

Aus der Klinik für Klautiere
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**Untersuchung von Einflussfaktoren
auf die Qualität und Menge des Erstkolostrums
unter Verwendung verschiedener Feldmethoden**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Robert Gey
Tierarzt aus Frankfurt (Oder)

Berlin 2018
Journal-Nr.: 3976

Aus der Klinik für Klautiere
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**Untersuchung von Einflussfaktoren
auf die Qualität und Menge des Erstkolostrums
unter Verwendung verschiedener Feldmethoden**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Robert Gey

Tierarzt aus Frankfurt (Oder)

Berlin 2018

Journal-Nr.: 3976

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Johannes Handler
Dritter Gutachter: Prof. Dr. Manfred Füll

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):
cows; postpartum period; lactation; calving; cow colostrum; milk quality;
impact load; impact strength

Tag der Promotion: 16.03.2018

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISBN: 978-3-86387-888-7

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2018

Dissertation, Freie Universität Berlin

D188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder
Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in
irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet,
vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch
ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der
Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von
jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written
authorization of the publisher.

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2018

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
2 Literaturübersicht	3
2.1 Kolostrogenese	3
2.2 Kolostrumerstversorgung neugeborener Kälber	4
2.2.1 Absorption maternaler Immunglobuline	4
2.2.2 Einflussfaktoren auf den passiven Transfer	5
2.3 Einflussfaktoren auf die Erstkolostrumqualität	7
2.3.1 Trockenstehzeit	7
2.3.2 Fütterung, Supplementation und Impfungen während der Trockenstehzeit	9
2.3.3 Zeitintervall zwischen Kalbung und erstem Melken	11
2.3.4 Erstkolostrummenge	12
2.3.5 Alter der Tiere	13
2.3.6 Genetik	15
2.3.7 Saisonale Einflüsse	17
2.3.8 Somatische Zellzahl, Eutergesundheit und postpartale Erkrankungen	19
2.4 Einflussfaktoren auf die Erstkolostrummenge	20
2.4.1 Alter der Tiere	20
2.4.2 Zeitintervall zwischen Kalbung und erstem Melken	22
2.4.3 Genetik	22
2.4.4 Einflüsse während der Trockenstehzeit	23
2.4.5 Weitere Einflussfaktoren	24
2.5 Untersuchungsmethoden zur Bewertung der Kolostrumqualität	25
2.5.1 Radiale Immundiffusion	25
2.5.2 Kolostrometer	26

2.5.3	Refraktometer	30
2.5.4	Weitere Feldmethoden	35
3	Material und Methoden	39
3.1	Standort der Untersuchungen und Tiermaterial	39
3.1.1	Tiergruppen	40
3.1.2	Kalbmanagement und Kälberhaltung	42
3.2	Untersuchungszeitraum und Probenschema	44
3.3	Probengewinnung und Probenaufbereitung	45
3.3.1	Erstkolostrumproben	45
3.3.2	Blutproben	45
3.4	Probenanalyse	46
3.4.1	Erstkolostrum	46
3.4.2	Blutproben	47
3.5	Erhebung der Rückenfettdicke	47
3.6	Erhebung der Herdendaten	49
3.7	Erhebung der Abkalbedaten	50
3.8	Statistische Auswertung	51
4	Ergebnisse	55
4.1	Qualität des Erstkolostrums	55
4.1.1	Kolostrometerwerte	55
4.1.2	Brix-Refraktometerwerte	55
4.1.3	Totalproteingehalt	56
4.1.4	Beurteilung der Qualität des Erstkolostrums	56
4.1.5	Korrelation zwischen den Qualitätsparametern des Erstkolostrums	57
4.2	Menge des Erstkolostrums	58
4.3	Korrelation zwischen der Qualität und der Menge des Erst- kolostrums	59
4.4	Herden- und Fruchtbarkeitskennzahlen	59
4.4.1	Laktation	59
4.4.2	Anzahl der Besamungen	60
4.4.3	Zwischentragezeit	60

4.4.4	Tragezeit	61
4.4.5	Trockenstehzeit	61
4.4.6	Vorbereitungszeit	62
4.4.7	Gesamttrockenstehzeit	62
4.5	Präpartale Untersuchungsparameter	63
4.5.1	Rückenfettdicke	63
4.5.2	Blutparameter	65
4.6	Kalbedaten	66
4.6.1	Kalbemonat	66
4.6.2	Kalbeverlauf	66
4.6.3	Kälbervitalität	67
4.6.4	Kälbergeschlecht	68
4.6.5	Kälbergewicht	68
4.6.6	Mitarbeiter für die Kalbungen	69
4.7	Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums	70
4.7.1	Herden- und Fruchtbarkeitskennzahlen	70
4.7.2	Präpartale Untersuchungsparameter	71
4.7.3	Kalbedaten	74
4.7.4	Regressionsmodelle der signifikanten Einflussfaktoren	77
4.7.4.1	Modell für pluripare Tiere	77
4.7.4.2	Modell für primipare Tiere	78
4.8	Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums	81
4.8.1	Herden- und Fruchtbarkeitskennzahlen	81
4.8.2	Präpartale Untersuchungsparameter	82
4.8.3	Kalbedaten	83
4.8.4	Regressionsmodelle der signifikanten Einflussfaktoren	89
4.8.4.1	Modell für pluripare Tiere	89
4.8.4.2	Modell für primipare Tiere	90
5	Diskussion	93
5.1	Feldmethoden	93
5.2	Qualität des Erstkolostrums	95
5.3	Menge des Erstkolostrums	96

