedish University of Agric. Sci., Dept. of Anim. Hygiene, Thesis, 26.
- Liebenberg, O. (1965): Physiologische und psychologische Fragen bei der Haltung von Rindern in Großbeständen. Tierzucht 19, 490-496.
- Liebenberg, O., Laube, R.B. und Porzig, E. (1971): Einige Mitteilungen über historisch bedeutsame, ethologische Beobachtungen am Rind (*Bos taurus* L.). Arch. f. Tierzucht 14, 109-127. In: Bogner, H. und Grauvogl, A. (1984): Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Ulmer-Verlag, Stuttgart, 168.
- Lipp, K. (2005): Feldstudie zur kolostralen Immunglobulin-Versorgung neugeborener Kälber in Abhängigkeit von der Verweildauer beim Muttertier. Diss., Tierärztl. Fak. München 2005.
- LKV (2008). Jahresbericht der Milchleistungsprüfung. Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. (LKV), München, 36.
- Logan, E.F., McBeath, D.G. und Lowman, B.G. (1974): Quantitative studies on serum immunglobulin levels in suckled calves from birth to five weeks. Vet. Rec. 94, 367-370.
- Lorz, A. (1987): Tierschutzgesetz. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München. In: Sambraus, H.H. (1978): Nutztierethologie – Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere / Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis. 1. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 25.
- Lorz, A. (1987): Tierschutzgesetz - mit Rechtsverordnungen und Europäischen Übereinkommen. Kommentar. 3. Aufl., Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München, 96.
- Luetgebrune, K. (1982): Untersuchungen über die Kolostrumaufnahme und die Immunglobulinabsorption bei asphyktischen und lebensfrischen Kälbern. Diss., Tierärztl. Hochschule Hannover 1982.
- Lührmann, B. (2010): Jede Kälberkrankheit kostet richtig Geld! Tiergesundheit und mehr, Boehringer Ingelheim, Ausg. 2/10, 3-6.
- Lundborg, K. (2004): Housing, management and health in Swedish dairy calves. Doctoral thesis, SLU, Acta Univ. agric. Suecia, Vet. 168.
- Mader, T.L., Davis, M.S. und Brown-Brandl, T. (2006): Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. J. Anim. Sci. 84, 712-719.

- Marsh, S.P. und Warnock, W. (2008): Computerised machine rearing systems for group housed dairy-bred bull calves. Harper Adams University College, Newport, Shropshire, UK. In: New dairy information from BSAS, Society`s Ann.Conf. Scarborough, 31.3.-2.4.2008, www.bsas.org.uk.
- Martin, S.W., Schwabe, C.W. und Franti, C.E. (1975a): Dairy calf mortality rate: influence of management and housing factors on calf mortality rate in Tulare County, California. *Am. J. Vet. Res.* 36, 8, 1111-1114.
- Martin, S.W., Schwabe, C.W. und Franti, C.E. (1975b): Dairy calf mortality rate: characteristics of calf mortality rates in Tulare County, California. *Am. J. Vet. Res.* 36, 8, 1099-1104.
- Martinez, M.L., Freeman, A.E. und Berger, P.J. (1983): Genetic relationship between calf liveability and calving difficulty of Holsteins. *J. Dairy Sci.* 66, 7, 1494-1502.
- Masterson, J. und Richardson, F.A. (1979): Humidex, a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Downsview, Ontario, Environment Canada.
- McGuirk, S.M. (1992): Colostrum: quality and quantity. Proc.XVII World Buiatrics Congress and XXV AABP Conf. 1992, 2, 162-167.
- McMorran, E.K. (2006): Bundesweite Untersuchung zur kolostralen Versorgung von neugeborenen Kälbern. Diss., Tierärztl. Fak. München 2006.
- Mench, J.A., Swanson, J.C. und Stricklin, W.R. (1990): Social stress and dominance among groups members after mixing beef cows. *Can. J. Anim. Sci.* 70, 345-354.
- Morel, I. und Schick, M. (2002): Tränkeautomat oder Eimertränke für die Kälbermast? *Agrarforsch.* 9, 3, 106-111.
- Morel, I., Aeschlimann, G. und Philipp, A. (2003): Außenauslauf für Aufzuchtälber: ein Vorteil?, *Agrarforsch.* 10, 388-393.
- Müller, A. (2004): Der Einfluss der Fütterungsintensität auf das Wachstum von Ziegenlämmern. Diss., Landwirtsch.-Gärtner. Fak. der Humboldt-Univ. Berlin 2004.
- Müller, C. und Schlichting, M.C. (1991): Ethological and physiological reactions of veal calves ind group-housing systems. In: New trends in veal calf production. Proc. of the Int. Symp. on veal calf production, Metz, J.H.M. and Groenestein, C.M. 71-75, EAAP pub. 52, Pudoc., Wageningen.
- Nardone, A., Lacetera, N., Bernabucci, U. und Ronchi, B. (1997): Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperaures during late pregnancy and early postpartum period. *J. Dairy Sci.* 80, 838-844.
- Nelson, R.J. (2000): An Introduction to Behavioral Endocrinology. 2. Edition. Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates, Inc.
- Nielsen, L.H., Morgensen, L., Krohn, C., Hindehede, J. und Sørensen, J.T. (1997): Resting and social behaviour of dairy heifers housed in slatted floor pens with different seized bedded lying areas. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 54, 307-316.
- Olson, D.P., Papasian, C.J. und Ritter, R.C. (1980): The effect of cold stress on neonatal calves II. Absorption of colostral immunglobulins. *Can. J. Com. Med.* 44, 19-23.

- Olson, D.P., Bull, R.C., Woodward, L.F. und Kelley, K.W. (1981): Effects of maternal nutrition restriction and cold stress on young calves: absorption of colostral immunoglobulins. *Am. J. Vet. Res.* 42, 876-880.
- Onsrud, G.L. (1999): Social facilitation and competition in age heterogeneity groups of calves. M. Sc. Thesis, Agricultural University of Norway, Postboks.
- Palmer, J.D. (1976): *An Introduction to Biological Rhythms*. New York, Academic Press.
- de Passillé, A.M., Rushen, J. und Martin, F. (1995): Interpreting the behaviour of calves in an open-field test: a factor analysis. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 45, 201-213.
- Penhale, W.J., Christie, G., Mc Ewan, A.D., Fisher, E.W. und Selman, I.E. (1970): Quantitative studies on bovine immunoglobulins. *Br. Vet. J.* 126, 30-37.
- Piccione, G., Caola, G. und Refinetti, R. (2003): Daily and estrous rhythmicity of body temperature in domestic cattle. *BMC Physiol.* 3, 7.
- Pirkelmann, H. (1992): Tiergerechte Kälberhaltung mit rechnergesteuerten Tränkeverfahren. *KTBL-Schrift* 352, Darmstadt, 20-24.
- Pirkelmann, H. (1997): Aktuelle Entwicklungen in der Kälberhaltung, Wiss. Tagung „Tiergerechte Haltungssysteme für Nutztiere“, 23.-25.10. Tänikon, In: *FAT-Schriftenreihe* 45, 146-155.
- Pirkelmann, H. und Schlichting, M.C. (1992): Auswirkungen der Tränkeprogramme. Tiergerechte Kälberhaltung mit rechnergesteuerten Tränkeverfahren. *KTBL-Schrift* 352, Darmstadt, 36-46.
- Phillips, C. (2002): *Cattle behaviour and welfare*. 2. Aufl., Blackwell Wissenschaftsverl. Berlin, 179-216.
- Plath, U. (1999): Beurteilung verschiedener Tränketekniken und Betreuungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die oralen Aktivitäten, den Gesundheitszustand und die Mastleitung über zwei bis acht Wochen alter Mastkälber in Gruppenhaltung. Diss., Tierärztl. Hochschule Hannover 1999.
- Plath, U., Knierim, U., Schmidt, T., Buchenauer, D. und Hartung, J. (1998): Gruppenhaltung über zwei bis acht Wochen alter Mastkälber. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 105, 100-104.
- Porzig, E. (1982): Verhaltensinventare und Tier-Umwelt-Wechselbeziehungen. In: Scheibe, K.M. (1982): *Nutztierverhalten, Rind – Schwein – Schaf*. 1. Aufl., Fischer Verlag Jena, 123-160.
- Porzig, E. und Sambraus, H.H. (1991): *Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*. 1. Aufl., Dtsch. Landwirtschaftsverlag Berlin, 13-135.
- Porzig, E., Tembrock, G., Engelmann, C., Signoret, J.P. und Czakó, J. (1969): *Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*. Dtsch. Landwirtschaftsverlag Berlin, 123-220.
- Prince, T.J., Jungst, S.B., Kuhlert, D.L. (1983): Compensatory responses to short-term feed restriction during the growing period in swine. *J. Anim. Sci.* 56, 846-852.
- Pschyrembel, W. (2007): *Klinisches Wörterbuch*. 261. Aufl., de Gruyter Verlag, Berlin, New York, 685.
- Rademacher, G. (2003): *Kälberkrankheiten: Ursachen und Früherkennung; neue Wege für Vorbereitung und Behandlung*. 2. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart, 23-41.

- Radostits, O.M., Leslie, K.E., Fetrow, J., (1994): Herd Health. Food Anim. Prod. Med. 1, second ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia, PA.
- Raschke, K. (2007): Erstellung eines Schemas zur Beurteilung der Körperkondition von Kälbern der Rassen „Deutsches Fleckvieh“ und „Holstein Friesian“. Diss., München 2007.
- Raussi, S. (2005): Group management of young dairy cattle in relation to animal behaviour and welfare. MTT Agrifood Res. Finland, Reports 71.
- Reinbrecht, L. (1969): Untersuchungen zum Verhalten von Milchkühen im Anbindestall und im Laufstall. Kühn Arch. 83, 400-401.
- Reinhardt, V. (1980): Untersuchungen zum Sozialverhalten des Rindes. Birkhäuser Verlag, Stuttgart, 7-74.
- Reinhardt, V., Mutiso, F.M. und Reinhardt, A. (1978): Social behaviour and social relationships between female and male prepubertal bovine calves (*Bos indicus*). Appl. Anim. Ethol. 4, 43-54.
- Reiter, K.D. und Fröhner, A. (2009): Untersuchungen zum Verhalten und zur Vitalität bei Kälbern. Abschlußbericht A/06/03, LfL intern.
- Reißig-Berner, F. (1979): Ruheverhalten und einige Aktivitäten von Mastkälbern in neuzeitlichen Haltungssystemen. Diss., Hohenheim 1979.
- Rérat, M. und Van Caenegem, L. (2006): Ammoniak im Kälbermaststall. UFA-Revue, 11, 62-63.
- Richter, T. (1998): Neue Entwicklungen zur tiergerechten Rinderhaltung. Niedersächsisches Tierschutzsymposium zur Nutztierhaltung, 5.-6. Febr. 1998, Oldenburg, In: NMELF (Hrsg.). Tgbd., 19-23.
- Richter, G. (2008): Zum Wasserbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. REKASAN®-Journal, 15. Jahrgang, Heft 29/30, 86-88.
- Richter, T. und Dobler, B. (1999): Automatische Messung der Zungentemperatur bei Kälbern zur Gesundheitsüberwachung und Krankheitsfrüherkennung. 4. Internationale Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtsch. Nutztierhaltung“, Weihenstephan, 243-248.
- Richter, T. und Egle, B. (1994): Gruppenhaltung von Kälbern in Außenhütten, 26. Internationale Arbeitstagung Angewandte Ethologie, Freiburg (Brsg.), 16.– 19.11.1994, In: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1994, KTBL-Schrift 370, 140-150.
- Richter, T. und Karrer, M. (2006): Rinderhaltung. In: Richter, T. (Hrsg.): Krankheitsursache Haltung. Beurteilung von Nutztierställen – Ein tierärztlicher Leitfaden, Stuttgart: Enke-Verlag, 64-111.
- Riese, G., Klee, G. und Sambras, H.H. (1977): Das Verhalten von Kälbern in verschiedenen Haltungsformen. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 84, 10, 388-394.
- Rist, M., Schragel, I. und Hörning, B. (1999): Artgemäße Rinderhaltung. 4. Aufl., Verlag Stiftung Ökologie und Landbau, München, 150-164.
- Roffeis, M., Freier, E., Münch, K. und Runnwerth, G. (2006): Untersuchungen zu Produktionsvoraussetzungen und Leistungen in Brandenburger Mutterkuhbeständen. In: Produktions- und Reproduktionsleistungen in Brandenburger Mutterkuhbeständen, Schriftenreihe des LVLf, Abt. Landw. und Gartenbau, Reihe Landw., Bd. 7, VI, 19-25.

