Universität für Bodenkultur
Department für Nachhaltige Agrasysteme
Institut für Nutztierwissenschaften

Untersuchung von möglichen Einflussfaktoren auf Milchfieber

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Titels Diplom-Ingenieur

im Rahmen des Studiums Nutztierwissenschaften

eingereicht von: Johannes Hintringer, BSc, BSc (WU)

Martrikelnummer: 01340290

Betreuer:

Priv.-Doz. Dr. Birgit Fürst-Waltl
Department für Nachhaltige Agrarsysteme
Institut für Nutztierwissenschaften

Dr. Christian Fürst
ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH

Wien, November 2019

Danksagung

Am Ende eines Lebensabschnittes ist es Zeit, einmal zurückzublicken und Danke zu sagen. Danke an alle Menschen, die mir diesen Weg ermöglicht, die mich dabei unterstützt und die mich während meines Studiums begleitet haben.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern. Ihr habt mich stets bei all meinen Entscheidungen unterstützt und mir das Studium erst ermöglicht. Danke für die finanzielle Unterstützung, aber auch dafür, dass ihr mich immer wieder ermutigt habt, mir Zeit für das Studium und für die Arbeit an der Diplomarbeit zu nehmen.

Ein weiterer herzlicher Dank gilt Birgit Fürst-Waltl. Sie waren als Hauptbetreuerin der Arbeit eine große Stütze. Vielen Dank für Ihr Engagement und die wertvollen Tipps, ohne die das Zustandekommen dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Danke auch für Ihre ständige Hilfsbereitschaft und dafür, dass ich mich bei Fragen stets Willkommen gefühlt habe.

Ein maßgeblicher Dank gebührt auch Christian Fürst und Christa Egger-Danner als Vertreter der ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH. Sie haben die Rohdaten aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Außerdem haben Sie bei der Auswahl und Absteckung des Themas wertvolle Inputs geliefert. Ich konnte mich stets mit Fragen methodischer und fachlicher Natur an Sie wenden. Vielen Dank dafür!

Zu guter Letzt möchte ich diese Gelegenheit auch nutzen, allen zu danken, die mich auf meinem Weg durchs Studium begleitet haben. Es war eine Freude, so viele und nette Bekanntschaften zu schließen und die Höhen und Tiefen der Studienzeit gemeinsam zu erleben. Ich blicke mit großer Freude auf die erlebnisreiche Studienzeit in Wien und auf die entstandenen großartigen Freundschaften zurück.

Diese Arbeit entstand im Rahmen des COMET-Projektes D4Dairy (Digitalisation, Data Integration, Detection and Decision support in Dairying, Projektnummer: 872039), welches von BMVIT; BMDW und den Ländern Niederösterreich und Wien im Rahmen des COMET (Competence Centers for Excellent Technologies) unterstützt wurde. Das COMET-Programm wird durch die FFG geleitet.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

Wien, am _____ _____

Unterschrift

Gleichheitsgrundsatz

Um die Lesbarkeit des folgenden Textes zu begünstigen, wird auf geschlechterspezifische Formulierungen verzichtet. Sämtliche personenbezogenen Formulierungen in der männlichen Form gelten auch für die weibliche Form und vice versa.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 11

2 Literaturübersicht 12

2.1 Ursachen von Milchfieber 12

2.1.1 Der Kalziumstoffwechsel 12

2.2 Symptome von Milchfieber 15

2.3 Prophylaxe von Milchfieber 18

2.4 Risikofaktoren für Milchfieber 22

2.5 Fachbegriffe und Information für die statistische Analyse 24

2.5.1 Exterieurbeurteilung: Lineare Beschreibung mittels „FleckScore" ... 24

2.5.2 Kalbeverlauf 25

2.5.3 Thermoneutrale Zone bei Rindern 26

3 Material und Methoden 27

3.1 Datensätze 29

3.2 Methoden 33

4 Ergebnisse 35

4.1 Deskriptive Statistik 35

4.1.1 Einfluss der Laktationsnummer 36

4.1.2 Parameter zum Trockenstellen in der Vorlaktation 36

4.1.3 Dauerleistungsparameter Vorlaktation 39

4.1.4 Parameter rund um die Abkalbung 41

4.1.5 Exterieurmerkmale und Körperkondition 44

4.1.6 Erstkalbealter, Zwischenkalbezeit und Trockenstehzeit 50

4.1.7 Umwelteinflüsse 52

4.2 Analytische Statistik 59

5 Diskussion 75

5.1 Kalbejahr 76

5.2 Kalbemonat 76

5.3 Typ 76
5.4 Kalbeverlauf 77
5.5 Lebensstatus Kalb 78
5.6 Kalbetyp 78
5.7 Zwischenkalbezeit 78
5.8 Trockenstehzeit 79
5.9 Milchfieberhintergrund 80
5.10 Energie-korrigierte-Milchleistung 80
5.11 Milchfett- und Milcheiweißgehalt beim Trockenstellen 81
5.12 Zellzahlgehalt beim Trockenstellen 82
5.13 Schlussfolgerungen für die Praxis 83
6 Literaturverzeichnis 85

Abkürzungsverzeichnis

a.p.	ante partum (vor der Geburt)
BCS	Body Condition Score
BEOB	geburtsnahe Beobachtungen
BV	Braunvieh
Ca	Kalzium
Cl	Chlor bzw. Chlorid
DCAD	Dietary Cation Anion Difference
ECM	energie-korrigierte Milch(leistung)
FG	Freiheitsgrade
FL	Fleckvieh
GMON	Gesundheitsmonitoring
GR	Grauvieh
HF	Holstein-Friesian
K	Kalium
KI	Konfidenzintervall
KVL	Kalbeverlauf
OG	Obere Grenze (des Konfidenzintervalls)
PI	Pinzgauer
p.p.	post partum (nach der Geburt)
S	Schwefel bzw. Sulfat
UG	Untere Grenze (des Konfidenzintervalls)
ZWS	Zuchtwertschätzung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der Kalziumzyklus bei der Kuh (in Anlehnung an Rérat, 2005) *14*
Abbildung 2: An Milchfieber erkrankte Kuh mit typisch seitlich eingeschlagenem Kopf (Dolle et al., s.a.)..... *17*
Abbildung 3: Typische Blutkalziumkonzentrationen rund um die Abkalbung (PerformaNat, 2018)...... *18*
Abbildung 4: Auszug eines Tagesberichtes der Milchleistungsprüfung mit Tiernummer, Tiername, Lebensnummer, Laktationsnummer, Laktationstag, Milchmenge der vorigen Milchleistungskontrolle, Milchmenge der aktuellen Milchleistungskontrolle, Fettgehalt, Eiweißgehalt, Zellzahl, Fett-Eiweiß-Quotient, Harnstoff und Klasse in der Neun-Felder-Matrix (Egger-Danner et al., 2012) *27*
Abbildung 5: Unterschiedliche Übermittlungswege der Diagnosedaten im Rahmen des GMON Rind – direkt durch den Tierarzt oder durch den Milchkontrolleur (Egger-Danner et al., 2012)..... *28*
Abbildung 6: Relative Häufigkeit des Milchfieberauftretens in der jeweiligen Laktation *36*
Abbildung 7: Milchfieberprävalenz in der Folgelaktation in Abhängigkeit der Milchmenge (a), des Milchfettgehaltes (b) des Milcheiweißgehaltes (c) und der Zellzahl (d) bei der letzten Kontrolle vor dem Trockenstellen *38*
Abbildung 8: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit der Vorlaktationsleistung (a), des durchschnittlichen Milchfettgehaltes der Vorlaktation (b), des durchschnittlichen Milcheiweißgehaltes der Vorlaktation (c) und der durchschnittlichen ECM-Leistung in der Vorlaktation (d)..... *40*
Abbildung 9: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit des Kalbeverlaufs (a), des Kalbetyps (b), des Lebensstatus des Kalbes (c) und des Geschlechts des Kalbes (d) *43*
Abbildung 10: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit der Komplexnoten der Rahmenbewertung (a) und der Bemuskelung (b)..... *45*
Abbildung 11: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit der Kreuzhöhe (a), der Hüftbreite (b), der Rumpftiefe (c), der Mittelhandlänge (d) und der Beckenlänge (e). *48*
Abbildung 12: Milchfieberprävalenz bei der 2. Laktation in Abhängigkeit der BCS in der 1. Laktation *49*
Abbildung 13: Milchfieberprävalenz bei der 1. Abkalbung in Abhängigkeit des Erstkalbealters *51*
Abbildung 14: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit der Zwischenkalbezeit (a) und der Trockenstehzeit (b)..... *52*
Abbildung 15: Milchfieberdiagnosen in den jeweiligen Mondphasen – absolute Häufigkeiten *53*
Abbildung 16: Milchfieberdiagnosen in den jeweiligen Mondphasen – relative Häufigkeiten *54*
Abbildung 17: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit der Tagesdurchschnittstemperatur..... *56*
Abbildung 18: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit der Tageshöchst- und -tiefsttemperatur *57*

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Odds Ratios (OR) für die Risikofaktoren von Milchfieber von Milchviehherden in Costa Rica, geschätzt im vollständigen Modell und im Basismodell (Saborío-Montero et al., 2017) [1)] 23
Tabelle 2: Laktationsspezifische Komplexnoten bei identen Maßen am Beispiel Rahmen (Luntz, Krogmeier und Pfleger, 2014) 24
Tabelle 3: Prozentuelle Verteilung der Kalbeverlaufscodes und Totgeburtenrate bzw. verendet innerhalb 48 Stunden in Österreich 2018 (Fuerst et al., 2019) 25
Tabelle 4: Überblick über die Datenstruktur des verwendeten Datenmaterials 31
Tabelle 5: Übersicht des Datenzulaufes und der Milchfieberdiagnosen im Zeitablauf 32
Tabelle 6: Anzahl der Beobachtungen und der positiven Milchfieberdiagnosen in der jeweiligen Laktation 36
Tabelle 7: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten der jeweiligen Klassen für Milchmenge (a), Fettgehalt (b), Eiweißgehalt (c) und Zellzahl (d) in absoluten Zahlen 37
Tabelle 8: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten der jeweiligen Klassen für die Standardlaktationsleistung in kg Milch (a) und der durchschnittlichen Fett- (b) und Eiweißgehalte (c) und der ECM-Leistung (d) der Vorlaktation in absoluten Zahlen 39
Tabelle 9: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die jeweiligen Kalbeverlaufscodes (a), Kalbetypen (b), Lebensstatus des Kalbes (c) und Geschlecht des Kalbes (d) 42
Tabelle 10: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die jeweiligen Komplexnoten für die Exterieurmerkmale Rahmen (a) und Bemuskelung (b) 45
Tabelle 11: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die jeweiligen Klassen für Kreuzhöhe (a), Hüftbreiten (b), Rumpftiefe (c), Mittelhandlänge (d) und Beckenlänge (e) 47
Tabelle 12: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die jeweiligen BCS-Werte 49
Tabelle 13: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten in der 1. Laktation für das jeweilige Erstkalbealter 50
Tabelle 14: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die jeweilige Zwischenkalbe- (a) und Trockenstehzeit (b) 52
Tabelle 15: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die Mondphasen 54
Tabelle 16: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die verschiedenen Tagesdurchschnittstemperaturklassen 56
Tabelle 17: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die verschiedenen Tageshöchst- und -tiefsttemperaturklassen 57
Tabelle 18: Kombinationseffekt aus Kalbeverlauf, Geschlecht des Kalbes und Kalbetyp (9 Klassen) 60
Tabelle 19: Klasseneinteilung für die im Modell verwendeten Effekte (die Abkürzungen für die Effekte sind am rechten Tabellenrand der jeweiligen Zeile angeführt) 62
Tabelle 20: Effekte der jeweiligen Modelle für die ersten sechs Laktationen mit den Freiheitsgraden, F-Werten, p-Werten und den Signifikanzen nach Prozedur GLIMMIX 64
Tabelle 21: Relative Wahrscheinlichkeiten, Odds Ratios inkl. der 95 %-Konfidenzintervalle für 12 signifikante Effekte jeweils für die sechs Laktationen; unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb Laktation und Effekt bedeuten signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$, Tukey-Kramer Test) 65

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Identifizierung möglicher Einflussfaktoren auf die Stoffwechselstörung Milchfieber und die Abschätzung der Stärke des Einflusses dieser Faktoren. Dabei werden Zusammenhänge zwischen verschiedenen Exterieurmerkmalen, Leistungsdaten der Vorlaktation, Kalbeparametern, Umwelteinflüssen und anderen tierspezifischen Daten mit dem Auftreten von Milchfieber bei österreichischen Fleckvieh-Kühen in den Jahren 2006 bis 2017 untersucht. Von insgesamt 317.295 eingeschlossenen Datensätzen wiesen 15.329 (= 4,83 %) eine positive klinische Milchfieberdiagnose auf. Die Milchfieberhäufigkeit schwankte zwischen 0,3 % in der ersten Laktation und 12,9 % in der 7. Laktation. Mithilfe zweier logistischer Regressionsmodelle für die Beobachtungen der ersten bzw. zweiten bis zur sechsten Laktation wurden in sechs Schätzläufen die nachfolgend genannten Merkmale (absteigend nach der Stärke des Einflusses gereiht) zumindest in einer Laktation als signifikante Einflussfaktoren identifiziert: Eine vorangegangene Milchfiebererkrankung, ein schwerer Kalbeverlauf, eine höhere ECM-Leistung der Vorlaktation, eine höhere Zwischenkalbezeit, eine Totgeburt, ein höherer Milcheiweißgehalt beim Trockenstellen, eine längere Trockenstehzeit, ein niedrigerer Milchfettgehalt beim Trockenstellen und ein höherer Zellzahlgehalt beim Trockenstellen erhöhen die Chance einer Kuh, an Milchfieber zu erkranken. Darüber hinaus erhöhen Mehrlingsgeburten in der zweiten Laktation die Chance, an Milchfieber zu erkranken, während sich dieser Einfluss ab der vierten Laktation gegenläufig verhält (niedrigere Chance an Milchfieber zu erkranken). Ebenfalls zeigt der Kalbemonat einen signifikanten Einfluss, es können jedoch keine Tendenzen für erhöhtes Milchfieberrisiko zu bestimmten Jahreszeiten abgeleitet werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Fütterung und Tierhaltung einen wesentlichen Einfluss auf das Auftreten von Milchfieber haben. Es ist also essentiell auf diese Faktoren im Management der Milchfieberprophylaxe zu achten, um das Risiko der Gebärparese zu reduzieren.

Abstract

The aim of this study is the identification of risk factors associated with milk fever (hypocalcemia) and the estimation of the strength of their influence on the disease in Austrian Fleckvieh from 2006 to 2017 based on a comprehensive data set. Therefore, the effects of different conformation traits, performance traits of the prior lactation, calving parameters, environmental parameters and other animal-specific parameters on milk fever were analyzed.

In total, 15,329 of the 317,295 (= 4.83 %) analyzed observations showed a positive milk fever event. The frequency of milk fever was only 0.3 % for first lactating cows and increased up to 12.9 % in the seventh lactation. Applying two logistic regression models for the observations of the first and second to sixth lactations, the following characteristics (ranked in descending order of influence) were identified as significant influencing factors in at least one lactation: A prior milk fever event, a severe calving ease, a higher energy-corrected-milk-yield in the prior lactation, a longer calving interval, stillbirth, a higher milk protein content at drying off, a longer dry period, a lower milk fat content at drying off, and a higher somatic cell count at drying off increase the chance for a cow to suffer from milk fever. Furthermore, multiple birth promotes hypocalcemia in second lactations while it decreases the chance for suffering from milk fever from fourth lactation on. Calving month was identified as significant influencing factor for milk fever as well. However, tendencies for higher milk fever risk in certain seasons cannot be derived.

The results show that feeding and animal husbandry have a significant influence on the occurrence of milk fever. It is therefore essential to pay attention to these factors in the management of milk fever prophylaxis in order to reduce the risk of obstetric paresis.

1 Einleitung

Die Transitphase bei Milchkühen ist durch wichtige physiologische und hormonelle Änderungen gekennzeichnet, die auch ein erhöhtes Risiko an Stoffwechselstörungen wie beispielsweise Milchfieber (auch Gebärparese oder Festliegen genannt) mit sich bringen können (Goff und Horst, 1997). Die Gebärparese belastet nicht nur den Stoffwechsel der Kuh, sondern hat auch negative Auswirkungen auf die Profitabilität der Milchproduktion (Saborío-Montero *et al.*, 2017). Die Kosten für einen klinischen Milchfieberfall belaufen sich laut Guard (1996, zit. nach: Saborío-Montero *et al.*, 2017) auf US $ 334 (entspricht € 294; bei Wechselkurs US $ 1,13 / € 1,00). Kossaibati und Esslemont (1996, zit. nach: Saborío-Montero *et al.*, 2017) bezifferten einen Milchfieberfall in Großbritannien mit £ 220 (entspricht € 247 bei Wechselkurs £ 0,89 / € 1,00). In Österreich wurden Kosten in Höhe von € 204,50 (ohne Berücksichtigung eines potentiellen Milchrückganges oder Abgang der Kuh) ermittelt (Fuerst-Waltl *et al.*, 2016). Diese Zahlen zeigen, dass eine Verringerung der Milchfieberfälle schon aus ökonomischer Sicht erstrebenswert ist. Kombiniert mit einem durchschnittlichen Milchfieberauftreten von 5 bis 7 % (Goff, 2008) wird die praktische Relevanz dieser Stoffwechselstörung augenscheinlich. Österreichische Fleckviehkühe liegen mit einer Milchfieberprävalenz von 6,17 % ebenfalls in diesem Bereich (Tüchler, 2015). Eine Metaanalyse von 135 Studien von Lean *et al.* (2006) hat ergeben, dass die Schwankungsbreite erkrankter Kühe zwischen 0 und 83 % betragen kann. Diese große Schwankungsbreite zeigt, welch großes Potential in der Verminderung der Milchfieberproblematik steckt, wenn man die Ursachen und Risikofaktoren kennt (Saborío-Montero *et al.*, 2017).

Weiters ist zu beachten, dass es sich bei den genannten Milchfieberprävalenzen um klinische Milchfieberfälle handelt. Die relative Häufigkeit von subklinischem Milchfieber ist mit geschätzt 30 – 50 % rund fünf- bis zehnmal so hoch (Reinhardt *et al.*, 2011; Venjakob, Borchardt und Heuwieser, 2017). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten nur die klinischen Milchfieberfälle analysiert werden, da Informationen zu subklinischen Milchfieberfällen nicht routinemäßig erfasst werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung möglicher Einflussfaktoren auf das Milchfieber auf einer möglichst ganzheitlichen Ebene.

2 Literaturübersicht

Einleitend wird die Stoffwechselstörung Milchfieber hinsichtlich Ursachen, Symptomen, mögliche Prophylaxemaßnahmen sowie bereits erforschten Risikofaktoren beschrieben. Ergänzend werden weitere Fachbegriffe und Bewertungsmethoden, die für das weitere Verständnis nötig sind, erläutert.

2.1 Ursachen von Milchfieber

Krankhafte Anomalien des Mineralstoffwechsels treten im Allgemeinen bevorzugt bei heranwachsenden und hochtragenden aber in ganz besonderem Maße bei frisch laktierenden Rindern auf, weil ihr Mineralstoffwechsel besonderen Belastungen unterliegt. Die Gebärparese entsteht genau durch solche Störungen des Mineralstoffhaushaltes meist zu Laktationsbeginn. Frisch melkende Tiere stellen ihre körpereigenen Mineralstoffvorräte ihrem neugeborenen Kalb über die Milchsekretion zur Verfügung (Rosenberger *et al.*, 1994). Die damit einhergehenden Änderungen im Stoffwechsel haben gravierende Auswirkungen auf den Organismus des Muttertieres.

Die Ursache für diese Stoffwechselkrankheit liegt in den meisten Fällen in einer Störung des Kalziumstoffwechsels, der sogenannten Hypokalzämie (zu geringer Kalziumgehalt im Blut), da durch die einsetzende Milchbildung dem Organismus Kalzium (Ca) entzogen wird. Dieser Ca-Mangel kann Lähmungen der glatten und quergestreiften Muskulatur hervorrufen und bis zum Festliegen der Kuh, als ein Symptom des Milchfiebers, führen (Rosenberger *et al.*, 1994).

2.1.1 Der Kalziumstoffwechsel

Kalzium spielt eine Schlüsselrolle bei verschiedenen Stoffwechselvorgängen und übernimmt im menschlichen und tierischen Körper folgende Funktionen:

- Baustoff für Knochen und Zähne
- Bindeglied bei der Blutgerinnung
- Aktivierung und Vermittlung der Immunantwort
- Signalstoff (intrazelluläre Signalkaskaden, Freisetzung von Botenstoffen und Hormonen)
- Muskelkontraktion (z.B. Herzkontraktion, Wehentätigkeit, Zitzen-verschluss) (Schedle und Kickinger, 2016; PerformaNat, 2018)

Die Versorgung des Organismus mit Kalzium kann einerseits durch die Aufnahme über das Futter und andererseits durch eine Mobilisierung aus den körpereigenen Reserven erfolgen. Bei letzterem spielt vor allem das Skelett eine entscheidende Rolle, weil rund 99 % des Kalziums im tierischen Körper in den Knochen gespeichert sind (Schedle und Kickinger, 2016).

Entscheidend für funktionierende Stoffwechselvorgänge ist allerdings der Ca-Gehalt im Blut, welcher hormonell reguliert wird. Die wichtigsten Hormone in diesem Zusammenhang sind das Parathormon, das 1,25-Dihydroxycalciferol (kurz: 1,25-DHC = Metabolit von Vitamin D_3) und das Calcitonin (Schedle und Kickinger, 2016). Während das Parathormon und 1,25-DHC für eine Erhöhung der Ca-Konzentration im Blut verantwortlich sind, sorgt Calcitonin für eine Absenkung des Ca-Spiegels im Blut (Rérat, 2005). Das Parathormon wird bei einer niedrigen Ca-Konzentration im Serum in der Nebenschilddrüse verstärkt gebildet. Es kurbelt in der Folge die Umwandlung von Vitamin D_3 in seine aktive Form 1,25-DHC in der Niere an. Dieses aktivierte 1,25-DHC fördert die Aufnahme von Kalzium über die Darmwand hauptsächlich im Dünndarm. Zusätzlich sorgen diese beiden Hormone für eine verstärkte Mobilisierung des Kalziums aus den Knochen. Bei einer hohen Ca-Konzentration im Blutserum wird die Ausschüttung des Parathormons verringert und es steigt gleichzeitig die Bildung und Abgabe von Calcitonin aus der Nebenschilddrüse. Das Calcitonin vermindert die Aufnahme von Kalzium über den Darm (dadurch höhere Ca-Ausscheidung über den Kot) und fördert die Ca-Einlagerung in das Skelett (Weiß *et al.*, 2005).

Eine Kalziumüberversorgung über das Futter ist kaum toxisch, weil durch die homöostatische Regulation (wie oben beschrieben) der Ca-Gehalt im Serum gut reguliert und relativ konstant im Bereich zwischen 2,0 und 2,5 mmol pro Liter Blut gehalten werden kann (DeGaris und Lean, 2008). Eine Überversorgung stört höchstens die Absorption von Fett (Bildung von Ca-Seifen), von Kupfer und von Zink (Schedle und Kickinger, 2016).

Durch die einsetzende Milchbildung bei der Abkalbung wird dem Organismus zusätzliches Kalzium entzogen und es kann zu einer Verringerung des Ca-Gehaltes im Serum kommen. Sinkt die Konzentration von Kalzium im Blut auf die Hälfte ab, droht bereits Hypokalzämie und in weiterer Folge ist das Auftreten von Milchfieber möglich (DeGaris und Lean, 2008).

Der mengenmäßige Bedarf bzw. Entzug wird je nach Literatur unterschiedlich angegeben: Rérat (2005) spricht – wie in Abbildung 1 ersichtlich – von einer Ca-Abfuhr aus dem Körper von 8 g/Tag über den Kot und 4-5 g/Tag an das ungeborene Kalb. Dementgegen beschreiben DeGaris und Lean (2008) mit in Summe 30 g/Tag einen höheren Entzug von Kalzium während der Trächtigkeit: Circa 15 g werden über Kot und Harn ausgeschieden und rund 15 g werden für das fötale Wachstum benötigt. Der Entzug von Kalzium je Liter Milch beträgt rund 1,25 g (Spann, 2007) und rund 2,3 g je Liter Kolostrum (Rérat, 2005). Durch die einsetzende Milchbildung bei der Abkalbung wird dem Organismus somit bis zu 50 g an Kalzium über die Milchabgabe entzogen (DeGaris und Lean, 2008).

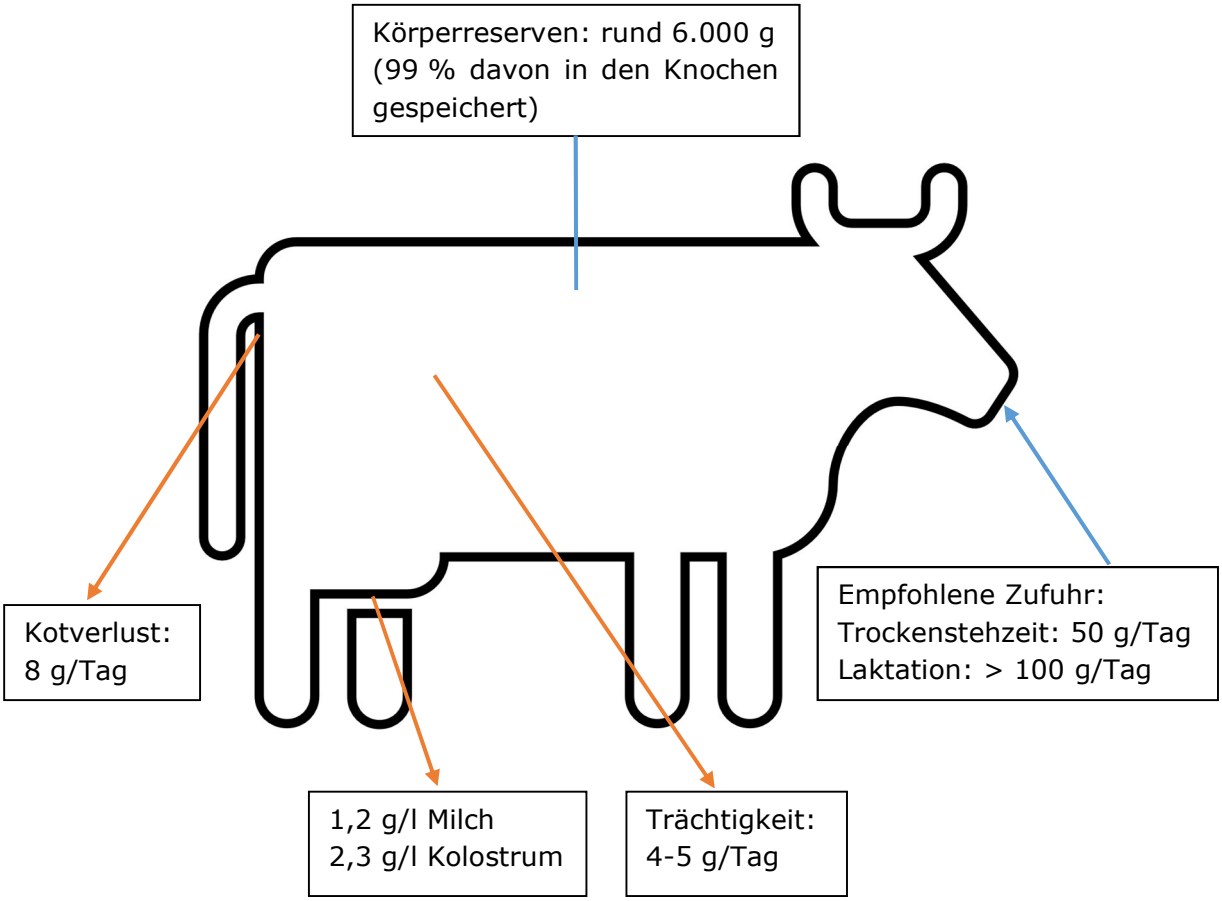


Abbildung 1: Der Kalziumzyklus bei der Kuh (in Anlehnung an Rérat, 2005)

Die Fähigkeit, das Kalzium aus der Nahrung über den Darm aufzunehmen, nimmt mit zunehmendem Alter ab. Außerdem kann es vor allem bei älteren Kühen im Zeitraum der Abkalbung zu einer Störung der Magen-Darm-Tätigkeit kommen, wodurch sich auch die Futteraufnahme und somit die Bruttoaufnahme von Kalzium verringert. Es wird im Zuge dieser Störungen auch die Pansenmotorik verringert und folglich kommt es zu einer Eindickung des Kotes. Die Störung dauert normalerweise ca. 12 bis 24 Stunden und klingt danach wieder ab. Während dieser

Zeit wird aber schon weniger Kalzium aus dem Verdauungstrakt in den Körper aufgenommen. Wenn der Organismus in dieser Phase nicht ausreichend Kalzium aus den Knochen mobilisieren und die mangelnde Aufnahme aus der Nahrung ausgleichen kann, sinkt der Ca-Gehalt im Blut ab, was wiederum zu Lähmungen des Verdauungstraktes führt. Es entsteht ein Teufelskreis und Festliegen kann die Folge sein (Rosenberger *et al.*, 1994).

Das Auftreten der Gebärparese gilt auch als Risikofaktor für Folgeerkrankungen wie z.B. Ketose, Nachgeburtsverhalten, Mastitis, Gebärmuttervorfall, Labmagenverlagerung sowie Fruchtbarkeitsstörungen (DeGaris und Lean, 2008).