5.4	Regressionsanalyse der signifikanten Einflussfaktoren	98
5.5	Zusammenhang zwischen Qualität und Menge des Erstkolostrums	99
5.6	Signifikante Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums	101
5.6.1	Alter der Tiere	101
5.6.2	Trockenstehzeit	103
5.6.3	Calciumkonzentration im Serum des Muttertieres zum Zeitpunkt der Kalbung	106
5.6.4	Kalbemonat	108
5.7	Signifikante Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums	109
5.7.1	Alter der Tiere	109
5.7.2	Vorbereitungszeit und Gesamttrockenstehzeit	113
5.7.3	Blutparameter des Muttertieres zum Zeitpunkt der Kalbung	114
5.7.4	Kalbemonat	116
5.7.5	Geburtsgewicht der Kälber	118
5.7.6	Mitarbeiter für die Kalbungen	121
6	Schlussfolgerungen	123
7	Zusammenfassung	127
8	Summary	131
	Literaturverzeichnis	135
	Abbildungsverzeichnis	161
	Tabellenverzeichnis	163

Abkürzungsverzeichnis

a.p. ante partum

B Regressionskoeffizient

BCS Body Condition Score

BHB β -Hydroxybutyrat

Ca Calcium

Cu Kupfer

EKA Erstkalbealter

FPT failure of passive transfer

Ig Immunglobuline

IgA Immunglobulin A

IgG Immunglobulin G

IgM Immunglobulin M

LKV Landeskontrollverband

Mg Magnesium

MLP Milchleistungsprüfung

n Anzahl

NEFA Freie Fettsäuren

P Phosphor

p-Level Signifikanzwert

Abkürzungsverzeichnis

p.p. post partum

r Korrelationskoeffizient

R^2 Bestimmtheitsmaß

REF Referenzbereich

RFD Rückenfettdicke

RID Radiale Immundiffusion

Se Selen

SE Standardfehler

TAG Triacylglycerole

TMF Transition-Management-Facility

TMR Totale Mischration

TP Totalprotein

U/min Umdrehungen pro Minute

\bar{x} Arithmetischer Mittelwert

\tilde{x} Median

$x_{0,25}$ 25%-Perzentil

$x_{0,75}$ 75%-Perzentil

x_{\max} Maximum

x_{\min} Minimum

ZKZ Zwischenkalbezeit

Zn Zink

κ Cohens-Kappa-Koeffizient

1 Einleitung

Das Kolostrum wird beim Rind auch als Biestmilch bezeichnet und von den Alveolarepithelzellen des Euters als erstes Sekret gebildet. Von der reifen Milch unterscheidet es sich zum einen in der Zusammensetzung der Inhaltsstoffe, vor allem jedoch durch die 50 bis 290 mal höhere Konzentration der Immunglobuline (Ig). Es versorgt das neugeborene Kalb mit allen benötigten Nährstoffen, Mineralien und Spurenelementen (Fox und McSweeney, 2003; Bruckmaier, 2009). Das Kolostrum, welches beim ersten Melken oder Saugakt gewonnen wird, bezeichnet man als Erstkolostrum. Dieses spezielle Sekret sammelt sich bereits vor der Kalbung in den Alveolen des Euters und zeichnet sich durch eine besonders hohe Antikörperkonzentration aus. Es bildet sich sowohl durch einen rezeptorvermittelten Transport von Ig aus dem Blutserum in das Alveolarlumen als auch durch die direkte Ig-Produktion im Drüsengewebe (Larson et al., 1980; Bruckmaier, 2009). Die hohe Ig-Konzentration fällt mit jedem weiteren Melk- oder Saugvorgang deutlich ab (Chigerwe et al., 2005). Das Erstkolostrum ist jedoch nicht nur besonders reich an Abwehrstoffen, sondern enthält zudem außerordentlich hohe Konzentrationen weiterer bioaktiver Substanzen wie Wachstumsfaktoren, Hormone und Vitamine. Die Wachstumsfaktoren sowie Hormone werden vom Kalb nicht absorbiert und entwickeln dementsprechend auch keine systemische Wirkung. Durch ihre lokale Wirkung im Intestinum sind sie essentiell für die Entwicklung und Differenzierung der Enterozyten und Darmzotten (Bruckmaier, 2009).

Das Kolostrum und insbesondere das Erstkolostrum mit seiner außerordentlich hohen Ig-Konzentration dient dem Kalb jedoch nicht nur als Nahrungsquelle. Nach der oralen Aufnahme erfolgt die Resorption der Antikörper im Darm, wodurch das Neugeborene bis zur vollständigen Entwicklung des eigenen Immunsystems geschützt ist (Bruckmaier, 2009; Godden, 2008; Fox und McSweeney, 2003). Diese passive Immunisierung ist beim Rind von

1 Einleitung

besonderer Bedeutung, da die Plazentation bei Wiederkäuern keine Passage von Ig zulässt und daher keine Übertragung von Antikörpern während der Trächtigkeit auf den Fetus erfolgt (Larson et al., 1980; Kruse, 1983). Kälber werden daher agammaglobulinämisch ohne intakten Immunschutz geboren. Um eine solide passive Immunisierung zu erreichen, ist die Versorgung des Kalbes mit Erstkolostrum von guter Qualität in ausreichender Menge von entscheidender Bedeutung. Das Erstgemelk entspricht einer guten Qualität, wenn es mindestens 50 g Immunglobulin G (IgG) pro Liter enthält (Fleenor und Stott, 1980; Cash, 1999; Chigerwe et al., 2008; Conneely et al., 2013). Davon sollten dem Kalb zwei und zwölf Stunden nach der Geburt jeweils mindestens zwei Liter verabreicht werden (Kolb und Seehawer, 2002; Jaster, 2005). Die Gesundheit sowie die weitere Entwicklung nach der Geburt hängen demnach maßgeblich von der kolostralen Erstversorgung des Neugeborenen ab (Donovan et al., 1986; Robison et al., 1988; DeNise et al., 1989; Wells et al., 1996). Eine stabile Kälbergesundheit ist ein wichtiges Kriterium für die Wirtschaftlichkeit eines Milchviehbetriebes. Aus diesen Gründen sollte die adäquate Ig-Konzentration des Erstkolostrums nach Möglichkeit direkt im Milchviehbetrieb überprüft werden.