- Rosenberger, G., Gründer, H.-D., Grunert, E., Krause, D. und Stöber, M. (1990): Die klinische Untersuchung des Rindes. 3. Aufl., Parey Verlag Berlin, Hamburg, 131-135.
- Roth, B.A., Barth, K. und Hillmann, E. (2009): Vergleich der muttergebundenen und der künstlichen Aufzucht in Bezug auf Gesundheit, Gewichtsentwicklung und chronischen Stress bei Milchviehkälbern. In: Bd. 2 des Tagungsbandes der 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 11.-13. Februar 2009, Verlag Köster, Berlin, 38-41.
- Rothfusz, L.P. (1990): The heat index equation. NWS Southern Region Technical Attachment, SR/SSD 90-23, Fort Worth, Texas.
- Rubinstein, L.J., Yeh, M. und Bona, C.A. (1982): Idiotype-anti-idiotypen network II. Activation of Silent Clones by Treatment at Birth with Idiotype is Associated with the Expansion of Idiotypen-specific Helper T Cells. *J. Exp. Med.* 156, 506-521.
- Ruckebusch, Y. (1975): The hypnogram as an index of adaptation of farm animals to changes in their environment. *Appl. Anim. Ethol.* 2, 3-18.
- Ruckebusch, Y. (1990): Thermoregulation. In: Monet, P. and J. Espinase (Hrsg.): *Das Kalb: Anatomie, Physiologie, Aufzucht, Ernährung, Produktion, Pathologie*. Schober-Verlags-GmbH, Lizenzausgabe, 96-101.
- Ruckebusch, Y., Dougherty, R. W. und Cook, H. M. (1974): Jaw movements and rumen motility as criteria for measurement of deep sleep in cattle. *Am. J. Vet. Res.* 35, 10, 1309-1312.
- Sambras, H.H. (1978): *Nutztierethologie – Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere / Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis*. 1. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 98-122.
- Sambras, H.H. (1980): Humane considerations in calf rearing. *Anim. Regulation Studies* 3, 19-22.
- Sambras, H.H. (1984): Gegenseitiges Besaugen bei Kälbern künstlicher Aufzucht. *Berliner Münch. Tierärztl. Wschr.* 97, 119-123.
- Sambras, H.H. (1985): Zur Beurteilung von Haltungssystemen für Kälber. *Tierärztl. Umsch.* 40, 758-767.
- Sambras, H.H. (1991): Sind Verhaltensstörungen Indikatoren für eine nicht tiergerechte Haltung? *Tierzucht Berlin* 45, 6, 260-264.
- Sambras, H.H. (1999): Gefährdete Nutztierassen – Ihre Zuchtgeschichte, Nutzung und Bewahrung. 2. Aufl., Eugen Ulmer Verlag Stuttgart, 5-23.
- Sambras, H.H. und Steinel, H. (1978): Das Sozialverhalten gruppenhaltener Kälber. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 91, 337-341.
- Sanftleben, P. (2007): Maßnahmen zur Vermeidung von Lungenerkrankungen beim Kalb. 24. Fachtagung für Landwirte und Tierärzte zu tiergesundheitlichen Problemen, Güstrow, 7.11.2007.
- Sanftleben, P., Bilska, A. und Weiher, O. (2001): Vergleich der Aufzucht von Kälbern unter konventionellen Außenbedingungen. *Sonderausg. Neue Landw.* 4, 2001.
- Sato, S., Taramizu, K. und Hatae, K. (1993): The influence of social factors on allogrooming in cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 38, 235-244.
- Savary, P. (2003): Verhalten von Kälbern am Tränkeautomaten – Veränderungen im zeitlichen Verlauf unterschiedlicher Erkrankungen. Master Thesis, Stuttgart-Hohenheim.

- Scharrer, E. und Wolfram, S. (2000): Verdauung und Resorption der Proteine. In: Engelhardt, W. und Breves, G. (Hrsg.): Physiologie der Haustiere. Enke Verl., Stuttgart, 382-386.
- Scheibe, K.M. (1997): Tierschutz und Tierverhalten - eine Analyse aus Sicht der Ethologie. Arch. Tierz., Dummerstorf 40, 4, 381-398.
- Scheibe, K.M., Berger, A., Eichhorn, K. und Streich, W.J. (2002): Zeit und Rhythmen – Umweltfaktor und biologische Struktur. Akt. Arb. artgem. Tierhaltung 2001, KTBL-Schrift 407, 64-75.
- Scheibe, K.M., Berger, A., Langbein, J., Streich, W.J. und Eichhorn, K. (1999): Comparative analysis of ultradian and circadian behavioural rhythms for diagnosis of biorhythmic state of animals. Biol. Rhythm. Res. 30, 2, 216-233.
- Scheibe, K.M. und Sinz, R. (1974): Korrelations- und spektralanalytische Untersuchungen über die Aktivitätsrhythmen zur Optimierung der Intensivhaltungsbedingungen in der Lämmermast. Fischer-Verlag Jena, Sonderdruck aus Mh. für Vet. Med. 11, 410-415.
- Scheurmann, E. (1971): Untersuchungen über die Ruhelagen des Kalbes. Diss., Gießen 1971.
- Scheurmann, E. (1974): Ursachen und Verhütung des gegenseitigen Besaugens bei Kälbern. Tierärztl. Praxis 2, 389-394.
- Schlecht, K. (2001): Untersuchungen zum Immunglobulin G-Status und zur humoralen Immunantwort neugeborener Kälber nach der Verfütterung von Eipulver zu unterschiedlichen Zeiten post natum. Diss., Tierärztl. Fak. München 2001.
- Schleyer, T. (1998): Untersuchungen zum Einfluss des Kälberaufzuchtverfahrens auf die Ontogenese des Sozialverhaltens heranwachsender Rinder. Diss., Berlin 1998.
- Schlichting, M.C. und Smidt, D. (1987): Merkmale des Ruheverhaltens als Indikator zur Beurteilung von Haltungssystemen bei Rind und Schwein. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1986, KTBL-Schrift 319, 56-68.
- Schlichting, M.C., Smidt, D. und Müller, C. (1990): Aspekte zur tiergerechten Aufstallung von Mastkälbern in Gruppen. Tierärztl. Umschau 45, 785-791.
- Schmidt, F.W., Kim, J.W., Derenbach, J. und Langholz, H.J. (1982): Kolostralimmunität und Aufzuchtleistung von Kälbern in der Mutterkuhhaltung. Tierärztl. Umschau 37, 485-488.
- Schmoltdt, P. (1980): Kälberaufzucht. Stand – Probleme – Lösungswege. In: Kurzweg, W. und Winkler, K. (Hrsg.): Angewandte Tierhygiene. Bd. 7, 1. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Jena, 114.
- Schrag, L. (1980): Gesunde Kälber – Gesunde Rinder. 3. Aufl., Schober Verlag, Hengstenberg, 86.
- Schrama, J.W., Roefs, J.P.A., Gorssen, J., Heetkamp, M.J.W. und Verstegen, M.W.A. (1995): Alteration of heat-production in young calves in relation to posture. J. Anim. Sci. 73, 2254-2262.
- Schulte-Märter, F. (2000): Kälberkrankheiten im Verlauf von 16 Jahren (Erhebungen an einer Hochschulklinik von 1980 bis 1995). Diss., Tierärztl. Hochschule Hannover 2000.

- Schwartz, H.J. (1974): Untersuchungen an Mastschweinen zum Problem der quantitativen Verhaltenserfassung bei landwirtschaftlichen Nutztieren. Diss., Berlin 1974.
- Schäfer, S., Wesenauer, G. und Arbeiter, K. (1998): Der Immunglobulintransfer beim vitalen, neugeborenen Kalb. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 105, 153-157.
- Selman, I.E., McEwan, A.D. und Fisher, E.W. (1970): Serum immune globulin concentrations of calves left with their dams for the first two days life. J. Comp. Pathol. 80, 419.
- Selman, I.E., McEwan, A.D. und Fisher, E.W. (1971): Studies on dairy calves allowed to suckle their dams at fixed times postpartum. Res. Vet. Sci. 12, 1.
- Senn, M., Gross-Lüem, S., Leuenberger, H. und Langhans, W. (2000): Meal patterns and meal-induced metabolic changes in calves fed milk ad lib. Physiol. Behav. 70, 189-195.
- Shearer, J., Mohammed, H.O., Brennemann, J.S. und Tran, T.Q. (1992): Factors associated with concentration of immunglobulins in colostrum at the first milking post-calving. Prev. Vet. Med. 14, 143-154.
- Staley, T.E. und Bush, L.J. (1985): Receptor Mechanismen of the Neonatal Intestine and Their Relationship to Immunoglobulin Absorption and Disease. J. Dairy Sci. 68, 184-205.
- Steinel, H. (1977): Das Sozialverhalten von Kälbern. Diss., Tierärztl. Fak. München 1977.
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.H. (2000): Physiologische Variablen und Wachstumsleistung bei Saugkälbern. Tierärztl. Umsch. 55, 380-389.
- Steinhardt, M. und Thielscher, H.H. (2002): Effekte der Entwicklungsqualität auf die Herzfrequenz, die Aktivitäts- und Ruhezeiten und deren Rhythmizität sowie auf die Wachstumsleistung der Milchrindkälber während der Aufzucht in Gruppenhaltung mit Tränkeautomatenfütterung. Arch. Tierz., Dummerstorf 45, 6, 523-534.
- Steinhöfel, I. (2007): Schätzen oder Wiegen?, dlz, Sonderdruck, primus, 21-23.
- Steinhöfel, I. und Steinhöfel, O. (2008): Ein Halbes für ein Ganzes. dlz 10, 86-90.
- Stephan, F.K. (2002): The "other" circadian system: Food as a zeitgeber. J. Biol. Rhythms, 17, 4, 284-292.
- Stephens, D.B. (1974): Studies on the effect of social environment on the behaviour and growth rates of artificially-reared British Friesian male calves. Anim. Prod. 18, 23-34.
- Stephens, D.B. und Toner, J.N. (1975): Husbandry influences on some physiological parameters of emotional response in calves. Appl. Anim. Ethol. 1, 233-243.
- Stephens, D.B. (1980): Stress and its measurement in domestic animals: A review of behavioural and physiological studies under field and laboratory situations. Adv. Vet. Sci. Comp. Med. 24, 179-277.
- Stott, G.H. (1980): Immunglobulin absorption in calf neonates with special considerations of stress. J. Dairy Sci. 63, 681-688.
- Stott, G.H., Marx, D.B., Menefee, B.E. und Nightengale, G.T. (1979a): Colostral immunoglobulin transfer in calves IV, Effect of suckling. J. Dairy Sci. 62, 1908-1913.
- Stott, G.H., Marx, D.B., Menefee, B.E. und Nightengale, G.T. (1979b): Colostral immunoglobulin transfer in calves III, Amount of Absorption. J. Dairy Sci. 62, 1902-1907.