Des Weiteren wird durch steigendes Alter der Kühe deren Fähigkeit verringert, Kalzium aus den Knochen zu mobilisieren. Der leicht lösliche und für das Tier verfügbare Anteil an Kalzium nimmt mit zunehmendem Alter ab. Es können aber ohnehin nur rund 25 g Kalzium pro Tag aus dem Skelett verfügbar gemacht werden, wodurch dieses in der Höchstlaktation als alleinige Kalziumquelle nicht ausreicht (Rosenberger *et al.*, 1994). Um den Bedarf zu decken und den Entzug durch die Milchbildung auszugleichen, wird Kalzium der Muskulatur und anderen Geweben entzogen. Dies führt zu Funktionsstörungen der glatten und quergestreiften Muskulatur. Lähmungen, beeinträchtigte Magen- und Darmmotorik, Verminderung der Gehirnleistung sowie eine Senkung des Blutdruckes können die Folge sein (Gruner, 1992).

Die Gebärparese tritt in der Regel sechs bis 48 Stunden nach der Geburt auf (Rosenberger *et al.*, 1994). In 90 % der Fälle tritt die Stoffwechselerkrankung bereits innerhalb von 24 Stunden post partum (p.p.) auf (Roche und Berry, 2006). Nur in seltenen Fällen kommt es bereits vor oder während der Kalbung zur Erkrankung. Tritt Milchfieber bereits während der Austreibung des Kalbes auf, kann sich dies durch eine schwache oder gar keine Wehentätigkeit bemerkbar machen. In den überwiegenden Fällen läuft aber die Geburt problemlos ab und die Nachgeburt geht unverzögert ab. Eine Erkrankung an Milchfieber tritt nur selten erst ab dem dritten Tag nach der Abkalbung auf (Rosenberger *et al.*, 1994).

2.2 Symptome von Milchfieber

Neben der Vorbeuge (vgl. Kapitel 2.3) ist die Beobachtung des Muttertieres im Zeitraum rund um die Abkalbung eine besonders wichtige Maßnahme. Die ersten Anzeichen für drohendes Milchfieber sind verminderter Appetit, längere

Liegezeiten, eine auffällige Beugung der Sprunggelenke und das Überkoten der hinteren Extremitäten. Eine Spontanheilung ist im Anfangsstadium noch möglich. In den überwiegenden Fällen kommt es aber dann innerhalb weniger Stunden zum Festliegen (Rosenberger *et al.*, 1994).

Je nach Schweregrad der Krankheit sind die Symptome der Stoffwechselstörung unterschiedlich stark ausgeprägt. Bei einer mittelgradigen Erkrankung können sich die Kühe noch in aufrechter Bauchlage halten. Das fehlende Kalzium im Stoffwechsel kann sich an einer auffälligen S-förmigen Krümmung des Halses bemerkbar machen. Der Hals wird auch häufig seitlich eingeschlagen (siehe Abbildung 2) oder nach vorne ausgestreckt. Der Kopf wird dabei aufgrund der Kraftlosigkeit auf dem Boden abgestützt. Die Kühe erscheinen teilnahmslos und reagieren kaum auf Umweltreize, wie Ansprechen, Beklopfen oder Nadelstiche. Neben der Appetitlosigkeit wird auch die Wasseraufnahme verweigert und die Pansen- und Darmmotorik setzen aus. Folglich kommt es nur zu geringem Kotabsatz und sogar der Ruktus kann ausfallen (Rosenberger *et al.*, 1994).

Schwer erkrankte Kühe wirken häufig komatös, ruhen in Seitenlage mit eingeschlagenem Kopf und strecken die Gliedmaßen vom Körper. Sie zeigen kaum Abwehrreaktionen und Lid-Reflexe. Die Atmung und die Kreislaufaktivität sind schwach und unregelmäßig. Unterbleibt bei diesem Schweregrad der Erkrankung eine Behandlung, führt dies innerhalb von zwölf bis 48 Stunden durch Versagen des Herzens oder der Atmung zum Tod (Rosenberger *et al.*, 1994).

Abbildung 2: An Milchfieber erkrankte Kuh mit typisch seitlich eingeschlagenem Kopf (Dolle *et al.*, s.a.)

Neben der klinischen Form des Milchfiebers ist auch die subklinische Form der Stoffwechselerkrankung von Bedeutung. Da Kühe mit subklinischem Milchfieber keine äußerlich sichtbaren Symptome der Stoffwechselstörung zeigen, ist wenig über das mengenmäßige Auftreten dieser Form des Milchfiebers bekannt. Es ist aber anzunehmen, dass ein großer Teil der frisch laktierenden Tiere zumindest temporär unter einem Ca-Mangel leidet (Reinhardt et al., 2011).

Das subklinische Milchfieber wird anhand des Blutkalziumgehalts diagnostiziert. Während ein Blutkalziumgehalt von 2,1 bis 2,8 mmol/Liter Blut als normal angesehen wird, wurde der Grenzwert für subklinisches Milchfieber mit < 2,0 mmol Ca/Liter Blut definiert (vgl. Abbildung 3) (Reinhardt *et al.*, 2011; PerformaNat, 2018).

Im Rahmen einer US-amerikanischen Studie von Reinhardt *et al.* (2011) wurden Blutproben von 1.462 Kühen innerhalb der ersten 48 Stunden nach der Abkalbung gesammelt und auf den Blutkalziumgehalt untersucht. Es zeigte sich, dass auch bei subklinischem Milchfieber die Prävalenz mit steigendem Alter zunahm: Es wurde eine subklinische Milchfieberhäufigkeit von 25 %, 41 %, 49 %, 51 %, 54 % und 42 % von der ersten bis zur sechsten Laktation, respektive, festgestellt und ist somit um ein Vielfaches höher als die oben genannte 5 – 7 % klinische Milchfieberprävalenz.

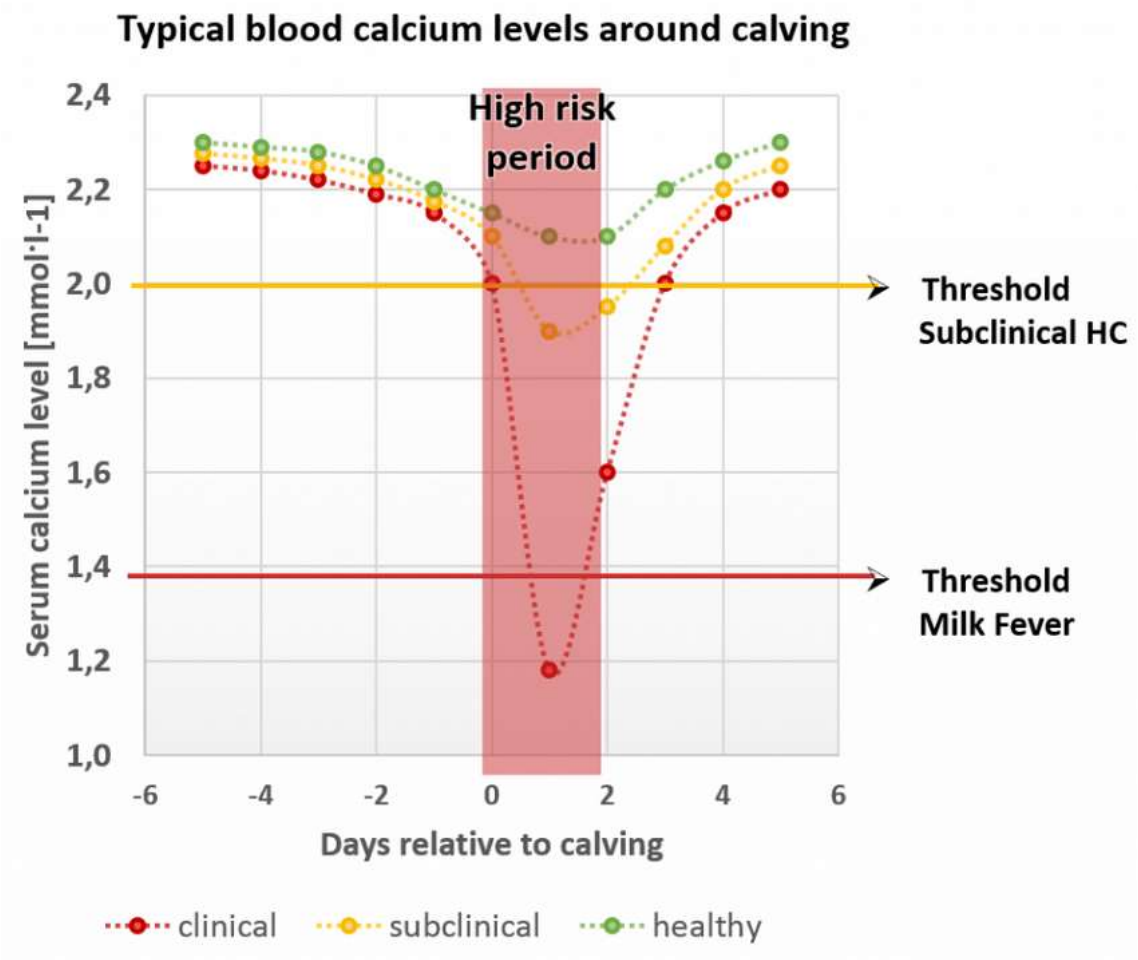


Abbildung 3: Typische Blutkalziumkonzentrationen rund um die Abkalbung (PerformaNat, 2018).

Im Rahmen dieser Arbeit und in allen anderen zitierten Arbeiten – wenn nicht dezidiert anders beschrieben – ist von klinischem Milchfieber die Rede, weil meist keine Analyse des Blutkalziumgehaltes durchgeführt wurde und eine Diagnose anhand der äußerlich sichtbaren Symptome erstellt wurde.

2.3 Prophylaxe von Milchfieber

Die wichtigste Vorbeugemaßnahme gegen Milchfieber ist eine angepasste Fütterung in der Trockenstehzeit. Eine häufig propagierte Maßnahme ist die Reduktion der Kalziumzufuhr, im Idealfall auf 3,5 g/kg Trockenmasse in den letzten vier Wochen vor der Abkalbung. Folglich wird durch den homöostatischen Regulationsprozess (wie in Kapitel 2.1.1 beschrieben) die Mobilisierung des Kalziums aus den Knochen und die Aufnahme aus dem Darm gefördert. Weiters soll eine Phosphor-Überversorgung vermieden werden: Der Zielwert beträgt 2,2 g/kg Trockenmasse. Außerdem sollte einem Magnesium-Mangel vorgebeugt

werden. Es sollten mindestens 1,2 g/kg Trockenmasse in der Ration enthalten sein (Rérat, 2005; Allen, 2019).

Obwohl die Fütterung kalziumarmer Rationen in der Trockenstehzeit die Mobilisierung von Kalzium fördert, ist der Effekt nicht so groß wie ursprünglich angenommen. Außerdem ist die Kalziumreduktion auf das nötige Niveau in der Praxis oft schwierig umzusetzen (Allen, 2019).

Eine in jüngerer Zeit häufig propagierte Vorbeugemaßnahme ist die Fütterung nach dem DCAD-Konzept (= Dietary Cation Anion Difference). Mit dieser Methode wird der Blut-pH-Wert in der letzten Phase der Trockenstehzeit und in den ersten Tagen nach der Abkalbung gesenkt. Der Ansatz dieses Konzepts basiert darauf, dass sich der Blut-pH-Wert vieler Kühe aufgrund eines hohen Kaliumgehaltes in der Ration in einem alkalischen Milieu befindet. Ein zu hoher Blut-pH-Wert hat eine Konformationsänderung der Parathormon-Rezeptoren zur Folge, was die Wirksamkeit des Parathormons verschlechtert und in letzter Konsequenz eine Mobilisierung des Kalziums aus den Knochen bzw. die Aufnahme aus dem Darm verringert. Die Fütterung nach dem DCAD-Konzept ist effektiver und zudem auch praktikabler als eine kalziumreduzierte Fütterung (Allen, 2019).

Ein wichtiger erster Schritt zur Reduktion des pH-Werts im Blut ist die Verringerung des Gehaltes an Kalium (K) in der Ration. Vor allem Maissilage sollte in der Trockensteher-Fütterung Futterbestandteil sein, weil sie eine jener Futtergrundlagen mit dem geringsten K-Gehalt zu sein scheint. Weiters ist eine Reduktion oder sogar Vermeidung der Kaliumdüngung auf Futterflächen für die Erzeugung von Trockensteher-Heu eine empfehlenswerte Maßnahme. Außerdem wäre Luzerne eine gute Komponente in Trockensteher-Rationen, um den Blut-pH-Wert im Optimum zu behalten. In der Vergangenheit wurde Luzerne als Leguminose in der Trockenstehzeit eher nicht als Futterkomponente empfohlen, weil sie einen hohen Ca-Gehalt aufweist. Es hat sich aber gezeigt, dass das Kalzium wenig Einfluss auf die Alkalität des Blutes hat (Allen, 2019).

Alternativ bzw. zusätzlich können auch absorbierbare Anionen, sogenannte saure Salze, der Ration beigemengt werden. Dadurch kann gezielt das negative Ladungspotential im Blut erhöht werden, was die Präsenz von H^+-Ionen fördert und folglich den pH-Wert im Blut senkt. Als Beispiele für saure Salze sind Calciumchlorid, Calciumsulfat, Magnesiumchlorid, Magnesiumsulfat, Ammoniumchlorid und Ammoniumsulfat zu nennen (Allen, 2019).

Das Resultat zahlreicher Studien über die ansäuernde Wirkung von Ionen ist folgende Gleichung, welche die Ionenbalance in Rationen darstellen soll:

$DCAD = (Na^+ + K^+) – (Cl^- + S^{-2})$

Diese Formel zeigt, dass es um die Ausbalancierung der Kationen Natrium (Na) und Kalium (K) und der Anionen Chlorid (Cl) und Sulfat (S) geht, wobei die Einheit der DCAD in meq/Gewichtseinheit [100 g oder 1 kg] Trockenmasse erfolgt (Gasteiner, 2005; Allen, 2019).

Der Zielwert in der Vorbereitungsfütterung zur Abkalbung liegt zwischen -15 und +15 meq pro 100 g Trockenmasse. Rückschluss auf die Ansäuerung des Blutes gibt auch die Messung des Harn-pH: er sollte zwischen 6 und 6,5 liegen, um den Zielwert der Kationen-Anionen-Differenz zu erreichen und der Gebärparese vorzubeugen (Allen, 2019).

Ein mögliches Problem bei der Fütterung von sauren Salzen ist allerdings, dass die Schmackhaftigkeit der Ration leidet und dadurch die Futteraufnahme verringert werden kann (Allen, 2019).

Zusätzlich zur Vorbereitungsfütterung werden in der Praxis auch unmittelbar vor und nach der Abkalbung hohe Mengen an Kalzium gegeben. Die orale Zufuhr von Kalzium wird gerne in Form eines Gels oder in Form von Boli einen Tag ante partum (a.p.), am Tag der Kalbung und/oder einen Tag p.p. gegeben. Es werden dabei rund 150 g Kalzium je Gabe dem tierischen Organismus brutto zugeführt (Allen, 2019).

Alternative Methoden, um Hypokalzämie einzudämmen, sind beispielsweise der Verzicht des kompletten Ausmelkens der Kühe nach der Kalbung. Dies erhöht den Euterinnendruck und verringert folglich die Milchbildung und damit den Abfluss von Kalzium aus dem Körper. Zu beachten ist allerdings, dass latente Euterentzündungen dadurch verschlimmert werden und das Mastitis-Risiko insgesamt steigen kann (Allen, 2019).

Als Prophylaxe kann bei gefährdeten Tieren Vitamin D_3 verabreicht werden. Die Zufuhr muss mindestens drei bis maximal sechs Tage vor der Abkalbung erfolgen und kann entweder oral oder intramuskulär durchgeführt werden. Eine kritische Herausforderung hierbei ist die exakte Feststellung des Geburtstermins (Rosenberger *et al.*, 1994). Die Verabreichung von Vitamin D_3 muss aufgrund potenziell drohender Toxizität nach spätestens sieben Tagen abgebrochen werden.

Verzögert sich die Geburt nach der letzten Vitamin D_3-Gabe um weitere vier Tage, kann sich dies negativ auswirken und das Auftreten von Milchfieber sogar begünstigen (Allen, 2019). Die Ursache dürfte in einer mit der Vitamin D_3-Verabreichung einhergehenden Inaktivierung der Nebenschilddrüse liegen (Rosenberger *et al.*, 1994).

Als langfristige Maßnahme gegen Milchfieber ist auch die züchterische Weiterentwicklung zu nennen. Seit 2009 werden Zuchtwerte für Gesundheitsmerkmale geschätzt, so eben auch für Milchfieber (Fuerst *et al.*, 2010). Mit einer relativ geringen Heritabilität (=Erblichkeit) beim Fleckvieh von 3,6 % (Fuerst *et al.*, 2019) ist die züchterische Weiterentwicklung zwar möglich, müsste aber im Zuchtziel stark gewichtet werden, um einen merklichen Selektionserfolg erzielen zu können. Da dies aber Zulasten der Gewichtung anderer Merkmale erfolgen würde, wäre eine übermäßige Gewichtung des Merkmals Milchfieber nicht praxistauglich. Milchfieber ist derzeit nicht im Gesamtzuchtwert (GZW) berücksichtigt (Fuerst-Waltl *et al.*, 2016), weshalb eine züchterische Verbesserung nur über korrelierte Merkmale erfolgt. Milchfieber hat genetische Korrelationen zu Nutzungsdauer von 0,20 und zu anderen Krankheiten (Mastitis, frühe Fruchtbarkeitsstörungen und Ovarialzysten von 0,37, 0,34 und 0,45 respektive) (Pfeiffer *et al.*, 2015). Diese Merkmale sind über Nutzungsdauer, Fruchtbarkeits-Index und Eutergesundheitswert im GZW berücksichtigt. Dass Milchfieber eine geringe Heritabilität hat, ist wenig verwunderlich, weil Fitnessmerkmale generell oft durch relativ niedrige Heritabilitäten von 1 % bis 15 % gekennzeichnet sind. Skelettmerkmale (Körperform und -maße) mit hohen Heritabilitäten (50 bis 70 %) oder Leistungsmerkmale (z.B. Wachstum und Milchleistung) mit mittleren Erblichkeiten (15 bis 40 %) können hingegen einfacher züchterisch verbessert/verändert werden (Willam und Simianer, 2011).

2.4 Risikofaktoren für Milchfieber

Milchfieber tritt vorwiegend erst bei Kühen ab der dritten Laktation und vor allem bei Tieren mit einer hohen Milchleistung auf (Gruner, 1992), wobei die Anfälligkeit von Laktation zu Laktation um 9 % steigt (DeGaris und Lean, 2008). Bei der Abkalbung überkonditionierte (verfettete) Kühe weisen ein höheres Milchfieberrisiko auf. Außerdem scheinen Kanal-Insel-Rassen (Jersey, Guernsey) eine höhere Milchfieberanfälligkeit zu haben (DeGaris und Lean, 2008).

Saborío-Montero et al. (2017) haben in ihrer Studie die Risikofaktoren verbunden mit dem Milchfieberauftreten von Milchkühen in Costa Rica untersucht. Sie konnten die Erkenntnisse von Gruner (1992) und DeGaris und Lean (2008) großteils bestätigen und darüber hinaus weitere Risikofaktoren identifizieren. Sie wählten zwei Modelle, wobei es sich bei beiden um gemischte logistische Regressionsmodelle handelte. Im Basismodell wurden auch Beobachtungen von Kühen in der ersten Laktation miteinbezogen. Alle untersuchten Parameter stellten sich als signifikante Risikofaktoren heraus. Konkret scheinen die Rasse, der Kalbemonat, der ökologische Lebensraum, die Herde genestet im Lebensraum und die Nummer der Abkalbung (Parität) einen Einfluss auf das Milchfieberauftreten in Costa Rica zu haben. Im vollständigen Modell wurden Beobachtungen der ersten Laktation ausgeschlossen, weil in diesem Modell zusätzlich zu den im Basismodell gewählten Parametern auch der Milchfieberhintergrund (Milchfiebererkrankung in vorangegangenen Laktationen), die vorangegangene Laktationslänge, die Länge der Trockenstehzeit, die energie-korrigierte Milchleistung (ECM) der vorangegangenen Standardlaktation und die Zwischenkalbezeit analysiert wurden. Im vollständigen Modell stellten sich ebenfalls alle, außer die vorangegangene Laktationslänge und die Zwischenkalbezeit, als signifikante Risikofaktoren heraus.

Für die signifikanten Faktoren wurden Odds Ratios geschätzt, welche in Tabelle 1 innerhalb der jeweiligen Kategorie nach der Stärke ihres Einflusses auf Milchfieber in absteigender Reihenfolge dargestellt sind. Die Odds Ratios – auch Chancenverhältnisse genannt – beschreiben das Verhältnis von zwei Odds zueinander. „Kein Unterschied" zwischen zwei Ausprägungen wird durch die Zahl 1 dargestellt. Ein Odds Ratio > 1 beschreibt ein höheres Risiko, ein Odds Ratio < 1 beschreibt ein geringeres Risiko für ein Ereignis (in unserem Fall: Milchfiebererkrankung) (Horten Zentrum Universität Zürich, 2019).

Tabelle 1: Odds Ratios (OR) für die Risikofaktoren von Milchfieber von Milchviehherden in Costa Rica, geschätzt im vollständigen Modell und im Basismodell (Saborío-Montero *et al.*, 2017) [1)]

	vollständiges Modell			Basismodell		
		95 % KI			95 % KI	
Kategorie Risikofaktoren	OR	UG	OG	OR	UG	OG
Parität						
≥ 6	12,84	10,65	14,47	52,59	40,92	67,59
5	11,10	9,17	13,44	38,76	30,02	50,04
4	1,53	6,21	9,12	23,88	18,48	30,86
3	3,69	3,09	4,51	11,80	9,08	15,33
2	1	-	-	3,24	2,43	4,33
1	-	-	-	1	-	-
Rasse						
Jersey	3,04	1,65	5,61	2,29	1,44	3,64
Holstein x Jersey	2,53	1,38	4,65	1,93	1,21	3,07
Holstein x Brown Swiss	2,19	1,20	4,02	1,75	1,19	2,58
Holstein	1,61	1,09	2,39	1,59	1,01	2,51
Brown Swiss	1	-	-	1	-	-
Kalbemonat						
Juli	1,36	1,14	1,61	1,30	1,11	1,52
Mai	1,34	1,13	1,59	1,24	1,06	1,45
März	1,25	1,05	1,48	-	-	-
April	1,23	1,03	1,46	1,20	1,02	1,40
September	1,21	1,01	1,44	1,22	1,04	1,43
Dezember	1	-	-	1	-	-
Ökologischer Lebensraum [2)]						
MWF	3,20	2,32	4,43	3,09	2,36	4,04
LMRF	2,29	1,73	3,02	2,56	2,06	3,19
PWF	2,18	1,69	2,83	2,02	1,65	2,47
LMMF	1,77	1,39	2,26	1,99	1,61	2,46
PMF	1,70	1,39	2,27	2,09	1,71	2,56
LMWF	1,50	1,18	1,90	1,56	1,27	1,91
TWF	1	-	-	1	-	-
vorangegangene 305-Tage-ECM-Leistung [3)]						
7: > 1.500 kg vom Ø	2,39	2,02	2,82			
6: 1.000 - 1.499 kg vom Ø	2,12	1,78	2,52			
5: 500 bis 999 kg vom Ø	2,00	1,69	2,38			
4: -499 bis 499 kg vom Ø	1,83	1,55	2,16			
3: -500 bis -999 kg vom Ø	1,66	1,40	1,96			
2: -1.000 bis -1.499 kg vom Ø	1,37	1,15	1,64			
1: < -1.500 kg vom Ø	1	-	-			
vorangegangene Trockenstehzeit (Dauer)						
> 6 Monate	3,38	1,84	6,23			
5 Monate	4,24	2,31	7,66			
4 Monate	3,72	2,07	6,66			
3 Monate	3,77	2,13	6,66			
2 Monate	3,44	1,95	6,07			
≤ 1 Monat	1	-	-			

Milchfieberhintergrund				
mit vorangegangener Erkrankung	2,35	2,13	2,60	
ohne vorangegangener Erkrankung	1	-	-	

[1)] KI (Konfidenzintervall), UG (untere Grenze), OG (obere Grenze)

[2)] MWF (montane wet forest), LMRF (lower montane rain forest), PWF (premontane wet forest), LMMF (lower montane moist forest), PMF (premontane moist forest), LMWF (lower montane wet forest), TWF (tropical wet forest)

[3)] durchschnittliche 305-Tage-ECM-Leistung = 6.020,30 kg ECM

2.5 Fachbegriffe und Information für die statistische Analyse

In den folgenden Kapiteln werden verschiedene fachspezifische Begrifflichkeiten und Bewertungsmethoden als Hintergrundinformation für die Datenanalyse und -interpretation beschrieben.

2.5.1 Exterieurbeurteilung: Lineare Beschreibung mittels „Fleck-Score"

Das System FleckScore ist ein Beurteilungsschema, welches einheitliche Noten für die Exterieurbeurteilung liefert, die unabhängig von Zuchtgebiet und Beurteiler sind. Erreicht wird das, indem die Funktion dieses Systems „nur mit der Verwendung von elektronischen Erfassungsgeräten oder dem Onlineportal www.fleckscore.com möglich ist" (Luntz, Krogmeier und Pfleger, 2014). Ein Vorteil des FleckScore-Beurteilsschemas ist, dass es über Laktationen hinweg den Abstand zum Laktationsmittel beschreibt und somit die Weiterentwicklung der Kuh berücksichtigt. Konkret heißt das, dass Kühe mit gleicher Bemaßung je nach Laktation unterschiedliche Komplexnoten erhalten, weil auch das Populationsmittel für die jeweilige Laktation ein anderes ist. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für idente Maße für die Rahmenbenotung und deren Auswirkung auf die Noten, wenn sie von einer Kuh in der ersten, zweiten oder dritten Laktation gemessen würden.

Tabelle 2: Laktationsspezifische Komplexnoten bei identen Maßen am Beispiel Rahmen (Luntz, Krogmeier und Pfleger, 2014)

Einzelmerkmal	Maß
Kreuzhöhe	146 cm
Mittelhandlänge	87 cm
Beckenlänge	48 cm
Hüftbreite	55 cm
Rumpftiefe	80 cm

Rahmennote		
1. Lakt.	2. Lakt.	3. Lakt.
82	79	77

Die dimensionslose Zahl 80 stellt das Populationsmittel, 68 eine extrem unterdurchschnittliche und 93 eine extrem überdurchschnittliche Ausprägung des Merkmals dar. Die Fleckscore-Beurteilung gibt es für die Hauptmerkmale Rahmen, Bemuskelung, Fundament und Euter, welche sich aus verschiedenen Einzelmaßen und -beurteilungen mit unterschiedlicher Gewichtung gemäß ihres Einflusses auf die Nutzungsdauer zusammensetzen (Luntz, Krogmeier und Pfleger, 2014).

2.5.2 Kalbeverlauf

Für das Merkmal Kalbeverlauf werden in Österreich seit 1995 Zuchtwerte geschätzt. Dabei erfolgt die Einteilung des Kalbeverlaufs in folgende fünfstufige Skala:

1	leicht	keine Geburtshilfe erforderlich
2	normal	Geburtshilfe von einer Person erforderlich
3	schwer	Geburtshilfe von mehr als einer Person oder mechanischer Geburtshelfer erforderlich
4	Kaiserschnitt	
5	Embryotomie	Zerstückeln des Kalbes

(Fuerst *et al.*, 2019)

Folgende Tabelle gibt einen Überblick, wie die Kalbeverläufe bei den gängigsten Rassen in Österreich verteilt sind.

Tabelle 3: Prozentuelle Verteilung der Kalbeverlaufscodes und Totgeburtenrate bzw. verendet innerhalb 48 Stunden in Österreich 2018 (Fuerst *et al.*, 2019)

	FL	BV	HF	PI	GR	**alle**
1 – leicht	55,6	59,9	60,1	38,6	54,3	**56,1**
2 – normal	42,2	37,8	38,0	58,5	42,9	**41,7**
3 – schwer	2,1	2,2	1,9	2,8	2,8	**2,1**
4 – Kaiserschnitt	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	**0,1**
5 - Embryotomie	0,01	0,01	0,00	0,02	0,06	**0,01**
tot + verendet innerhalb 48 h	3,5	4,4	66	4,2	2,0	**3,7**

Abkürzungen: FL – Fleckvieh; BV – Braunvieh; HF – Holstein-Friesian; PI – Pinzgauer; GR – Grauvieh

Bei der Zuchtwertschätzung werden Embryotomie und Kaiserschnitt in eine Gruppe zusammengefasst (Fuerst *et al.*, 2019). Damit ergibt sich ein Anteil von rund

0,11 % aller Abkalbungen der Fleckviehkühe 2018, bei welchen die Kälber mittels Kaiserschnitt auf die Welt kommen oder das abgestorbene Kalb im Mutterleib zerstückelt werden musste. Kumuliert erfolgten knapp 98 % aller Kalbungen der Fleckviehkühe leicht oder normal.