Das erste Ziel der vorgelegten Dissertation ist es daher, die Genauigkeit und Praktikabilität des Kolostrometers sowie Brix-Refraktometers als Feldmethoden zur Beurteilung der Erstkolostrumqualität zu validieren. Weiterhin werden umfangreiche Tierdaten in einem großen Milchviehbetrieb erhoben und der Zusammenhang dieser Parameter zur Qualität und Menge des Erstkolostrums untersucht. So sollen Einflussfaktoren auf die Qualität und Menge identifiziert werden. Die Erkenntnisse dieser Arbeit mögen dazu beitragen, die kolostrale Erstversorgung von Neonaten zu verbessern, um die Kälbergesundheit zu optimieren.

2 Literaturübersicht

2.1 Kolostrogenese

Die Bildung des Kolostrums beginnt schon in der ersten Phase der Laktogenese viele Tage vor der intensiven Sekretion, welche mit der Geburt des Kalbes einsetzt. Etwa vier Wochen ante partum (a.p.) beginnen die Laktozyten des Alveolarepithels bereits ein besonders Ig reiches Sekret, das sogenannte Präkolostrum zu bilden (Bruckmaier und Krömker, 2007a; Schweigert, 2008; Bruckmaier, 2009). Beim Rind bestehen die Ig zu 85 - 90 % aus IgG und dabei überwiegt die Subklasse IgG₁ deutlich (Kolb und Seehawer, 2002; Fox und McSweeney, 2003). Das Drüsengewebe bildet unter der Wirkung von Östrogen und Progesteron FcRn-Rezeptoren aus, mit denen IgG aus dem maternalen Blutkreislauf gebunden wird und via Transcytosis dann im Alveolarlumen kumuliert. Zusätzlich wird Immunglobulin A (IgA) und Immunglobulin M (IgM) von residenten Plasmazellen direkt in der Milchdrüse gebildet (Larson et al., 1980; Barrington et al., 1997, 2001; Baintner, 2007; Bruckmaier, 2009). Eine Woche a.p. beginnen die Laktozyten vermehrt Laktose zu bilden, welche durch seine osmotische Wirkung vermehrt Wasser in das Alveolarlumen zieht. So entsteht das Erstkolostrum, welches beim ersten Melk- oder Saugvorgang nach der Kalbung abgegeben wird (Schweigert, 2008). Mit Einsetzen der Luteolyse unmittelbar vor der Kalbung fällt der Progesteronspiegel rapide ab und die Freisetzung von Prolaktin wird nicht länger unterdrückt. Der folgende Anstieg von Prolaktin inaktiviert die FcRn-Rezeptoren und unterdrückt somit den Transport von Ig in das Alveolarlumen während die Milchsekretion in Gang gesetzt wird (Barrington et al., 2001; Bruckmaier und Krömker, 2007a). So beginnt mit der Kalbung die zweite Phase der Laktogenese, in deren Verlauf zunächst noch Kolostrum sezerniert wird, welches sich nach und nach zu reifer Milch wandelt. Mit jedem Melkvorgang nach der Kalbung nimmt

die Ig-Konzentration dabei deutlich ab (Chigerwe et al., 2005). Dieser als Kolostralmilchperiode bezeichnete Wandel zur reifen Milch ist beim Rind mit dem fünften Tag post partum (p.p.) abgeschlossen (Schweigert, 2008).

2.2 Kolostrumerstversorgung neugeborener Kälber

2.2.1 Absorption maternaler Immunglobuline

Aufgrund der epitheliochorialen Plazentation des Rindes erfolgt keine diaplazentare Übertragung maternaler Ig auf den Fetus. Die Kälber kommen agammaglobulinämisch zur Welt und erhalten die überlebensnotwendigen Antikörper ausschließlich über die orale Aufnahme von Kolostrum nach der Geburt (Larson et al., 1980; Kruse, 1983; Schnorr und Kressin, 2006; Baintner, 2007). Aufgrund der geringen Säurekonzentration im Magen sowie der erniedrigten proteolytischen Aktivität im gesamten Magen-Darm-Trakt während der ersten Lebensstunden der Neugeborenen gelangen die kolostralen Ig ungespalten in den Dünndarm. Dieser Effekt wird zusätzlich durch einen Trypsininhibitor verstärkt, welcher im Kolostrum enthalten ist (Kruse, 1983; Bruckmaier, 2009; Wolfram und Scharrer, 2009). Die Antikörper werden dann aus dem Lumen des Dünndarms absorbiert (Jochims et al., 1994; Bessi et al., 2002b,a; Kindlein et al., 2008). Hierbei steigt die Aufnahmekapazität vom Duodenum über das Jejunum zum Ileum an. Der Anteil des Duodenums ist jedoch sehr gering und unbedeutend (Jochims et al., 1994). Die neonatalen Enterozyten nehmen die Ig als ungespaltene Makromoleküle unselektiv via Pinozytose auf. Es bilden sich Transportvakuolen, in denen die Makromoleküle zur basolateralen Zellmembran gelangen. Hier erfolgt die Exozytose in den Extrazellularraum und der Weitertransport über die Lymphe (Kruse, 1983; Baintner, 2007; Moretti et al., 2013). Die Ig gelangen ins Blut und die Konzentration im Blutserum der Neonaten steigt an (Clover und Zarkower, 1980). Dieser Vorgang wird

als passiver Transport bezeichnet und ist von entscheidender Bedeutung für die Gesundheit, Entwicklung und das Wachstum der Kälber (Weaver et al., 2000; Sangild, 2003; Chase et al., 2008; McGuirk, 2008). An diesem Transport ist wie im Milchdrüsenepithel ein FcRn-Rezeptor beteiligt (Bruckmaier, 2009). Kälber, die nicht genügend Kolostrum erhalten und bei denen diese Übertragung von Ig nicht oder ungenügend stattfindet, erkranken deutlich häufiger und weisen eine erhöhte Mortalitätsrate auf (Donovan et al., 1986; Robison et al., 1988; Wells et al., 1996). Zudem zeigen sie eine schlechtere Tageszunahme (Robison et al., 1988) und die weiblichen Tiere erreichen eine geringere Milchleistung in der ersten Laktation (DeNise et al., 1989).