- Stott, G.H., Wiersma, F., Menefee, B.E. und Radwanski, F.R. (1976): Influence of environment on passive immunity in calves. *J. Dairy Sci.* 59, 1306-1311.
- Stötzel, P. (2009): Erstellung der Grundrisse, LfL Grub, ILT.
- Stricklin, W.R. und Kautz-Scanavy, C.C. (1983): The role of behaviour in cattle production: a review of research. *Appl. Anim. Ethol.* 11, 359-390.
- Svensson, C., Lundborg, K., Emanuelson, U. und Olsson, S.O. (2003): Morbidity in Swedish dairy calves from birth to 90 days of age and individual calf-level risk factors for infectious diseases. *Prev. Vet. Med.* 58, 179-197.
- Swanson, E.W. und Harris, J.O. (1958): Development of rumination in the young calf. *J. Dairy Sci.* 41, 1768-1776.
- Süss, M. (1994): Aufstallungsformen für die Kälberaufzucht. KTBL-Arbeitsblatt 1096.
- Süss, M. und Andreae, U. (1984): Rind. In: Bogner, H. und Grauvogl, A.: Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 149-238.
- Tembrock, G. (1980): Grundriss der Verhaltenswissenschaften. 3. Aufl., Fischer Verlag Jena, 98.
- Tembrock, G. (1992): Verhaltensbiologie. 2. Aufl., Fischer Verlag Jena, 11-291.
- TierSchNutzV - Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2009): Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltenen Tiere bei ihrer Haltung, Abschn. 2: Anforderungen an das Halten von Kälbern, §5-§9, neugefasst durch Bek. v. 1.10.2009 BGBl. I, 3223; zuvor geändert durch Bek. v. 22.8.2006 BGBl. I, 2043.
- Tilger, M. (2005): Biologische Rhythmen bei Nutztieren. Eine Literaturstudie. Diss., Tierärztl. Fak. München 2005.
- Thornton, R.F., Hood, R.L., Jones, P.N. und Re, V.M. (1979): Compensatory growth in sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 30, 135-151.
- Tober, O. (2008): Spektralanalyse der lokomotorischen Aktivität von Milchkühen bei sensorbasierter automatischer Erfassung mittels ALT-Pedometer. 15. Freiland-Tagung, Wien, 25.-26.09.2008.
- Trachsel, B. (1988): Das Sozialverhalten von Kälbern und Jungvieh unter verschiedenen Haltungsbedingungen. Schlussbericht des Bundesamtes für Veterinärwesen, Bern.
- Tschanz, B. (1985): Beziehungen zwischen Gesetz, Praxis und Forschung. In: von Loeper, E., Martin, G., Müller, J., Nabholz, A., van Putten, G., Sambraus, H.H., Teutsch, G.M., Troxler, J. und Tschanz, B. (1985): Intensivhaltung von Nutztieren aus ethischer, ethologischer und rechtlicher Sicht. *Tierhaltung* 15, 2. Aufl., Birkhäuser Verl., Basel, Boston, Stuttgart.
- Turek, F.W. (1994): Circadian rhythms. *Recent. Prog. Horm. Res.* 49, 43-90.
- Tyler, J.W., Steevens, B.J., Hostletler, D.E., Holle, J.M. und Denbigh, J.L. (1999): Colostral immunoglobulin concentration in Holstein and Guernsey cows. *AJVR.* 60, 1136-1139.
- Van Caenegem, L. (2006): Kälber brauchen Außenluftqualität. ART-Berichte, 667, Ettenhausen, 1-16.

- Veissier, I., Boissy, A., de Passillé, A.M., Rushen, J., van Reenen, C.G., Roussel, S., Andanson, S. und Pradel, P. (2001): Calves' responses to repeated social regrouping and relocation. *J. Anim. Sci.* 79, 2580-2593.
- Veissier, I., Chazal, P., Pradel, P. und Le Neindre, P. (1997): Providing social contacts and objects for nibbling moderates reactivity and oral behaviour in veal calves. *J. Anim. Sci.* 75, 356-365.
- Veissier, I., Lamy, D. und Le Neindre, P. (1990): Social behaviour in domestic beef cattle when yearling calves are left with the cows for the next calving. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 27, 193-200.
- Veissier, I., Le Neindre, P. und Trillat, G. (1989a): The use of circadian behaviour to measure adaptation of calves to changes in their environment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 22, 1-12.
- Veissier, I., Le Neindre, P. und Trillat, G. (1989b): Adaptability of calves during weaning. *Biol. Behav.* 14, 66-87.
- Veissier, I., de Passillé, A.M., Desprès, G., Rushen, J., Charpentier, I., Ramirez de la Fe, A.R. und Pradel, P. (2002): Does nutritive and non-nutritive sucking reduce other oral behaviors and stimulate rest in calves? *J. Anim. Sci.* 80, 2574-2587.
- Virtala, A.M.K., Mechor, G.D., Gröhn, Y.T. und Erb, H.N. (1996): The effect of calfhooch diseases on growth of female dairy calves during the first 3 months of life in New York State. *J. Dairy Sci.* 79, 1040-1049.
- Virtala, A.M.K., Gröhn, Y.T., Mechor, G.D. und Erb, H.N. (1999): The effect of maternally derived immunoglobulin G on the risk of respiratory disease in heifers during the first 3 months of life. *Prev. Vet. Med.* 39, 25-37.
- Vornholt, T. (2007): Untersuchungen zum Sozialverhalten bei Kälbern in Gruppenhaltung. Diplomarbeit, LfL ILT Grub 2007.
- Walker, D.M. (1950): Observations on behaviour in young calves. *Bull. Anim. Behav.* 8, 5-10.
- Walser, K. (1972): Probleme der Geburt und Aufzucht der Kälber. *Der Tierzüchter*, Hannover 24, 8, 203-204.
- Warner, R. (1998): Spectral analysis of time series data. New York, Guilford, 78-98.
- Webster, A.J., Saville, C., Church, B.M., Gnanasakthy, A. und Moss, R. (1985): The effect of different rearing systems on the development of calf behaviour. *Br. Vet. J.* 141, 249-264.
- Weinreich, O. (1968): Das Verhalten des Rindes. *Züchtungskunde* 40, 108-115.
- Werner, A. (2003): Experimentelle Untersuchungen zur Eignung der γ -Glutamyltransferase-Aktivität im Blut von Kälbern zur Überprüfung der Kolostrumversorgung. Diss., Tierärztl. Hochschule Hannover 2003.
- Whitman, C.O. (1898): Animal behaviour. *Biol. Lect. Mar. Biol. Lab. Wood's Hole*, 338. In: Porzig, E., Tembrock, G., Engelmann, C., Signoret, J.P. und Czako, J. (1969): Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Dtsch. Landwirtschaftsverlag Berlin, 121.
- Willecke, J. (2006): Einfluss von Umgänglichkeitsmaßnahmen auf das Verhalten von Saugkälbern unter besonderer Berücksichtigung von Alter, Rasse und Geschlecht der Tiere sowie Häufigkeit der Maßnahmen. Diss., Justus-Liebig-Universität Gießen 2006.

- Willeke, H. und Dürsch, T. (2002): Bestimmung des Körpergewichtes mit Hilfe des Brustumfanges beim Fleckviehjungrind. Arch. Tierz., Dummerstorf 45, 1, 23-28.
- Wilson, W.O. (1971): Evaluation of stressor agents in domestic animals. J. Anim. Sci. 32, 578-583.
- Wittke, G. und Pfeffer, E. (1984): Physiologie der Haustiere. 2. Aufl., Paul Parey Verlag Berlin und Hamburg, 155-158.
- Wöhr, A.C., Schneider, M., Karrer, M., Pirkelmann, H. und Unshelm, J. (2000): A comparative study about different housing systems and their influence on health, growth, behaviour and welfare of suckling calves. 10. Intern. Congr. Anim. Hyg., Maastricht, Netherlands, 2.-6.07.2000, In: Proc. 2, 772-778.
- Zarembo, W. und Grunert, E. (1981): Der Einfluss verschiedener Tränkeverfahren auf die Gesundheit neugeborener Kälber. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 88, 130-133.
- Zarembo, W., Grunert, E., Heuwieser, W. und Schiffner-Mehrens, H. (1985): Untersuchungen über die Immunglobulinabsorption bei Kälbern nach Verabreichung von Kolostrum per Schlundsonde im Vergleich zur freiwilligen Aufnahme. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 92, 18-20.
- Zarembo, W. und Heuwieser, W. (1984): Postnatale Phase. In: Grunert, E. (Hrsg.): Buiatrik. 4. Aufl., Bd. I Euterkrankheiten, Geburtshilfe und Gynäkologie, Andrologie und Besamung. Verl. M.&H. Schaper Hannover, 188-190.
- Zeeb, K und Mack, M. (1970): Überlegungen und Beobachtungen zum Gruppenverhalten von Kälbern. Mitteilungen für Tierhaltung, 10, 9.
- Zerbe, F. (1998): Einsatz von Tränkeautomaten in der Gruppenhaltung von Aufzuchtälbern unter besonderer Berücksichtigung des Saug- und Futteraufnahmeverhaltens. Diss., Tierärztl. Hochschule Hannover 1998.

10 Anhang

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Einheiten

AFS	automatisches Fiebermesssystem	mm	Millimeter
		MW	Mittelwert
AKF	Autokorrelationsfunktion	n	Anzahl Stichproben
AMS	Automatisches Melksystem	n.s.	nicht signifikant
°C	Grad Celsius	p	Irrtumswahrscheinlichkeit
cm	Zentimeter	r	Korrelationskoeffizient
d	Tag	RR	Haltungsverfahren mit Rein-Raus-Belegung
EKA	Erstkalbealter	SAS	<i>statistic analysis software</i>
ELISA	<i>Enzym-linked immunosorbent assay</i>	SD	Standardabweichung
FPT	<i>Failure of passive transfer</i>	SEM	Standardfehler des Mittelwertes
g	Gramm	TA	Tränkeautomat
glm	<i>generalized linear model</i>	TGD	Tiergesundheitsdienst Bayern
h	Stunde	THI	Temperatur Humidity Index
hA	harmonischer Anteil	TP	Gesamtprotein im Serum
HV	Haltungsverfahren	VK	Variationskoeffizient
IgG	Immunglobulin G	VVVO-Nr.	Viehverkehrsverordnungsnummer (Identifikation des Tieres)
K	Kelvin	wbl.	weiblich
kg	Kilogramm	ZKZ	Zwischenkalbezeit
KM	Körpermasse		
KV	Haltungsverfahren mit kontinuierlicher Belegung		
KVS	Kalbeverlaufschlüssel		
l	Liter		
LKG	leistungsbezogener Koppungsgrad		
LT	Lebenstag		
m ²	Quadratmeter		
mA	Milliampere		
ME	metabolisierbare Energie		
min	Minute		
MJ	Mega-Joule		
ml.	männlich		

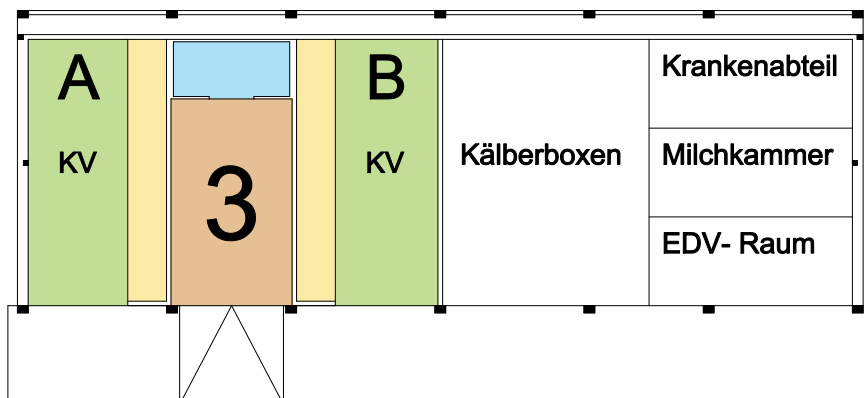
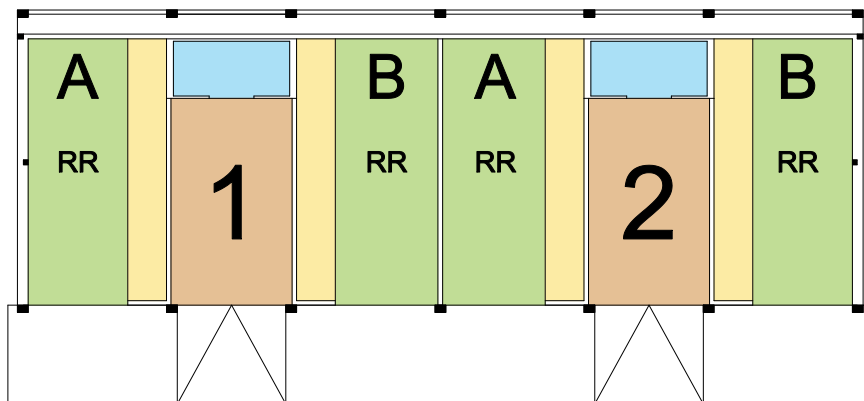
Gliederung des Anhangs: Teil 1: Tiere und Methodik (Anhang 1 bis Anhang 14)

Teil 2: Ergebnisteil (Anhang 15 bis Anhang 33)

Anhang 1: Erläuterungen zu den Kälbern in den Untersuchungen

Tier	Erläuterung	Anzahl
männlich	zur Mast bestimmtes Kalb, Verkauf mit ca. 75 kg Lebendmasse	217
weiblich	für die Nachzucht bestimmtes Rind zur Aufzucht in Grub bis 4. LM	225
ELP	männliche Kälber zur Eigenleistungsprüfung, Aufzucht ca. 4 Monate	8
Totgeburt	totgeborenes oder innerhalb 24 Std. verendetes Kalb (ohne VVVO-Nr.)	33