2.5.3 Thermoneutrale Zone bei Rindern

Die thermoneutrale Zone ist jener Temperaturbereich, in welchem ein Gleichgewicht zwischen Wärmeverlust und Wärmeproduktion gegeben ist. Dieser Temperaturbereich wird als angenehm empfunden. Wird die untere Grenze dieser Zone unterschritten, muss zusätzliche Energie aufgewendet werden, um den Organismus zu wärmen. Übersteigt die Umgebungstemperatur die obere Grenze, werden Stoffwechselvorgänge reduziert, welche Wärme produzieren (Kaufmann *et al.*, s.a.). Beim Menschen liegt der thermoneutrale Bereich zwischen ca. 27 und 32 °C im unbekleideten und bei rund 23 °C im bekleideten Zustand (Blaschke, Antwerpes und Bröse, s.a.). Die thermoneutrale Zone ist je nach Altersgruppe unterschiedlich: Jüngere Tiere frieren früher und haben einen höheren Behaglichkeitsbereich. Für erwachsene Rinder ist der thermoneutrale Bereich je nach Literatur unterschiedlich angegeben: Kaufmann *et al*. (s.a.) definieren den thermoneutralen Bereich bei erwachsenen Milchkühen zwischen -5 und 15 °C. Schrader (2007) definierte ihn für erwachsene Rinder zwischen 2 und 21 °C. Gasteiner (2014) hingegen sieht die thermoneutrale Zone zwischen (0) 4 und 16 °C. Hever (2016) gibt an, dass sich Tiere mit einer Umgebungs-temperatur < 20 °C noch im thermoneutralen Bereich befinden würden.

3 Material und Methoden

Die Datengrundlage für diese Arbeit bildeten die im Rinderdatenverbund gesammelten Aufzeichnungen der ZuchtData-EDV-Dienstleistungen GmbH.

Zum einen handelte es sich dabei um Daten von der **Milchleistungsprüfung** durch die Leistungskontrollverbände und zum anderen wurden Daten aus dem Diagnoseerfassungsprogramm **„Gesundheitsmonitoring Rind"** (GMON Rind) verwendet. Das GMON Rind wurde ab dem Jahr 2006 entwickelt und 2010 in die Routine übergeführt (Egger-Danner *et al.*, 2012).

Die **Milchleistungsprüfung** ist eine Feldprüfung und findet 9 – 11 Mal pro Jahr in Form von sogenannten Einzelkontrollen auf den Mitgliedsbetrieben statt (ZAR, 2017). Folgende Abbildung zeigt einen Auszug aus dem Tagesbericht mit den Milchleistungsergebnissen einer Probemelkung.

Vulgoname
Testbauer Mann
Dorf 20
1234 Testort

Landeskontrollverband Irgendwo
1234 Teststadt, Teststraße 6
office@lk-irgendwo.at, www.lkv.at
T: 01234/5678-901

Ergebnis **21.08.2008** 19:00
Kontrollintervall: 31 Tage
LFBIS-Nr 1234567
Druckdatum: 03.09.2008 Liste 104

Ergebnis der Probemelkung

Nr.	Name	Lebensnummer	L.	Tg.	v_Mkg	M-kg	Fett%	Eiw%	Zellz.	FEQ	Harn.	Kl
19	SELLA	AT 999.225.266	10	322	T	trocken						
21	GAMSA	AT 999.900.966	10	241	25,0	13,2	4,30	3,12 -	148	1,38	19	2
25	BLOAMA	AT 999.918.866	8	479	T	trocken						
31	BLUETE	AT 999.651.234	7	294	16,4	11,4	5,50	3,94+	60	1,40	15	8
32	ZOE	AT 999.714.534	7	321	T	trocken						
35	GABI	AT 999.461.642	7	20	T	21,4	3,99	3,24	120	1,23	16	5
37	ASMIN	AT 999.560.542	6	194	22,6 !	17,4	5,41	3,17 -	175	1,71+	25	2
41	STRAUSSA	AT 999.327.845	5	28	T	27,6	4,00	2,86 -	31	1,40	18	2
42	LOLITA	AT 999.857.145	6	11	T	28,2	4,03	3,33	16	1,21	17	5

Abbildung 4: Auszug eines Tagesberichtes der Milchleistungsprüfung mit Tiernummer, Tiername, Lebensnummer, Laktationsnummer, Laktationstag, Milchmenge der vorigen Milchleistungskontrolle, Milchmenge der aktuellen Milchleistungskontrolle, Fettgehalt, Eiweißgehalt, Zellzahl, Fett-Eiweiß-Quotient, Harnstoff und Klasse in der Neun-Felder-Matrix (Egger-Danner *et al.*, 2012)

Es gibt zwei verschiedene Übermittlungswege der Gesundheitsdaten im Rahmen des **Gesundheitsmonitorings** Rind, die in Abbildung 5 dargestellt sind.

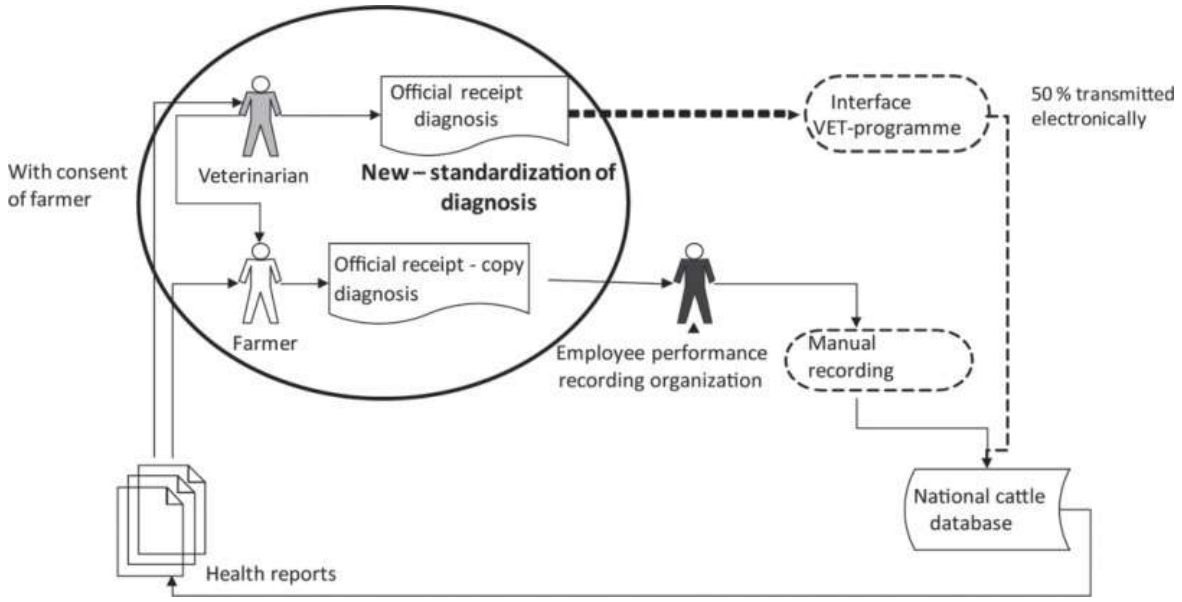


Abbildung 5: Unterschiedliche Übermittlungswege der Diagnosedaten im Rahmen des GMON Rind – direkt durch den Tierarzt oder durch den Milchkontrolleur (Egger-Danner *et al.*, 2012)

Die Abbildung verdeutlicht, dass die zugrundeliegenden Milchfieberdiagnosen im Rahmen des Gesundheitsmonitorings Rind durch den Tierarzt erstellt wurden, die Übermittlungsmöglichkeit aber unterschiedlich sein kann. Sie kann entweder auf direktem Wege durch den Tierarzt elektronisch übermittelt werden oder durch den Kontrolleur bei der Milchleistungsprüfung erfasst werden (Egger-Danner *et al.*, 2012). Bei direkter, elektronischer Datenlieferung durch den Tierarzt sind in der Regel höhere Inzidenzen zu beobachten, was u.a. auf geringere Zeitdifferenz zwischen Diagnoseerstellung und Erfassung im System aber auch dadurch erklärt werden kann, dass auch Krankheiten ohne Arzneimittelabgabebeleg erfasst werden (Egger-Danner *et al.*, 2013). Eine positive Milchfieberdiagnose kann pro Laktation nur einmal gestellt werden (Egger-Danner *et al.*, 2012). Für diese Arbeit wurden nur jene Beobachtungen von Betrieben übermittelt, von welchen mehr als 50 % der Diagnosen elektronisch übermittelt wurden (siehe „Erfassungsart" in Kapitel 3.1). Neben den tierärztlichen Diagnosen im Rahmen des Projektes Gesundheitsmonitoring Rind werden seit 2012 auch sogenannte „geburtsnahe Beobachtungen" erfasst. Die Daten werden hierbei durch den Landwirt aufgezeichnet und bei der ersten Milchleistungskontrolle nach der Abkalbung durch das Kontrollorgan übermittelt. Geburtsnahe Beobachtungen werden für die Merkmale Nachgeburtsverhalten, Mastitis, Lahmheiten und das für diese Arbeit relevante Milchfieber erfasst, wobei vorerst nur das erst- und das letztgenannte in der Zuchtwertschätzung (ZWS) berücksichtigt werden. *„Es werden nur Daten von Betrieben mit möglichst vollständiger Datenerfassung verwendet, so müssen von*

mindestens der Hälfte der Kalbungen pro Jahr beide Merkmale vorliegen" (Fuerst *et al.*, 2019). Für die Gebärparese gehen nur die Diagnosen zehn Tage a.p. und zehn Tage p.p. plus die Abgänge aufgrund von Stoffwechselerkrankungen im selben Zeitraum in die Zuchtwertschätzung ein (Fuerst *et al.*, 2019). Generell wurden also nur Daten von validierten Betrieben für die Auswertung herangezogen und auch durch den Autor nochmals auf Vollständigkeit und Plausibilität überprüft.

Die Datenaufbereitung der übermittelten Daten, die deskriptive Statistik und die analytische Statistik wurden mit dem Statistikprogramm SAS (Statistical Analysis System) Version 9.4 durchgeführt. Als Hilfsprogramm für die Datenaufbereitung und die Erstellung von Diagrammen und Tabellen wurde Microsoft Excel für Office 365 MSO verwendet.

3.1 Datensätze

Insgesamt bildeten sechs verschiedene Datensätze mit insgesamt 2.149.540 Beobachtungen die Datengrundlage für diese Arbeit. Alle Variablen zur Identifikation der Tiere und Betriebe wurden anonymisiert zur Verfügung gestellt und sind in der folgenden Aufzählung dargestellt.

1) Milchfieber

   Tiernummer, Laktation, Kalbedatum, Betrieb, Typ (GMON oder GMON+BEOB), Erfassungsart (>75 % elektronisch oder 50 – 75 % elektronisch), Milchfieber (ja oder nein in der jeweiligen Laktation)

2) Exterieur

   Tiernummer, Laktation, Kalbedatum, Betrieb, Beurteilungsdatum, Beurteiler, Rahmen, Bemuskelung, BCS, Kreuzhöhe, Hüftbreite, Rumpftiefe, Mittelhandlänge, Beckenlänge

3) Kalbeverlauf

   Tiernummer, Laktation, Kalbedatum, Betrieb, Kalbetyp (Einzelgeburt, Zwilling, Drilling oder Vierling), Geschlecht des Kalbes, Trächtigkeitsdauer, Kalbeverlauf, Totgeburt

4) Milchleistungsdaten - Standardlaktation

   Tiernummer, Laktation, Kalbedatum, Betrieb, Milch-kg, Fett-%, Fett-kg, Eiweiß-%, Eiweiß-kg

5) Milchleistungsdaten der letzten Einzelkontrolle der jeweiligen Laktation
   Tiernummer, Laktation, Kalbedatum, Betrieb, Kontrolldatum, Milch-kg, Fett-%, Eiweiß-%, Zellzahl
6) Pedigree
   Tiernummer, Vater, Mutter, Geburtsdatum, Geschlecht, Rasse

Die ersten fünf Datensätze wurden zunächst anhand der Gemeinsamkeiten Tiernummer, Laktation, Kalbedatum und Betrieb (siehe *kursiv* gedruckt) zusammengefügt. Die Variablen des sechsten Datensatzes wurden anhand der Tiernummer dem davor gebildeten Datensatz zugeordnet.

Insgesamt entstand somit ein Datensatz mit insgesamt 768.306 Beobachtungen und 37 Variablen. Dieser Datensatz wurde auf Plausibilität geprüft und anhand folgender Kriterien schrittweise reduziert:

Zunächst war entscheidend, dass für jede Beobachtung eine Laktationsnummer, ein Abkalbedatum und eine positive oder negative Milchfieberdiagnose vorlagen. Da bei Fehlen einer dieser Parameter keine plausible Aussage über die Anfälligkeit gegenüber Milchfieber möglich wäre, wurden sämtliche Beobachtungen bei Fehlen einer oder mehrerer dieser Variablen aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

Als nächster Reduktionsschritt wurde das Erstkalbealter berechnet. Das Erstkalbealter musste entsprechend der Zuchtwertschätzung für den Milchkomplex zwischen 19 und 45 Monaten liegen (persönliche Mitteilung Fuerst, April 2013, zit. nach Ederer, 2014).

Weiters wurden sowohl die Milchleistungsdaten der letzten Kontrolle und die Laktationsleistungen als auch die Body Condition Score (BCS) Werte der Folgelaktation zugeordnet, weil für das Auftreten von Milchfieber die Leistungsdaten und die Körperkondition vor dem Trockenstellen/vor der erneuten Abkalbung und nicht die Leistungen nach erfolgter Milchfieberdiagnose, für diese Untersuchung von Bedeutung sind.

Nach Vornahme der beschriebenen Einschränkungen blieben 317.295 Beobachtungen übrig, wovon 15.329 (4,83 %) eine positive Milchfieber-Diagnose aufwiesen.

Das Datenmaterial stammt aus dem Zeitraum von 01.07.2006 (erste Kalbung) bis 21.12.2017 (letzte Kalbung). Die Beurteilung der Exterieurmerkmale lag in Einzelfällen auch außerhalb des beschriebenen Zeitraums.

In Tabelle 4 sind verschiedene Kennwerte über die Datenstruktur des Datensatzes nach Vornahme der oben genannten Einschränkungen dargestellt, um einen besseren Überblick über das vorliegende Datenmaterial zu schaffen. Sollten noch weitere Einschränkungen oder eine Einteilung der Daten in verschiedene Klassen vorgenommen worden sein, so wird dies im jeweiligen Kapitel im Ergebnisteil näher erläutert.

Tabelle 4: Überblick über die Datenstruktur des verwendeten Datenmaterials

Datensatz Merkmale	**Anzahl Beobachtungen** *Anzahl Beobachtungen, falls abweichend*	**Minimum**	**Maximum**	**Mittelwert** *alternativ: konkrete Ausprägung bzw. sonstige Anmerkung*
allen Datensätzen gemeinsam (außer Pedigree)				
Tiernummer (anonymisiert)		*Anzahl Kühe: 142.282*		
Laktation		1	16	2,07
Kalbedatum		01.07.2006	21.12.2017	
Betrieb (anonymisiert)		*Anzahl Betriebe: 2.397*		
Milchfieberdaten allgemein	317.295			
Typ (GMON oder GMON+BEOB)[1)]		*GMON=118.072; GMON+BEOB=119.223*		
Erfassungsart (50-75% oder >75% elektronisch)[2)]		*50-75% elektr.=296.395; >75% elektr.=20.900*		
Milchfieber (nein/ja)		*nein=301.966; ja=15.329*		
Exterieurdaten	9.037			
Beurteilungsdatum		01.03.2012	28.10.2017	
Beurteiler		*Anzahl Beurteiler: 56*		
Rahmen[3)]		68	93	80,90
Bemuskelung[3)]		68	93	80,78
BCS[4)]	*5.258*	1	5	2,99
Kreuzhöhe (in cm)		128	170	144,15
Hüftbreite (in cm)		42	87	54,53
Rumpftiefe (in cm)		51	96	81,07
Mittelhandlänge (in cm)		52	99	85,40
Beckenlänge (in cm)		40	87	54,06
Kalbeverlauf	295.722			
Kalbetyp (Einzelgeburt, Zwilling, Drilling, Vierling)	*295.720*	*E=275.737; Z=19.778; D=201; V=4*		
Geschlecht (nur für Einzelgeburten berücksichtigt)	*275.737*	*männlich=141.793; weiblich=133.944*		
Trächtigkeitsdauer		270	305	287,57
Kalbeverlauf[5)]		*1=160.365; 2=126.965; 3=8.002; 4=361; 5=29*		
Totgeburt (nur für Einzelgeburten berücksichtigt)	*275.733*	*lebend=268.511; tot=7.222*		
Dauerleistungsdaten - Vorlaktation	162.788			
Milch-kg		1.611	17.624	7.729,37
Fett-%		2,14	6,45	4,17
Fett-kg		54	910	321,64
Eiweiß-%		2,50	4,80	3,46
Eiweiß-kg		52	576	267,68

Leistungsdaten - letzte Einzelkontrolle				
Vorlaktation	155.080			
Kontrolldatum		26.02.2007	11.12.2017	
Milch-kg		3	56,8	16,16
Fett-%		2	7,99	4,72
Eiweiß-%		2,11	5,99	3,92
Zellzahl		1	9999	231,33
Pedigree	317.295			
Tiernummer (anonymisiert)		*nicht relevant für diese Untersuchung*		
Vater		*nicht relevant für diese Untersuchung*		
Mutter		*nicht relevant für diese Untersuchung*		
Geburtsdatum		18.10.1990	28.02.2016	
Geschlecht		*nur weibliche*		
Rasse		*nur Fleckvieh*		

[1)] GMON=Gesundheitsmonitoring, BEOB=geburtsnahe Beobachtungen

[2)] elektronisch: Übermittlung direkt durch den Tierarzt auf elektronischem Wege; wenn nicht elektronisch, dann Übermittlung durch das Kontrollorgan (wie in Abbildung 5 dargestellt)

[3)] 68-extrem unterdurchschnittlich, 80-durchschnittlich, 93-extrem überdurchschnittlich ausgeprägt (Luntz, Krogmeier und Pfleger, 2014)

[4)] 1-sehr mager, 5-überfettet (Wildman *et al.*, 1982)

[5)] 1-leicht, 2-mittel, 3-schwer, 4-Kaiserschnitt, 5-Embryotomie (Fuerst *et al.*, 2019)

In Tabelle 5 ist die Entwicklung der Milchfieberdiagnosen über den Beobachtungszeitraum dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass der Datenzulauf im Rahmen des Gesundheitsmonitorings Rind jährlich gestiegen ist.

Tabelle 5: Übersicht des Datenzulaufes und der Milchfieberdiagnosen im Zeitablauf

Kalbejahr	**Diagnosen**				**Summe Beobachtungen**
	positiv	in %	negativ	in %	
2006	28	5,06	525	94,94	553
2007	213	3,51	5.853	96,49	6.066
2008	506	3,69	13.209	96,31	13.715
2009	633	3,31	18.485	96,69	19.118
2010	699	3,46	19.515	96,54	20.214
2011	936	3,72	24.255	96,28	25.191
2012	1.376	4,52	29.051	95,48	30.427
2013	1.833	5,32	32.604	94,68	34.437
2014	1.743	5,12	32.271	94,88	34.014
2015	2.101	5,12	38.908	94,88	41.009
2016	2.540	5,57	43.082	94,43	45.622
2017	2.721	5,80	44.208	94,20	46.929
Summe	**15.329**	**4,83**	**301.966**	**95,17**	**317.295**

3.2 Methoden

Zunächst wurden die vorliegenden Daten deskriptiv mit den Prozeduren MEANS und FREQ in SAS ausgewertet. Die Ergebnisse werden im Unterkapitel 4.1 Deskriptive Statistik dargestellt. Anhand dieser deskriptiven Ergebnisse wurde dann entschieden, welche Variablen als Effekte ins statistische Modell aufgenommen und somit analytisch ausgewertet wurden. Die Ergebnisse dieser statistischen Auswertung werden im Unterkapitel 4.2 Analytische Statistik dargestellt.

Die analytische Auswertung erfolgte in Form einer logistischen Regressionsanalyse mit der Prozedur GLIMMIX in SAS. Mit dieser Prozedur werden generalisierte lineare gemischte Modelle berechnet. Es können also fixe und zufällige Effekte im Modell berücksichtigt werden. Da die Prozedur in der Default-Einstellung nicht konvergierte, wurde die Methode Laplace verwendet (SAS Institute Inc., s.a. b). Der Signifikanztest erfolgt anhand eines F-Tests. Da die abhängige Variable eine binäre Variable ist (Gebärparese ja/nein), war die logistische Regressionsanalyse das Mittel der Wahl (SAS Institute Inc., s.a. a). Die Laktationen wurden aufgrund des großen Datensatzes und begrenzter Speicherressourcen jeweils separat ausgewertet. Überdies hätten die zahlreichen zu berücksichtigenden Wechselwirkungen die Analyse und Interpretation erschwert.

Für Erstlingskühe gibt es gegebenermaßen keine Vorlaktationswerte. Daher wurde für die Analyse der 1. Laktation ein einfacheres Modell verwendet. Das finale Modell mit der besten Modellgüte sieht für die Erstlingskühe wie folgt aus:

$$\text{Logit } P\,(F_{ijklmnop} = 1|X) = B_i + J_j + M_k + T_l + KVL_m + L_n + KVL_m{*}L_n + \varepsilon_{ijklmn}$$

Für die 2. bis 6 Laktation wurde jeweils das folgende Modell verwendet, in dem auch Vorlaktationsparameter Berücksichtigung finden:

$$\text{Logit } P\,(F_{ijklmnoprstuvw} = 1|X) = B_i + J_j + M_k + T_l + KVL_m + L_n + K_o + ZKZ_p + TSZ_q + H_r + ECM_s + F_t + E_u + ZZ_v + \varepsilon_{ijklmnopqrstuv}$$

Wobei die Parameter folgendes bedeuten:

$\text{Logit } P\,(F_{ijklmnoprstuvw} = 1|X)$ = Chance, dass eine Milchkuh mit den Einflussfaktoren i bis w an Milchfieber erkrankt ist

B_i = Betrieb i

J_j = Kalbjahr j

M_k = Kalbmonat k

T_l = Typ (GMON oder GMON + geburtsnahe Beobachtungen)

KVL_m = Kalbeverlauf m

L_n = Lebensstatus Kalb n

K_o = Kalbetyp (Einzel- oder Mehrlingsgeburt) o

ZKZ_p = Zwischenkalbezeit p

TSZ_q = Trockenstehzeit q

H_r = Milchfieberhintergrund (vorangegangene Milchfiebererkrankung) r

ECM_s = Energie korrigierte Milch der Vorlaktation s

F_t = Fettgehalt beim Trockenstellen t

E_u = Eiweißgehalt beim Trockenstellen u

ZZ_v = Zellzahl beim Trockenstellen v

$\varepsilon_{ijklmnopqrstuv}$ = unerklärbarer Rest

Der Kalbetyp (Einling, Mehrling) wurde im Modell zur Analyse der ersten Laktation nicht berücksichtigt, weil er keinen signifikanten Einfluss hatte und gleichzeitig zu einer schlechteren Modellgüte führte.

Paarweise Vergleiche im Fall von signifikanten Effekten wurden mit Hilfe des in der Prozedur GLIMMIX implementierten Tukey-Kramer Tests durchgeführt.

4 Ergebnisse

Zunächst werden die Daten alle gemeinsam (von der 1. bis zur 16. Laktation) deskriptiv dargestellt, um einen Überblick über die Datenstruktur und mögliche Tendenzen zu erlangen. Etwaig denkbare Wechselwirkungen wie beispielsweise zwischen Alter und Zellzahlgehalt, Alter und Milchleistung oder Kalbeverlauf und Lebensstatus des Kalbes sind aber in der deskriptiven Auswertung noch nicht berücksichtigt, weshalb eine Interpretation dieser deskriptiven Ergebnisse eher schwierig und mit Vorsicht durchzuführen ist. Wechselwirkungen werden erst in den statistischen Modellen weiter unten berücksichtigt oder dadurch eliminiert, dass die analytische Auswertung für jede Laktation separat erfolgte.

4.1 Deskriptive Statistik

Dieses Kapitel ist in mehrere Unterkapitel untergliedert, wobei jedes Unterkapitel grundsätzlich ähnlich aufgebaut ist. Wenn nötig, wurden die Ausprägungen der Variablen in als sinnvoll erachtete Gruppen zusammengefasst. Der Zusammenhang zwischen den Ausprägungen und dem Milchfieberauftreten ist jeweils in einem Säulendiagramm und einer Tabelle dargestellt. Auf der x-Achse des Diagramms ist jeweils das untersuchte Merkmal und auf der y-Achse die relative Häufigkeit des Milchfieberauftretens in Prozent dargestellt. In den Tabellen wird die Anzahl der Beobachtungen und die Anzahl der positiven Milchfieberdiagnosen für die Ausprägung des jeweiligen Merkmals in absoluten Zahlen dargestellt. Die relativen Häufigkeiten in den Diagrammen errechnen sich aus den absoluten Zahlen in den Tabellen nach folgender Formel:

$$\text{Milchfieberhäufigkeit in \%} = \frac{\text{Anzahl Milchfieber}}{\text{Anzahl Beobachtungen}} \times 100$$

Bei Abweichungen von diesem Darstellungsschema wird dies im betreffenden Unterkapitel erläutert.

4.1.1 Einfluss der Laktationsnummer

Tabelle 6: Anzahl der Beobachtungen und der positiven Milchfieberdiagnosen in der jeweiligen Laktation

	Laktationsnummer									
Anzahl Beobachtungen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	≥ 10
Gesamt	84.456	66.508	53.046	40.861	29.065	19.083	11.683	6.475	3.358	2.760
Milchfieber	283	860	2.163	3.414	3.207	2.384	1.511	823	371	313

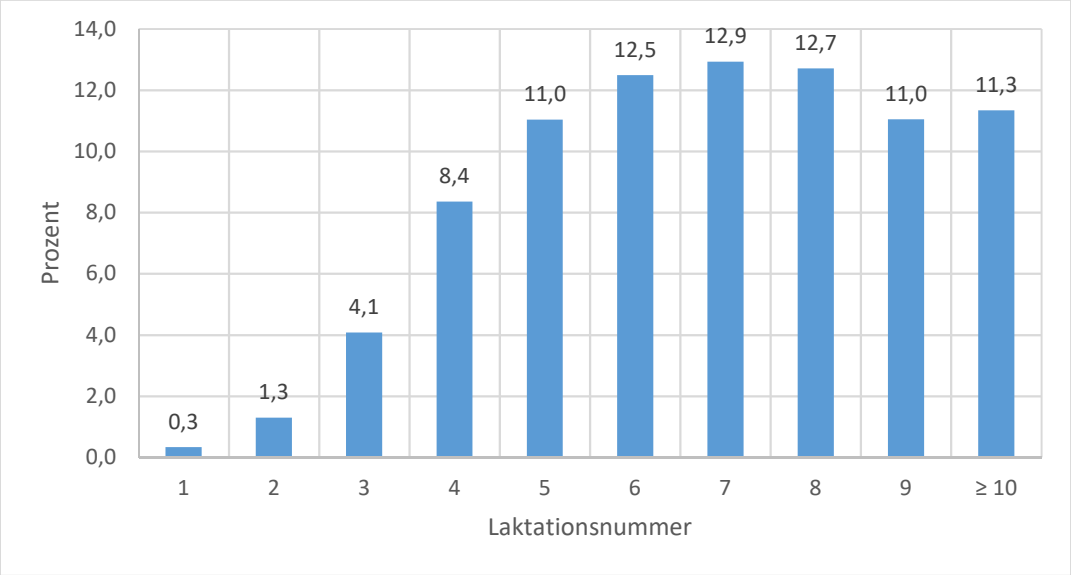


Abbildung 6: Relative Häufigkeit des Milchfieberauftretens in der jeweiligen Laktation

Wie in der obigen Abbildung ersichtlich, ist das Milchfieberauftreten bei Jungkühen mit 0,3 % erkrankter Kühe in der ersten Laktation sehr gering. Bis zur siebten Laktation steigt das Milchfieberrisiko stetig an und danach ist tendenziell ein leichter Rückgang des Anteils erkrankter Kühe ersichtlich.

4.1.2 Parameter zum Trockenstellen in der Vorlaktation

Da für diese Beobachtungen zum Teil wenig plausible Werte vorlagen (z.B. 500 Tage zwischen letzter Milchleistungskontrolle mit Milchleistung und Abkalbung in der nächsten Laktation) wurden die Daten folgendermaßen eingeschränkt: In die empirische Auswertung wurden nur jene Tiere miteinbezogen, welche mindestens 30 Tage und maximal 120 Tage nach der letzten Kontrolle abkalbten. Bei einer 10-wöchigen Trockenstehzeit, was für österreichische Verhältnisse eher eine lange Trockenstehzeitperiode darstellt (Berger, 2017), einer Milchleistungskontrolle ca. alle 40 Tage (9 Kontrollen pro Jahr) und ein Puffer für eine verspätete Abkalbung von zehn Tagen scheint einen Dauer von 120 Tagen zwischen letzter Kontrolle und Abkalbung als gerade noch plausibel.

Durch diese Restriktion blieben die oben genannten 155.080 Beobachtungen (Zellzahl: 154.240) für die empirische Auswertung zur Verfügung.

Für die Ergebnisse der letzten Einzelkontrolle wurden folgende Klassen gebildet:

- Milchmenge: 6 Klassen, Klassenbreite: 5 kg
- Fettgehalt: 8 Klassen, Klassenbreite: 0,3 %
- Eiweißgehalt: 7 Klassen, Klassenbreite: 0,25 %
- Zellzahl: 7 Klassen, Klassenbreite: 50.000 somatische Zellen/ml

Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen und Abbildungen dargestellt.