2.2.2 Einflussfaktoren auf den passiven Transfer

Erfolgt der passive Transfer von Ig nicht in ausreichendem Maße, wird dies als failure of passive transfer (FPT) bezeichnet. Ob die Aufnahme von Antikörpern adäquat war, um einen effektiven immunologischen Schutz des Neugeborenen zu gewährleisten, zeigt die Konzentration von IgG im Blutserum des Kalbes 24 - 48 Stunden nach der Geburt. Liegt die IgG-Serumkonzentration zu diesem Zeitpunkt unter 10 g/l, geht man von einem FPT aus (Tyler et al., 1996; Parish et al., 1997; Quigley et al., 2001). FPT ist keine Erkrankung, spiegelt jedoch eine ungenügende immunologische Widerstandsfähigkeit und damit verbundene Anfälligkeit für Infektionskrankungen wider (Weaver et al., 2000).

Der passive Transfer von Antikörpern wird von mehreren Faktoren beeinflusst. So ist die Fähigkeit, Ig ungespalten und funktionstüchtig aus dem Darm zu absorbieren, zeitlich begrenzt. Die neonatalen Enterozyten werden im Laufe der Zeit durch reifere Generationen ersetzt. Diese sind proteolytisch aktiver und nicht mehr in der Lage, die kolostralen Makromoleküle unverdaut aus dem Darmlumen aufzunehmen (Kruse, 1983; Jochims et al., 1994; Bessi et al., 2002b,a; Kindlein et al., 2008). Die Absorptionskapazität des juvenilen Dünndarms ist bereits 24-36 Stunden nach der Geburt auf ein niedriges Level gefallen und endet nach 48 Stunden.

2 Literaturübersicht

Aus diesem Grund ist die Aufnahme von Erstkolostrum unmittelbar nach der Kalbung von entscheidender Bedeutung für den ausreichenden passiven Transfer von Ig und den damit verbundenen humoralen Schutz des Neugeborenen vor Infektionen (Kruse, 1983; Baintner, 2007; Stromberg und Moon, 2008; Bruckmaier, 2009). Ob das Erstkolostrum dabei über einen Sauger oder eine ösophageale Sonde verabreicht wird, hat dagegen keinen klinisch relevanten Einfluss auf den Serum-IgG-Spiegel der Kälber (Adams et al., 1985; Ebert, 2007). In den Untersuchungen von Quigley et al. (2001) wird deutlich, dass Kälber mindestens 120 g IgG in den ersten acht Stunden nach der Geburt aufnehmen müssen, um eine ausreichende IgG-Serumkonzentration von 10 g/l oder höher zu erreichen. In der Studie von Besser et al. (1991) war ein FPT bereits deutlich seltener, wenn die Kälber 100 g IgG mit der ersten Mahlzeit erhielten. Die Autoren stellten zudem fest, dass diese Menge IgG lediglich in 36% der Mahlzeiten enthalten wäre, würde man zwei Liter Kolostrum füttern. Dagegen würden bei einer Menge von vier Litern über 85% der Mahlzeiten die erforderliche IgG-Menge beinhalten. Die Autoren empfehlen daher die Fütterung von drei bis vier Litern Kolostrum mit der ersten Mahlzeit und raten zudem die Fütterung über eine ösophageale Sonde, um die sichere Aufnahme dieser Menge zu gewährleisten. Diese empfohlene Menge bestätigen auch Faber et al. (2005) mit ihrer Studie. Sie verglichen die Fütterung von vier Litern Kolostrum von hoher Qualität mit einer zwei Liter Mahlzeit. Beide Mengen wurden innerhalb der ersten Stunde nach der Kalbung verabreicht. In der Gruppe, die zwei Liter erhielten, waren die Tierarztkosten doppelt so hoch und die Kälber wiesen eine signifikant geringere tägliche Gewichtszunahme auf, verglichen mit der Gruppe in der vier Liter Kolostrum getränkt wurden ($p < 0,001$). Untersuchungen von Jaster (2005) an *Jersey-Rindern* belegen jedoch, dass die zweimalige Gabe von jeweils zwei Litern Erstkolostrum unmittelbar nach der Kalbung und 12 Stunden später höhere IgG-Konzentrationen im Blutserum zur Folge hatten, als eine einmalige Mahlzeit von vier Litern. Für eine optimale Erstversorgung der neugeborenen Kälber empfehlen sie daher, die Menge von vier Litern auf zwei separate Mahlzeiten mit jeweils zwei Litern innerhalb der ersten 12

Lebensstunden zu verteilen und bestätigen damit die Fütterungsempfehlung von Kolb und Seehawer (2002). Ferner sollte darauf geachtet werden, bei der ersten Fütterung der Neonaten ausschließlich Erstkolostrum zu verabreichen. Denn die IgG-Konzentration nimmt mit jedem Melkdurchgang signifikant ab und ist dementsprechend im Kolostrum beim ersten Melken am höchsten (Elfstrand et al., 2002; Stockdale und Smith, 2004). Kälber denen als erste Mahlzeit Erstkolostrum verabreicht wurde, wiesen 48 Stunden nach der Geburt höhere IgG-Serumkonzentrationen auf, verglichen mit Kälbern, bei denen Kolostrum vom zweiten und dritten Melkdurchgang getränkt wurde (Jaster, 2005).