Anhang 2: Grundriss der Außenklimaställe, Bezeichnung der Doppelbuchten 1, 2 und 3 mit mittig angeordnetem Futtertisch, beidseitig davon Tiefstreubuchten mit der Bezeichnung A und B, die im Rein-Raus-Verfahren (RR) und im Haltungsverfahren mit kontinuierlicher Belegung (KV) von Kälbern genutzt wurden; Anordnung der Funktionsräume und lokale Darstellung der untergestellten Boxen für Kälber in Einzelhaltung in den ersten Lebenstagen; schematische Darstellung (Grafik Zahner)



Anhang 3: Haltungsverfahren (RR vs. KV) der Kälber in der Versuchsstation Grub

	Rein-Raus-Verfahren RR	kontinuierliche Belegung KV
Ein- und Ausstallung	Einstellung aller Tiere innerhalb drei Wochen (Bildung einer festen Gruppe)	kontinuierliche Ein- und Ausstallung der Tiere entsprechend der Abkalbefolge
	Ausstallung der gesamten Gruppe mit einem Alters von ca. 16 Wochen; Ausstallung männlicher Tiere bei Erreichen einer Körpermasse von etwa 75 kg Lebendmasse	
Zuteilung der Tiere	zufällig	
Aufenthaltsdauer	4-6 Wochen (männliche Tiere), 3-4 Monate (weibliche Tiere)	
Belegungsdichte	max. 15 Tiere	
Altersdifferenz	bis zu 3 Wochen	bis zu 9 Wochen
Strohverbrauch	2,11 kg/Tier und Tag	1,26 kg/Tier und Tag
Reinigung und Desinfektion	nach jedem Durchgang, danach 1 Woche leerstehend	nach Bedarf, 1-2x/Jahr
Tiere im Versuchsverlauf	$n = 253$	$n = 177$

Anhang 4: Prophylaxemaßnahmen in Gruppenhaltung

Präparat	Anwendungsgrund	Alter der Tiere	Wiederholung	Anzahl Behandlungen	Impfstoff	Verabreichung
Bovigrip® RSP plus	Grippe-schutz	14 LT	nach 4 Wochen	2	Totimpfstoff	5 ml subcutan
Riemser® Trichophytie Vakzine	Flechten-schutz	14 LT	nach 14 Tagen	2	Lebendimpfstoff	2,5 ml intramuskulär

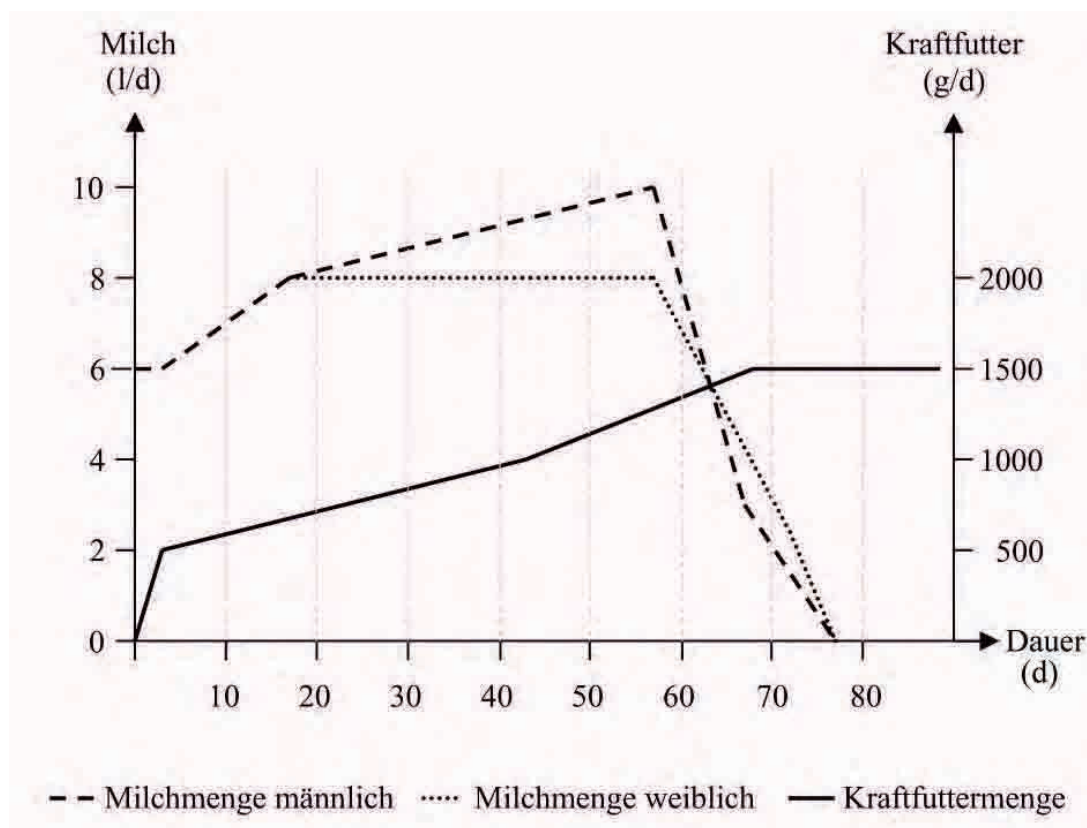
Anhang 5: Temperatur (°C) und relative Luftfeuchtigkeit (% , MW \pm SD/Monat) im Außenklimastall und in der Wetterstation in 2 m Höhe

Monat, Jahr	Außenklimastall		Wetterstation	
	Temperatur (°C)	rel. Luftf. (%)	Temperatur (°C)	rel. Luftf. (%)
Mai 06			12,9 \pm 2,7	77,9 \pm 25,1
Jun 06			17,1 \pm 5,2	77,0 \pm 10,9
Jul 06			21,8 \pm 2,3	70,2 \pm 13,3
Aug 06			14,8 \pm 2,4	87,4 \pm 7,1
Sep 06			16,2 \pm 2,4	88,0 \pm 8,5
Okt 06			11,8 \pm 2,7	92,1 \pm 5,1
Nov 06			5,6 \pm 2,7	95,0 \pm 5,8
Dez 06			1,9 \pm 3,4	97,8 \pm 3,7
Jan 07			4,1 \pm 5,2	93,4 \pm 8,4
Feb 07			4,0 \pm 1,8	94,7 \pm 3,7
Mrz 07	7,1 \pm 2,5	70,8 \pm 9,0	5,4 \pm 2,4	89,1 \pm 8,4
Apr 07	13,9 \pm 3,2	55,0 \pm 8,5	11,6 \pm 3,3	73,6 \pm 11,0
Mai 07	16,1 \pm 4,1	65,4 \pm 14,7	14,5 \pm 4,1	77,9 \pm 15,8
Jun 07	19,4 \pm 2,6	71,5 \pm 7,8	17,7 \pm 2,6	85,5 \pm 8,8
Jul 07	19,5 \pm 4,2	70,7 \pm 10,5	18,0 \pm 4,2	82,2 \pm 9,8
Aug 07	18,5 \pm 2,3	76,7 \pm 10,4	16,7 \pm 2,3	90,4 \pm 8,6
Sep 07	13,8 \pm 2,7	80,0 \pm 8,6	12,0 \pm 2,5	95,6 \pm 4,1
Okt 07	9,7 \pm 4,3	82,4 \pm 7,7	7,9 \pm 4,3	98,7 \pm 2,2
Nov 07	3,2 \pm 3,0	86,1 \pm 6,6	1,7 \pm 3,1	99,6 \pm 1,1
Dez 07	1,2 \pm 4,4	84,7 \pm 8,5	-0,1 \pm 4,7	99,2 \pm 2,1
Jan 08	4,0 \pm 3,2	76,7 \pm 13,9	2,4 \pm 3,4	96,3 \pm 6,7
Feb 08	4,8 \pm 3,9	69,8 \pm 10,4	2,9 \pm 4,3	93,8 \pm 6,6
Mrz 08	5,6 \pm 3,5	66,9 \pm 8,9	4,4 \pm 3,7	90,5 \pm 9,1
Apr 08	9,5 \pm 2,9	72,0 \pm 8,7	8,0 \pm 2,9	93,0 \pm 7,5
Mai 08	15,9 \pm 3,5	65,5 \pm 12,1	14,4 \pm 3,7	86,1 \pm 12,5

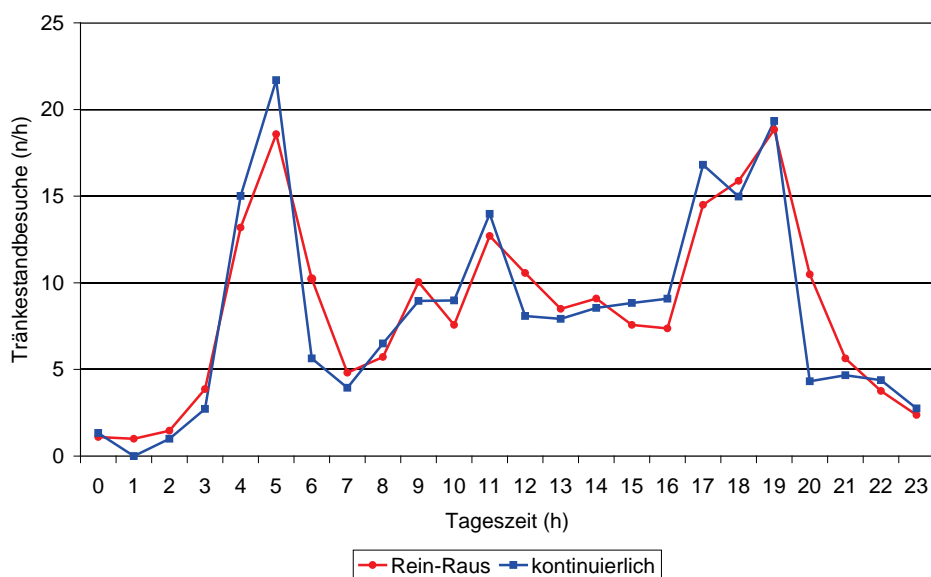
Anhang 6: Übersicht über die Tiere (*n*) in den Haltungsverfahren (RR vs. KV), nach Geschlecht und Fütterungsregime (Eimer- vs. Automatentränke)

	Eimertränke		Automatentränke	
	Rein-Raus	kontinuierlich	Rein-Raus	kontinuierlich
männlich	37	46	62	53
weiblich	68	16	80	45
gesamt	105	62	142	98

Anhang 7: Verabreichte Tränke- und Kraftfuttermenge während der Aufzucht am Tränkeautomaten nach Geschlecht ab einem Alter von 10 bis 17 Tagen



Anhang 8: Mittlere Anzahl der Tränkestandbesuche (n/h) mit Milchaufnahme im Tagesverlauf in den Haltungsverfahren Rein-Raus (n = 148) und kontinuierliche Belegung (n = 85) bei Automatentränke



Anhang 9: Kalbeverlauf und Abkalfungen (n, %) nach Parität und Geschlecht in den Haltungsverfahren RR vs. KV

	Rein-Raus				kontinuierlich				
	männlich		weiblich		männlich		weiblich		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Kalbeverlauf									
Spontangeburt	58	23,2	109	43,6	65	37,4	46	26,4	
1 Geburtshelfer	30	12,0	30	12,0	38	21,8	12	6,9	
2 Geburtshelfer	10	4,0	10	4,0	4	2,3	7	4,0	
Operation	2	0,8	2	0,8	2	1,1	0	0	
Parität									
1	41	16,3	73	29,0	49	28,7	28	16,4	
2	22	8,7	32	12,7	18	10,5	19	11,1	
3	18	7,1	19	7,5	19	11,1	8	4,7	
4	12	4,8	15	6,0	6	3,5	4	2,3	
5	4	1,6	6	2,4	9	5,3	1	0,6	
6	2	0,8	6	2,4	5	2,9	4	0,6	
7	1	0,4	2	0,8	1	0,6	0	0	

Anhang 10: Klinische Erkrankungen und deren Zusammenfassung nach Krankheitskomplexen mit Codierungsnummer für statistische Auswertungen