Tabelle 7: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten der jeweiligen Klassen für Milchmenge (a), Fettgehalt (b), Eiweißgehalt (c) und Zellzahl (d) in absoluten Zahlen

a)

	Milch-kg					
Anzahl Beobachtungen	≤ 10	10-15	15-20	20-25	25-30	> 30
Gesamt	21.544	46.560	50.436	25.541	8.480	2.519
Milchfieber	1.666	3.115	3.152	1.772	666	224

b)

	Fett-%							
Anzahl Beobachtungen	≤ 3,3	3,3-3,6	3,6-3,9	3,9-4,2	4,2-4,5	4,5-4,8	4,8-5,1	> 5,1
Gesamt	3.488	4.809	10.471	18.116	25.046	26.270	22.773	44.107
Milchfieber	288	342	782	1.317	1.811	1.738	1.503	2.814

c)

	Eiweiß-%						
Anzahl Beobachtungen	≤ 3,25	3,25-3,50	3,50-3,75	3,75-4,00	4,00-4,25	4,25-4,50	> 4,50
Gesamt	5.615	16.810	33.992	39.351	29.825	16.823	12.664
Milchfieber	220	822	2.052	2.747	2.356	1.413	985

d)

	Zellzahl						
Anzahl Beobachtungen	≤ 50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	> 300
Gesamt	35.048	36.610	23.544	15.205	10.028	7.048	26.757
Milchfieber	1.468	2.212	1.695	1.266	865	606	2.416

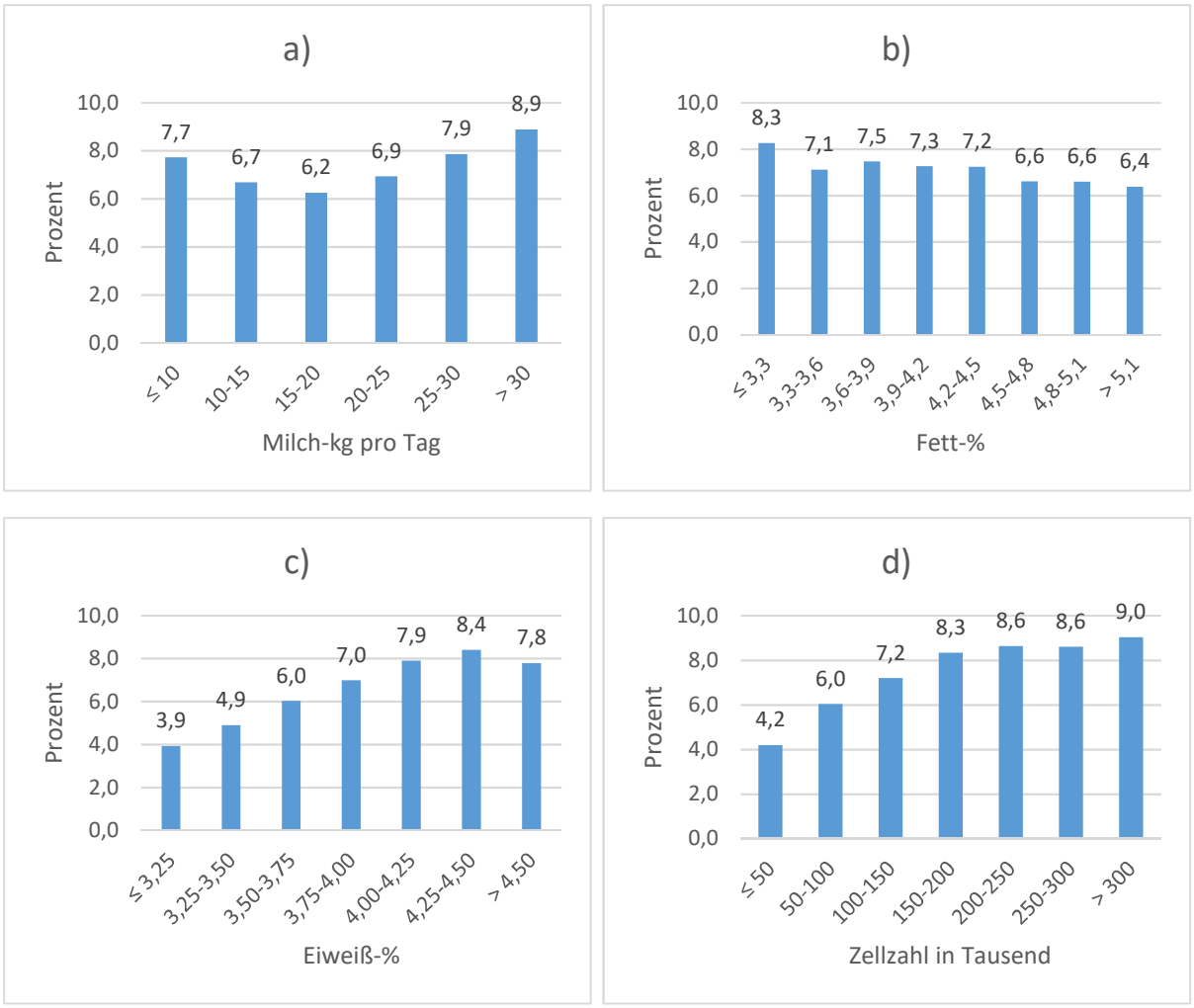


Abbildung 7: Milchfieberprävalenz in der Folgelaktation in Abhängigkeit der Milchmenge (a), des Milchfettgehaltes (b) des Milcheiweißgehaltes (c) und der Zellzahl (d) bei der letzten Kontrolle vor dem Trockenstellen

Bei einer mittleren Milchleistung zum Trockenstellen von 15 – 20 kg war der Anteil der an Milchfieber erkrankten Kühe bei der folgenden Abkalbung am geringsten. Niedrige und hohe Milchleistungen bei der letzten Kontrolle vor dem Trockenstellen zeigen hingegen eine höhere Milchfieberprävalenz bei der nächsten Abkalbung. Das größte Milchfieberauftreten zeigten Kühe mit einem Leistungsniveau vor dem Trockenstellen von mehr als 30 kg Milch/Tag.

Der Milchfettgehalt vor dem Trockenstellen lässt eine geringfügige Tendenz erkennen, dass nach niedrigen Milchfettgehalten vor dem Trockenstellen das Milchfieberauftreten in der Folgelaktation erhöht war. Bei einem Fettgehalt von mehr als 5,1 % zum Laktationsende war die Milchfieberprävalenz bei der nächsten Abkalbung am geringsten.

Der Einfluss des Milcheiweißgehaltes zum Trockenstellen zeigt ein genau gegenteiliges Verhalten im Vergleich zum Fettgehalt auf das Milchfieberauftreten in der Folgelaktation. Beginnend mit einem Milcheiweißgehalt von ≤ 3,25 % stieg die Milchfieberhäufigkeit bis zu einem Milcheiweißgehalt von 4,50 % stetig an. In diesem Bereich lagen auch 142.334 (91,8 %) der gesamten Beobachtungen für dieses Merkmal. Bei Milcheiweißgehalten > 4,50 % war mit einem Milchfieberanteil von rund 7,8 % eine geringere Milchfieberprävalenz zu verzeichnen.

Bei der Auswertung des Zusammenhanges zwischen Zellzahlgehalt zum Trockenstellen und des darauffolgenden Milchfieberauftretens ergibt sich ein ähnliches Bild wie beim Milcheiweißgehalt: Je höher die Zellzahl, desto höher war auch der Anteil an Milchfieber erkrankter Kühe. Das stärkste Milchfieberauftreten war bei Kühen mit einer Zellzahl von > 300.000 somatischen Zellen pro ml Milch zu verzeichnen. Der Anteil erkrankter Kühe lag in dieser Klasse bei rund 9 %.

4.1.3 Dauerleistungsparameter Vorlaktation

Während im vorigen Kapitel eine Zeitpunktbetrachtung gemacht wurde, wird in diesem Kapitel eine Zeitraumbetrachtung, nämlich die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Vorlaktationsleistung und Milchfieberauftreten bei der darauffolgenden Abkalbung, durchgeführt. Konkret wird der Einfluss der Milchleistung der gesamten Standardlaktation, der durchschnittliche Milchfettgehalt und der durchschnittliche Milcheiweißgehalt der vorangegangenen 305-Tage-Leistung beleuchtet.

Tabelle 8: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten der jeweiligen Klassen für die Standardlaktationsleistung in kg Milch (a) und der durchschnittlichen Fett- (b) und Eiweißgehalte (c) und der ECM-Leistung (d) der Vorlaktation in absoluten Zahlen

a)

	Milch-kg in Tausend							
Anzahl Beobachtungen	≤ 5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	> 11
Gesamt	6.618	18.725	33.328	37.437	30.583	19.712	9.936	6.449
Milchfieber	183	625	1.457	2.234	2.507	1.996	1.202	932

b)

	Fett-%						
Anzahl Beobachtungen	≤ 3,3	3,3-3,6	3,6-3,9	3,9-4,2	4,2-4,5	4,5-4,8	> 4,8
Gesamt	2.406	11.707	32.076	44.559	36.799	21.149	14.092
Milchfieber	203	893	2.262	3.012	2.467	1.409	890

c)

	Eiweiß-%					
Anzahl Beobachtungen	≤ 3,00	3,00-3,25	3,25-3,50	3,50-3,75	3,75-4,00	< 4,00
Gesamt	3.510	26.877	63.989	51.175	15.144	2.093
Milchfieber	212	1.789	4.489	3.506	1.008	132

d)

	ECM-kg in Tausend							
Anzahl Beobachtungen	≤ 5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	> 11
Gesamt	5.716	16.197	30.417	36.436	32.281	21.800	11.935	8.006
Milchfieber	151	528	1.278	2.117	2.426	2.167	1.355	1.114

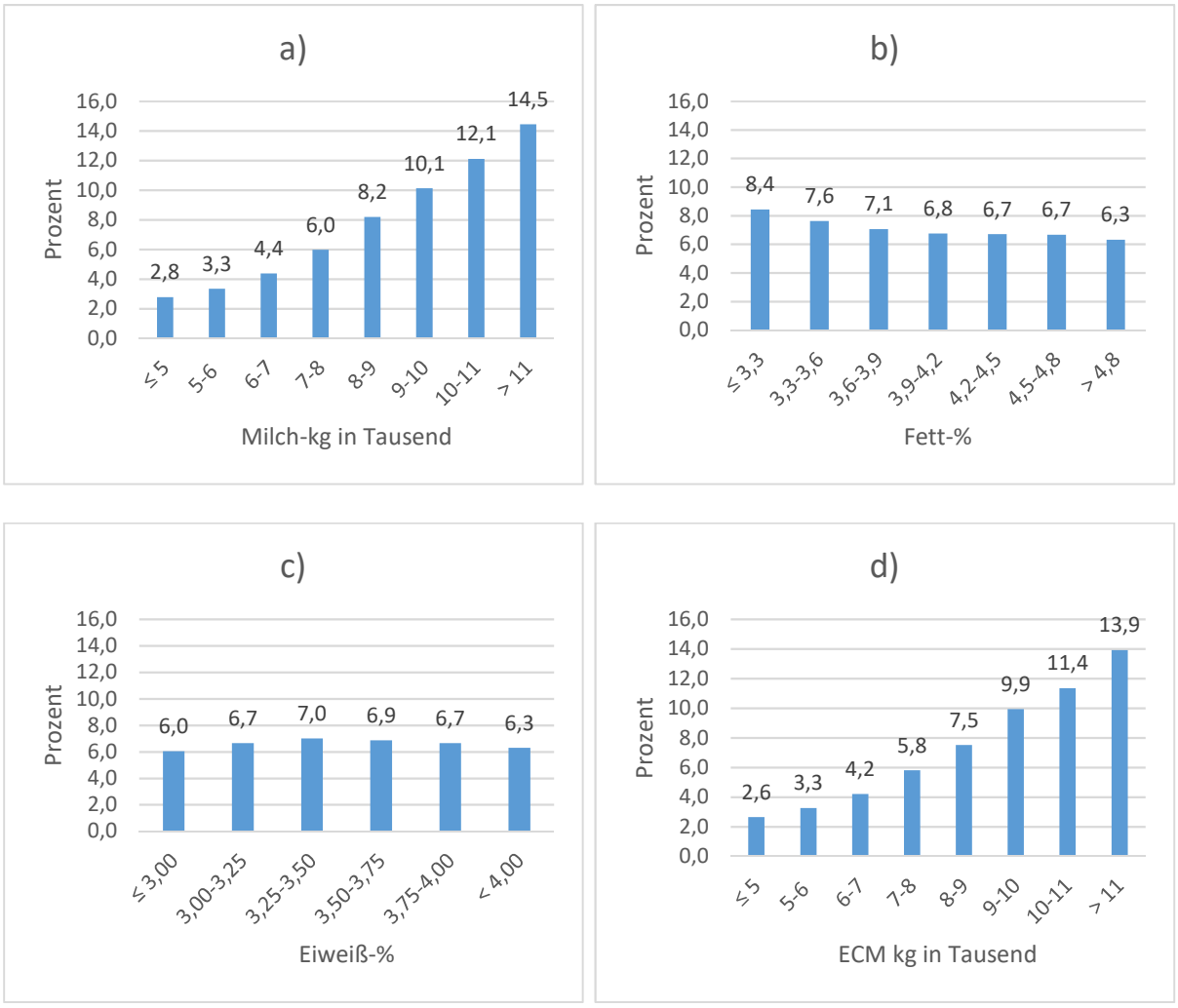


Abbildung 8: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit der Vorlaktationsleistung (a), des durchschnittlichen Milchfettgehaltes der Vorlaktation (b), des durchschnittlichen Milcheiweißgehaltes der Vorlaktation (c) und der durchschnittlichen ECM-Leistung in der Vorlaktation (d)

Der Zusammenhang zwischen steigendem Leistungsniveau und erhöhtem Milchfieberauftreten ist in Abbildung 8 a) klar ersichtlich. Mit steigender Leistung scheint die Anfälligkeit für Milchfieber nicht nur linear, sondern tendenziell eher exponentiell zu steigen. Beobachtungen mit einer Vorlaktationsleistung von mehr als 11.000 kg Milch wiesen die höchste Milchfieberprävalenz von 14,5 % auf.

Der Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Milchfettgehalt (Abbildung 8 b) einer Laktation und dem Milchfieberauftreten verhält sich ähnlich der zeitpunktbezogenen Betrachtung im vorangegangenen Kapitel: Mit steigendem Milchfettgehalt scheint die Milchfiebergefahr tendenziell zu sinken. Bei einem durchschnittlichen Fettgehalt ≤ 3,3 % war der Anteil der darauffolgenden Milchfieberdiagnosen mit 8,4 % am größten, während bei einem Milchfettgehalt in der Standardlaktation von > 4,8 % die Milchfieberprävalenz mit 6,3 % am geringsten war.

Bei einer Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Milchfieberauftreten und Milcheiweißgehalt ist auf den ersten Blick keine klare Tendenz zu erkennen. Die höchste Milchfieberprävalenz von 6,9 bis 7,0 % wiesen Tiere mit einem durchschnittlichen Milcheiweißgehalt zwischen 3,25 und 3,75 % auf. Mit einem Anteil von rund 71 % lag auch der Großteil der Beobachtungen in diesem Bereich.

Als Kombination der drei vorherigen Merkmale wurde die ECM-Leistung (4,0 % Fett und 3,4 % Eiweiß) der Vorlaktation mit folgender Formel berechnet:

$$\text{ECM (kg)} = \text{Milch (kg)} \times \frac{[0{,}38 \times (\text{Fett \%}) + 0{,}21 \times (\text{Eiweiß-\%}) + 1{,}05]}{3{,}28}$$

(Weiß, s.a.)

Die Umrechnung der Milchleistung in die ECM-Milchleistung wurde in Anlehnung an Saborío-Montero *et al.* (2017) (vgl. Tabelle 1) vorgenommen. Dadurch wird erreicht, dass sowohl Milchleistung, Fettgehalt und Eiweißgehalt in einer Kenngröße abgebildet werden können. Die ECM-Leistung der Vorlaktation wurde schließlich im finalen Modell berücksichtigt.

4.1.4 Parameter rund um die Abkalbung

In diesem Kapitel wird der Zusammenhang zwischen Parametern bei der Abkalbung und dem Milchfieberauftreten rund um die Geburt dargestellt. Es werden die Merkmale Kalbeverlauf, Kalbetyp, Lebensstatus des Kalbes und Geschlecht des Kalbes deskriptiv beschrieben. Als Kalbetyp wird in dieser Arbeit die Anzahl der Nachkommen pro Geburt verstanden.

Für die Parameter Lebensstatus und Geschlecht des Kalbes wurden nur die Beobachtungen der Einzelgeburten berücksichtigt, weil bei Mehrlingsgeburten die Daten über den Lebensstatus und das Geschlecht für jedes einzelne Kalb nicht

vorlagen. Insgesamt wurden für diese beiden Merkmale also nur 275.737 Beobachtungen (siehe Tabelle 9) ausgewertet.

Tabelle 9: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die jeweiligen Kalbeverlaufscodes (a), Kalbetypen (b), Lebensstatus des Kalbes (c) und Geschlecht des Kalbes (d)

a)

	Kalbeverlauf			
Anzahl Beobachtungen	1	2	3	≥ 4
Gesamt	160.365	126.965	8.002	390
Milchfieber	7.219	6.445	678	36

b)

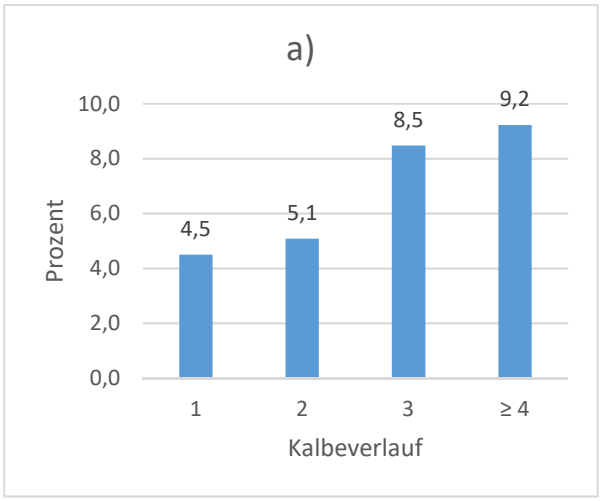
	Kalbetyp		
Anzahl Beobachtungen	Einzelgeburt	Zwillinge	Drillinge u. Vierlinge
Gesamt	275.737	19.778	205
Milchfieber	13.288	1.073	17

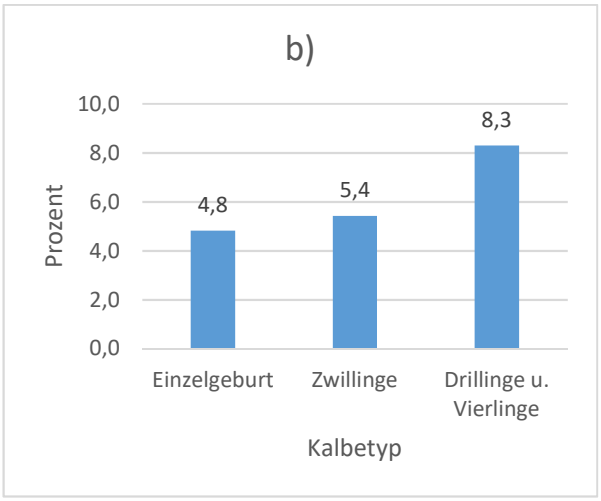
c)

	Lebensstatus Kalb	
Anzahl Beobachtungen	lebend geboren	Totgeburt
Gesamt	268.511	7.222
Milchfieber	12.851	437

d)

	Geschlecht Kalb	
Anzahl Beobachtungen	männlich	weiblich
Gesamt	141.793	133.944
Milchfieber	7.441	5.847





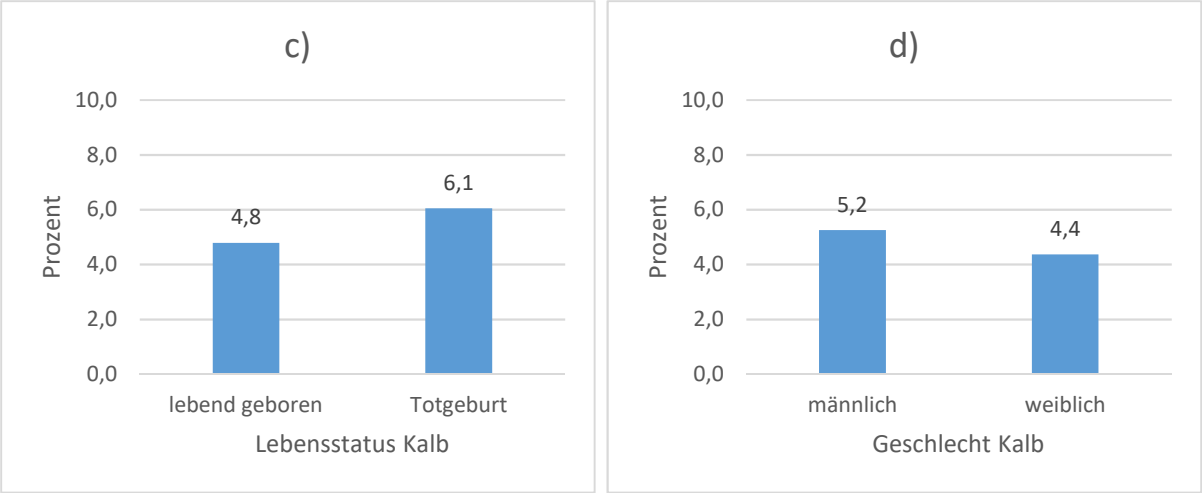


Abbildung 9: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit des Kalbeverlaufs (a), des Kalbetyps (b), des Lebensstatus des Kalbes (c) und des Geschlechts des Kalbes (d)

Wie in Abbildung 9 a) zu sehen, scheint mit Zunahme von Geburtskomplikationen (höhere Kalbeverlaufscodes) auch die Milchfieberprävalenz zu steigen. Während bei leichten (KVL=1) und mittleren (KVL=2) Geburtsverläufen die Milchfieberhäufigkeit bei ca. 4,5 bzw. 5,1 % lag, lag sie bei schweren Kalbeverläufen (KVL 3) und Kaiserschnitten (und Embryotomie; KVL 4 und 5) bei 8,5 bzw. 9,2 %. Der Stichprobenumfang für Kaiserschnitt und Embryotomie (KVL 4 und 5) ist verhältnismäßig gering und daher nur bedingt aussagekräftig (siehe Tabelle 9).

Auch beim Kalbetyp zeigte sich die Tendenz, dass mit Zunahme der Kälber pro Geburt die Anfälligkeit für Milchfieber stieg. Die relativen Häufigkeiten der positiven Milchfieberdiagnosen (siehe Abbildung 9 b)) sind für Drillinge und Vierlinge aufgrund der geringen Anzahl an Beobachtungen wieder mit Unsicherheit behaftet.

Beim Lebensstatus des neugeborenen Kalbes sind ebenfalls unterschiedliche Milchfieberprävalenzen zu erkennen: Bei lebend geborenen Kälbern erkrankten rund 4,8 % der Mütter an Milchfieber, bei tot geborenen Kälbern waren es 6,1 %.

Hinsichtlich des Geschlechts des Kalbes wurden ebenfalls unterschiedliche Milchfieberprävalenzen beobachtet: Während bei der Geburt von weiblichen Kälbern rund 4,4 % der Kühe an Gebärparese erkrankten, wurde bei männlichen Nachkommen bei ca. 5,2 % der Muttertiere Milchfieber diagnostiziert.

Ob eine Wechselwirkung zwischen diesen Parametern (z.B. zwischen Lebensstatus Kalb und Kalbeverlauf oder zwischen Geschlecht Kalb oder Kalbeverlauf) besteht, wurde erst später im Rahmen der analytischen Statistik getestet.

4.1.5 Exterieurmerkmale und Körperkondition

Bei den Auswertungen dieser Merkmale ist zu beachten, dass nicht alle Tiere linear beschrieben werden, was sich am geringeren Beobachtungsumfang zeigt und die geringere Milchfieberhäufigkeiten im Vergleich zu den anderen Kapiteln erklären kann (siehe unten). Von den Exterieurmerkmalen wurden die Hauptmerkmale Rahmen und Bemuskelung sowie die tatsächlichen Körpermaße Kreuzhöhe, Hüftbreite, Rumpftiefe, Mittelhandlänge und Beckenlänge deskriptiv ausgewertet. Zusätzlich wurden auch noch die vorliegenden BCS-Werte und das darauffolgende Milchfieberauftreten gegenübergestellt. Wie in Kapitel 2.5.1 beschrieben, stellen die Komplexnoten der linearen Beschreibung die Abweichung vom Populationsmittel dar – auch über mehrere Laktationen hinweg. Daher wurden die vorliegenden Werte für die Exterieurmerkmale für das Milchfieberauftreten in sämtlichen Laktationen herangezogen. Demgegenüber sind BCS-Werte eine zeitpunktbezogene Betrachtung des Ernährungszustandes und wurden daher nur für das Milchfieberauftreten bei der nächsten Laktation berücksichtigt. Weitere Einschränkungen sind im jeweiligen Unterkapitel beschrieben.

4.1.5.1 Rahmen und Bemuskelung

Zunächst sind in Tabelle 10 wieder die absoluten Beobachtungen und die jeweils auftretenden Milchfieberhäufigkeiten in absoluten Zahlen angegeben. In den darauffolgenden Abbildungen sind die relativen Milchfieberprävalenzen dargestellt.

Tabelle 10: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die jeweiligen Komplexnoten für die Exterieurmerkmale Rahmen (a) und Bemuskelung (b)

a)

	Komplexnoten Rahmen						
Anzahl Beobachtungen	68-72	73-75	76-78	79-81	82-84	85-87	88-93
Gesamt	740	2.766	7.645	12.028	10.927	4.919	1.718
Milchfieber	24	81	246	412	327	169	55

b)

	Komplexnoten Bemuskelung						
Anzahl Beobachtungen	68-72	73-75	76-78	79-81	82-84	85-87	88-93
Gesamt	406	2.044	7.727	12.884	13.055	4.051	576
Milchfieber	20	63	240	393	435	144	19

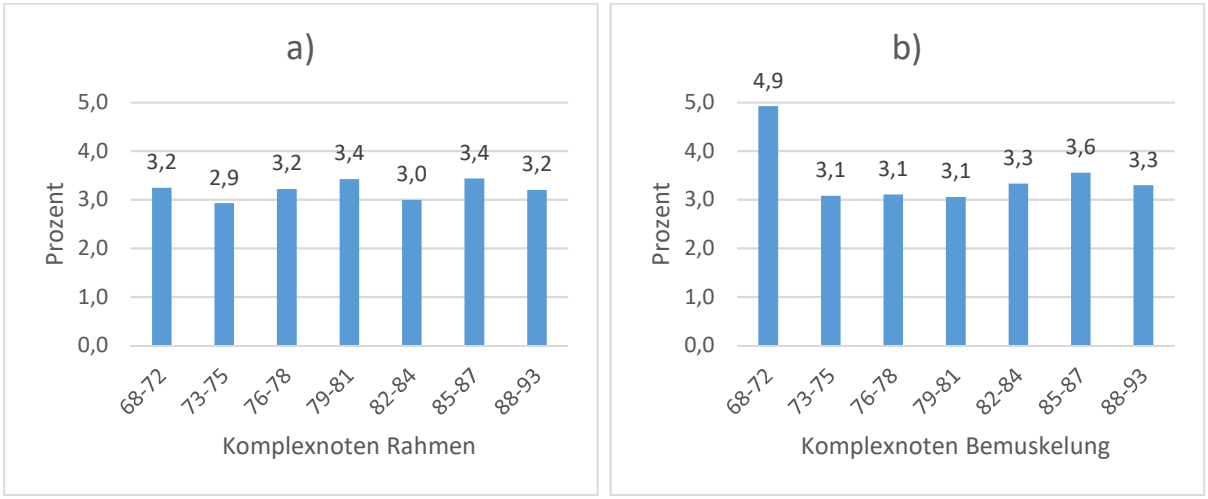


Abbildung 10: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit der Komplexnoten der Rahmenbewertung (a) und der Bemuskelung (b)

Der Rahmen der untersuchten Tiere scheint bei rein deskriptiver Betrachtung kaum einen Einfluss auf die Milchfieberhäufigkeit zu haben. Das höchste Auftreten an Milchfieber mit rund 3,4 % war bei Tieren mit einer Rahmennote von 79 – 81 und 85 – 87 zu verzeichnen. Die niedrigste Milchfieberprävalenz von 2,9 % zeigten Kühe mit einer Rahmen-Komplexnote von 73 – 75. Die Schwankungsbreite ist mit 0,5 % sehr gering und aus Abbildung 10 a) ist keine Tendenz ableitbar.

Ähnlich verhält sich auch das Hauptmerkmal Bemuskelung. Abgesehen von deutlich unterdurchschnittlich bemuskelten Kühen beträgt auch bei diesem Merkmal die Schwankungsbreite nur rund 0,5 % zwischen 85 – 87 (3,6 % Milchfieberprävalenz) und 73 – 81 (3,1 % Milchfieberprävalenz). Deutlich unterdurchschnittlich bemuskelte Kühe mit einer Komplexnote ≤ 72 wiesen mit 4,9 % eine deutlich höhere Milchfieberprävalenz auf. Diese Gruppe ist aber aufgrund des eher geringen Stichprobenumfangs von 406 Beobachtungen (davon 20 positive Milchfieberdiagnosen) in ihrer Aussagekraft limitiert.