2.3 Einflussfaktoren auf die Erstkolostrumqualität

2.3.1 Trockenstehzeit

Als Trockenstehzeit wird die Zeit zwischen zwei Kalbungen bezeichnet, in der die Milchdrüse keine Milch produziert. Sie ist der Kalbung und der folgenden Laktation von Kühen vorangestellt und dient der Regeneration. Das aktive Drüsengewebe soll während dieser Zeit zur Ruhe kommen und sich durch Zellproliferationen erholen. Bestehende Mastitiden sollen ausheilen und die Tiere wieder körperliche Reserven aufbauen, um auf die kommende Laktation vorbereitet zu sein. Zudem zeigen zahlreiche Untersuchungen, dass die Trockenstehzeit einen positiven Effekt auf die Qualität des Erstkolostrums hat (Stewart und McCallum, 1938; Brandon und Lascelles, 1975; Annen et al., 2004; Rastani et al., 2005; Gulinski et al., 2006b; Scholz et al., 2011; Klingbeil, 2015). Bei Kühen, die ohne Trockenstehzeit durchgemolken werden, ist die Totalprotein (TP)- sowie IgG-Konzentration deutlich geringer als bei Kühen, die vor der Kalbung trocken gestellt wurden (Rastani et al., 2005). Bereits Untersuchungen von Brandon und Lascelles (1975) zeigen, dass durchgehendes Melken bis zur

2 Literaturübersicht

Kalbung den selektiven Transfer von IgG₁ aus dem Blut in das Drüsensekret minimiert und somit die IgG-Konzentration des Erstkolostrums reduziert. Guy et al. (1994b) stellen die Theorie auf, dass der selektive Transfer von IgG₁ durch die Drüsenepithelzellen des Euters erfolgt und umgekehrt mit der Syntheseaktivität dieser Zellen variiert. Somit wird bei nahender Kalbung der selektive IgG₁-Transfer vom Blut in das Erstkolostrum durch Mamma-Epithelzellen, die noch Milch sezernieren, eingeschränkt. Dieser Effekt konnte durch Untersuchungen von Annen et al. (2004) jedoch lediglich bei primiparen Kühen bestätigt werden, die in ihrer ersten Laktation bis zur Kalbung durchgehend gemolken wurden. Diese hatten nach der zweiten Kalbung einen reduzierten IgG-Gehalt pro Liter Erstkolostrum, verglichen mit primiparen Kühen, die für 30 Tage trocken gestellt wurden. Ein Verzicht auf die Trockenstehzeit bei älteren Tieren am Ende der zweiten oder einer späteren Laktation hatte dagegen keine Auswirkungen auf die folgende Kolostralphase.

Die Länge der Trockenstehzeit variiert in den einzelnen Milchviehbetrieben, beträgt jedoch konventionell zwischen 55 - 60 Tage (Mansfeld et al., 2012). Hinsichtlich der Fragestellung, inwieweit die Länge der Trockenstehzeit die Qualität des Erstkolostrums beeinflusst, sind die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen nicht einheitlich. Zahlreiche Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Länge der Trockenstehzeit keinen signifikanten Einfluss auf die Zusammensetzung hat (Pritchett et al., 1991; Morin et al., 2001; Annen et al., 2004; Gulay et al., 2005; Rastani et al., 2005; Waters et al., 2008; Eihvalde et al., 2012; Shoshani et al., 2014). Pritchett et al. (1991) erklären, dass der Einfluss der Länge der Trockenstehzeit auf die Qualität mit der Korrelation zur Menge des Erstkolostrums begründet werden kann. Bei einer mittleren IgG-Konzentration von 93 g/l im Erstkolostrum von Tieren mit einer verkürzten Trockenstehzeit (28 - 35 Tage) und einer mittleren IgG-Konzentration von 127 g/l bei Tieren mit einer konventionellen Trockenstehzeit (56 Tage) deutet sich in der Untersuchung von Losand et al. (2010) ein Unterschied der Ig-Konzentration in Abhängigkeit von der Länge der Trockenstehzeit an, ist jedoch nicht signifikant. Dagegen zeigen die Ergebnisse von Scholz et al. (2011) einen signifikanten

Unterschied. Kühe mit einer Trockenstehzeit von mehr als 62 Tagen hatten eine um 21 g/l höhere Eiweißkonzentration sowie eine um 17 g/l höhere Konzentration an Ig als Tiere mit einer maximalen Trockenstehzeit von 46 Tagen. Dies bestätigen Gulinski et al. (2006b), die ebenfalls einen höheren IgG-Gehalt im Erstkolostrum von Kühen mit einer Trockenstehzeit von mehr als 60 Tagen feststellten, verglichen mit Tieren, die eine kürzere Zeit trocken standen. Zudem berichtet Klingbeil (2015) in ihrer Untersuchung zu diesem Zusammenhang von einer signifikanten Korrelation zwischen der Menge des Erstkolostrums und der Länge der Trockenstehzeit.

2.3.2 Fütterung, Supplementation und Impfungen während der Trockenstehzeit

Die Trockenstehzeit der Tiere stellt einen positiven Einflussfaktor auf die Qualität des Erstkolostrums dar (Kap. 2.3.1). Inwieweit die nutritive Versorgung in dieser Zeit dabei von Bedeutung ist, wurde ebenfalls in zahlreichen Studien untersucht. Dabei stellten Shearer et al. (1992) fest, dass sich die Konzentration von Ig im Erstkolostrum signifikant erhöht, wenn der Body Condition Score (BCS) der Tiere während der Trockenstehzeit zunimmt. Dieser Zusammenhang war in den Untersuchungen von Stockdale und Smith (2004) jedoch nicht signifikant. Hingegen zeigte sich ein schwach signifikanter Unterschied in der Qualität des Erstkolostrums von Kühen mit unterschiedlichen Rohprotein- und Energiegehalten in der Fütteration. Eine erhöhte Energieaufnahme von einem Megajoule führte zu einem Abfall der IgG-Konzentration um 0,4 g/kg. Gegenläufig bewirkte jedes zusätzliche Kilogramm Rohprotein in der Fütteration einen Anstieg von 10 g IgG pro Kilogramm Erstkolostrum.