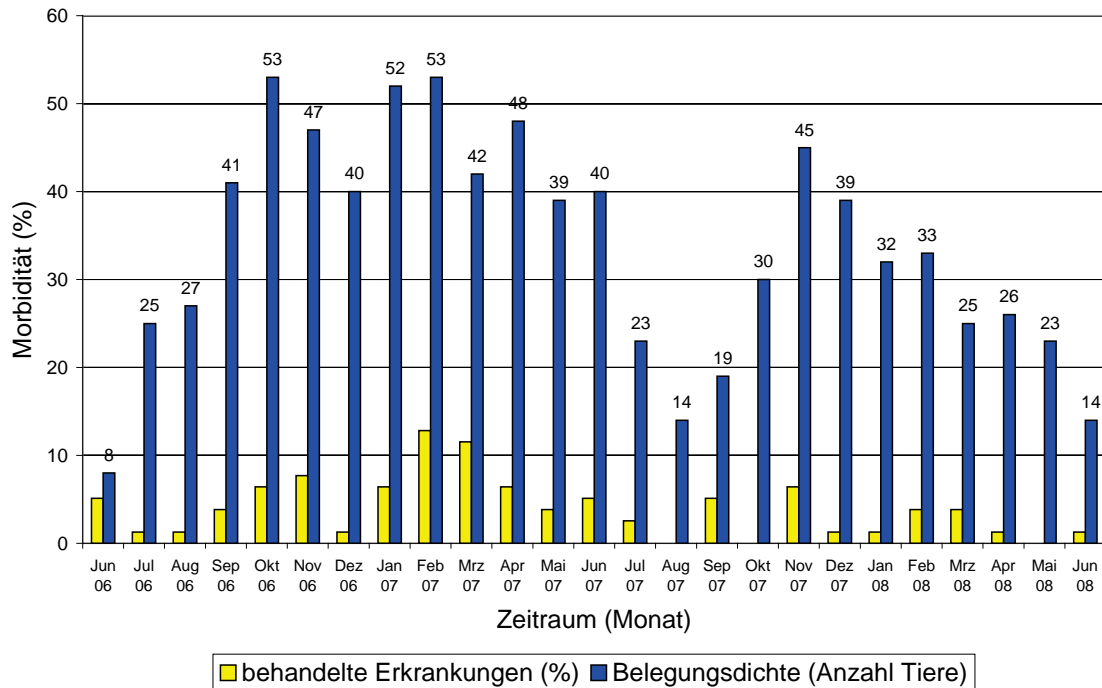
Behandelte Erkrankungen	Krankheitskomplex	Codierung
Pneumonie Pneumonie, leicht Bronchitis Grippe	Respirationstrakt	1
Pansentrucker Enteritis Kolitis Kolik Kokzidiose Exsikkose Sepsis	Gastrointestinaltrakt	2
Poly-/Arthritis, Luxation (Tier 18198249) Carpitis Panaritis Tarsitis Lumbago (Lenden-/Kreuzbein)	Bewegungsapparat	3
Omphalophlebitis Operation infolge Nabelbruch	Nabelerkrankungen	4
Sinusitis Otitis Pedikulose Acidose Abszeß Asphyxie Fruchtwasserrespiration Meningitis Anorexie (Inappetenz)	sonstige Erkrankungen	5

Anhang 11: Behandelte Erkrankungen (%) und Tiere (n/Monat) in den Abteilen 1A bis 3B in den Haltungsverfahren RR vs. KV im Zeitraum von Juni 2006 bis 2008 (n = 442 Tiere)

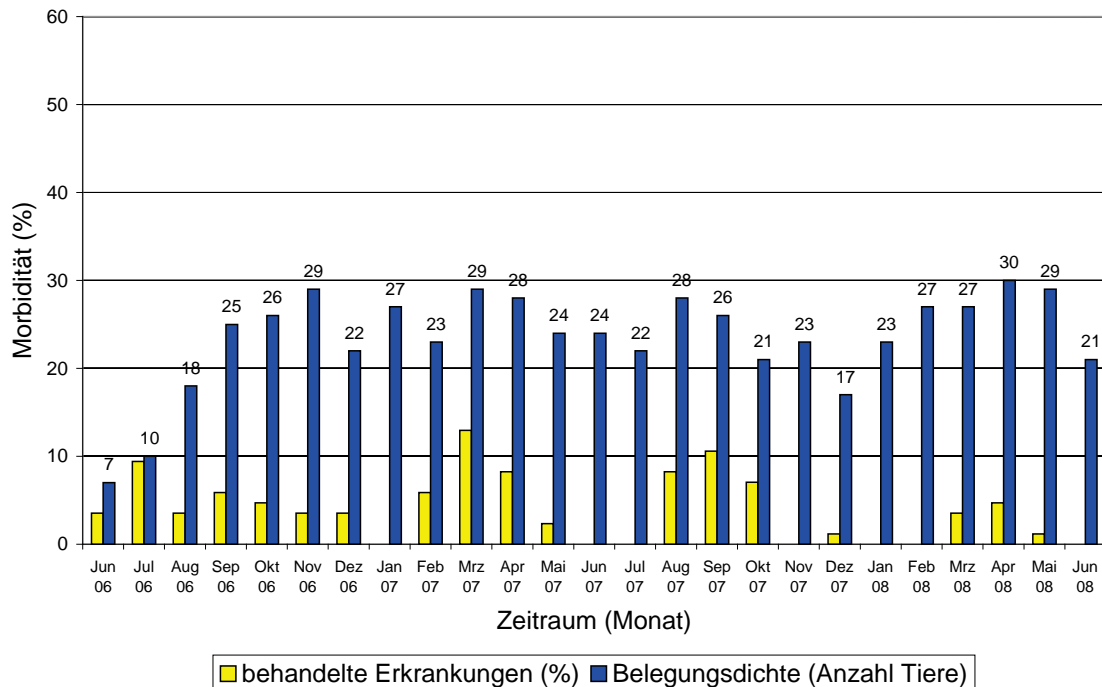
Abteil	1A (RR)		1B (RR)		2A (RR)		2B (RR)		3A (KV)		3B (KV)	
	Tiere (n)	Erkr. (%)	Tiere (n)	Erkr. (%)	Tiere (n)	Erkr. (%)	Tiere (n)	Erkr. (%)	Tiere (n)	Erkr. (%)	Tiere (n)	Erkr. (%)
Jun 06	--	--	--	--	--	--	8	26,7	--	--	7	5,3
Jul	--	--	2	5,0	7	--	16	--	--	--	10	14,0
Aug	8	--	3	--	7	--	9	6,7	4	--	14	5,3
Sep	8	--	14	10,0	10	5,3	9	--	14	--	11	8,8
Okt	8	--	11	--	19	15,8	15	13,3	9	--	17	7,0
Nov	17	20,8	12	5,0	9	--	9	--	9	7,1	20	1,8
Dez	13	4,2	9	--	9	--	9	--	13	7,1	9	1,8
Jan 07	12	--	21	25,0	9	--	10	--	21	--	6	--
Feb	12	4,2	12	15,0	12	26,3	17	6,7	16	--	7	8,8
Mrz	8	33,3	10	--	12	--	12	6,7	15	21,4	14	8,8
Apr	16	8,3	9	--	12	10,5	11	6,7	14	14,3	14	5,3
Mai	11	4,2	11	10,0	9	--	8	--	12	3,6	12	1,8
Jun	13	12,5	13	5,0	7	--	7	--	12	--	12	--
Jul	11	8,3	12	--	--	--	--	--	14	--	8	--
Aug	9	--	5	--	--	--	--	--	12	7,1	16	8,8
Sep	6	--	4	--	9	21,1	--	--	12	17,9	14	7
Okt	5	--	--	--	13	--	12	--	7	--	14	10,5
Nov	9	4,2	13	20,0	11	--	12	--	12	--	11	--
Dez	9	--	13	--	9	--	8	6,7	17	3,6	--	--
Jan 08	7	--	8	5,0	9	--	8	--	12	--	11	--
Feb	5	--	8	--	12	15,8	8	--	14	--	13	--
Mrz	5	--	--	--	13	5,3	7	13,3	12	7,1	15	1,8
Apr	--	--	--	--	11	--	15	6,7	19	7,1	11	3,5
Mai	6	--	--	--	8	--	9	--	19	3,6	10	--
Jun	6	--	--	--	--	--	8	6,7	18	--	3	--

Anhang 12: Behandelte Erkrankungen (%) und Anzahl der Tiere (Besatzdichte) in den
Haltungsverfahren RR vs. KV im Zeitraum von Juni 2006 bis Juni 2008

Rein-Raus



kontinuierliche Belegung



Anhang 13: Totgeborene und verendete Tiere (*n*) nach Kalbmerkmalen, Geschlecht und
Haltungsverfahren (RR vs. KV)

	Totgeburten			Einzelhaltung			Gruppenhaltung				
	ml	wbl	ges	ml	wbl	ges	RR ml	RR wbl	KV ml	KV wbl	ges
Anzahl	23	10	33	6	6	12	1	--	3	--	4
Körpermasse zum Geburts- zeitpunkt (kg)	46,1	45,1	45,6	35,0	42,5	38,8	40,0	--	44,0	--	42,0
Zwilling	1	4	5	2	3	5	1	--	--	--	1
Embryotransfer	2	1	3	--	1	1	--	--	1	--	1
Parität 1	15	4	19	5	5	10	--	--	2	--	2
Parität 2	4	-	4	1	1	2	--	--	--	--	--
Parität 3	1	1	2	--	--	--	1	--	1	--	2
Parität 4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Parität 5	2	4	6	--	--	--	--	--	--	--	--
Parität 6	1	1	2	--	--	--	--	--	--	--	--
Spontangeburt	3	3	6	4	4	8	--	--	2	--	2
KVS 2	9	4	13	1	2	3	1	--	1	--	2
KVS 3	8	2	10	--	--	--	--	--	--	--	--
KVS 4	3	1	4	1	--	1	--	--	--	--	--

Anhang 14: Übersicht über die Zeit des Sonnenauf und –untergangs (hh:mm, Monatsmittelwert), Burkhardt et al., 1994

Monat	Sonnenaufgang	Sonnenuntergang
Januar	7:59	16:48
Februar	7:20	17:36
März	6:27	18:19
April	5:24	19:04
Mai	4:35	19:46
Juni	4:13	20:15
Juli	4:29	20:09
August	5:08	19:27
September	5:50	18:26
Oktober	6:33	17:25
November	7:20	16:36
Dezember	7:57	16:20

Anhang 15: Statistische Kennzahlen der mittleren lokomotorischen Aktivität (steps) vom 1. bis 84. Lebensjahr nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV) und Geschlecht bei Eimertränke

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl Tiere	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD	Median	Quartil 25	Quartil 75
Eimertränke, gesamt									
1 - 14	RR	8	2676	687	4614	1161	2869	1546	3656
15 - 28	RR	49	5648	138	14017	1972	5739	4533	6766
29 - 56	RR	62	6208	282	15896	2337	5957	4655	7616
57 - 84	RR	48	6093	215	15450	2383	5769	4590	7371
1 - 14	KV	5	2538	498	6133	1457	2066	1372	3350
15 - 28	KV	30	5868	603	15290	2347	5767	4727	7054
29 - 56	KV	40	5883	112	17241	2140	5825	4621	7103
57 - 84	KV	18	6249	370	13899	2147	6429	5294	7387
männlich									
1 - 14	RR	3	3680	715	7446	3436	2880	715	7446
15 - 28	RR	47	5409	163	14307	2806	5960	3403	7187
29 - 56	RR	53	5017	282	11042	2585	5216	3206	6516
57 - 84	RR	13	5524	1043	9984	2679	4832	4503	7418
1 - 14	KV	4	3198	1480	5981	2034	2665	1694	4701
15 - 28	KV	52	5014	772	10905	2445	4955	3112	6410
29 - 56	KV	51	4593	185	9409	2367	4101	3017	6787
57 - 84	KV	14	5426	2282	7779	1708	5612	3881	6798
weiblich									
1 - 14	RR	4	2602	498	6757	1755	2066	1316	3325
15 - 28	RR	64	5962	1250	13349	2548	6210	4035	7709
29 - 56	RR	82	5588	557	11440	2524	5295	3947	7556
57 - 84	RR	80	5698	821	12422	2430	5744	4156	7313
1 - 14	KV	5	1209	220	2217	828	1484	503	1623
15 - 28	KV	35	4881	208	15290	3399	4602	2486	6903
29 - 56	KV	30	6224	332	17241	3579	5258	3701	7707
57 - 84	KV	33	5531	1418	10137	2214	5846	4286	7223

Anhang 16: Statistische Kennzahlen der mittleren lokomotorischen Aktivität (steps) vom 1. bis 84. Lebensjahr nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV) und Geschlecht bei Automatentränke