4.1.5.2 Kreuzhöhe, Hüftbreite, Rumpftiefe, Mittelhandlänge und Beckenlänge

Die Exterieurmerkmale Kreuzhöhe, Hüftbreite, Rumpftiefe, Mittelhandlänge und Beckenlänge werden in tatsächlich gemessenen Längeneinheiten angegeben. Sie sind somit stark von der Entwicklung, also auch vom Alter des Tieres zum Zeitpunkt der Messung abhängig. Für die deskriptive Auswertung wurden nur jene Beobachtungen herangezogen, welche innerhalb des Interquartilsabstandes des berechneten Alters bei der Exterieurbeurteilung gemessen wurden, d.h. dass die zum Zeitpunkt der Beurteilung jüngsten 25 % und die ältesten 25 % der Kühe nicht in die deskriptive Auswertung einflossen. Konkret wurden also nur Beobachtungen von Beurteilungen ab dem einschließlich 896. Lebenstag (25 % Quartil) bis zum einschließlich 1.064. Lebenstag (75 % Quartil) in die deskriptive Auswertung der fünf oben beschriebenen Körpermaße einbezogen. Die Beobachtungen wurden jeweils in vier Klassen eingeteilt und dann ihren sämtlichen Milchfieberdiagnosen während ihres Daseins als Milchkuh gegenübergestellt.

Die Hüftbreite schwankte im vorliegenden Datensatz von 35 bis 89 cm (40.743 Beobachtungen). Aus Plausibilitätsgründen wurden für die Auswertung nur Beobachtungen herangezogen, welche eine Hüftbreite von 45 bis 70 cm aufwiesen. Es blieben somit 40.560 Beobachtungen für die deskriptive Auswertung übrig.

Beobachtungen mit einer Beckenlänge kleiner 45 cm und größer 65 cm wurden ebenfalls von der deskriptiven Auswertung ausgeschlossen (213 Beobachtungen) wodurch der für die Auswertung verwendete Datensatz aus 40.530 Beobachtungen bestand.

In Tabelle 11 sind die klassifizierten Ausprägungen der jeweiligen Merkmale und die dazugehörigen positiven Milchfieberdiagnosen in absoluten Zahlen für die oben erwähnten Exterieurmerkmale dargestellt. In Abbildung 11 a) bis e) ist die daraus errechnete Milchfieberprävalenz ersichtlich.

Tabelle 11: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die jeweiligen Klassen für Kreuzhöhe (a), Hüftbreiten (b), Rumpftiefe (c), Mittelhandlänge (d) und Beckenlänge (e)

a)

	Kreuzhöhe in cm			
Anzahl Beobachtungen	< 140	140-145	145-150	≥ 150
Gesamt	2.185	8.813	7.845	1.610
Milchfieber	63	338	225	51

b)

	Hüftbreite in cm			
Anzahl Beobachtungen	< 53	53-55	55-57	≥ 57
Gesamt	4.194	5.979	6.405	3.785
Milchfieber	121	177	255	123

c)

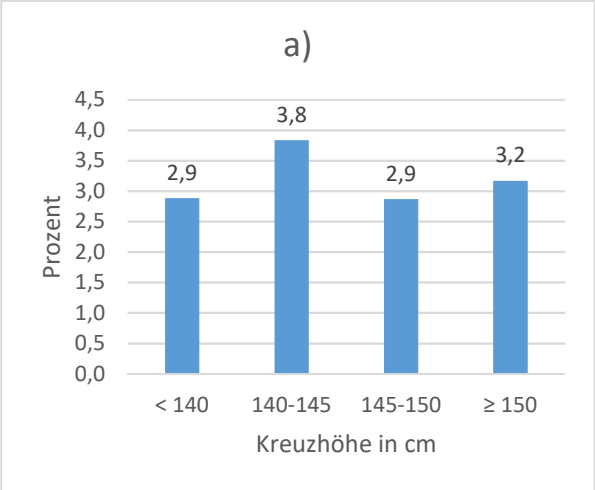
	Rumpftiefe in cm			
Anzahl Beobachtungen	< 78	78-81	81-84	≥ 84
Gesamt	2.967	6.393	6.500	4.593
Milchfieber	101	204	221	151

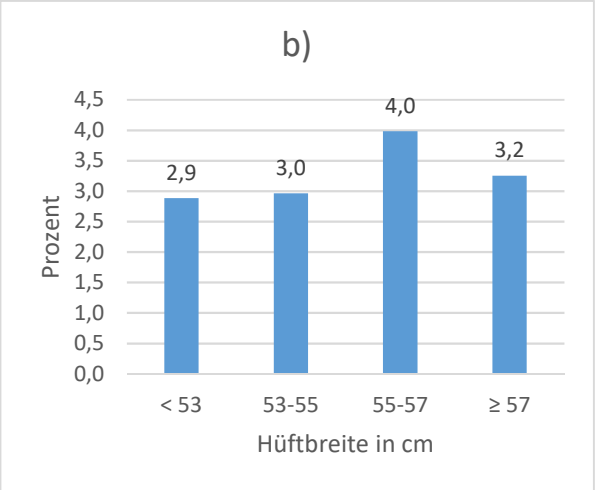
d)

	Mittelhandlänge in cm			
Anzahl Beobachtungen	< 83	83-86	86-89	≥ 89
Gesamt	4.164	5.596	6.288	4.405
Milchfieber	131	166	229	151

e)

	Beckenlänge in cm			
Anzahl Beobachtungen	< 52	52-54	54-56	≥ 56
Gesamt	2.920	5.074	7.070	5.259
Milchfieber	97	178	235	160





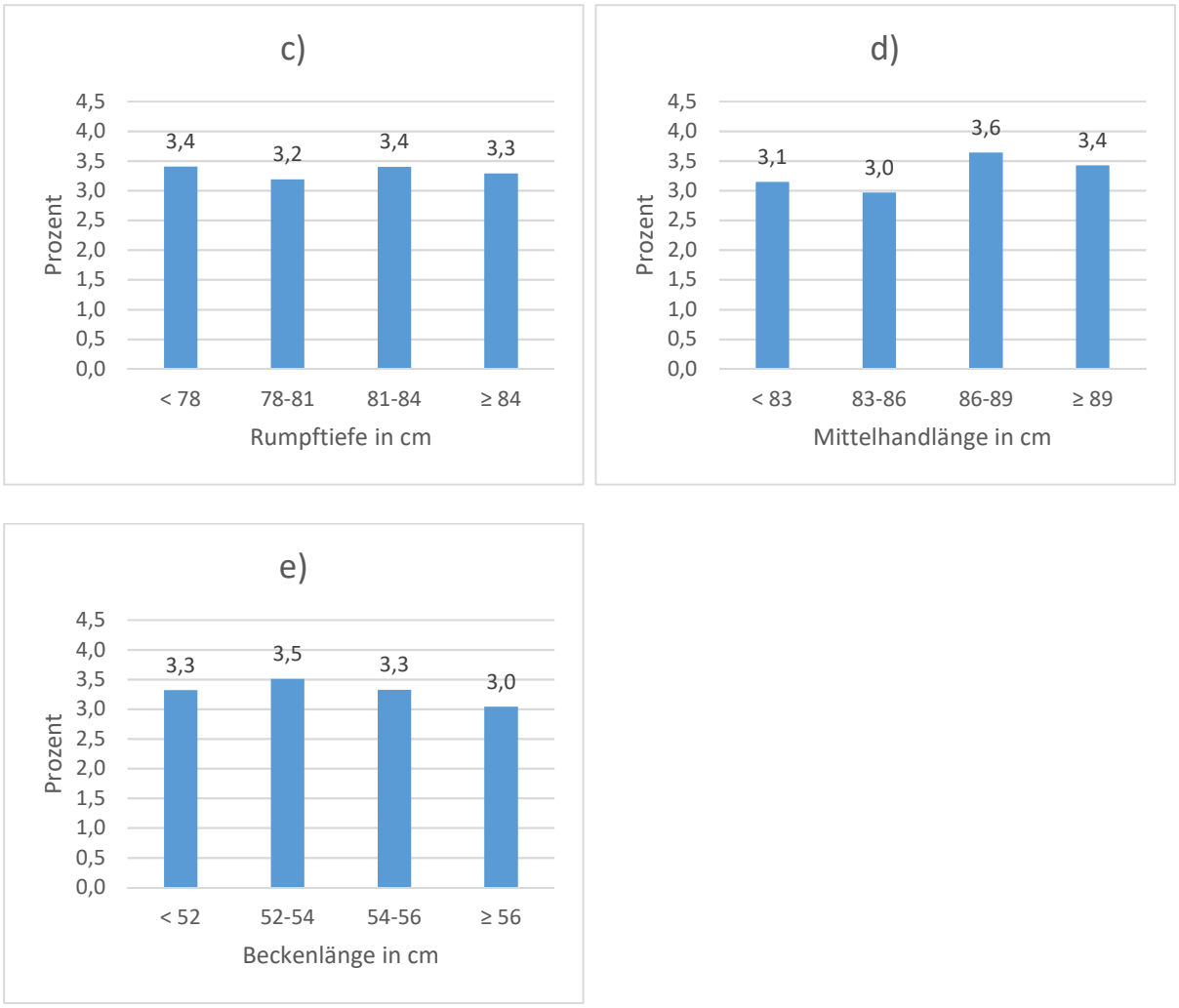


Abbildung 11: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit der Kreuzhöhe (a), der Hüftbreite (b), der Rumpftiefe (c), der Mittelhandlänge (d) und der Beckenlänge (e).

Es ist in keiner der in Abbildung 11 a) bis e) dargestellten Körpermaße eine klare Tendenz erkennbar, dass eine höhere oder eine niedrigere Ausprägung eines Körpermaßes die Anfälligkeit gegenüber Milchfieber erhöhen bzw. verringern würde. Wenn man alle fünf Diagramme betrachtet, weist die Hüftbreite die größte Schwankungsbreite zwischen 2,9 % Milchfieberprävalenz in der Kategorie mit einer Hüftbreite kleiner 53 cm und einer Milchfieberhäufigkeit von 4,0 % in der Klasse 55 – 57 cm Hüftbreite auf. Bis zu 57 cm Hüftbreite ist auch eine Tendenz zu einer steigenden Milchfieberanfälligkeit erkennbar, Tiere mit einer Hüftbreite größer oder gleich 57 cm wiesen jedoch mit 3,2 % wieder eine geringere Milchfieberhäufigkeit auf. Alle anderen Merkmale wiesen geringere Schwankungsbreiten auf und Tendenzen sind aus den Beobachtungen kaum ableitbar.

4.1.5.3 Body Condition Score

BCS-Daten standen nur für 5.258 Beobachtungen zur Verfügung, wovon sämtliche Beurteilungen in der ersten Laktation stattfanden. Bei 78 dieser Tiere wurde dann bei der zweiten Abkalbung Milchfieber diagnostiziert. Es ist zu beachten, dass der Beurteilungszeitpunkt im Durchschnitt rund 255 Tage vor der zweiten Abkalbung lag. Der minimale Abstand war 10 Tage und der maximale Abstand zur Abkalbung betrug 730 Tage.

Die vorliegenden BCS-Daten wurden auf Viertelpunkte gerundet und in fünf Gruppen zusammengefasst. Der Zusammenhang zwischen BCS in der Vorlaktation (bzw. Trockenstehzeit vor der Abkalbung) und dem Milchfieberauftreten ist wieder tabellarisch (Tabelle 12) und grafisch (Abbildung 12) dargestellt.

Tabelle 12: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die jeweiligen BCS-Werte

	BCS-Score				
Anzahl Beobachtungen	≤ 2,25	2,50-2,75	3,00	3,25-3,50	≥ 3,75
Gesamt	311	945	2.989	650	363
Milchfieber	2	8	47	10	11

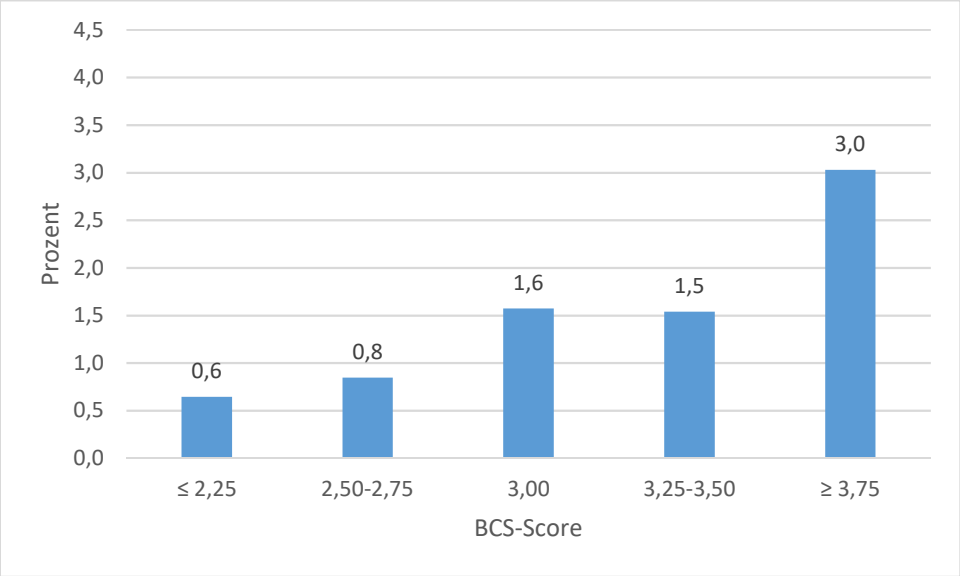


Abbildung 12: Milchfieberprävalenz bei der 2. Laktation in Abhängigkeit der BCS in der 1. Laktation

Laut Abbildung 6 zeigten Kühe in der zweiten Laktation eine Milchfieberprävalenz von ca. 1,6 %. Für Beobachtungen, für die auch BCS-Daten vorlagen, betrug die Milchfieberhäufigkeit rund 1,5 %. Von den 2.989 Kühen mit einem BCS von ca. 3,00 (also mehr als die Hälfte des Stichprobenumfangs für die BCS-Untersuchung) erkrankten ebenfalls ca. 1,6 % an Gebärparese. Magere Kühe erkrankten weniger häufig, während stärker konditionierte mit einem BCS größer 3,75 häufiger

erkrankten. Erstlingskühe mit einem BCS von 3,25 und 3,50 stellten mit einer Milchfieberhäufigkeit von 1,5 % eine Ausnahme von diesem Trend der steigenden Milchfieberprävalenz mit zunehmender Körperkondition dar.

Da nur wenige BCS-Daten vorliegen, diese nur von Erstlingskühen stammen, welche ohnehin ein geringeres Milchfieberrisiko aufweisen (auch noch bei der 2. Abkalbung), und die BCS-Bewertung häufig mehrere Monate vor dem Kalbetermin stattfand und somit relativ wenig Aussagekraft über die Körperkondition bei der Abkalbung haben, wurden die BCS-Daten in die analytische statistische Auswertung nicht miteinbezogen.

4.1.6 Erstkalbealter, Zwischenkalbezeit und Trockenstehzeit

In einem weiteren Schritt wurden aus den vorliegenden Daten das Erstkalbealter, die Zwischenkalbezeit und die Trockenstehzeit berechnet. Das Erstkalbealter wurde als Differenz aus dem Kalbedatum der 1. Geburt und dem Geburtsdatum des Muttertieres selbst errechnet. Es wurde aber nur der Zusammenhang des Erstkalbealters und des Milchfieberauftretens in der 1. Laktation deskriptiv beleuchtet. Es lagen somit 84.405 Beobachtungen vor, wovon in Summe 283 Tiere eine positive Milchfieberdiagnose aufwiesen.

Tabelle 13: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten in der 1. Laktation für das jeweilige Erstkalbealter

	Erstkalbealter in Tagen				
Anzahl Beobachtungen	< 800	800-849	850-899	900-949	≥ 950
Gesamt	14.950	20.446	16.850	11.440	20.501
Milchfieber	65	71	58	29	60

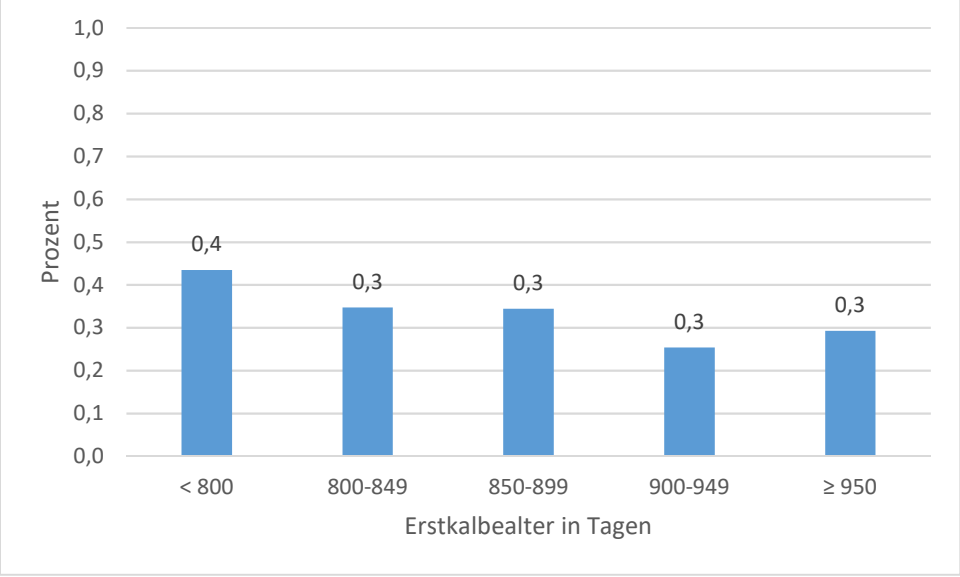


Abbildung 13: Milchfieberprävalenz bei der 1. Abkalbung in Abhängigkeit des Erstkalbealters

Wie in Abbildung 13 erkennbar, ist die Milchfieberprävalenz mit einer Schwankungsbreite zwischen rund 0,3 % bis rund 0,4 % in der ersten Laktation sehr gering. Der Trend würde – bei alleiniger Betrachtung des Erstkalbealters – darauf hindeuten, dass mit zunehmendem Erstkalbealter, die Milchfieberprävalenz in der 1. Laktation leicht sinken würde, wobei die Unterschiede mit 0,1 % marginal sind.

In einem weiteren Schritt wurde die Zwischenkalbezeit und die Trockenstehzeit berechnet. Die Zwischenkalbezeit ist die Differenz aus dem Abkalbedatum der zu untersuchenden Laktation und dem Abkalbedatum der vorangegangenen Laktation. Die Trockenstehzeit ist als fiktive Trockenstehzeit zu sehen. Da das Datum des Beginns der Trockenstehzeit nicht vorliegt wurde vereinfachend das Datum der letzten Milchleistungskontrolle in Milch der Vorlaktation als Zeitpunkt des Trockenstellens angenommen. Gemeinsam mit dem darauffolgenden Abkalbedatum konnte somit die Trockenstehzeit – wenn auch mit Unschärfen – ermittelt werden. Da es für Erstlingskühe keine vorangegangene Trockenstehzeit oder Zwischenkalbezeit gibt, waren nur Beobachtungen ab der 2. Laktation für die Untersuchung dieser beiden Parameter interessant. Für die Zwischenkalbezeit lagen 165.676 Beobachtungen (davon 11.289 positive Milchfieberdiagnosen) vor. Für die Trockenstehzeit waren es 163.424 Beobachtungen (davon 11.193 positive Milchfieberdiagnosen).

Tabelle 14: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die jeweilige Zwischenkalbe- (a) und Trockenstehzeit (b)

a)

	Zwischenkalbezeit in Tagen				
Anzahl Beobachtungen	< 350	350-369	370-389	390-409	≥ 410
Gesamt	51.629	37.876	24.448	16.153	35.570
Milchfieber	2.788	2.525	1.730	1.226	3.020

b)

	Trockenstehzeit in Tagen				
Anzahl Beobachtungen	≤ 56	57-70	71-84	85-98	>98
Gesamt	28.185	43.035	45.049	26.933	20.222
Milchfieber	1.517	2.808	3.232	2.006	1.630

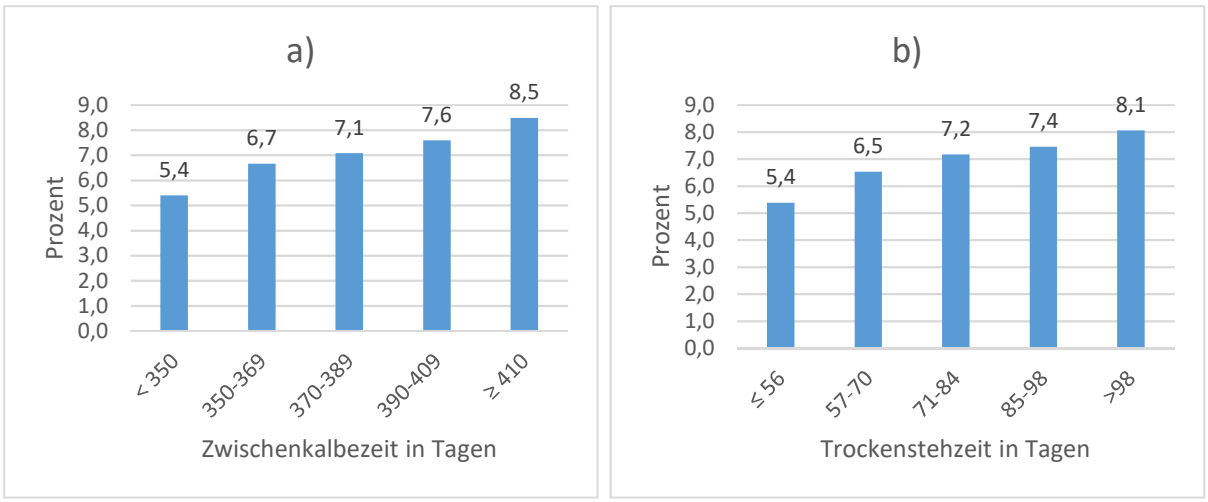


Abbildung 14: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit der Zwischenkalbezeit (a) und der Trockenstehzeit (b)

Wie in den Abbildung 14 ersichtlich, weisen sowohl Zwischenkalbezeit als auch Trockenstehzeit ein ähnliches Bild auf: Je länger die jeweilige Kenngröße dauert, umso höher die Milchfieberprävalenz bei der nächsten Abkalbung. Ob eine Wechselwirkung zwischen den beiden Parametern besteht, wird im statistischen Modell ermittelt.

4.1.7 Umwelteinflüsse

Da in der tierärztlichen Praxis immer wieder von Häufungen des Milchfieberauftretens an gewissen Tagen oder in gewissen Perioden berichtet wird, scheinen auch bestimmte Umwelteinflüsse eine Auswirkung auf das Milchfieberauftreten zu haben. In den folgenden Kapiteln werden daher die Umwelteinflüsse Mondphasen einerseits, und die Tagesdurchschnitts- und Tageshöchsttemperaturen zum Zeitpunkt rund um die Abkalbung andererseits, deskriptiv dargestellt.

4.1.7.1 Mondphasen

In einem ersten Schritt wurde das jeweilige Abkalbedatum dem jeweiligen Tag im Mondzyklus zugewiesen. Konkret wurde berechnet, am wievielten Tag nach dem letzten Vollmond die Abkalbung stattfand, wobei der Vollmondtag der Tag 0 ist. Es wurden dabei nur die Vollmondtage berücksichtigt und nicht die tatsächliche Uhrzeit des Vollmondes (Thorsen, s.a.). In der folgenden Abbildung sind die absoluten Milchfieberhäufigkeiten (also nur die positiven Milchfieberdiagnosen) an den jeweiligen Tagen nach dem vorangegangenen Vollmond dargestellt.

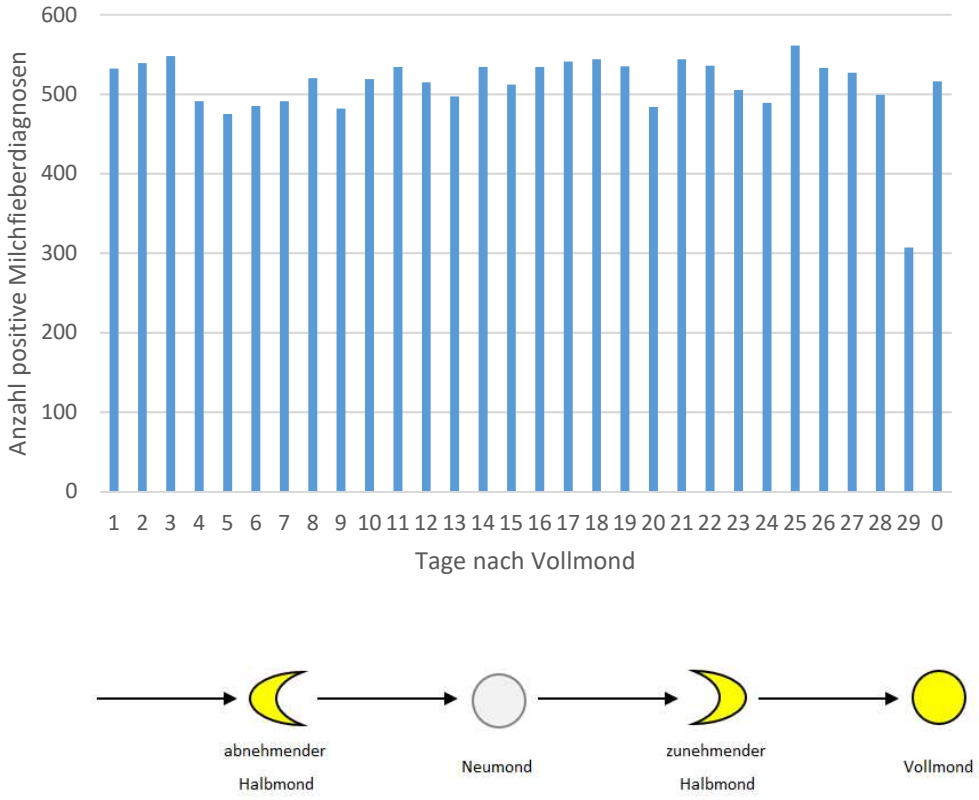


Abbildung 15: Milchfieberdiagnosen in den jeweiligen Mondphasen – absolute Häufigkeiten

Die Dauer von einem Vollmond bis zum nächsten Vollmond beträgt im Durchschnitt 29 Tage, 12 Stunden und 44 Minuten, wobei der für sich einzeln betrachtete Zyklus um mehrere Stunden von diesem Durchschnitt abweichen kann (Burghardt, 2008). In Abbildung 15 ist kein Trend erkennbar, dass in gewissen Mondphasen eine höhere Milchfieberanfälligkeit gegeben wäre. Am 29. Tag nach dem Vollmond waren deutlich weniger positive Milchfieberdiagnosen zu verzeichnen, da dieser Tag rechnerisch nur rund 12 Stunden und 44 Minuten dauerte.

Im nächsten Schnitt wurden die Tage zusammengefasst und annähernd in folgende Mondphasen gruppiert:

- 1. – 8. Tag nach dem Vollmond: am 8. Tag ist ca. abnehmender Halbmond
- 9. – 15. Tag nach dem Vollmond: am 16. Tag ist ca. Neumond
- 16. – 22. Tag nach dem Vollmond: am 22. Tag ist ca. zunehmender Halbmond
- 23. – 30. Tag nach dem Vollmond: am 30. bzw. 0. Tag ist Vollmond

Für diese Mondphasen wurden anschließend die relativen Milchfieberhäufigkeiten berechnet. Die Daten und die daraus berechneten Ergebnisse sind der folgenden Tabelle und Abbildung zu entnehmen.

Tabelle 15: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die Mondphasen

	Tage nach Vollmond			
Anzahl Beobachtungen	1-8	9-15	16-22	23-30
Gesamt	85.954	75.253	75.179	80.909
Milchfieber	4.081	3.593	3.718	3.937

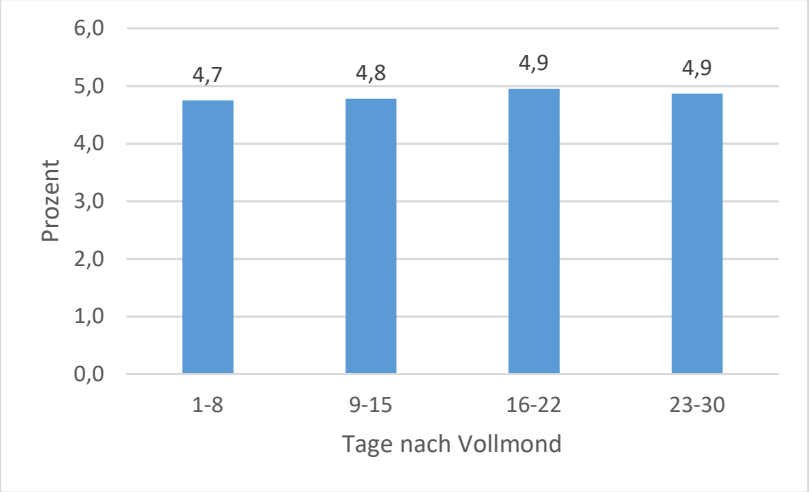


Abbildung 16: Milchfieberdiagnosen in den jeweiligen Mondphasen – relative Häufigkeiten

Wie in Abbildung 16 ersichtlich, war die Milchfieberprävalenz in der Phase zwischen Vollmond und abnehmendem Halbmond mit 4,7 % am geringsten und in der Phase zwischen Neumond und erneutem Vollmond mit 4,9 % am höchsten.

Da die Schwankungsbreite mit 0,2 % sehr gering ist, wird der Einfluss der Mondphase auf das Milchfieberauftreten nicht im statistischen Modell berücksichtigt.

4.1.7.2 Temperatureinflüsse

Bei der Untersuchung eines möglichen Temperatureinflusses auf das Auftreten von Milchfieber wurden die Tagesmittel- und -extremwerte der drei rinderstärksten

Bundesländer Österreichs herangezogen (OÖ, NÖ und Stmk) und daraus ein Mittelwert gebildet. Es wurden die Temperaturdaten am Tag der Abkalbung und an den ersten beiden Tagen nach der Abkalbung ausgewertet, Temperaturgruppen in jeweils 5 °C-Schritten gebildet und dem Milchfieberauftreten gegenübergestellt.