Im überwiegenden Teil der Studien konnte dagegen kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Trockensteherfütterung mit Unterschieden im Energie- und Rohproteingehalt und der Qualität des Erstkolostrums ermittelt werden (DeLong et al., 1979; Blecha et al., 1981; Burton et al., 1984; Hough et al., 1990; Quigley und Drewry, 1998; Tesfa et al., 1999). Auch

2 Literaturübersicht

aktuellere Ergebnisse von Nowak et al. (2012) belegen, dass unterschiedliche Energiegehalte der Trockensteherfütterung bis sieben Tage vor der Kalbung keinen signifikanten Einfluss auf die Zusammensetzung des Erstkolostrums hat, weder auf den Fett-, Laktose- und Gesamtproteingehalt noch auf die IgG-, IgA- und IgM-Konzentration oder die spezifische Dichte. Dennoch empfiehlt Godden (2008) die Futterration für trockenstehende Kühe und Färsen gemäß den Empfehlungen des National Research Council (2001) zu gestalten.

Auch Zusatzstoffe können dem Futter trockenstehender Tiere beigefügt werden, um so Einfluss auf die Qualität des Erstkolostrums zu nehmen. So hat die orale Supplementierung von β -Carotin zwar keinen signifikanten Einfluss auf die IgG-Konzentration, allerdings war der β -Carotiningehalt im Erstgemelk höher als in der Kontrollgruppe (Kaewlamun et al., 2011). Weiterhin demonstrieren die Untersuchungen von Kinal et al. (2007), dass durch die Zugabe von 60 g *Saccharomyces cerevisiae*-Kulturen pro Tier und Tag eine Verbesserung der Erstkolostrumqualität erreicht werden kann. Zwar war der Rohfett- und Laktoseanteil etwas geringer als in der Kontrollgruppe, jedoch war der Anteil von Rohprotein im Erstgemelk der supplementierten Tiere um einen Prozent höher (11,7 % vs. 12,7 %) und die Konzentration der Mineralien Calcium (Ca), Phosphor (P), Zink (Zn) und Kupfer (Cu) war ebenfalls erhöht. Zudem stieg die mittlere Konzentration aller Ig-Fraktionen (α -Globuline = 6,3 vs. 7,6 g/l; β -Globuline = 13,5 vs. 14,8 g/l; γ -Globuline = 48,5 vs. 56,2 g/l). Eine weitere Studie von Kinal et al. (2004) zeigt, dass Tiere, deren täglicher Mineralbedarf zu 30% über Bioplex-Mineralien gedeckt wurde, ein um 45,1 g/l höheres γ -Globulinlevel im Erstkolostrum aufweisen, verglichen mit Tieren, deren Bedarf über Sulfate gedeckt wurde (γ -Globuline = 93,6 g/l vs. 48,5 g/l). Die Unterschiede erreichten nicht den Signifikanzwert $p < 0,05$, jedoch hatten Kälber, die Erstkolostrum von Tieren mit Bioplex-Mineralien-Supplementierung erhielten, auch höhere Konzentrationen an γ -Globulinen im Blutserum, verglichen mit Kälbern der Kontrollgruppe. Einige Autoren beschreiben zudem einen positiven Effekt einer enteralen und/oder parenteralen Zugabe von Vitamin E und Selen (Se) auf die IgG-Konzentration des Erstkolo-

strums (Swecker et al., 1995; Pavlata et al., 2004; Raboisson und Schelcher, 2009). Jedoch konnten Lacetera et al. (1996) diesen positiven Effekt nicht feststellen.

Eine weitere Möglichkeit, Einfluss auf die Qualität des Erstkolostrums zu nehmen, sind Muttertierschutzimpfungen. Dabei wird das tragende Rind nach einem entsprechenden Impfschema während der Trockenstehzeit geimpft. Die auf diese Impfung gebildeten Antikörper werden dann bei der Aufnahme des Erstkolostrums von der Mutter auf das Kalb übertragen. Während der Vergleich von Antikörpertitern im Erstkolostrum zwischen vaccinierten und unvaccinierten Färsen einer Fleischrasse von Myers und Snodgrass (1982) keinen signifikanten Unterschied erkennen lässt, geben die Ergebnisse von Waltner-Toews et al. (1985) Hinweise auf einen positiven Zusammenhang. Hier wurden tendenziell höhere Antikörpertiter gegen Corona- und Rotaviren im Erstkolostrum von geimpften Tieren nachgewiesen. Der Unterschied war allerdings nicht signifikant. Es zeigte sich aber ein signifikant erhöhter Antikörpertiter gegen das K99-Antigen des E.coli Impfstammes. Der überwiegende Teil der Autoren verdeutlicht indes einen signifikanten Anstieg sowohl der IgG-Konzentration im Allgemeinen als auch der spezifischen Rotaviren-Antikörper im Erstkolostrum von Tieren, die während der Trächtigkeit entsprechend geimpft wurden (McNulty und Logan, 1987; Archambault et al., 1988; Fernandez et al., 1996; Brenner et al., 1997; Kim et al., 2002). Hodgins und Shewen (1996) stellten ferner einen erhöhten Titer von Antikörpern gegen das Bakterium *Pasteurella haemolytica* im Erstkolostrum von Rindern fest, die eine Impfung gegen diesen Erreger erhielten.