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl Tiere	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD	Median	Quartil 25	Quartil 75
Automatische Tränke, gesamt									
1 - 14	RR	41	2540	175	10917	1532	2314	1469	3347
15 - 28	RR	62	5416	258	14307	2486	5318	3665	7097
29 - 56	RR	74	5482	140	12181	2273	5622	3787	7117
57 - 84	RR	45	5478	123	16036	2477	5747	3652	7165
1 - 14	KV	38	2365	109	11738	1592	2090	1211	3204
15 - 28	KV	57	4839	155	12136	2441	4713	3008	6453
29 - 56	KV	46	4939	146	12786	2171	4991	3426	6394
57 - 84	KV	29	5588	149	12921	2212	5634	4246	7203
männlich									
1 - 14	RR	--	--	--	--	--	--	--	--
15 - 28	RR	26	5079	737	14307	3402	4349	2216	7360
29 - 56	RR	31	4613	412	10705	2663	5003	2100	5861
57 - 84	RR	4	5311	1043	9984	4116	5108	1920	8701
1 - 14	KV	--	--	--	--	--	--	--	--
15 - 28	KV	27	4201	772	8506	2103	4195	2427	5857
29 - 56	KV	19	3931	229	8572	2420	3218	2802	5987
57 - 84	KV	4	4756	3175	6680	1555	4585	3528	5984
weiblich									
1 - 14	RR	--	--	--	--	--	--	--	--
15 - 28	RR	36	5912	1481	13349	2713	5624	4035	7549
29 - 56	RR	43	5007	557	11440	2851	4536	2951	7281
57 - 84	RR	41	5151	821	10062	2495	5464	3508	6466
1 - 14	KV	5	1209	220	2217	828	1484	503	1623
15 - 28	KV	30	4503	208	11521	2938	4188	2486	6722
29 - 56	KV	25	5830	332	12786	3157	5203	3453	7451
57 - 84	KV	25	5058	1418	10137	2153	5128	3727	6297

Anhang 18: Statistische Kennzahlen der mittleren lokomotorischen Aktivität (steps) vom 1. bis 84. Lebensjahr nach Zeiträumen, Gesundheitsstatus (gesund, krank) und Haltungsverfahren (RR vs. KV) bei Automatentränke

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl Tiere	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD	Median	Quartil 25	Quartil 75
Automatische Tränke, gesamt									
1 - 14	gesund	73	2699	175	9848	1860	2309	1484	3373
15 - 28	gesund	119	4526	208	13349	2753	4195	2201	6583
29 - 56	gesund	118	5024	332	12786	2773	4621	3085	6874
57 - 84	gesund	74	5125	821	10137	2363	5308	3508	6466
1 - 14	krank	45	2422	427	10846	1826	1872	1277	3128
15 - 28	krank	14	3434	578	7734	2323	3261	1481	4602
29 - 56	krank	17	3234	229	6688	1647	3548	2100	3934
57 - 84	krank	5	2925	1422	6642	2113	2123	1945	2495
gesund									
1 - 14	RR	37	2755	175	10917	1598	2515	1626	3605
15 - 28	RR	62	5552	287	14307	2414	5431	3985	7221
29 - 56	RR	74	5496	140	12181	2282	5628	3787	7134
57 - 84	RR	45	5486	123	16036	2475	5753	3653	7165
1 - 14	KV	36	2249	109	7620	1368	2198	1089	3177
15 - 28	KV	57	4821	155	12136	2448	4706	2937	6389
29 - 56	KV	44	5050	152	12786	2149	5095	3607	6498
57 - 84	KV	29	5645	149	12921	2204	5663	4286	7234
krank									
1 - 14	RR	21	2016	288	6022	1214	1688	1109	2798
15 - 28	RR	11	3725	258	10789	2769	3171	1432	5418
29 - 56	RR	7	4912	1774	8408	1765	5133	3580	6225
57 - 84	RR	1	2292	2123	2460	238	2292	2123	2460
1 - 14	KV	24	2595	155	11738	1949	2052	1289	3242
15 - 28	KV	3	5727	3203	9205	1997	6516	3482	7090
29 - 56	KV	10	3201	146	6706	1729	3165	1816	4757
57 - 84	KV	4	4124	1422	7474	1933	4440	2060	5763

Anhang 19: Statistische Kennzahlen der mittleren Bewegungsaktivität (min/d) vom 1. bis 84. Lebensstag nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV), Geschlecht und Tränkeregime

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl Tiere	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD	Median	Quartil 25	Quartil 75
Eimertränke									
1 - 14	RR	4	258	140	503	95	236	184	316
15 - 28	RR	49	374	36	618	85	383	331	428
29 - 56	RR	61	402	10	685	88	411	355	459
57 - 84	RR	47	430	51	798	95	440	377	491
1 - 14	KV	5	269	146	381	69	282	227	322
15 - 28	KV	26	374	39	631	95	383	321	433
29 - 56	KV	39	403	10	1185	100	412	352	466
57 - 84	KV	15	439	48	1101	119	455	397	504
Automatische Tränke									
1 - 14	RR	40	209	30	480	86	205	147	267
15 - 28	RR	60	318	11	1035	119	321	241	400
29 - 56	RR	72	330	10	760	117	338	257	412
57 - 84	RR	42	362	10	1364	149	381	252	470
1 - 14	KV	36	216	11	771	120	207	121	282
15 - 28	KV	57	311	15	846	127	324	215	402
29 - 56	KV	44	323	15	1133	124	336	242	416
57 - 84	KV	28	382	10	765	129	401	311	473
Eimertränke, gesamt									
RR	ml	24	395	10	745	101	405	345	461
KV	ml	37	392	10	692	90	399	343	455
RR	wbl	43	435	42	798	105	438	375	497
KV	wbl	9	447	39	1185	141	470	393	525
Automatische Tränke, gesamt									
RR	ml	35	284	11	1035	128	289	188	377
KV	ml	29	273	11	765	130	277	165	375
RR	wbl	50	359	10	1364	148	363	254	462
KV	wbl	35	357	10	1133	144	370	251	462

Anhang 20: Statistische Kennzahlen der mittleren Ruhedauer (min/d) vom 1. bis 84. Lebenstag nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV) und Geschlecht bei Eimertränke

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl Tiere	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD	Median	Quartil 25	Quartil 75
Eimertränke, gesamt									
1 - 14	RR	4	1183	937	1300	95	1204	1125	1256
15 - 28	RR	49	1066	822	1404	85	1057	1012	1109
29 - 56	RR	61	1038	755	1430	88	1029	981	1085
57 - 84	RR	47	1010	642	1389	95	1000	949	1064
1 - 14	KV	5	1171	1059	1294	69	1158	1118	1213
15 - 28	KV	26	1066	809	1401	95	1058	1007	1119
29 - 56	KV	40	1038	255	1438	102	1028	974	1089
57 - 84	KV	15	1001	339	1392	119	985	936	1043
männlich									
1 - 14	RR	4	1190	1114	1252	57	1196	1154	1226
15 - 28	RR	21	1046	822	1218	85	1038	1022	1103
29 - 56	RR	21	1046	819	1219	89	1044	986	1094
57 - 84	RR	9	1056	978	1180	64	1048	1031	1069
1 - 14	KV	5	1198	1152	1293	58	1173	1158	1213
15 - 28	KV	21	1093	894	1322	97	1068	1034	1144
29 - 56	KV	31	1091	953	1286	79	1078	1022	1162
57 - 84	KV	7	1055	906	1251	112	1065	958	1107
weiblich									
1 - 14	RR	--	--	--	--	--	--	--	--
15 - 28	RR	28	1053	914	1329	86	1030	1003	1088
29 - 56	RR	40	1049	906	1309	85	1035	1003	1078
57 - 84	RR	38	1027	890	1268	88	1024	979	1077
1 - 14	KV	--	--	--	--	--	--	--	--
15 - 28	KV	5	1020	829	1349	197	978	925	1020
29 - 56	KV	9	991	255	1438	321	1005	973	1060
57 - 84	KV	8	1022	938	1297	121	978	946	1047

Anhang 21: Statistische Kennzahlen der mittleren Ruhedauer (min/d) vom 1. bis 84. Lebenstag nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV) und Geschlecht bei Automatentränke

Zeitabschnitt	Hal-tung	Anzahl Tiere	Mit-telwert	Mini-mum	Maxi-mum	SD	Median	Quartil 25	Quartil 75
Automatische Tränke, gesamt									
1 - 14	RR	40	1231	960	1410	86	1235	1174	1294
15 - 28	RR	60	1122	405	1437	120	1120	1040	1200
29 - 56	RR	73	1112	680	1438	119	1103	1029	1185
57 - 84	RR	42	1079	76	1438	150	1062	970	1193
1 - 14	KV	37	1227	669	1439	121	1236	1160	1320
15 - 28	KV	57	1131	594	1439	128	1116	1038	1227
29 - 56	KV	44	1119	307	1439	125	1104	1025	1199
57 - 84	KV	28	1060	675	1436	131	1040	967	1131
männlich									
1 - 14	RR	18	1246	960	1395	106	1245	1201	1323
15 - 28	RR	26	1152	405	1381	191	1212	1074	1266
29 - 56	RR	31	1168	902	1419	142	1170	1058	1304
57 - 84	RR	3	1254	1126	1389	132	1248	1126	1389
1 - 14	KV	17	1297	1109	1439	94	1323	1221	1356
15 - 28	KV	27	1185	945	1418	124	1166	1096	1318
29 - 56	KV	17	1152	934	1376	148	1153	1023	1242
57 - 84	KV	4	1097	978	1225	104	1093	1021	1173
weiblich									
1 - 14	RR	22	1260	1118	1410	85	1272	1184	1314
15 - 28	RR	34	1140	967	1367	117	1126	1031	1221
29 - 56	RR	42	1103	944	1438	120	1076	1019	1180
57 - 84	RR	39	1094	829	1394	146	1064	981	1190
1 - 14	KV	20	1261	976	1382	107	1290	1197	1348
15 - 28	KV	30	1132	923	1402	135	1111	1028	1240
29 - 56	KV	27	1111	897	1434	141	1090	1001	1207
57 - 84	KV	24	1105	930	1368	123	1104	997	1191

Anhang 22: Statistische Kennzahlen der mittleren Ruhephasendauer (min.) vom 1. bis 84. Lebensjahr nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV) und Geschlecht bei Eimertränke

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl Tiere	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD	Median	Quartil 25	Quartil 75
Eimertränke, gesamt									
1 - 14	RR	4	67,3	7	457	54,7	58	23	98
15 - 28	RR	49	67,8	6	570	62,6	53	23	92
29 - 56	RR	61	69,6	6	599	67,6	50	23	93
57 - 84	RR	47	72,1	2	563	69,8	53	23	97
1 - 14	KV	5	57,8	7	283	39,9	51	29	78
15 - 28	KV	26	67,0	6	592	60,5	53	25	89
29 - 56	KV	39	66,1	6	596	62,0	49	23	86
57 - 84	KV	15	63,8	4	550	62,8	46	20	84
männlich									
1 - 14	RR	4	67,3	7	457	54,7	58	23	98
15 - 28	RR	21	64,2	6	553	59,2	49	22	87
29 - 56	RR	21	67,0	6	599	65,7	49	23	88
57 - 84	RR	9	74,6	2	551	73,9	54	23	98
1 - 14	KV	5	57,8	7	283	39,9	51	29	78
15 - 28	KV	21	66,5	6	592	59,2	52	25	89
29 - 56	KV	31	66,2	6	596	62,1	50	23	87
57 - 84	KV	7	63,1	4	529	59,8	47	20	84
weiblich									
1 - 14	RR	--	--	--	--	--	--	--	--
15 - 28	RR	28	71,8	6	570	66,1	55	24,5	97,5
29 - 56	RR	40	70,8	6	598	68,3	51	22	96
57 - 84	RR	38	71,5	6	563	68,8	52	23	96
1 - 14	KV	--	--	--	--	--	--	--	--
15 - 28	KV	5	69,4	7	470	66,5	53	23	93
29 - 56	KV	8	65,4	6	493	61,5	48	24	83
57 - 84	KV	8	64,3	6	550	65,0	46	20	84

Anhang 23: Statistische Kennzahlen der mittleren Ruhephasendauer (min.) vom 1. bis 84. Lebenstag nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV) und Geschlecht bei Automatentränke