In Abbildung 17 und Abbildung 18 ist jeweils nur ein Wert über den drei Balken einer Temperaturklasse angeführt. Es handelt sich dabei um die Milchfieberprävalenz für die Tagesdurchschnittstemperatur bzw. -extrem-temperatur am 1. Tag nach der Abkalbung. Die Werte für den Tag der Abkalbung und für den 2. Tag nach der Abkalbung sind nicht angeführt. Als thermoneutraler Bereich wurde der Bereich zwischen -5 und 15 °C in Anlehnung an Kaufmann *et al.* (s.a.) (siehe auch Kapitel 2.5.3 Thermoneutrale Zone bei Rindern) angenommen und in den beiden folgenden Abbildungen grau hinterlegt.

4.1.7.2.1 Tagesmitteltemperaturen

Das Milchfieberauftreten in Zusammenhang mit den jeweiligen Tagesdurchschnittstemperaturklassen ist in Tabelle 16 und Abbildung 17 ersichtlich. Die Tabelle zeigt den Stichprobenumfang und die Anzahl der an Gebärparese erkrankten Milchkühe in absoluten Zahlen, die Abbildung zeigt wieder das Milchfieberauftreten in Prozent in den jeweiligen Temperaturklassen im Zeitraum um und nach der Abkalbung.

Tabelle 16: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die verschiedenen Tagesdurchschnittstemperaturklassen

	Temperaturklassen in °C							
Anzahl Beobachtungen	< -5	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	≥ 25
Tag der Abkalbung								
Gesamt	5.419	25.190	60.458	57.274	57.094	60.161	44.046	7.653
Milchfieber	263	1.318	3.127	2.806	2.707	2.799	1.982	327
1. Tag nach der Abkalbung								
Gesamt	5.529	25.004	60.583	57.524	57.446	59.792	43.996	7.421
Milchfieber	264	1.270	3.150	2.830	2.710	2.734	2.052	319
2. Tag nach der Abkalbung								
Gesamt	5.484	24.971	60.947	57.419	57.501	60.040	43.574	7.359
Milchfieber	269	1.276	3.101	2.876	2.740	2.693	2.042	332

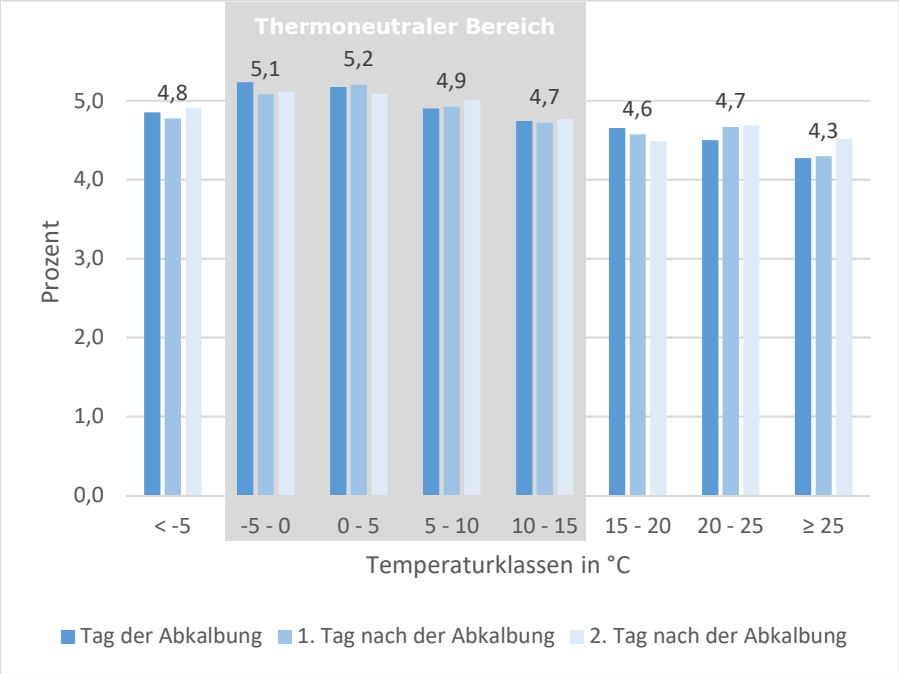


Abbildung 17: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit der Tagesdurchschnittstemperatur

Aus obiger Abbildung ist ersichtlich, dass die Milchfieberprävalenz im thermoneutralen Bereich tendenziell eher höher war als an Tagen, an denen die durchschnittliche Temperatur oberhalb dieses Behaglichkeitsbereichs lag. Insgesamt ist eine Schwankungsbreite zwischen 4,3 % Milchfieberprävalenz bei Tagesdurchschnittstemperaturen ≥ 25 °C und 5,2 % bei 0 bis 5 °C zu verzeichnen.

4.1.7.2.2 Tagestiefst- und -höchsttemperaturen

Nach Vorbild der Vorgehensweise des vorigen Unterkapitels, wurde hier die jeweilige Tageshöchst- oder Tiefsttemperatur im Durchschnitt der drei rinderstärksten Bundesländer ermittelt und dem Milchfieberauftreten gegenübergestellt.

Die Gruppierung und Darstellung wurden in gleicher Weise wie bei der Durchschnittstemperatur vorgenommen. Bei einer Tagesdurchschnittstemperatur ≥ 5 °C wurde für den jeweiligen Tag die Höchsttemperatur ausgewiesen und bei einer Tagesdurchschnittstemperatur < 5 °C wurde die Tagestiefsttemperatur zugeordnet. Die Teilung bei 5 °C wurde vorgenommen, da dieser Wert ca. in der Mitte des thermoneutralen Bereichs liegt.

Tabelle 17: Stichprobenumfang und Milchfieberauftreten für die verschiedenen Tageshöchst- und -tiefsttemperaturklassen

	Temperaturklassen in °C							
Anzahl Beobachtungen	< -5	-5 - 0	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	≥ 25
Tag der Abkalbung								
Gesamt	14.636	52.038	24.393	18.682	44.198	50.077	53.324	59.947
Milchfieber	764	2.676	1.268	942	2.096	2.384	2.459	2.740
1. Tag nach der Abkalbung								
Gesamt	14.543	51.991	24.582	18.901	44.245	50.149	53.345	59.539
Milchfieber	721	2.709	1.254	950	2.144	2.322	2.427	2.802
2. Tag nach der Abkalbung								
Gesamt	14.723	51.739	24.940	18.595	44.620	50.132	53.462	59.084
Milchfieber	742	2.607	1.297	944	2.230	2.309	2.445	2.755

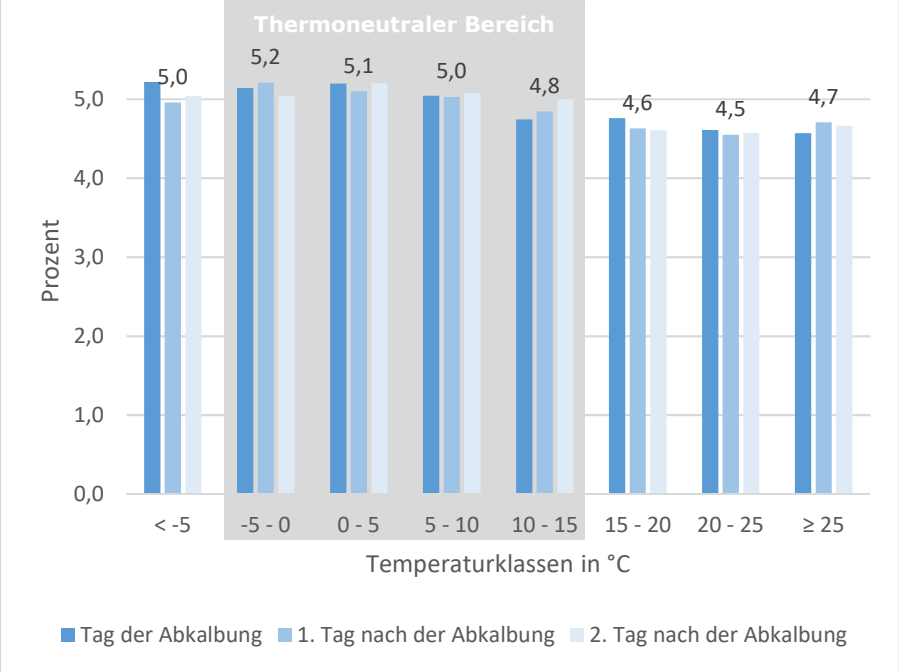


Abbildung 18: Milchfieberprävalenz in Abhängigkeit der Tageshöchst- und -tiefsttemperatur

Auch bei den Temperaturextremwerten zeigt sich kaum eine Tendenz einer Zu- oder Abnahme bei Veränderung der Temperatur. Es ist ähnlich wie im vorangegangenen Abschnitt, dass die Milchfieberprävalenz mit Werten zwischen

4,8 bis 5,2 % relativem Milchfieberauftreten im thermoneutralen Bereich tendenziell leicht höher als bei höheren Temperaturextremwerten ist.

4.2 Analytische Statistik

Nach der Datenaufbereitung und der deskriptiven Beschreibung der vorliegenden Daten bzw. daraus berechneten Kennzahlen wurde für die analytische Statistik die Einschränkung gemacht, dass nur Beobachtungen herangezogen wurden, welche die letzte Milchleistungskontrolle innerhalb von 30 und 120 Tage vor der letzten Abkalbung hatten (nur für die Einzelbeobachtungen der Milchleistungskontrolle, wie oben beschrieben).

Die Einschränkung, wie sie in der Untersuchung von Saborío-Montero et al. (2017) vorgenommen wurde, dass nur jene Betriebe in die statistische Untersuchung einbezogen wurden, welche mindestens fünf Milchfieberfälle (also fünf positive Milchfieberdiagnosen) im Beobachtungszeitraum verzeichnet hatten, wird im Rahmen dieser Arbeit nicht gemacht, weil ohnehin nur validierte Betriebe bzw. validierte Ergebnisse in die Untersuchung einflossen. Es wurde jedoch die Einschränkung getätigt, dass zumindest 100 Datensätze (egal ob positiv oder negativ) im Beobachtungszeitraum von einem Betrieb vorlagen, um eine sinnvolle Klassenbesetzung auch beim Merkmal Betrieb gewährleisten zu können und kleinere Betriebe aus der weiteren Auswertung auszuschließen. Bei knapp 12 Jahren Beobachtungszeitraum entspricht dies durchschnittlich rund 8,3 Beobachtungen (positive oder negative Milchfieberdiagnosen) pro Betrieb und Jahr. Von den 317.295 ursprünglichen Beobachtungen flossen 261.451 in das Analysemodell ein.

Auch wenn auf Basis der deskriptiven Auswertung bereits teilweise erkennbar war, dass gewisse Parameter womöglich keinen Einfluss auf das Milchfieberauftreten haben, wurden dennoch sämtliche deskriptiv dargestellten Parameter als fixer Effekt versuchsweise in die verschiedenen Modelle aufgenommen. Konkret wurden folgende Effekte getestet, aber aufgrund mangelnden Erklärungsmehrwerts (keine bessere Modellgüte und kein signifikanter Einfluss) und/oder aufgrund zu geringen Datenmaterials nicht ins Modell aufgenommen:

- Tagesmilchleistung beim Trockenstellen (= letzte Kontrolle in Milch der Vorlaktation)
- Erstkalbealter (nur bei Beobachtungen der 1. Laktation getestet)
- Komplexnoten Bemuskelung
- Komplexnoten Rahmen

- sämtliche Körpermaße: Kreuzhöhe, Hüftbreite, Rumpftiefe, Mittelhandlänge und Beckenlänge
- BCS-Score (nur bei Beobachtungen der 2. Laktation getestet)
- Vollmondphase
- Temperaturklassen
- Geschlecht Kalb (wurde ausgeschlossen, weil für Mehrlingsgeburten keine ausreichenden Geschlechterdaten vorlagen)

Außerdem wurde noch die Trächtigkeitsdauer als Klasseneffekt getestet (in Kapitel 4.1 nicht deskriptiv dargestellt). Diese wurde aber auch wieder ausgeschieden, weil sie weder einen signifikanten Einfluss hatte noch einen Erklärungsmehrwert lieferte.

Darüber hinaus wurden versuchsweise auch folgende Wechselwirkungen ins Modell aufgenommen und ausgewertet:

- ECM x Zellzahl
- ECM x Zwischenkalbezeit
- ECM x Fettgehalt beim Trockenstellen
- ECM x Eiweißgehalt beim Trockenstellen
- ECM x Milchfieberhintergrund
- KVL x Geschlecht Kalb
- KVL x Lebensstatus Kalb
- KVL x Kalbetyp
- Trockenstehzeit x Zwischenkalbezeit
- Trockenstehzeit x Milchfieberhintergrund

Da diese Wechselwirkungen (mit Ausnahme KVL x Lebensstatus bei der 1. Abkalbung) weder einen signifikanten Einfluss auf die Milchfieberanfälligkeit noch zu einer Verbesserung der Modellgüte führten, wurden sie ebenfalls nicht im finalen Modell berücksichtigt.

Ein weiterer Versuch war die Bildung eines Kombinationseffektes für die Merkmale Kalbeverlauf, Geschlecht des Kalbes und Kalbetyp, wie in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18: Kombinationseffekt aus Kalbeverlauf, Geschlecht des Kalbes und Kalbetyp (9 Klassen)

		Kalbeverlauf		
		1	**2**	**3**
Geschlecht	♂	1	2	3
Kalb	♀	4	5	6
Kalbetyp	**Mehrlinge**	7	8	9

Dadurch sollte erreicht werden, dass etwaige Wechselwirkungen dieser drei Effekte keine Rolle spielen bzw. nichts verfälschen können und nicht so viele verschiedene Effekte ins Modell aufgenommen werden müssen.

Da aber die Besetzung einzelner Klassen dieses Kombinationseffektes (z.B. Klasse 9: Mehrlingsgeburt und Kalbeverlauf 3 - 5) vor allem in der 5. und 6. Laktation sehr gering war und folglich Verzerrungen in der statistischen Auswertung zu befürchten waren, wurde schließlich jeder Parameter für sich im finalen Modell berücksichtigt. Etwaige Wechselwirkungen zwischen den drei Parametern wurden getestet – wie oben beschrieben – aber aufgrund mangelnder Signifikanz und Modellgüte nicht im finalen Modell berücksichtigt.

Schlussendlich wurden, wie schon in Kapitel 0 beschrieben, für die erste Laktation die Effekte Betrieb, Kalbejahr und –monat, Typ, Kalbeverlauf, Lebensstatus und die Wechselwirkung Kalbeverlauf*Lebensstatus im Modell berücksichtigt. Für die zweite und höhere Laktationen gingen dieselben Effekte (ausgenommen die Wechselwirkung) sowie zusätzlich Kalbetyp, Zwischenkalbe- und Trockenstehzeit, Milchfieberhintergrund, ECM-Leistung, Fett- und Eiweißgehalt und Zellzahl ins Modell ein.

Die Klasseneinteilung für die fixen Effekte der Modelle ist in Tabelle 19 dargestellt. Die Klassen wurden im Vergleich zur deskriptiven Darstellung teilweise zusammengefasst bzw. die Klassenbreite erweitert, um eine noch ausreichende Klassenbesetzung auch bei den höheren Laktationen (5. und 6. Laktation) gewährleisten zu können.

Tabelle 19: Klasseneinteilung für die im Modell verwendeten Effekte (die Abkürzungen für die Effekte sind am rechten Tabellenrand der jeweiligen Zeile angeführt)

Effekte im Modell	**mögliche Ausprägung bzw. Klasseneinteilung**						
Kalbejahr							J_j
Klasse	6 - 17						
Ausprägung	2006 - 2017						
Kalbemonat							M_k
Klasse	1 - 12						
Ausprägung	Jänner - Dezember						
Typ							T_l
Klasse	1			2			
Ausprägung	GMON			GMON+ BEOB			
Kalbeverlauf							KVL_m
Klasse	1	2	3+				
Ausprägung	leicht	normal	schwer + Kaiserschnitt + Embryotomie				
Lebensstatus Kalb							L_n
Klasse	0			1			
Ausprägung	lebend geboren			Totgeburt			
Kalbetyp							K_o
Klasse	1		2				
Ausprägung	Einzelgeburt		Mehrlingsgeburt (Zwillinge, Drillinge, Vierlinge)				
Zwischenkalbezeit in Tagen							ZKZ_p
Klasse	1	2	3	4	5		
Ausprägung	< 350	350-369	370-389	390-409	≥ 410		
Trockenstehzeit in Tagen							TSZ_q
Klasse	1	2	3	4	5		
Ausprägung	≤ 56	57-70	71-84	85-98	> 98		
Milchfieberhintergrund							H_r
Klasse	0		1				
Ausprägung	keine Vorerkrankung		bereits mind. einmal Milchfieber diagnostiziert				
Energie-korrigierte Milch in kg (305-Tage, Vorlaktation)							ECM_s
Klasse	1	2	3	4	5	6	
Ausprägung	≤ 6.000	6.001-7.000	7.001-8.000	8.001-9.000	9.001-10.000	> 10.000	
Fettgehalt beim Trockenstellen in % (letzte Kontrolle)							F_t
Klasse	1	2	3	4	5		
Ausprägung	≤ 3,50	3,51-4,00	4,01-4,50	4,51-5,00	> 5,00		
Eiweißgehalt beim Trockenstellen in % (letzte Kontrolle)							E_u
Klasse	1	2	3	4	5		
Ausprägung	≤ 3,25	3,26-3,50	3,51-3,75	3,76-4,00	> 4,00		
Zellzahl (in Tausend)							ZZ_v
Klasse	1	2	3	4	5	6	
Ausprägung	≤ 50	51-100	101-150	151-250	251-450	> 450	

Tabelle 20 zeigt die Effekte, die Freiheitsgrade (FG), den F-Wert, den p-Wert (=Irrtumswahrscheinlichkeit) und das daraus abgeleitete Signifikanzniveau des jeweiligen Effekts auf das Milchfieberauftreten als Ergebnisse der logistischen Analyse mit SAS. Ein p-Wert > 0,05 bedeutet, dass die Irrtumswahrscheinlichkeit

größer als 5 % ist und der betreffende Effekt in diesem Modell keinen signifikanten Einfluss („n.s.“) auf das Milchfieberauftreten zeigte. Ergebnisse, bei denen die Irrtumswahrscheinlichkeit < 5 % und ≥ 1 % sind wurden mit „*“ (= signifikant) gekennzeichnet. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit < 1 % und ≥ 0,1 % wurden „**“ (= hoch signifikant) und bei einer sehr geringen Irrtumswahrscheinlichkeit von < 0,1 % wurden „***“ (= höchst signifikant) angeführt.

In Tabelle 21 (Seite 64 ff) sind die relativen Wahrscheinlichkeiten für Milchfieberauftreten für die Klassen der jeweiligen Effekte dargestellt. Dadurch soll dargestellt werden, welchen Einfluss eine Ausprägung (Klasse) eines Effekts auf das Milchfieberauftreten unter Konstanthaltung der anderen Effekte (Typ-3-Analyse) hat. Zusätzlich sind die Odds Ratios (OR) inkl. ihrer 95 %-Konfidenzintervalle (KI) angeführt (UG = Untere Grenze des Konfidenzintervalls, OG = Obere Grenze des Konfidenzintervalls). Die Klassen der Effekte sind grundsätzlich in absteigender Reihenfolge ihres Einflusses auf Milchfieber beim ersten signifikanten Einfluss und/oder nach ihrer logischen Abfolge gereiht (z.B. ECM-Leistung: Reihung beginnend mit höchster Leistungsklasse, weil diese einen stärkeren Einfluss auf Milchfieber zeigte). Als Referenz wurde die Klasse mit der geringsten Wahrscheinlichkeit für Milchfieberauftreten gewählt (immer der unterste Wert). Diese Klasse diente jeweils als Referenzwert und erhielt die Zahl 1. Alle anderen Odds Ratios innerhalb derselben Kategorie beziehen sich entsprechend auf diesen Referenzwert. Die Reihung und der Referenzwert wurden für alle weiteren Laktationen in der gleichen Form beibehalten. Für signifikante Effekte wurden zusätzlich paarweise Vergleiche („Statistische Unterschiede“) angestellt und mit Buchstaben gekennzeichnet (gleicher Buchstabe = kein signifikanter Unterschied; α=0,05).

Für nicht signifikante Effekte wurden ebenfalls relative Wahrscheinlichkeiten und Odds Ratios geschätzt, jedoch ohne Durchführung von paarweisen Vergleichen. Diese Schätzwerte sind in grauer Schriftfarbe angeführt und dienen dazu, etwaige Tendenzen noch besser interpretieren zu können.

Tabelle 20: Effekte der jeweiligen Modelle für die ersten sechs Laktationen mit den Freiheitsgraden, F-Werten, p-Werten und den Signifikanzen nach Prozedur GLIMMIX

1. Laktation	Anzahl verwendeter Beobachtungen: 63.308					
	J_j	M_k	T_l	KVL_m	L_n	KVL_m* L_n
FG	11	11	1	2	1	2
F-Statistik	0,89	1,39	1,50	16,32	59,14	3,49
p-Wert	0,5449	0,1681	0,2211	< 0,0001	< 0,0001	0,0304
Signifikanz	n.s.	n.s.	n.s.	***	***	*

2. Laktation	Anzahl verwendeter Beobachtungen: 37.365												
	J_j	M_k	T_l	KVL_m	L_n	K_o	ZKZ_q	TSZ_r	H_s	ECM_t	F_u	E_v	ZZ_w
FG	10	11	1	2	1	1	4	4	1	5	4	4	5
F-Statistik	1,06	3,1	4,31	21,63	12,04	9,76	8,42	1,14	0,59	6,4	2,1	1,14	0,6
p-Wert	0,3923	0,0003	0,0379	< 0,0001	0,0005	0,0018	< 0,0001	0,3346	0,4441	< 0,0001	0,0779	0,3334	0,7013
Signifikanz	n.s.	***	*	***	***	**	***	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.

3. Laktation	Anzahl verwendeter Beobachtungen: 30.458												
	J_j	M_k	T_l	KVL_m	L_n	K_o	ZKZ_q	TSZ_r	H_s	ECM_t	F_u	E_v	ZZ_w
FG	10	11	1	2	1	1	4	4	1	5	4	4	5
F-Statistik	1,43	0,46	9,54	40,04	5,26	1,84	2,53	1,21	78,02	21,97	5,94	4,25	1,15
p-Wert	0,1608	0,9279	0,002	< 0,0001	0,0218	0,1753	0,0383	0,3044	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0019	0,3295
Signifikanz	n.s.	n.s.	**	***	*	n.s.	*	n.s.	***	***	***	**	n.s.

4. Laktation	Anzahl verwendeter Beobachtungen: 23.357												
	J_j	M_k	T_l	KVL_m	L_n	K_o	ZKZ_q	TSZ_r	H_s	ECM_t	F_u	E_v	ZZ_w
FG	10	11	1	2	1	1	4	4	1	5	4	4	5
F-Statistik	1,1	2,08	8,96	22,75	0,19	5,58	0,34	5,71	186,51	25,05	4,69	4,04	3,59
p-Wert	0,3597	0,0185	0,0028	< 0,0001	0,6651	0,0182	0,8509	0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0009	0,0028	0,003
Signifikanz	n.s.	*	**	***	n.s.	*	n.s.	***	***	***	***	**	**

5. Laktation	Anzahl verwendeter Beobachtungen: 16.929												
	J_j	M_k	T_l	KVL_m	L_n	K_o	ZKZ_q	TSZ_r	H_s	ECM_t	F_u	E_v	ZZ_w
FG	10	11	1	2	1	1	4	4	1	5	4	4	5
F-Statistik	0,77	1,35	9,88	37,65	0,93	6,11	1,17	2,23	389,54	9,93	1,59	3,73	1,29
p-Wert	0,6586	0,1891	0,0017	< 0,0001	0,3345	0,0134	0,3208	0,0631	< 0,0001	< 0,0001	0,1745	0,0049	0,267
Signifikanz	n.s.	n.s.	**	***	n.s.	*	n.s.	n.s.	***	***	n.s.	**	n.s.

6. Laktation	Anzahl verwendeter Beobachtungen: 11.046												
	J_j	M_k	T_l	KVL_m	L_n	K_o	ZKZ_q	TSZ_r	H_s	ECM_t	F_u	E_v	ZZ_w
FG	10	11	1	2	1	1	4	4	1	5	4	4	5
F-Statistik	1,79	1,24	11,91	24,13	0,18	7,9	1,76	0,74	337,81	3,97	1,78	2,37	0,84
p-Wert	0,0572	0,2562	0,0006	< 0,0001	0,6756	0,0049	0,1345	0,5618	< 0,0001	0,0013	0,129	0,0498	0,5233
Signifikanz	n.s.	n.s.	***	***	n.s.	**	n.s.	n.s.	***	**	n.s.	*	n.s.

Tabelle 21: Relative Wahrscheinlichkeiten, Odds Ratios inkl. der 95 %-Konfidenzintervalle für 12 signifikante Effekte jeweils für die sechs Laktationen; unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb Laktation und Effekt bedeuten signifikant unterschiedlich (p < 0,05, Tukey-Kramer Test)

Kategorie Risikofaktoren	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI		Statistische Unter-schiede	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI		Statistische Unter-schiede	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI		Statistische Unter-schiede
			UG	OG				UG	OG				UG	OG	
Kalbemonat	1. Laktation					2. Laktation					3. Laktation				
Dezember	0,0008	1,24	0,59	2,61		0,0419	0,82	0,56	1,20	cd	0,1052	0,95	0,73	1,24	
November	0,0007	1,12	0,53	2,38		0,0258	0,49	0,32	0,77	ab	0,0978	0,87	0,66	1,15	
Oktober	0,0009	1,42	0,69	2,94		0,0176	0,33	0,20	0,56	a	0,1102	1,00	0,76	1,31	
September	0,0007	1,10	0,52	2,34		0,0327	0,63	0,41	0,97	bc	0,1056	0,95	0,72	1,26	
August	0,0014	2,15	1,09	4,23		0,0409	0,79	0,53	1,19	cd	0,1154	1,05	0,80	1,38	
Juli	0,0008	1,25	0,56	2,78		0,0313	0,60	0,38	0,94	bc	0,1061	0,96	0,72	1,27	
Juni	0,0012	1,89	0,90	3,95		0,0509	1,00	0,67	1,49	d	0,0956	0,85	0,63	1,15	
Mai	0,0014	2,19	1,06	4,49		0,0369	0,71	0,46	1,12	bcd	0,1076	0,97	0,72	1,30	
April	0,0013	1,94	0,93	4,05		0,0462	0,90	0,60	1,37	cd	0,1170	1,07	0,79	1,43	
März	0,0007	1,02	0,45	2,30		0,0300	0,58	0,37	0,91	abc	0,1135	1,03	0,78	1,37	
Februar	0,0011	1,75	0,86	3,56		0,0459	0,90	0,60	1,34	cd	0,1007	0,90	0,67	1,21	
Jänner	0,0007	1				0,0509	1			d	0,1104	1			
	4. Laktation					5. Laktation					6. Laktation				
Dezember	0,1200	0,96	0,78	1,19	bc	0,1940	0,93	0,75	1,15		0,1519	0,98	0,75	1,28	
November	0,0989	0,77	0,62	0,96	a	0,1673	0,78	0,62	0,97		0,1371	0,87	0,66	1,15	
Oktober	0,1116	0,89	0,71	1,10	abc	0,1965	0,94	0,75	1,18		0,1438	0,92	0,70	1,21	
September	0,1021	0,80	0,64	1,01	ab	0,1787	0,84	0,67	1,06		0,1561	1,01	0,77	1,34	
August	0,0927	0,72	0,57	0,91	a	0,1781	0,84	0,66	1,05		0,1245	0,78	0,59	1,04	
Juli	0,1017	0,80	0,64	1,00	ab	0,1549	0,71	0,56	0,90		0,1497	0,97	0,73	1,28	
Juni	0,1099	0,87	0,69	1,09	abc	0,1700	0,79	0,62	1,00		0,1195	0,74	0,55	1,01	
Mai	0,1005	0,79	0,62	1,01	ab	0,1654	0,76	0,60	0,98		0,1251	0,78	0,58	1,06	
April	0,1109	0,88	0,69	1,12	abc	0,1797	0,84	0,65	1,09		0,1527	0,99	0,73	1,33	
März	0,1300	1,05	0,84	1,32	c	0,1862	0,88	0,70	1,12		0,1443	0,93	0,69	1,24	
Februar	0,1264	1,02	0,82	1,27	c	0,1841	0,87	0,68	1,11		0,1669	1,10	0,82	1,47	
Jänner	0,1243	1			bc	0,2060	1				0,1543	1			