2.3.3 Zeitintervall zwischen Kalbung und erstem Melken

Die Zeit zwischen der Kalbung und dem Entzug des Erstkolostrums variiert zwischen den einzelnen Milcherzeugungsbetrieben in Abhängigkeit vom jeweiligen Kalbmanagement. Dieses Zeitintervall steht im negativen

Zusammenhang zur Qualität des Erstkolostrums (Witt et al., 1968; Kruse, 1970; Pethes et al., 1987; Annen et al., 2004; Moore et al., 2005; Morin et al., 2010; Scholz et al., 2011; Conneely et al., 2013; Sacerdote et al., 2013). In den ersten zwei (Moore et al., 2005) bzw. drei (Conneely et al., 2013) bis sechs (Sacerdote et al., 2013) Stunden nach der Kalbung hat das Erstkolostrum die höchste IgG-Konzentration. Moore et al. (2005) konnten bereits einen signifikanten Konzentrationsabfall vom zwei Stunden p.p. zum sechs Stunden p.p. Erstgemelk feststellen. Mit jeder Stunde die p.p. bis zum ersten Melken vergeht, fällt die IgG-Konzentration um 3,7% ab (Morin et al., 2010). Nach Scholz et al. (2011) hat sich neun Stunden nach der Kalbung der IgG-Gehalt pro Liter Erstkolostrum bereits um 41% verringert.

2.3.4 Erstkolostrummenge

Eine optimale Versorgung des Kalbes mit Erstkolostrum setzt eine ausreichende Menge voraus. Untersuchungen zeigen jedoch einen negativen Zusammenhang zwischen der Menge und der Qualität des Erstgemelks. Ein Anstieg der Menge beim ersten Melken hat einen Abfall der IgG-Konzentration zur Folge (Pritchett et al., 1991; Morin et al., 2010; Kehoe et al., 2011; Scholz et al., 2011; Conneely et al., 2013; Klingbeil, 2015). Dabei fällt mit jedem Liter Erstkolostrum die IgG-Konzentration nach Conneely et al. (2013) um 1,7 g/l, nach Klingbeil (2015) dagegen um 0,75 g/l. Erklärt wird dieser negative Zusammenhang mit einem Verdünnungseffekt. Postpartal wird vom Euter ein IgG ärmeres Sekret sezerniert, welches sich dann mit dem IgG reichen Erstkolostrum vermengt (Morin et al., 2010). Die Untersuchungen von Pritchett et al. (1991) ergeben, dass ein Erstgemelk von weniger als 8,5 kg eher von hoher Qualität ist, als Erstkolostrum das in größerer Menge gemolken wurde. Scholz et al. (2011) legen diese kritische Grenze schon bei einer Menge von 7,3 l Erstkolostrum fest. Kühe, die diese Menge überschritten, wiesen die geringsten Ig- und TP-Gehalte im Erstgemelk auf. Jedoch war die negative Korrelation zwischen der IgG₁-Konzentration und der Erstkolostrummenge in den Ergebnissen

von Maunsell et al. (1999) nur schwach ausgeprägt und konnte von Baumrucker et al. (2010) gar nicht bestätigt werden. Baumrucker et al. (2010) stellten hingegen eine signifikant positive Korrelation zwischen dem Erstkolostrumvolumen und der IgG₁-Gesamtmasse fest.

Zusammen mit dem Zeitintervall zwischen Kalbung und erstem Melken erklärt die Menge des Erstgemelks 27% der Variabilität der IgG-Konzentration (Morin et al., 2010). Die Autoren geben daher zu bedenken, dass es weitere wichtige Einflussfaktoren geben muss.

2.3.5 Alter der Tiere

Das Alter von Milchkühen wird in der Praxis als Anzahl von Trächtigkeiten, Kalbungen oder Laktationen angegeben und ist ein weiterer Faktor, der die Qualität des Erstkolostrums beeinflusst. Denn pluripare Kühe weisen eine höhere Qualität auf, verglichen mit primiparen Tieren (Chelack et al., 1993; Kume und Tanabe, 1993; Levieux und Ollier, 1999; Tesfa et al., 1999; Gulinski et al., 2006a,b). Dabei beschreiben einige Autoren den generellen Trend der Zunahme der Ig-Konzentration mit jeder Laktation, beginnend von der ersten (Shearer et al., 1992; Lambrecht, 1980; Bar et al., 2009; Morrill et al., 2012a,b; Conneely et al., 2013). Andere dagegen beschreiben insbesondere einen signifikanten Unterschied in der IgG-Konzentration zwischen älteren Kühen ab der dritten Laktation und Tieren der ersten und/oder zweiten Laktation (Muller und Ellinger, 1981; Norman et al., 1981; Pritchett et al., 1991; Tyler et al., 1999; Franklin et al., 2005; Moore et al., 2005; Chigerwe et al., 2008; Kehoe et al., 2011; Scholz et al., 2011; Bartier et al., 2015). Dementsprechend ist auch die TP-Konzentration bei diesen Tieren höher (Scholz et al., 2011). Morin et al. (2001) und Franklin et al. (2005) bestätigen zudem die signifikant höhere Qualität des Erstkolostrums ab der dritten Laktation durch den Nachweis eines signifikanten Anstiegs der spezifischen Dichte im Vergleich zu Tieren der ersten und zweiten Laktation.

Diesen deutlichen Unterschied zwischen den ersten beiden und den folgenden Laktationen zeigen auch die Ergebnisse von Quigley et al. (1994), Gul-

2 Literaturübersicht

liksen et al. (2008) und Bartier et al. (2015), mit dem Unterschied, dass in diesen Studien die Sekundoparen den Primiparen in der IgG-Konzentration noch unterlagen. Das IgM zeigt nach Quigley et al. (1994) einen Anstieg der Konzentration im Erstkolostrum mit jeder Laktation, während die IgA-Konzentration in dieser Studie bei Kühen der zweiten Laktation am höchsten war. Gomes et al. (2011) sowie Klingbeil (2015) bestätigen einen höheren Gehalt von Ig pro Liter Erstgemelk bei älteren Tieren. Im Unterschied zu den übrigen Autoren waren hier die Konzentrationen jedoch erst bei Kühen mit mehr als vier Kalbungen signifikant höher.