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl Tiere	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD	Median	Quartil 25	Quartil 75
Automatische Tränke, gesamt									
1 - 14	RR	40	71,8	6	593	66,0	57	28	93,0
15 - 28	RR	60	63,0	6	600	63,3	47	19	83,0
29 - 56	RR	72	67,1	5	599	72,2	47	19	87,0
57 - 84	RR	42	68,1	6	594	81,4	43	16	83,0
1 - 14	KV	36	74,6	4	594	70,6	56	28	96,0
15 - 28	KV	57	69,8	5	594	69,2	53	21	93,0
29 - 56	KV	44	68,8	5	600	73,1	49	19	88,0
57 - 84	KV	28	66,2	6	595	75,1	43	17	83,0
männlich									
1 - 14	RR	18	74,8	6	588	69,1	58	28	97,0
15 - 28	RR	26	65,2	6	600	65,2	49	21	86,0
29 - 56	RR	31	66,6	5	599	70,9	47	20	84,0
57 - 84	RR	3	67,2	7	549	77,2	44	17	83,5
1 - 14	KV	16	74,8	6	588	69,1	58	28	97,0
15 - 28	KV	27	65,2	6	600	65,2	49	21	86,0
29 - 56	KV	17	66,6	5	599	70,9	47	20	84,0
57 - 84	KV	4	67,2	7	549	77,2	44	17	83,5
weiblich									
1 - 14	RR	22	69,5	6	593	63,4	55	28	90,0
15 - 28	RR	34	61,4	6	590	61,8	45	19	81,0
29 - 56	RR	41	67,4	5	599	72,8	47	18	87,0
57 - 84	RR	39	68,2	6	594	81,6	43	16	83,0
1 - 14	KV	20	73,6	4	594	69,6	56	27	94,0
15 - 28	KV	30	70,3	5	594	70,5	53	19	95,0
29 - 56	KV	27	70,7	5	600	76,4	49	19	89,0
57 - 84	KV	24	66,4	6	595	75,1	44	18	83,0

Anhang 24: Statistische Kennzahlen der mittleren Phasenhäufigkeit vom 1. bis 84. Lebenstag nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV) und Geschlecht bei Eimertränke

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl Tiere	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD	Median	Quartil 25	Quartil 75
Eimertränke, gesamt									
1 - 14	RR	4	16,6	8	27	5	17	12,5	19,5
15 - 28	RR	49	14,5	2	25	3,9	14	12	17
29 - 56	RR	61	13,6	1	27	3,9	13	11	16
57 - 84	RR	47	12,7	2	24	3,6	13	10	15
1 - 14	KV	5	19,0	12	29	5,4	18	14	24
15 - 28	KV	26	14,4	3	28	4,0	14	12	16,5
29 - 56	KV	39	14,4	2	26	3,9	14	12	17
57 - 84	KV	15	14,3	1	31	4,3	14	12	17
männlich									
1 - 14	RR	4	16,6	8	27	5,0	17	12,5	19,5
15 - 28	RR	21	15,3	2	23	3,8	15	13	18
29 - 56	RR	21	14,4	2	25	4,0	14	12	17
57 - 84	RR	9	12,4	6	20	3,3	12	10	15
1 - 14	KV	5	19,0	12	29	5,4	18	14	24
15 - 28	KV	21	14,8	5	28	3,7	14	13	17
29 - 56	KV	31	14,7	4	26	3,9	15	12	17
57 - 84	KV	7	14,8	1	26	4,4	14	12	18
weiblich									
1 - 14	RR	--	--	--	--	--	--	--	--
15 - 28	RR	28	13,6	5	25	3,8	13	11	16
29 - 56	RR	40	13,2	1	27	3,8	13	11	16
57 - 84	RR	38	12,8	2	24	3,6	13	10	15
1 - 14	KV	--	--	--	--	--	--	--	--
15 - 28	KV	5	12,8	3	22	4,6	13	9	16
29 - 56	KV	8	13,7	2	22	3,8	14	12	16
57 - 84	KV	8	13,9	4	31	4,2	14	11	16

Anhang 25: Statistische Kennzahlen der mittleren Phasenhäufigkeit vom 1. bis 84. Lebenstag nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV) und Geschlecht bei Automatentränke

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl Tiere	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD	Median	Quartil 25	Quartil 75
Automatische Tränke, gesamt									
1 - 14	RR	40	15,3	0	28	4,9	15	12	18
15 - 28	RR	60	16,2	0	30	4,2	16	13	19
29 - 56	RR	72	14,8	0	28	4,1	15	12	17
57 - 84	RR	42	13,5	0	25	4,2	13	11	16
1 - 14	KV	36	14,4	0	32	5,7	14	11	18
15 - 28	KV	57	14,1	0	25	4,3	14	12	17
29 - 56	KV	44	14,2	0	28	4,1	14	12	17
57 - 84	KV	28	14,0	1	26	4,0	14	11	17
männlich									
1 - 14	RR	18	15,1	6	25	4,1	15	12	18
15 - 28	RR	26	15,8	2	30	4,5	16	13	18
29 - 56	RR	31	15,0	2	28	4,3	15	12	18
57 - 84	RR	3	13,8	2	21	5,3	14,5	11	18
1 - 14	KV	16	14,3	0	32	6,1	14	10,5	18,5
15 - 28	KV	27	14,2	0	25	4,4	15	12	17
29 - 56	KV	17	15,4	0	28	4,4	15	13	18
57 - 84	KV	4	13,8	6	25	4,6	13,5	11	17
weiblich									
1 - 14	RR	22	15,4	0	28	5,4	16	12	19
15 - 28	RR	34	16,5	0	29	4,0	17	14	19
29 - 56	RR	41	14,7	0	27	4,0	15	12	17
57 - 84	RR	39	13,5	0	25	4,1	13	11	16
1 - 14	KV	20	14,4	3	27	5,5	14	11	18
15 - 28	KV	30	14,1	1	25	4,3	14	12	17
29 - 56	KV	27	13,6	0	24	3,8	14	12	16
57 - 84	KV	24	14,0	1	26	4,0	14	11	17

Anhang 26: Leistungskopplungsgrad (%) nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV) und Geschlecht bei Eimer- und Automatentränke

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD
Eimer- und Automatentränke, gesamt						
1 - 14	RR	42	93,7	6,6	100,0	16,0
15 - 28	RR	51	93,3	5,5	100,0	17,3
29 - 56	RR	44	93,6	34,8	100,0	16,3
57 - 84	RR	--	--	--	--	--
1 - 14	KV	80	73,5	0,0	100,0	34,8
15 - 28	KV	79	79,1	0,0	100,0	34,6
29 - 56	KV	168	92,0	6,6	100,0	22,7
57 - 84	KV	--	--	--	--	--
Eimer- und Automatentränke, männlich						
1 - 14	RR	6	96,7	80,3	100,0	8,1
15 - 28	RR	6	79,9	5,5	100,0	37,9
29 - 56	RR	6	93,0	72,3	100,0	11,7
57 - 84	RR	--	--	--	--	--
1 - 14	KV	7	100,0	100,0	100,0	0,0
15 - 28	KV	10	63,8	0,0	100,0	47,3
29 - 56	KV	15	100,0	100,0	100,0	0,0
57 - 84	KV	2	100,0	100,0	100,0	0,0
Eimer- und Automatentränke, weiblich						
1 - 14	RR	2	5	85,6	28,0	100,0
15 - 28	RR	2	5	86,7	58,1	100,0
29 - 56	RR	5	100,0	100,0	100,0	0,0
57 - 84	RR	5	90,9	54,6	100,0	20,3
1 - 14	KV	5	72,1	40,9	100,0	26,6
15 - 28	KV	3	66,7	0,0	100,0	57,7
29 - 56	KV	3	87,4	62,2	100,0	21,8
57 - 84	KV	1	100,0	100,0	100,0	0,0

Anhang 27: Leistungskopplungsgrad (%) nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV) und Geschlecht bei Eimertränke

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD
Eimertränke, gesamt						
1 - 14	RR	24	96,1	78,7	100,0	7,9
15 - 28	RR	41	92,4	47,9	100,0	13,3
29 - 56	RR	75	95,3	6,2	100,0	16,4
57 - 84	RR	63	93,7	8,7	100,0	14,9
1 - 14	KV	4	100,0	100,0	100,0	0,0
15 - 28	KV	17	100,0	100,0	100,0	0,0
29 - 56	KV	126	100,0	100,0	100,0	0,0
57 - 84	KV	7	100,0	100,0	100,0	0,0
männlich						
1 - 14	RR	24	96,1	78,7	100,0	7,9
15 - 28	RR	23	90,9	47,9	100,0	14,8
29 - 56	RR	14	100,0	100,0	100,0	0,0
57 - 84	RR	--	--	--	--	--
1 - 14	KV	4	100,0	100,0	100,0	0,0
15 - 28	KV	17	100,0	100,0	100,0	0,0
29 - 56	KV	113	100,0	100,0	100,0	0,0
57 - 84	KV	2	100,0	100,0	100,0	0,0
weiblich						
1 - 14	RR	--	--	--	--	--
15 - 28	RR	18	94,4	64,0	100,0	11,3
29 - 56	RR	61	94,2	6,2	100,0	18,0
57 - 84	RR	63	93,7	8,7	100,0	14,9
1 - 14	KV	--	--	--	--	--
15 - 28	KV	--	--	--	--	--
29 - 56	KV	13	100,0	100,0	100,0	0,0
57 - 84	KV	5	100,0	100,0	100,0	0,0

Anhang 28: Leistungskopplungsgrad (%) nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV) und Geschlecht bei Automatentränke

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD
Automatische Tränke, gesamt						
1 - 14	RR	53	70,7	0,0	100,0	38,2
15 - 28	RR	57	86,5	4,3	100,0	25,7
29 - 56	RR	58	89,9	34,8	100,0	19,0
57 - 84	RR	13	95,0	54,6	100,0	13,3
1 - 14	KV	88	67,0	0,0	100,0	36,5
15 - 28	KV	90	75,8	0,0	100,0	36,0
29 - 56	KV	86	82,0	6,4	100,0	31,0
57 - 84	KV	1	100,0	100,0	100,0	0,0
männlich						
1 - 14	RR	20	91,4	6,6	100,0	21,6
15 - 28	RR	28	95,2	5,5	100,0	19,1
29 - 56	RR	30	90,6	34,8	100,0	19,1
57 - 84	RR	--	--	--	--	--
1 - 14	KV	65	68,0	0,0	100,0	36,2
15 - 28	KV	59	72,3	0,0	100,0	37,6
29 - 56	KV	59	77,2	6,6	100,0	33,7
57 - 84	KV	1	100,0	100,0	100,0	0,0
weiblich						
1 - 14	RR	33	58,1	0,0	100,0	40,8
15 - 28	RR	29	78,1	4,3	100,0	28,6
29 - 56	RR	28	89,2	38,7	100,0	19,2
57 - 84	RR	13	95,0	54,6	100,0	13,3
1 - 14	KV	23	64,3	1,6	100,0	38,0
15 - 28	KV	31	82,3	0,0	100,0	32,2
29 - 56	KV	27	92,5	6,4	100,0	20,9
57 - 84	KV	--	--	--	--	--

Anhang 29: Leistungskopplungsgrad (%) gesunder Kälber* nach Zeiträumen und Hal-
tungsverfahren (RR vs. KV)

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD
gesamt						
1 - 14	RR	53	88,6	0,0	100,0	25,5
15 - 28	RR	64	93,6	4,3	100,0	19,1
29 - 56	RR	67	94,8	6,2	100,0	17,3
57 - 84	RR	33	89,3	8,7	100,0	19,0
1 - 14	KV	13	96,4	71,2	100,0	9,0
15 - 28	KV	9	100,0	100,0	100,0	0,0
29 - 56	KV	101	100,0	100,0	100,0	0,0
57 - 84	KV	7	100,0	100,0	100,0	0,0
Eimertränke						
1 - 14	RR	21	98,1	78,7	100,0	6,0
15 - 28	RR	31	96,8	64,0	100,0	9,0
29 - 56	RR	61	94,2	6,2	100,0	18,0
57 - 84	RR	33	89,3	8,7	100,0	19,0
1 - 14	KV	--	--	--	--	--
15 - 28	KV	7	100,0	100,0	100,0	0,0
29 - 56	KV	105	100,0	100,0	100,0	0,0
57 - 84	KV	7	100,0	100,0	100,0	0,0
Automatentränke						
1 - 14	RR	34	83,4	0,0	100,0	30,4
15 - 28	RR	37	91,7	4,3	100,0	23,7
29 - 56	RR	6	100,0	100,0	100,0	0,0
57 - 84	RR	--	--	--	--	--
1 - 14	KV	13	96,4	71,2	100,0	9,0
15 - 28	KV	3	100,0	100,0	100,0	0,0
29 - 56	KV	--	--	--	--	--
57 - 84	KV	--	--	--	--	--