Kategorie Risikofaktoren	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede
Typ	1. Laktation					2. Laktation					3. Laktation				
GMON+BEOB	0,0012	1,51	2,90	0,79		0,0459	1,65	1,03	2,64	b	0,1288	1,53	1,17	1,99	b
GMON	0,0008	1				0,0284	1			a	0,0884	1			a
	4. Laktation					5. Laktation					6. Laktation				
GMON+BEOB	0,1277	1,40	1,12	1,74	b	0,2092	1,46	1,15	1,85	b	0,1753	1,62	1,23	2,12	b
GMON	0,0948	1			a	0,1535	1			a	0,1162	1			a
Kalbeverlauf	1. Laktation					2. Laktation					3. Laktation				
3 +	0,0020	4,04	2,46	6,63	c	0,0759	3,81	2,52	5,75	c	0,2021	3,51	2,64	4,68	c
2	0,0008	1,67	1,06	2,62	b	0,0288	1,38	1,13	1,68	b	0,0859	1,30	1,15	1,47	b
1	0,0005	1			a	0,0211				a	0,0672	1			a
	4. Laktation					5. Laktation					6. Laktation				
3 +	0,1622	2,20	1,67	2,89	c	0,2902	2,93	2,23	3,84	c	0,2383	2,89	2,09	4,00	c
2	0,1003	1,27	1,15	1,40	b	0,1554	1,32	1,19	1,46	b	0,1213	1,28	1,13	1,44	b
1	0,0809	1			a	0,1225	1			a	0,0977	1			a
Lebensstatus Kalb	1. Laktation					2. Laktation					3. Laktation				
Totgeburt	0,0020	4,25	2,94	6,14	b	0,0453	1,60	1,19	2,15	b	0,1250	1,42	1,05	1,92	b
lebend geboren	0,0005	1			a	0,0288	1			a	0,0912	1			a
	4. Laktation					5. Laktation					6. Laktation				
Totgeburt	0,1133	1,06	0,81	1,41		0,1903	1,15	0,86	1,53		0,1389	0,93	0,67	1,30	
lebend geboren	0,1072	1				0,1695	1				0,1477	1			
Kalbetyp	1. Laktation					2. Laktation					3. Laktation				
Mehrlingsgeburt						0,0453	1,60	1,19	2,15	b	0,1135	1,14	0,94	1,39	
Einzelgeburt						0,0288	1			a	0,1007	1			
	4. Laktation					5. Laktation					6. Laktation				
Mehrlingsgeburt	0,1001	0,81	0,68	0,96	a	0,1627	0,79	0,65	0,95	a	0,1239	0,72	0,57	0,90	a
Einzelgeburt	0,1211	1			b	0,1980	1			b	0,1651	1			b

Kategorie Risikofaktoren	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede
Zwischenkalbezeit	1. Laktation					2. Laktation					3. Laktation				
≥ 410						0,0541	2,08	1,59	2,72	c	0,1254	1,24	1,05	1,47	b
390-409						0,0391	1,48	1,04	2,10	b	0,0973	0,93	0,75	1,17	a
370-389						0,0366	1,38	1,01	1,88	b	0,1076	1,04	0,87	1,26	ab
350-369						0,0294	1,10	0,83	1,47	ab	0,1026	0,99	0,84	1,16	a
< 350						0,0268	1			a	0,1035	1			a
	4. Laktation					5. Laktation					6. Laktation				
≥ 410	0,1103	1,03	0,89	1,19		0,1945	1,08	0,93	1,25		0,1441	1,15	0,96	1,38	
390-409	0,1155	1,08	0,91	1,28		0,1693	0,91	0,76	1,09		0,1449	1,16	0,94	1,44	
370-389	0,1113	1,04	0,89	1,20		0,1757	0,95	0,81	1,12		0,1464	1,18	0,97	1,42	
350-369	0,1063	0,98	0,86	1,12		0,1768	0,96	0,84	1,10		0,1547	1,25	1,06	1,49	
< 350	0,1078	1				0,1828	1				0,1273	1			
Trockenstehzeit	1. Laktation					2. Laktation					3. Laktation				
>98						0,0381	1,16	0,74	1,82		0,1041	1,04	0,80	1,35	
85-98						0,0430	1,32	0,95	1,82		0,1130	1,14	0,93	1,40	
71-84						0,0328	0,99	0,74	1,33		0,1153	1,16	0,97	1,39	
57-70						0,0346	1,05	0,79	1,39		0,1022	1,02	0,85	1,22	
≤ 56						0,0330	1				0,1007	1			
	4. Laktation					5. Laktation					6. Laktation				
>98	0,1233	1,43	1,16	1,77	cd	0,1965	1,29	1,05	1,60		0,1512	1,20	0,93	1,55	
85-98	0,1086	1,24	1,04	1,48	bc	0,1811	1,17	0,98	1,40		0,1494	1,19	0,96	1,47	
71-84	0,1232	1,43	1,23	1,67	d	0,1898	1,24	1,05	1,46		0,1426	1,12	0,92	1,37	
57-70	0,1097	1,26	1,07	1,47	bc	0,1738	1,11	0,94	1,31		0,1448	1,14	0,94	1,39	
≤ 56	0,0894	1			a	0,1590	1				0,1291	1			

Kategorie Risikofaktoren	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede
Milchfieberhintergrund	1. Laktation					2. Laktation					3. Laktation				
ja						0,0478	1,80	0,40	8,03		0,1951	4,10	3,00	5,61	b
nein						0,0272	1				0,0558	1			a
	4. Laktation					5. Laktation					6. Laktation				
ja	0,1790	3,10	2,63	3,64	b	0,2928	3,57	3,15	4,05	b	0,2377	3,48	3,05	3,98	b
nein	0,0657	1			a	0,1038	1			a	0,0823	1			a
ECM-Leistung (305 Tage)	1. Laktation					2. Laktation					3. Laktation				
> 10.000						0,0576	2,58	1,53	4,34	c	0,1790	3,29	2,46	4,41	e
9.001-10.000						0,0477	2,11	1,42	3,15	bc	0,1463	2,59	1,94	3,45	d
8.001-9.000						0,0422	1,86	1,33	2,60	bc	0,1077	1,82	1,38	2,42	c
7.001-8.000						0,0348	1,52	1,11	2,09	b	0,0883	1,46	1,10	1,94	b
6.001-7.000						0,0234	1,01	0,73	1,41	a	0,0924	1,54	1,15	2,05	bc
≤ 6.000						0,0232	1			a	0,0621	1			a
	4. Laktation					5. Laktation					6. Laktation				
> 10.000	0,1697	3,07	2,32	4,06	e	0,2345	1,96	1,51	2,56	c	0,1704	1,60	1,19	2,15	b
9.001-10.000	0,1525	2,70	2,05	3,57	e	0,2063	1,66	1,28	2,17	b	0,1653	1,54	1,15	2,08	b
8.001-9.000	0,1244	2,13	1,62	2,81	d	0,1940	1,54	1,19	2,00	b	0,1566	1,45	1,09	1,93	b
7.001-8.000	0,1025	1,72	1,30	2,27	c	0,1836	1,44	1,11	1,87	b	0,1337	1,20	0,90	1,61	a
6.001-7.000	0,0833	1,37	1,02	1,84	b	0,1410	1,05	0,79	1,39	a	0,1275	1,14	0,84	1,55	a
≤ 6.000	0,0624	1			a	0,1351	1			a	0,1136	1			a

Kategorie Risikofaktoren	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede
Fettgehalt beim Trockenstellen	1. Laktation					2. Laktation					3. Laktation				
≤ 3,50						0,0449	1,50	0,82	2,71		0,1139	1,32	0,96	1,82	abc
3,51-4,00						0,0459	1,53	1,09	2,14		0,1113	1,29	1,04	1,61	bc
4,01-4,50						0,0324	1,07	0,82	1,39		0,1246	1,47	1,25	1,72	c
4,50-5,00						0,0300	0,98	0,77	1,25		0,0995	1,14	0,98	1,33	ab
> 5,00						0,0305	1				0,0885	1			a
	4. Laktation					5. Laktation					6. Laktation				
≤ 3,50	0,1024	1,07	0,83	1,39	abc	0,1984	1,27	1,00	1,61		0,1644	1,24	0,93	1,64	
3,51-4,00	0,1286	1,39	1,17	1,64	c	0,1892	1,20	1,01	1,42		0,1231	0,88	0,71	1,09	
4,01-4,50	0,1169	1,25	1,09	1,42	bc	0,1748	1,09	0,95	1,25		0,1498	1,11	0,94	1,30	
4,50-5,00	0,1095	1,16	1,02	1,31	b	0,1744	1,08	0,95	1,23		0,1443	1,06	0,91	1,24	
> 5,00	0,0961	1			a	0,1632	1				0,1373	1			
Eiweißgehalt beim Trockenstellen	1. Laktation					2. Laktation					3. Laktation				
> 4,00						0,0421	1,71	0,94	3,13		0,1287	1,41	0,89	2,21	b
3,76-4,00						0,0422	1,72	0,95	3,11		0,1159	1,25	0,79	1,96	b
3,51-3,75						0,0408	1,66	0,92	2,99		0,0930	0,98	0,62	1,55	a
3,26-3,50						0,0338	1,36	0,73	2,53		0,1054	1,12	0,69	1,82	ab
≤ 3,25						0,0250	1				0,0951	1			ab
	4. Laktation					5. Laktation					6. Laktation				
> 4,00	0,1290	1,27	0,88	1,83	b	0,2137	1,56	1,06	2,28	b	0,1600	1,52	0,97	2,38	bc
3,76-4,00	0,1191	1,16	0,80	1,67	b	0,1891	1,34	0,91	1,96	a	0,1575	1,49	0,95	2,33	bc
3,51-3,75	0,1038	0,99	0,69	1,43	a	0,1839	1,29	0,88	1,89	a	0,1666	1,59	1,02	2,50	c
3,26-3,50	0,0971	0,92	0,62	1,36	a	0,1682	1,16	0,77	1,74	a	0,1276	1,17	0,73	1,87	a
≤ 3,25	0,1046	1			ab	0,1486	1			a	0,1115	1			ab

Kategorie Risikofaktoren	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede	relative Wahrschein-lichkeit	OR	95 % KI UG	95 % KI OG	Statistische Unter-schiede
Zellzahl (in Tausend)	1. Laktation					2. Laktation					3. Laktation				
> 450						0,0406	1,26	0,79	2,00		0,1183	1,26	0,99	1,61	
251-450						0,0399	1,24	0,85	1,81		0,1148	1,22	0,98	1,52	
151-250						0,0313	0,96	0,69	1,34		0,1092	1,15	0,95	1,40	
101-150						0,0375	1,16	0,86	1,56		0,0997	1,04	0,86	1,26	
51-100						0,0359	1,11	0,88	1,40		0,1048	1,10	0,93	1,30	
≤ 50						0,0325	1				0,0962	1			
	4. Laktation					5. Laktation					6. Laktation				
> 450	0,1235	1,28	1,05	1,55	bc	0,1693	0,97	0,79	1,19		0,1271	0,84	0,66	1,08	
251-450	0,1116	1,14	0,95	1,37	abc	0,1984	1,18	0,97	1,43		0,1519	1,04	0,82	1,31	
151-250	0,1244	1,29	1,10	1,52	c	0,1806	1,05	0,87	1,26		0,1445	0,98	0,78	1,23	
101-150	0,1052	1,07	0,90	1,27	ab	0,1843	1,08	0,89	1,30		0,1456	0,99	0,78	1,24	
51-100	0,0996	1,00	0,86	1,17	a	0,1730	1,00	0,83	1,19		0,1442	0,98	0,78	1,22	
≤ 50	0,0993	1			a	0,1735	1				0,1472	1			

Wie in Tabelle 20 ersichtlich, zeigten alle Effekte – mit Ausnahme des Jahreseffekts – zumindest in einer der Laktationen einen signifikanten Einfluss auf das Milchfieberauftreten und stellten somit mit einer Irrtums-wahrscheinlichkeit von < 5 % zumindest in einem gewissen Lebensabschnitt der österreichischen Fleckviehkühe einen Risikofaktor für diese Stoffwechselstörung dar. Besonders auffällig waren der Kalbeverlauf, die ECM-Leistung (der Vorlaktation) und der Milchfieberhintergrund. Die ersteren beiden zeigten in sämtlichen Laktationen einen höchst signifikanten Einfluss auf das Milchfieberauftreten. Der Milchfieberhintergrund zeigte ab der 3. Laktation ebenfalls einen höchst signifikanten Einfluss auf das Auftreten der Gebärparese.

Für das Kalbejahr wurden keine relativen Wahrscheinlichkeiten und Odds Ratios dargestellt, weil es in keiner der sechs Laktationen einen signifikanten Einfluss auf die Milchfieberanfälligkeit zeigte.

Betrachtet man die in

Tabelle 21 angeführten relativen Wahrscheinlichkeiten eines Effekts und vergleicht sie mit den anderen Laktationen, so ist auch bei der analytischen Statistik, wie schon in Abbildung 6 deskriptiv dargestellt, der klare Trend erkennbar, dass das Milchfieberrisiko mit zunehmendem Alter (zumindest bis zur 5. Laktation) stieg. Als Beispiel sei an dieser Stelle die ECM-Leistung (Vorlaktation) angeführt: Eine Kuh, welche in der 1. Laktation über 10.000 kg ECM gegeben hatte, hatte ein relatives Risiko von 5,76 % bei der 2. Abkalbung an Milchfieber zu erkranken. Eine Fleckviehkuh, welche in der 5. Laktation mehr als 10.000 kg ECM produziert hatte, erkrankte unter Konstanthaltung der jeweils anderen Effekte mit einer relativen Wahrscheinlichkeit von 17,04 % bei der 6. Abkalbung an Gebärparese. Die Odds Ratios beschreiben die Stärke des Zusammenhangs. Das Odds Ratio von 1,60 (6. Abkalbung, > 10.000 kg ECM) sagt aus, dass die Chance an Milchfieber zu erkranken bei Kühen, die in der 5. Laktation mehr als 10.000 kg ECM produziert hatten, unter Konstanthaltung aller anderen Effekte 1,6-mal so hoch war wie bei Kühen, die in der 5. Laktation 6.000 oder weniger Milch gegeben hatten. Der 95-prozentige Schwankungsbereich lag dabei zwischen 1,19 und 2,15.

Der Einfluss der signifikanten Effekte wird nun der Reihe nach ihrer Abfolge im Modell kurz erläutert:

Der Kalbemonat erwies sich bei Kühen in der 2. Laktation und bei Abkalbungen zu Beginn der 4. Laktation als höchst signifikanter bzw. signifikanter Risikofaktor für Milchfieber. Während Kühe bei der 2. Abkalbung im Oktober die geringste Wahrscheinlichkeit (1,76 %) aufwiesen, war sie im Juni und Jänner jeweils mit 5,09 % knapp dreimal so hoch. In der 4. Laktation war die relative Wahrscheinlichkeit mit 9,27 % für Abkalbungen im August am geringsten und mit 13,00 % im März am höchsten. Eine Tendenz, dass gewisse Jahreszeiten oder Monate das Milchfieberauftreten begünstigen würden, ließ sich aus den vorliegenden Daten nicht ableiten, weshalb die Monate in chronologisch absteigender Reihenfolge gereiht wurden und der Jänner als Referenzmonat für die Berechnung der Odds Ratios herangezogen wurde.

Der Typ der Erfassung zeigte – mit Ausnahme der 1. Laktation – einen zumindest signifikanten Einfluss auf die positive Milchfieberdiagnose. Erfolgte die Diagnoseerfassung nur im Rahmen des Gesundmonitorings Rind, zeigten sich niedrigere Milchfieberprävalenzen als wenn auch die geburtsnahen Beobachtungen (zusätzlich zum Gesundheitsmonitoring) berücksichtigt wurden.

Der Kalbeverlauf scheint ein besonders starker Einflussfaktor auf Milchfieber zu sein. Der Effekt war in jedem Modell hoch signifikant und die geschätzten Odds Ratios zwischen Kalbeverlauf 1 und Kalbeverlauf 3+ (= schwerer Kalbeverlauf, Kaiserschnitt oder Embryotomie) schwankten zwischen 2,20 und 4,04, was einen relativ starken Einfluss des Kalbeverlaufs auf Milchfieber bedeutet. Je schwerer der Geburtsverlauf war, umso höher war die Wahrscheinlichkeit an Milchfieber zu erkranken.

Der Lebensstatus des Kalbes zeigte vor allem bei jungen Kühen einen Einfluss auf die Milchfieberanfälligkeit. Mit zunehmender Laktationszahl sanken die Odds Ratios und eine Totgeburt hatte dann eine geringere Auswirkung auf das Milchfieberauftreten. Beim Modell der 6. Laktation war tendenziell sogar ein geringeres Milchfieberrisiko zu erkennen, wenn das Kalb tot anstatt lebend zur Welt kam. Dies ist jedoch nicht statistisch abgesichert. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang auch, dass es eine Wechselwirkung zwischen Lebensstatus des Kalbes und dem Kalbeverlauf im Modell der 1. Laktation gab, welche folgendes Bild zeigte: Bei Kalbeverlauf-Code 3 oder größer und gleichzeitiger Totgeburt des Kalbes war das relative Risiko mit 3,78 % an Milchfieber zu erkranken am höchsten. Dementgegen war es bei Kalbeverlauf und Lebendgeburt mit 0,27 % am

geringsten. Das Odds Ratio zwischen diesen beiden Extrema betrug 13,62 (95 % Konfidenzintervall: 7,63 – 24,32). Die anderen Ausprägungen der Wechselwirkung lagen entsprechend dazwischen.

Der Kalbetyp wurde auch als Risikofaktor für Milchfieber identifiziert. Er zeigt jedoch ein konträres Bild auf. Während Mehrlingsgeburten in der 2. und 3. Laktation tendenziell ein höheres Milchfieberrisiko bedeuteten, drehte sich der Einfluss dieses Parameters ab der 4. Laktation um. Mehrlingsgeburten bedeuteten bei diesen älteren Kühen ein geringeres Risiko, an Gebärparese zu erkranken.

Wie in Tabelle 18 beschrieben, wurde im Rahmen der statistischen Auswertung auch ein Kombinationseffekt für die Kalbeparameter Kalbeverlauf, Geschlecht des Kalbes und Kalbetyp getestet, jedoch nicht im finalen Modell berücksichtigt. Als Ergebnis dieses versuchsweise ins Modell aufgenommenen Kombinationseffektes war zu erkennen, dass der Haupteinfluss auf das Milchfieberauftreten der Kalbeverlauf war und der Kalbetyp bzw. das Geschlecht des Kalbes nur noch eine feinere Abstufung innerhalb der Kalbeverlaufcodes darstellten. Es zeigt sich nun auch im finalen Modell bei Betrachtung jedes dieser Parameter für sich, dass der Kalbeverlauf einen stärkeren Einfluss (höhere Odds Ratios) als die anderen Kalbeparameter auf das Auftreten von Milchfieber hatte.

Die Effekte Zwischenkalbezeit und Trockenstehzeit waren ebenfalls nicht in jedem Modell signifikant, zeigten aber beide ähnliche Tendenzen auf: Je höher die jeweilige Kennzahl war, umso höher war das Risiko, an Milchfieber zu erkranken. Es gibt auch Ausnahmen von diesen Tendenzen (OR < 1), welche jedoch nicht signifikant sind.

Der Milchfieberhintergrund war ab der 3. Laktation ein höchst signifikanter Risikofaktor für Milchfieber. Die hohen Odds Ratios zeigen auf, dass eine Kuh, welche bereits früher an Milchfieber erkrankt war, ein deutlich erhöhtes Milchfieberrisiko in den Folgelaktationen hatte.

Die ECM-Leistung der Vorlaktation ist ebenfalls ein höchst signifikanter Einflussfaktor auf das Auftreten der Gebärparese. Zu beachten ist allerdings, dass die Odds Ratios mit zunehmendem Alter geringer werden. Das heißt, dass die Milchleistung in niedrigeren Laktationen (3. und 4.) eine größere Rolle auf das Auftreten von Milchfieber als in höheren Laktationen (5. und 6) spielte. Kühe, welche in der 2. Laktation mehr als 10.000 kg ECM produzierten, hatten bei der 3.

Abkalbung ein 3,29-faches Risiko im Vergleich zur Referenzgruppe (≤ 6.000 kg ECM) an Milchfieber zu erkranken. Bei Vergleich derselben beiden Klassen bei der 6. Abkalbung war das Risiko für die Tiere mit der hohen Leistung nur noch 1,6-mal so hoch.

Der Milchfettgehalt, der Milcheiweißgehalt und der Zellzahlgehalt bei der letzten Kontrolle vor dem Trockenstellen waren zwar nicht für alle Laktationen signifikant, zeigten aber auch gewisse Tendenzen auf: Je höher der Fettgehalt, je niedriger der Eiweißgehalt und je höher der Zellzahlgehalt war, umso geringer war das Milchfieberrisiko.

5 Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, wie eingangs erwähnt, in einem möglichst ganzheitlichen Ansatz potenzielle Einflussfaktoren auf die in der Praxis relevante Stoffwechselstörung Milchfieber zu analysieren. Dabei wurden auch zum Teil sehr unkonventionelle Ansätze wie die Berücksichtigung von Mondphasen als mögliche Einflussfaktoren verfolgt, um diesem ganzheitlichen Ansatz gerecht zu werden. Die im statistischen Modell untersuchten Effekte, aber auch einzelne der nur deskriptiv beschriebenen Merkmale, werden nun noch einer abschließenden Analyse unterzogen.

Die Untersuchung der Umwelteinflüsse Mondphasen und Temperatur wurde ergänzend durchgeführt, weil von praktizierenden Tierärzten immer wieder berichtet wird, dass das Milchfieberauftreten zeitlich sehr unterschiedlich ist und es immer wieder Tage gibt, an denen die Fälle von Gebärparese bei Milchkühen gehäuft diagnostiziert werden. Daher wurden die relativ einfach zu ermittelnden Umweltreize zumindest deskriptiv dargestellt. Dass eine Durchschnittstemperatur der drei rinderstärksten Bundesländer nichts über das kleinräumige Wetter geschweige denn über das jeweilige Stallklima aussagt, war dem Autor bewusst. Es wurde lediglich untersucht, ob Temperatur oder Mondphasen ein Indiz für etwaig erhöhte Milchfieberprävalenzen liefern könnten. Die ursprüngliche Annahme, dass die Milchfieberhäufigkeit bei einer Abkalbung im thermoneutralen Bereich geringer ist, weil sich die Kuh in diesem Temperaturbereich besonders wohlfühlt, konnte keineswegs bestätigt werden. Laut Abbildung 17 (nur deskriptive Auswertung) könnte man eher eine Tendenz ableiten, dass genau das Gegenteil der Fall sein könnte: Vor allem im unteren thermoneutralen Bereich (-5 bis +5 °C) scheint die Milchfieberhäufigkeit eher höher zu sein. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass die Milchbildung im thermoneutralen Bereich höher ist (Gasteiner, 2014) und folglich auch der Ca-Verlust aus dem Organismus ein höherer ist. Es konnte aber weder ein signifikanter Einfluss der Mondphase noch ein signifikanter Einfluss der Durchschnittstemperatur (oder -höchsttemperatur) rund um die Abkalbung auf das Milchfieberauftreten festgestellt werden. Ein weiteres Indiz über einen möglichen Temperatureinfluss hätte auch das Kalbemonat zeigen können. Dieses wurde im Modell berücksichtigt, zeigt aber auch keine wirklich praxistauglichen oder logisch erklärbare Zusammenhänge auf (siehe weiter unten). Dass laut deskriptiver Auswertung die Milchfieberprävalenz ab der 8.

Laktation wieder rückläufig war, könnte auf ein konsequentes Ausselektieren von Problemkühen zurückzuführen sein. Risikokühe würden demnach die 8. Laktation nicht in einem so großen Ausmaß erreichen und folglich könnte neben vielen anderen gesundheitlichen Aspekten auch die Milchfieberprävalenz in den höheren Laktationen sinken.

5.1 Kalbejahr

Obwohl die Daten aus Tabelle 5 suggerieren könnten, dass die Milchfieberanfälligkeit im Zeitablauf gestiegen ist, zeigte das Modell, dass es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Kalbejahr und dem Milchfieberauftreten gab. Es ist in diesem Zusammenhang auch zu beachten, dass es einen Zuchtfortschritt gegeben hat und die durchschnittliche ECM-Leistung der vorliegenden Daten von 7.413 kg im Jahr 2007 auf 8.103 kg im Jahr 2017 gestiegen ist. Diese Entwicklung der steigenden Milchleistung ist in der analytischen Statistik durch den Effekt ECM-Leistung entsprechend berücksichtigt.

5.2 Kalbemonat

Obwohl der Kalbemonat zum Teil als signifikanter Einfluss ermittelt wurde, ist aus den Ergebnissen keine Tendenz abzuleiten, in welchen Monaten oder Saisonen die Milchfieberanfälligkeit besonders hoch sein könnte. In den Untersuchungen von Saborío-Montero *et al.* (2017) war der Kalbemonat auch ein signifikanter Risikofaktor. Die Milchfieberhäufigkeit war im Mai und Juli am höchsten und im Dezember am geringsten. Als Ursache vermutete man in der genannten Studie die unterschiedliche Zusammensetzung des Futters (inkl. schwankender Mineralstoffgehalte im Gras) im Jahresablauf in der Weide-basierten Landwirtschaft in Costa Rica. Die Ursache konnte aber auch bei der Untersuchung der Risikofaktoren für Milchfieber in Costa Rica nicht geklärt werden.

5.3 Typ

Es stellte sich heraus, dass durch die Berücksichtigung von geburtsnahen Beobachtungen zusätzlich zu der Erfassung im Rahmen des Gesundheitsmonitorings Rind die relative Wahrscheinlichkeit steigt, dass Milchfieber diagnostiziert wird. Die Ursache könnte darin liegen, dass bei leicht

verlaufenden Fällen von Milchfieber der Tierarzt nicht hinzugezogen und daher auch die Diagnose Milchfieber nicht durch den Tierarzt erstellt wird. Dadurch würde Milchfieber auch nicht im Gesundheitsmonitoring erfasst werden. Durch die geburtsnahen Beobachtungen finden diese Fälle von Milchfieber aber auch entsprechende Berücksichtigung in der Datenbank. Eine weitere denkbare Möglichkeit wäre eine höhere Frequenz an Fehldiagnosen im Rahmen der geburtsnahen Beobachtungen. Es kann beispielsweise vorkommen, dass im Rahmen der Geburt Nerven der Kuh gequetscht werden und die Kuh in der Folge einige Stunden bis Tage nach der Geburt nicht aufstehen kann (Kretschmar *et al.*, 2016). Wenn dieses Festliegen vom Landwirt fälschlicherweise als Milchfieber diagnostiziert würde, wäre dies eine mögliche Ursache für die erhöhte relative Wahrscheinlichkeit, bei Berücksichtigung der geburtsnahen Beobachtungen durch den Landwirt eine positive Milchfieberdiagnose zu erhalten.

5.4 Kalbeverlauf

Auch Tüchler (2015) kam in seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass mit zunehmenden Kalbeverlauf-Codes die Milchfieberanfälligkeit stieg. Je nach Modell war sie bei Vergleich des Kalbeverlauf-Codes 1 mit den Kalbeverlauf-Codes 3+ um das 1,3- oder 1,8-Fache erhöht. In der vorliegenden Arbeit war sie mit einer 2,2- bis 4,04-fachen Milchfieberanfälligkeit bei Vergleich derselben beiden Kalbeverlauf-Klassen noch deutlicher höher. Ob der Kalbverlauf nun ein Risikofaktor für Milchfieber oder ein Symptom bzw. erstes Anzeichen für (drohendes) Milchfieber ist, kann anhand der in dieser Arbeit durchgeführten Auswertungen nicht gesagt werden. Traulsen und Tischer (2013) beschreiben beispielsweise, dass durch einen Ca-Mangel (subklinisches Milchfieber) das Risiko für eine Schwergeburt um das 2,8-fache steigt, weil das Kalzium für die Muskelkontraktion fehlt. Wehenschwäche kann eine Folge dieses Ca-Mangels sein. Dadurch kann die Austreibung des Kalbes erschwert sein. Im Rahmen dieser Arbeit lagen aber keine Blutkalziumwerte vor und daher kann dies nicht weiter untersucht werden. Ob eine Schwergeburt nun ein begünstigender Faktor für Milchfieber oder bereits ein Resultat des Kalziummangels ist, ist in letzter Konsequenz für den Landwirt von geringer Bedeutung. Ein schwerer Geburtsverlauf ist ein Indiz, dass Milchfieber mit einer größeren Wahrscheinlichkeit auftreten kann und diesem Tier besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss bzw. noch mögliche Vorbeugemaßnahmen gegen Milchfieber einzuleiten sind.

5.5 Lebensstatus Kalb

Eine Totgeburt bedeutet nicht nur den Verlust des Kalbes, sondern kann laut den Untersuchungen von Bicalho *et al.* (2007) auch eine verminderte Fruchtbarkeit und eine höhere Abgangswahrscheinlichkeit der Kuh bedeuten. Darüber hinaus berichten Fourichon *et al.* (1999) von einem Milchverlust durch Totgeburt von 0,7 – 1,3 kg/Tag über die gesamte Laktation. Die verringerte Milchabgabe würde auch einen geringeren Ca-Entzug aus dem Körper bedeuten und theoretisch insofern das Milchfieberrisiko vermindern können. Warum laut den im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Ergebnisse das Gegenteil der Fall sein soll, kann an dieser Stelle nicht erklärt werden und würde zusätzlicher Untersuchungen bedürfen.

5.6 Kalbetyp

Der Kalbetyp zeigte ein konträres Bild: Bei Kühen in der zweiten Laktation wirkten sich Mehrlingsgeburten negativ auf die Milchfieberanfälligkeit aus, während sie sich bei Abkalbungen ab der 4. Laktation signifikant vorteilhaft (geringeres relatives Risiko) auswirkten. Da es nach Zwillings- und Mehrlingsgeburten laut Atteneder (2007) häufiger zu Nachgeburtsverhaltung und Gebärmutterentzündung kommen kann, wäre es schlüssig, dass solche Beeinträchtigungen des Organismus auch Milchfieber begünstigen könnten. Dass es bei älteren Tieren genau umgekehrt ist, ist schwierig zu interpretieren. Ein denkbarer Ansatz ist, dass die Austreibung von zwei kleinen Kälbern noch leichter vor sich gehen könnte als von einem größeren. Dieser „sehr leichte" Kalbeverlauf könnte, wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, eine Ursache sein, warum das Milchfieberrisiko noch weiter sinken könnte. Ein weiterer theoretischer Erklärungsansatz wäre, dass durch die Ernährung von zwei Föten dem tierischen Organismus Nährstoffe in größerem Umfang entzogen werden und daher die Mutter bei der Abkalbung ein geringeres Verfettungsrisiko hat, was auch das Milchfieberrisiko verringern kann (Traulsen and Tischer, 2013; Sánchez and Saborío-Montero, 2014).

5.7 Zwischenkalbezeit

Warum mit zunehmender Zwischenkalbezeit ein signifikant höheres Milchfieberrisiko besteht, ist schwierig zu interpretieren. Saborío-Montero *et al.* (2017) konnten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Zwischenkalbezeit

und Milchfieberrisiko feststellen. In einer genetischen Analyse von klinischer Mastitis, Milchfieber, Ketose und Nachgeburtsverhalten in den ersten drei Laktationen norwegischer Rotbunt-Kühe (Heringstad *et al.*, 2005) wurde die Zwischenkalbezeit in der genetischen Analyse für die 2. und 3. Laktation als Korrekturvariable berücksichtigt, was ein Hinweis ist, dass in dieser Untersuchung der Zwischenkalbezeit auch ein potentieller Einfluss auf eine der genannten Krankheiten beigemessen wurde. Ein denkbarer Erklärungsansatz für den Einfluss der Zwischenkalbezeit auf Milchfieber ist, dass sogenannte Problemkühe z.B. aufgrund von Fruchtbarkeitsproblemen später trächtig werden und als Problemkühe, generell ein höheres Krankheitsrisiko und somit auch ein höheres Milchfieberrisiko aufweisen. Dies würde auch den Ansätzen von Jørgensen *et al.* (2010) entsprechen, welche in ihrer Studie „Born to be a loser cow?" herausfanden, dass es einzelne Rinder gibt, die im Allgemeinen eine höhere Anfälligkeit gegenüber verschiedenen Krankheiten haben. In ihrer Untersuchung wurden aber keine Stoffwechselstörungen und somit auch kein Milchfieber berücksichtigt. Somit sind deren Schlussfolgerungen nur bedingt übertragbar. Ein weiterer denkbarer Erklärungsansatz ist, dass Kühe mit einer längeren Zwischenkalbezeit längere Zeit über ihren Bedarf gefüttert werden können und somit stärker konditioniert zur Abkalbung kommen können. Dies würde sich auch mit den Ergebnissen von Sánchez und Saborío-Montero (2014) und Traulsen und Tischer (2013) decken, wonach stärker konditionierte Kühe (höhere BCS-Scores) ein höheres Milchfieberrisiko haben.

5.8 Trockenstehzeit

Saborío-Montero *et al.*, (2017) stellten in ihrer Studie fest, dass die Länge der Trockenstehzeit einen Einfluss auf das Milchfieberauftreten bei Rindern in Costa Rica hat. In ihrer Untersuchung war die Referenzklasse mit einer Trockenstehdauer von ≤ 1 Monat die einzige signifikante Klasse mit einem (deutlich) geringeren Milchfieberrisiko (siehe Tabelle 1). In der vorliegenden Arbeit lag die Referenzklasse mit ≤ 8 Wochen deutlich höher. Die Ergebnisse sind also nicht unmittelbar miteinander vergleichbar, stimmen aber insofern überein, als dass mit zunehmender Trockenstehzeit das Milchfieberrisiko tendenziell steigt. Thilsing-Hansen, Jorgensen und Ostergaar (2002) berichteten, dass eine Verkürzung der Trockenstehzeit eine mögliche aber wenig spezifische Maßnahme zur Verringerung des Milchfieberrisikos ist. Davicco *et al.* (1992) fanden heraus, dass Kühe, welche

nur vier Tage trockenstanden, einen deutlich geringeren Abfall des Ca-Gehaltes im Blut nach der Abkalbung als Kühe mit einer achtwöchigen Trockenstehzeit aufwiesen. Morrow *et al.* (1979) wiederum beschreiben funktionale Einschränkungen der Ca-Homöostase bei Tieren, welche lange keine Milch produzierten. Sørensen und Enevoldsen, (1991) fanden hingegen heraus, dass eine Reduktion der Trockenstehzeit von sieben auf vier Wochen einen signifikanten Rückgang der Milchleistung in der Folgelaktation bedeutete.

5.9 Milchfieberhintergrund

Saborío-Montero *et al.* (2017) fanden bei ihren Untersuchungen eine um 2,35-fache Milchfieberanfälligkeit für Tiere, welche zuvor schon einmal an Milchfieber erkrankt waren. Dies deckt sich auch mit den Erkenntnissen von Erb und Gröhn (1988), die ein 2- bis 5-faches Risiko für ein erneutes Auftreten von Milchfieber beschreiben, wenn die Gebärparese bei dem jeweiligen Tier zuvor schon aufgetreten ist. Roche und Berry (2006) fanden ein um 2,2-fach höheres Milchfieberrisiko im Vergleich zu Kühen ohne Milchfieberhintergrund.

Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit, bei der die Anfälligkeit für ein erneutes Milchfieberauftreten nach bereits einer positiven Diagnose je nach Modell zwischen dem 2,05-fachen und 4,57-fachen liegt.

5.10 Energie-korrigierte-Milchleistung

Dass die Milchleistung einen höchst signifikanten Einfluss auf das Milchfieberauftreten hat, konnte im Rahmen dieser Arbeit bestätigt werden. Auch Saborío-Montero *et al.* (2017) konnten bei ihren Untersuchungen in Costa Rica belegen, dass höhere ECM-Leistungen in der Vorlaktation ein höheres Milchfieberrisiko bedeuten. Der Durchschnitt der Milchleistung der Kühe in Costa Rica lag bei 6.020 kg ECM. Ein um 1.500 kg höherer Milchertrag bedeutete ein 2,35-faches (95 % KI des OR = 2,02 bis 2,82) Milchfieberrisiko im Vergleich zur Referenzgruppe mit einer ECM-Leistung von 1.500 kg unter dem Durchschnitt. Stellt man für die vorliegende Arbeit einen ähnlichen Vergleich an, kommt man zu folgendem Ergebnis: Vergleicht man die ECM Klasse von 9.001 – 10.000 kg ECM mit der Referenzklasse von ≤ 6.000 kg ECM (durchschnittliche Milchleistung: 7.729 kg Milch) ergeben sich Odds Ratios von 1,59 bis 2,71 (je nach Modell). Von der Größenordnung her verhält sich der Einfluss demnach auch ähnlich wie bei der

Untersuchung in Costa Rica. Auch frühere Studien attestieren Kühen mit höheren Leistungen (Gröhn *et al.*, 1989) bzw. dem Anstieg der Milchleistung im Allgemeinen (Payne, 1977; zit. n. Saborío-Montero *et al.*, 2017) ein höheres Milchfieberrisiko. Einen mögliche Erklärungsansatz lieferten Liesegang *et al.* (1998, 2000), dass Kühe mit einem höheren Milchbildungspotenzial auch in der Lage sind mehr Kolostralmilch zu bilden und dadurch auch der Ca-Verlust bei diesen Tieren höher als bei Kühen mit geringerer Milchleistung ist.

5.11 Milchfett- und Milcheiweißgehalt beim Trockenstellen

Der Milchfettgehalt wird neben der Genetik und einer etwaigen Mobilisation von Körperfett durch die Fütterung beeinflusst. Da die Mobilisation von Körperfett als Folge eines relativen Milchmangels eher zu Laktationsbeginn stattfindet (Wurm, 2010), wird dieser Einfluss zu Laktationsende eine untergeordnete Rolle spielen. Es ist folglich anzunehmen, dass Unterschiede des Milchfettgehaltes zu Laktationsende großteils fütterungsbedingt auftreten. Für die Bildung von Milchfett ist vorwiegend Essigsäure aus dem Pansen, welche bei ausreichender Energieversorgung aus dem Abbau von Strukturkohlenhydraten (Rohfaser) entsteht, mitverantwortlich (Wurm, 2010). Dies würde in der Schlussfolgerung bedeuten, dass die Fütterung strukturreicher Futtermittel zum Laktationsende das Milchfieberrisiko senken könnten, weil das Milchfieberrisiko mit steigendem Milchfettgehalt bei der letzten Kontrolle vor dem Trockenstellen abnahm.

Ergänzend dazu ist auch die Interpretation des Milcheiweißgehaltes erforderlich. Für die Bildung von Milcheiweiß ist eine ausreichende Versorgung mit nutzbarem Rohprotein entscheidend. Dieses nutzbare Rohprotein setzt sich zu einem kleinen Teil aus unabgebautem Futterprotein und zum Großteil aus Mikrobenprotein zusammen. Für die Bildung des letzteren ist eine ausreichende Energieversorgung nötig, damit die Mikroben im Pansen wachsen können. Der Milcheiweißgehalt ist somit ein Indikator für die Energieversorgung des Tieres. Ein Milcheiweißgehalt > 3,8 % stellt eine Energieüberversorgung dar. (Wurm, 2010). Da die Auswertungen im Rahmen dieser Arbeit zeigten, dass mit zunehmenden Milcheiweißgehalten vor dem Trockenstellen auch das Milchfieberrisiko stieg, könnte die Ursache für das erhöhte Milchfieberrisiko in einer relativen Energie-Überversorgung des Tieres zum Laktationsende liegen. Die Energieüberversorgung könnte zu einer Überkonditionierung oder Verfettung der Tiere führen, was, wie oben bereits

beschrieben, zu einem höheren Milchfieberrisiko führen kann (Traulsen und Tischer, 2013; Sánchez und Saborío-Montero, 2014).

Die im Rahmen dieser Arbeit vorliegenden BCS-Daten der Kühe wurden nicht berücksichtigt, weil sie nur in der 1. Laktation und nicht oder nur selten im Zeitraum rund um die Abkalbung erfasst wurden. Die Daten der deskriptiven Auswertung in Abbildung 12 würde aber auch andeuten, dass stärker konditionierte Kühe eine höhere Tendenz für eine Milchfieberanfälligkeit aufweisen könnten.

Die Vermeidung der Verfettung der Tiere durch Fütterung von strukturreichen und dem (Energie-)Bedarf (Erhaltung und Leistung) des Tieres angepasste Rationen zum Laktationsende dürften demnach das Milchfieberrisiko mindern.

5.12 Zellzahlgehalt beim Trockenstellen

Der Zellzahlgehalt ist ein Indiz für die Eutergesundheit. Bei Mastitis ist die Zellzahl vor und nach dem klinischen Auftreten der Krankheit erhöht (Deluyker, Gay und Weaver, 1993). Weiters beschreiben Heringstad *et al.* (2005), dass es genetische Korrelationen zwischen klinischer Mastitis und Milchfieber gibt und diese zwischen 0,12 und 0,18 betragen. Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, schätzten Pfeiffer et al. (2015) bei Fleckvieh ebenfalls genetische Korrelationen, wobei sie eine Korrelation zwischen Milchfieber und klinischer Mastitis von 0,37 feststellen konnten. Auch wenn die Korrelationen nicht besonders hoch sind, zeigen sie doch einen gewissen positiven Zusammenhang zwischen Mastitis und Milchfieber auf. Heringstad *et al.* (2005) schlussfolgerten daraus, dass es auf Basis der festgestellten Korrelationen zwischen mehreren Krankheiten eine Art genetischen Krankheitsresistenzfaktor geben könnte. Dies ist der gegenteilige Ansatz zum oben erwähnten „Born to be a loser cow?"-Ansatz, kommt aber im Endeffekt zum selben Erklärungsinhalt. Dies könnte in der Schlussfolgerung daraus bedeuten, dass Kühe mit höheren Zellzahlgehalten in der Milch tendenziell anfälliger für Mastitis sein könnten. Wenn diese Tiere nun generell anfälliger für Krankheiten wären, wäre dies ein Erklärungsansatz, warum sich der Zellgehalt auch als signifikanter Einflussfaktor auf Milchfieber (in der 4. Laktation) herausstellte.

5.13 Schlussfolgerungen für die Praxis

Im Rahmen dieser Arbeit konnten nur klinische Milchfieberfälle ausgewertet werden. Wie in der Einleitung bereits erwähnt, dürfte die Anzahl der von der subklinisch verlaufenden Form von Milchfieber betroffenen Kühe um ein Vielfaches höher sein. Zusätzlich beträgt die Schwankungsbreite der an Milchfieber erkrankten Kühe laut Lean *et al.* (2006) 0 bis 83 %. Ein Bewusstsein über die Risikofaktoren für Milchfieber hilft

a) diese Faktoren im Rahmen des Möglichen im Vorhinein zu minimieren, und/oder
b) bei Vorliegen mehrerer Risikofaktoren das Tier unter besondere Beobachtung zu stellen und zeitgerecht noch mögliche Vorbeugemaßnahmen zu ergreifen,

um das Festliegen zu verhindern oder zumindest den Verlauf der Stoffwechselstörung Milchfieber abzuschwächen.

Konkret sind neben einer angepassten Trockensteherfütterung folgende Managementmaßnahmen zu empfehlen, um das Milchfieberrisiko möglichst gering zu halten:

- Die Kühe sollten nicht zu früh vor dem Kalbetermin trockengestellt werden. Eine Trockenstehzeit von ≤ 8 Wochen erwies sich für österreichische Fleckviehkühe als die Gruppe mit dem geringsten Milchfieberrisiko. In Untersuchungen in Costa Rica war das Milchfieberrisiko bei Trockenstehdauern ≤ 1 Monat deutlich geringer als bei längeren Trockenstehdauern. Welche Auswirkung eine Verkürzung der Trockenstehdauer für österreichische Fleckviehkühe auf das Milchfieberauftreten einerseits und auf beispielsweise die Milchleistung in der Folgelaktation, die Eutergesundheit oder die Lebensdauer des Tieres andererseits haben würde, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht beantwortet werden und würde weiterer Untersuchungen bedürfen.
- Bei Schwergeburten sollte der Milchkuh besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, weil ein deutlich erhöhtes Milchfieberrisiko besteht. Es können beispielsweise prophylaktisch gleich nach der Geburt Calciumgaben oral verabreicht werden.

- Tieren in höheren Laktationen muss besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden und eventuell Prophylaxemaßnahmen ergriffen werden (Vitamin D3-Gaben vor der Geburt, orale Ca-Gaben, etc.)
- Es sollten Aufzeichnungen über Kühe geführt werden, welche bereits einmal an Milchfieber erkrankt waren. Diese Aufzeichnungen sollten in Evidenz gehalten werden, um entsprechende Vorbeugemaßnahmen einleiten zu können.
- Tiere mit hohen Milchleistungen sollten unter besondere Beobachtung gestellt und es sollten unter Umständen auch zusätzliche Prophylaxemaßnahmen ergriffen werden
- Eine Energieüberversorgung zum Laktationsende sollte vermieden werden. Es sollten eher rohfaserreiche Rationen angeboten und eine Verfettung der Kühe vor dem Trockenstellen vermieden werden.

6 Literaturverzeichnis

Allen, A. J. (2019): *Parturient Paresis in Cows - Metabolic Disorders - Merck Veterinary Manual*. https://www.merckvetmanual.com/metabolic-disorders/disorders-of-calcium-metabolism/parturient-paresis-in-cows?query=hypocalcemia milk (26. August 2019).

Atteneder, V. (2007): *Analyse der Zwillings- und Mehrlingsgeburten in der Österreichischen Milchviehpopulation.* Wien: Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur.

Berger, R. (2017): *Trockenstell-Management in niederösterreichischen Milchviehbetrieben*. Fachhochschule St. Pölten. http://www.lkv-service.at/MEDIA/Trockenstellen_Masterthesis_Berger Romana.pdf (15. Oktober 2019).

Bicalho, R. C., Galvão, K.N., Cheong, S.H., Gilbert, R.O., Warnick, L.D. und Guard, C.L. (2007): *Effect of Stillbirths on Dam Survival and Reproduction Performance in Holstein Dairy Cows*. Journal of Dairy Science, 90(6), 2797–2803. doi: 10.3168/JDS.2006-504.

Blaschke, J., Antwerpes, F. und Bröse, S. A. (s.a.) *Behaglichkeitsbereich - DocCheck Flexikon*. https://flexikon.doccheck.com/de/Behaglichkeitsbereich (21. April 2019).

Burghardt, H. (2008): *Wie lange dauert es vom Neumond bis zum zunehmenden Mond und vom zunehmenden Mond bis zum Vollmond? Wissenschaft im Dialog*. https://www.wissenschaft-im-dialog.de/projekte/wieso/artikel/beitrag/wie-lange-dauert-es-vom-neumond-bis-zum-zunehmenden-mond-und-vom-zunehmenden-mond-bis-zum-vollmond/ (14. April 2019).

Davicco, M. J., Rémond, B., Jabet, S. und Barlet, J.P. (1992): *Plasma osteocalcin concentrations in cows around parturition. The influence of a regular versus a very short dry period.* Reproduction Nutrition Development, 32, 313–319.

DeGaris, P. J. und Lean, I. J. (2008): *Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles. The Veterinary Journal*, 176(1), 58–69. doi: 10.1016/J.TVJL.2007.12.029.

Deluyker, H. A., Gay, J. M. und Weaver, L. D. (1993): *Interrelationships of Somatic Cell Count, Mastitis, and Milk Yield in a Low Somatic Cell Count Herd.* Journal of Dairy Science, 76(11), 3445–3452. doi: 10.3168/JDS.S0022-0302(93)77683-3.

Dolle, S.-G., Hasenmaier, J., Leskova, D., Nikolaus, S., Schmelmer, M. und Schwerd, C. (s.a.): *Klinisches Milchfieber - erste Symptome und Stadien – Bovikalc*. https://www.bovikalc.de/klinisches-milchfieber.aspx (25. August 2019).

Ederer, S. (2014): *Beziehungen von Stoffwechselerkrankungen und Merkmalen aus der Milchleistungskontrolle in der Rasse Fleckvieh.* Wien: Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur.

Egger-Danner, C., Fuerst-Waltl, B., Obritzhauser, W., Fuerst, C, Schwarzenbacher, H. und Grassauer, B. (2012): *Recording of direct health traits in Austria—Experience report with emphasis on aspects of availability for breeding purposes*. Journal of Dairy Science, 95(5), 2765–2777. doi: 10.3168/JDS.2011-4876.

Egger-Danner, C., Obritzhauser, W., Fuerst, C., Grassauer, B., Zottl, K., Fuchs, K., Fuerst-Waltl, B. (2013): *Aspects of validation and data quality based on veterinary diagnoses.*; in Egger-Danner, C., Hansen, O. K., Stock, K., Pryce, J. E., Cole, J., Gengler, N. und Heringstad, B. (Hrsg.): *International Committee for Animal Recording*, 117–128. https://www.icar.org/Documents/technical_series/tec_series_17_Aarhus.pdf.

Erb, H. N. und Gröhn, Y. T. (1988): *Epidemiology of metabolic disorders in the periparturient dairy cow.* Journal of Dairy Science, 71, 2557–2571.

Fourichon, C., Seegers, H, Bareille, N und Beaudeau, F (1999): *Effects of disease on milk production in the dairy cow: a review*. *Preventive Veterinary Medicine*, 41(1), 1–35. doi: 10.1016/S0167-5877(99)00035-5.

Fuerst-Waltl, B., Fuerst, C., Obritzhauser, W. und Egger-Danner, C. (2016): *Sustainable breeding objectives and possible selection response: Finding the balance between economics and breeders' preferences.* Journal of Dairy Science, 99(12), 9796–9809. doi: 10.3168/jds.2016-11095.

Fuerst, C., Egger-Danner, C., Köck, A. und Fuerst-Waltl, B. (2010): *Zuchtwertschätzung Gesundheitsmerkmale*. https://www.lfl.bayern.de/itz/rind/027313/index.php (3. September 2019).

Fuerst, C., Dodenhoff, J., Egger-Danner, C., Emmerling, R., Hamann, H., Krogmeier, D. und Schwarzenbacher, H. (2019): *Zuchtwertschätzung beim Rind - Grundlagen, Methoden und Interpretationen.* http://www.zar.at/download/ZWS/ZWS.pdf (20. September 2019).

Gasteiner, J. (2005): *Auswirkungen des DCAB-Konzeptes auf die Gesundheit von Milchkühen und ihrer Kälber*. https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/forschungsbereiche/tierhaltung-und-tiergesundheit/alle-projekte/17-dcab.html (29. August 2019).

Gasteiner, J. (2014): *Hitzestress bei Rindern*. https://www.raumberg-gumpenstein.at › 16737-hitzestress-bei-milchkuehen (30. August 2019).

Goff, J. P. (2008): *The monitoring, prevention and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows.* The Veterinary Journal, 176(1), 50–57. doi: 10.1016/J.TVJL.2007.12.020.

Goff, J. P. und Horst, R. L. (1997): *Physiological Changes at Parturition and Their Relationship to Metabolic Disorders.* Journal of Dairy Science, 80(7), 1260–1268. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76055-7.

Gröhn, Y. T., Erb, H.N., Mc Culloch, C.E. und Saloniemi, H.S. (1989): *Epidemiology of metabolic disorders in dairy cattle: Associoation among host characteristics, disease and production.* Journal of Dairy Science, 72, 1876–1885.

Gruner, J. (1992): *Rinderkrankheiten*. 3., überar. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag Jena.

Heringstad, B., Chang, Y.M., Gianola, D. und Klemetsdal, G. (2005): *Genetic Analysis of Clinical Mastitis, Milk Fever, Ketosis, and Retained Placenta in Three Lactations of Norwegian Red Cows.* Journal of Dairy Science, 88(9), 3273–3281. doi: 10.3168/JDS.S0022-0302(05)73010-1.

Hever, A. (2016): *So führt die Hitze nicht zum Stress.* https://www.milchviehberatung-schweiz.ch › download › Hitzestress_Hever. (20. August 2019)

Horten Zentrum Universität Zürich (2019): *Odds ratio: evimed*. http://www.evimed.ch/glossar/definition/odds-ratio/ (2. November 2019).

Jørgensen, H. B. H., Pedersen, L.D., Sørensen, M.K., Thomsen, P.T. und Norberg, E. (2010): *Born to be a loser cow?.* Journal of Dairy Science, 93(9), 4386–4390. doi: 10.3168/JDS.2009-2894.

Kaufmann, T., Kuhnt, E., Strabel, D., Ruiters, M., Kaske, M., Roesch, M., Guélat, M., Vernay, M., Syring, C., Bodmer, M. und Neff, K. (s.a.): *Temperatur*. http://www.gesunderinder.ch/Allgemeines/Stallklima/Temperatur.aspx (21. April 2019).

Kretschmar, A., Kaiser, M., Brehm, W. und Starke, A. (2016): *Lähmungen vom peripheren Typ im Gliedmaßenbereich des Rindes*. Tierärztliche Praxis, 44 (G), 388–399. https://pdfs.semanticscholar.org/f7d4/b209cc5996495e64e3461c99f5e5c2398d9a.pdf.

Lean, I. J., DeGaris, P.J., McNeil, D.M. und Block, E. (2006): *Hypocalcemia in Dairy Cows: Meta-analysis and Dietary Cation Anion Difference Theory Revisited.* Journal of Dairy Science, 89(2), 669–684. doi: 10.3168/JDS.S0022-0302(06)72130-0.

Liesegang, A., Sassi, M.L., Risteli, J., Eicher, R., Wanner, M. und Riond, J.L. (1998): *Comparison of bone resorption markers during hypocalcemia in dairy cows.* Journal of Dairy Science, 81, 2614–2622.

Liesegang, A., Eicher, R., Sassi, M.L., Risteli, J., Kraenzlin, M., Riond, J.L. und Wanner, M. (2000): *Biochemical markers of bone formatation and resorption around parturition and during lactation in dairy cows with high and low standard milk yiels.* Journal of Dairy Science, 83, 1773–1781.

Luntz, B., Krogmeier, D. und Pfleger, R. (2014): *FleckScore – die neue Qualität in der Exterieurbewertung von Fleckvieh*. https://www.fleckscore.com/system/ (13. Jänner 2019).

Morrow, D. A., Hillman, D., Dade, A.W. und Kitchen, Y. (1979): *Clinical investigation of dairy herd with the fat cow syndrome.* American Veterinary Medical Association, 174, 161–167.

Payne, J. M. (1977): *Metabolic Diseases in Farm Animals*. London: Heinemann Medical Books, 61–83.

PerformaNat (2018): *Milchfieber*. https://performanat.de/produkte/milchfieber/ (23. Juni 2019).

Pfeiffer, C., Fuerst, C., Ducrocq, V. und Fuerst-Waltl, B. (2015): *Genetic relationships between functional longevity and direct health traits in Austrian Fleckvieh cattle.* Journal of Dairy Science, 98(10), 7380–7383. doi: 10.3168/JDS.2015-9632.

Reinhardt, T. A., Lippolis, J. D., McCluskey, B. J., Goff, J. P. und Horst, R. L. (2011): *Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds.* The Veterinary Journal, 188(1), 122–124. doi: 10.1016/j.tvjl.2010.03.025.

Rérat, M. (2005): *Milchfieber bei der Milchkuh*. https://www.agroscope.admin.ch › par › externalcontent.external.exturl.pdf (15. August 2019).

Roche, J. R. und Berry, D. P. (2006): *Periparturient Climatic, Animal, and Management Factors Influencing the Incidence of Milk Fever in Grazing Systems.* Journal of Dairy Science, 89(7), 2775–2783. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72354-2.

Rosenberger, G., Dirksen, G., Gruender, H. D. und Stoeber, M. (1994): *Krankheiten des Rindes*. 3. unveränderte Aufl., Berlin: BlackwellWissenschafts-Verlag.

Saborío-Montero, A., Vargas-Leitón, B., Romero-Zúñiga, J.J. und Sánchez, J.M. (2017): *Risk factors associated with milk fever occurrence in grazing dairy cattle.* Journal of Dairy Science, 100(12), 9715–9722. doi: 10.3168/jds.2017-13065.

Sánchez, J. M. und Saborío-Montero, A. (2014): *Prevalence of hypocalcemia in four grazing Jersey herds in Costa Rica.* Agronomía Costarricense. nc-nd/3.0/, 38(2), 33–41. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0377-94242014000200003&lng=en&nrm=iso&tlng=en (4. November 2019).

SAS Institute Inc. (s.a. a): *PROC GENMOD: Overview :: SAS/STAT(R) 9.2 User's Guide, Second Edition*. https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63033/HTML/default/viewer.htm#statug_genmod_sect001.htm (23. Oktober 2019).

SAS Institute Inc. (s.a. b): *PROC GLIMMIX: Maximum Likelihood Estimation Based on Laplace Approximation :: SAS/STAT(R) 9.22 User's Guide*. https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#statug_glimmix_a0000001432.htm (21. November 2019).

Schedle, K. und Kickinger, T. (2016): *Spezielle Tierernährung.* Wien: Vorlesungsunterlagen. Universität für Bodenkultur.

Schrader, L. (2007): *Verhalten und Tierhaltung.* in Brade, W. und Flachowsky (Hrsg): *Rinderzucht und Rindfleischerzeugung – Empfehlungen für die Praxis.* (89–107), Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL).

Sørensen, J. T. und Enevoldsen, C. (1991): *Effect of dry period length on milk production in subsequent lactation.* Journal of Dairy Science, 74(1277–1283).

Spann, B. (2007): *Mineralstoffversorgung.* in Alsing, W. (Hrsg): *Tierische Erzeugung*. 12. Auflage. München: BLV Buchverlag GmbH & Co.KG.

Thilsing-Hansen, T., Jørgensen, R. J. und Østergaard, S. (2002): *Milk fever control principles: A review.* Acta Veterinaria Scandinavia, 43, 1–19.

Traulsen, K. und Tischer, M. (2013): *Geburtsüberwachung und Geburtshilfe beim Rind*. https://www.vetmedica.de/2013-01-metacam-geburtshilfebroschuere-561.pdfx (15. August 2019).

Tüchler, T. (2015): *Analyse der Häufigkeiten von Stoffwechselstörungen und Mastitis bei Milchkühen*. Wien: Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur.

Venjakob, P. L., Borchardt, S. und Heuwieser, W. (2017): *Hypocalcemia-Cow-level prevalence and preventive strategies in German dairy herds.* Journal of dairy science, 100(11), 9258–9266. doi: 10.3168/jds.2016-12494.

Thorsen, S. (s.a.): *Vollmond 2019 – Mondkalender Wien*. https://www.timeanddate.de/mond/phasen/oesterreich/wien (11. April 2019).

Weiß, J., Pabst, W., Strack, K. E. und Granz, S. (2005): *Tierproduktion*. 13, überar. Auflage, Stuttgart: Parey-Verlag.

Weiß, J. (s.a.): *Grundfutterleistung einheitlich berechnen*. https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/grundfutter.pdf (15. September 2019).

Wildman, E. E., Pabst, W., Strack, K. E. und Granz, S. (1982): *A Dairy Cow Body Condition Scoring System and Its Relationship to Selected Production Characteristics.* Journal of Dairy Science, 65(3), 495–501. doi: 10.3168/JDS.S0022-0302(82)82223-6.

Willam, A. und Simianer, H. (2011): *Tierzucht*. Stuttgart: Ulmer Verlag.

Wurm, K. (2010): *Fütterungsfehler und ihre Interpretation durch die Milchinhaltsstoffe*. https://www.raumberg-gumpenstein.at › downloadsveranstaltungen › finish (15. September 2019).

ZAR (2017): *Milchleistungskontrolle ist die Basis für den Betriebserfolg*. https://www.zar.at/Aktuelles/Archiv/2017/Milchleistungskontrolle-ist-die-Basis-f-r-den-Betriebserfolg.html (4. Dezember 2018).