*gesund: frei von veterinärmedizinischen Behandlungen, Vitalitätscode = 1 im gesamten Beobachtungszeit-
raum

Anhang 30: Leistungskopplungsgrad (%) erkrankter Kälber* nach Zeiträumen und Hal-
tungsverfahren (RR vs. KV)

Zeitabschnitt	Haltung	Anzahl	Mittelwert	Minimum	Maximum	SD
gesamt						
1 - 14	RR	20	57,7	0,0	100,0	37,8
15 - 28	RR	25	73,2	30,7	100,0	23,5
29 - 56	RR	66	91,1	34,8	100,0	18,1
57 - 84	RR	43	97,5	54,6	100,0	8,6
1 - 14	KV	77	62,9	0,0	100,0	37,1
15 - 28	KV	97	77,5	0,0	100,0	35,2
29 - 56	KV	107	85,5	6,4	100,0	28,6
57 - 84	KV	1	100,0	100,0	100,0	0,0
Eimertränke						
1 - 14	RR	3	82,3	78,7	87,8	4,9
15 - 28	RR	10	79,1	47,9	100,0	16,0
29 - 56	RR	14	100,0	100,0	100,0	0,0
57 - 84	RR	30	98,6	75,6	100,0	5,5
1 - 14	KV	4	100,0	100,0	100,0	0,0
15 - 28	KV	10	100,0	100,0	100,0	0,0
29 - 56	KV	21	100,0	100,0	100,0	0,0
57 - 84	KV	--	--	--	--	--
Automatentränke						
1 - 14	RR	19	47,8	0,0	100,0	40,9
15 - 28	RR	20	77,0	30,7	100,0	27,0
29 - 56	RR	52	88,8	34,8	100,0	19,7
57 - 84	RR	13	95,0	54,6	100,0	13,3
1 - 14	KV	75	62,0	0,0	100,0	37,1
15 - 28	KV	87	74,9	0,0	100,0	36,3
29 - 56	KV	86	82,0	6,4	100,0	31,0
57 - 84	KV	1	100,0	100,0	100,0	0,0

*krank: veterinärmedizinische Behandlungen und Vitalitätscode 2 und 3 über einen Zeitraum von 2 Tagen vor und nach Behandlungen bzw. Vergabe des Vitalitätscode

Anhang 31: Statistische Kennzahlen der mittleren Kolostrum- und Serum-IgG-Konzentration (g/l) und der mittleren Gesamtprotein-Konzentration (g/l) in den Haltungsverfahren (RR vs. KV) nach Geschlecht und Tränkeregime

Hal- tung	Geschl.	Anzahl Beob.	Mit- telwert	Mini- mum	Maxi- mum	SD	Median	Perzen- til 25	Perzen- til 75
Eimertränke, Kolostrum-IgG-Konzentration									
RR	ml	23	29,1	1,4	56,0	14,3	30,0	18,0	40,0
KV	ml	35	41,5	1,0	88,0	19,9	42,0	31,0	57,0
RR	wbl	45	37,9	5,0	97,0	17,1	37,0	26,0	47,0
KV	wbl	16	42,2	14,6	120,0	28,6	34,0	20,5	56,5
Eimertränke, Serum-IgG-Konzentration									
RR	ml	7	10,6	3,7	14,5	4,3	12,7	6,0	14,3
KV	ml	20	10,3	1,8	30,0	7,0	10,7	4,5	14,9
RR	wbl	10	8,3	1,3	24,0	7,2	5,5	3,2	11,6
KV	wbl	12	11,5	3,8	21,0	5,6	9,8	7,0	16,6
Automatische Tränke, Kolostrum-IgG-Konzentration									
RR	ml	56	37,3	5,5	97,0	19,5	35,5	24,5	47,5
KV	ml	43	45,2	6,5	118,0	23,8	44,0	29,0	57,0
RR	wbl	74	42,1	2,6	131,0	27,5	37,0	20,0	61,0
KV	wbl	34	37,5	8,5	118,0	21,1	33,0	27,0	44,0
Automatische Tränke, Serum-IgG-Konzentration									
RR	ml	38	10,7	0,6	32,0	7,4	10,3	5,0	14,0
KV	ml	34	13,2	0,6	25,0	6,9	14,5	8,0	18,0
RR	wbl	50	11,0	0,8	32,0	7,5	10,5	4,4	14,0
KV	wbl	25	17,2	1,0	46,0	13,0	14,0	6,8	25,0
Automatische Tränke, Gesamtprotein-Konzentration									
RR	ml	19	53,7	42,0	66,0	7,6	54,0	48,0	60,0
KV	ml	21	56,3	44,0	74,0	8,3	58,0	49,0	61,0
RR	wbl	31	56,5	39,0	77,0	8,7	58,0	48,0	61,0
KV	wbl	16	61,3	50,0	85,0	10,0	58,5	53,5	66,5

Anhang 32: Statistische Kennzahlen der mittleren Körpermasse (kg) und Zunahme (g/d) vom 15. bis 84. Lebenstag nach Zeiträumen, Haltungsverfahren (RR vs. KV), Geschlecht und Tränkeregime

Zeit- ab- schnitt	Haltung				männlich			weiblich		
	HV	Tiere (n)	MW	SEM	Tiere (n)	MW	SEM	Tiere (n)	MW	SEM
Eimertränke, Körpermasse (kg)										
15-28	RR	68	56,1	0,88	31	57,0	1,29	37	55,3	1,18
29-56	RR	102	77,5	1,14	25	79,2	1,97	77	75,9	1,13
57-84	RR	80	103,9	2,30	14	103,5	4,19	66	104,4	1,93
15-28	KV	73	56,6	0,88	47	59,6	1,05	26	53,6	1,41
29-56	KV	76	75,2	1,18	49	75,7	1,41	27	74,6	1,90
57-84	KV	42	103,5	2,75	11	101,7	4,73	31	105,4	2,82
Automatische Tränke, Körpermasse (kg)										
15-28	RR	114	56,3	0,72	52	57,4	1,06	62	55,1	0,97
29-56	RR	172	77,2	0,85	82	77,65	1,23	90	76,8	1,17
57-84	RR	94	101,5	2,93	8	93,0	5,61	86	110,0	1,71
15-28	KV	65	55,6	0,95	34	58,5	1,31	31	52,7	1,37
29-56	KV	89	74,3	1,19	51	76,2	1,16	38	72,4	1,80
57-84	KV	52	97,7	3,57	13	92,4	4,40	39	103,0	2,54
Eimertränke, Körpermassezunahme (g/d)										
15-28	RR	68	678	40	31	702	59	37	654	54
29-56	RR	102	885	31	25	954	54	77	817	31
57-84	RR	80	1084	48	14	1117	88	66	1051	41
15-28	KV	73	592	42	47	644	49	26	540	69
29-56	KV	76	883	33	49	846	39	27	920	53
57-84	KV	42	1029	58	11	942	99	31	1115	60
Automatische Tränke, Körpermassezunahme (g/d)										
15-28	RR	114	594	31	52	586	45	62	602	41
29-56	RR	172	993	17	82	950	24	90	917	23
57-84	RR	94	1020	56	8	876	106	86	1165	32
15-28	KV	65	498	40	34	512	56	31	483	58
29-56	KV	89	895	24	51	947	31	38	843	36
57-84	KV	52	1023	48	13	934	83	39	1112	48

Anhang 33: Ergebnisse der Varianzanalyse (F -, p -Wert) der Effekte von Haltung und Geschlecht und deren Wechselwirkung auf die Entwicklung der Körpermasse und Zunahme nach Zeiträumen (d), Haltung (RR vs. KV), Geschlecht und Tränkeregime

Zeit- ab- schnitt	Tiere (n)	Haltung		Geschlecht		Wechselwirkung	
		F	p	F	p	F	p
Eimertränke, Körpermasse							
15-28	141	0,14	0,7114	9,59	0,0024	2,89	0,0914
29-56	178	2,03	0,1555	1,78	0,1833	0,45	0,5014
57-84	122	0,01	0,9178	0,41	0,5212	0,15	0,6950
Automatische Tränke, Körpermasse							
15-28	179	0,33	0,5635	11,65	0,0008	2,24	0,1362
29-56	261	3,93	0,0484	2,61	0,1072	1,03	0,3108
57-84	146	0,95	0,3326	12,63	0,0005	0,66	0,4172
Eimertränke, Körpermassezunahme							
15-28	131	2,20	0,1400	1,71	0,1928	0,23	0,6324
29-56	175	0,00	0,9562	0,49	0,4848	5,45	0,0207
57-84	120	0,54	0,4659	0,50	0,4803	2,50	0,1162
Automatische Tränke, Körpermassezunahme							
15-28	176	3,62	0,0586	0,02	0,9000	0,20	0,6578
29-56	259	1,75	0,1874	5,66	0,0181	1,51	0,2199
57-84	146	0,00	0,9683	10,08	0,0018	0,57	0,4504

Signifikanz: *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$

Danksagung

An dieser Stelle danke ich allen, die mich bei der Anfertigung der Dissertation fachlich und privat unterstützten und damit zum Gelingen der Arbeit beitrugen.

Die vorliegende Arbeit entstand als Forschungsprojekt des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Für dessen Finanzierung und somit der Bereitstellung der Arbeitsmöglichkeiten, aber auch für die gebotenen Möglichkeiten zur Teilnahme an internationalen Tagungen bedanke ich mich hiermit. Herrn W. Peschke danke ich für die Ermöglichung der Vorbereitung des Promotionsvorhabens und Herrn Prof. Dr. Reiter für die Überlassung des interessanten Themas, sowie für die Betreuung der Arbeit. Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. Meyer für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes und die vermittelten Kontakte. Ich danke Herrn Prof. Dr. Kaske für die wertvollen Anregungen bei der Bearbeitung der Verhaltensdaten, für das Mut machen und für die außerordentliche Hilfe bei den Vorbereitungen zur Erstellung einer Publikation. Herrn Dr. Scheibe danke für die umfangreichen Bemühungen und die Beantwortung fachlicher Fragen. Frau Dr. Berger danke ich für die analytischen Auswertungen zur Berechnung des leistungsbezogenen Kopplungsgrades. Herrn Prof. Dr. Bernhardt gebührt mein Dank für die kurzfristige Bereitschaft der Funktion als Erstprüfer und für kritische Stellungnahmen. Hilfreich war die praktische Mithilfe bei der frühzeitigen Korrektur der Arbeit durch Frau Dr. Schmalzer in Berlin, aber auch Korrektur durch Herrn A. Daniel. Mein Dank gilt ebenso herzlich Herrn PD Dr. Snell in Brüssel für eine abschließende, äußerst kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Die engagierte Mitarbeit der Beteiligten in der Versuchsstation Grub ermöglichte eine dichte Dokumentation der Ereignisse in einem praxisnahen Stallbetrieb. Ich danke ich für die personelle Unterstützung bei der Probenahme und Körpermasserfassung während der Durchführung der Untersuchungen. Für die gute Zusammenarbeit und Bereitstellung der Pedometer gilt mein Dank der Firma R. Holz, sowie für die Anfertigung der Manschetten zur Nutzung bei Kälbern der Firma Letzgus & Lang. Des Weiteren danke ich den Mitarbeitern des Labors für die Ermöglichung der Probenaufbereitung und für die weiterführenden Analysen dem TGD Bayern. Allen ungenannten Kollegen und beteiligten Mitarbeitern in Grub, die am Zustandekommen dieser Arbeit beteiligt waren, danke ich. Für die außerordentliche Unterstützung, Hilfsbereitschaft und konstruktive Zusammenarbeit bei der statistischen Auswertung des umfangreichen Datenmaterials danke ich besonders Herrn J. Schwarz.

Freunden, die langfristig mitwirkten, danke ich für ihre uneigennützig Hilfe, für die begleitende Unterstützung Philipp, für die Kinderbetreuung Petra. Mein besonderer Dank und gleichzeitige Hochachtung für die Opfer, die viel zu oft erforderlich waren, um die vorliegende Arbeit zu erstellen, gilt denen, die mir besonders wichtig sind, meinen Kindern.