Im Vergleich zu den bisher genannten Untersuchungen unterscheiden sich die IgG-Konzentrationen in den Ergebnissen einiger Autoren dagegen nicht signifikant zwischen Kühen unterschiedlicher Laktationen (Mechor et al., 1992; Eihvalde et al., 2012; Silper et al., 2012). Im Gegensatz zu den früheren Ergebnissen können Morrill et al. (2015) in ihrer aktuelleren Studie ebenfalls keinen signifikanten Unterschied der IgG-Konzentration zwischen primi- und pluriparen Kühen nachweisen. Obwohl der Unterschied der spezifischen Dichte, der Brix-Werte und der Kolostrometerergebnisse zwischen den beiden Tiergruppen signifikant war.

Betrachtet man weitere Inhaltsstoffe des Erstkolostrums, wird der Einfluss des Alters wieder deutlich. So ist die Laktosekonzentration ab der dritten Laktation mit 3,1% am höchsten, verglichen mit der ersten (3,0%) oder zweiten (2,8%). Dagegen ist der Fettanteil des Erstkolostrums mit 6,6% in der ersten Laktation signifikant am höchsten. Zweitlaktierende weisen im Erstkolostrum die höchste Gesamtkeimzahl sowie Keimzahl coliformer Bakterien auf und die Menge an somatischen Zellen fällt mit steigender Parität ab (Morrill et al., 2012a). Ebenso fällt die Konzentration der Mineralien Ca, P, und Magnesium (Mg) mit jeder Laktation, bis sie sich ab der dritten stabilisiert. Auch die Zn-Konzentration ist im Erstkolostrum der Primiparen tendenziell höher, verglichen mit den Pluriparen (Kume und Tanabe, 1993). Dagegen ist die Konzentration von Lactoferrin bei Milchkühen im Erstgemelk der ersten Laktation signifikant niedriger als bei pluriparen Tieren. Bei Fleischrassen unterscheidet sie sich jedoch nicht zwischen Tieren verschiedener Parität (Tsuji et al., 1990).

2.3.6 Genetik

Der genetische Einfluss auf die Qualität des Erstkolostrums kann über den Unterschied zwischen einzelnen Rinderrassen dargestellt werden. Die Ergebnisse sind diesbezüglich nicht einheitlich, jedoch stellen zahlreiche Autoren signifikante rassespezifische Unterschiede in der Erstkolostrumqualität fest (Kruse, 1970; Halliday et al., 1978; Muller und Ellinger, 1981; Tsuji et al., 1990; Singh et al., 1993; Guy et al., 1994a; Tyler et al., 1999; Morin et al., 2001; Annen et al., 2004; Gulinski et al., 2006b; Bar et al., 2009). In der Studie von Muller und Ellinger (1981) war die IgG-Konzentration des Erstkolostrums von *Holstein-Rindern* mit 5,6% geringer als bei Rindern der Rassen *Guernsey* (6,3%), *Brown-Swiss* (6,6%), *Ayrshire* (8,1%) und *Jersey* (9,0%). Diese Ergebnisse bestätigen Tyler et al. (1999). Hier enthielt das Erstgemelk von *Guernsey-Kühen* 36,4 g/l mehr IgG als das von *Holstein-Kühen*. Im Unterschied zu Muller und Ellinger (1981) zeigen Annen et al. (2004) jedoch höhere IgG-Konzentrationen im Erstkolostrum der *Holstein-Rinder*, verglichen mit der Rasse *Brown-Swiss*. In den Ergebnissen von Morin et al. (2001) war auch die spezifische Dichte des Erstgemelks von *Holstein-Rindern* höher im Vergleich zu den Rassen *Brown-Swiss* und *Ayrshire*. Zudem produzieren, nach Shearer et al. (1992), *Holstein-Kühe* doppelt so häufig Erstkolostrum von guter Qualität (> 50 g/l IgG), verglichen mit *Brown-Swiss-* und *Jersey-Rindern*. Die Untersuchungsergebnisse von Morrill et al. (2012a) zeigen tendenziell höhere IgG-Konzentrationen im Erstgemelk von *Holstein-Rindern* (74,2 mg/ml), verglichen mit *Jersey-Rindern* (65,8 mg/ml). Der Unterschied zwischen diesen beiden Rassen war jedoch nicht signifikant und auch Franklin et al. (2005) sowie Morin et al. (2001) fanden zwischen diesen beiden Rassen keine signifikanten Unterschiede in den Kolostrometerwerten bzw. der spezifischen Dichte. Eihvalde et al. (2012) konnten auch zwischen dem Erstkolostrum von roten Rinderrassen (*Lettisches Braunvieh*, *Rotes Dänisches Milchrind*) und *Holstein-Rindern* keinen signifikanten Unterschied in der IgG-Konzentration feststellen.

Hybridrassen aus *Hereford-* und *Angus-Rindern* hingegen tendieren zu hö-

2 Literaturübersicht

heren IgG-Konzentrationen als reinrassige *Hereford-Rinder* (Norman et al., 1981). Diesen Vorteil von Hybridrassen bestätigen auch Untersuchungen mit *Holstein-Zebu-Kreuzungen*. Hier lag die mittlere IgG-Konzentration des Erstkolostrums der Hybridrassen bei 145,97 g/l und damit über der von reinrassigen *Bos taurus* Milchkühen. Sie unterschied sich jedoch nicht innerhalb der Kreuzungsrasse in Abhängigkeit vom Genanteil (Soares Filho et al., 2001). Das bestätigen Silber et al. (2012). Sie verglichen ebenfalls die IgG-Konzentrationen zwischen Kreuzungen aus *Holstein-Rindern* mit verschiedenen Zebu-Rinderrassen (*Gir*, *Nelore-Rind*, *Guzerat-Rind*, *Zebu*) und fanden zwischen den einzelnen genetischen Gruppen gleichermaßen keinen signifikanten Unterschied. Dagegen konnte Gulinski et al. (2006b) bei Rindern mit einem hohen Genanteil von über 50% der Rasse *Holstein-Friesian* einen höheren IgG-Gehalt pro Liter Erstkolostrum feststellen.

Conneely et al. (2013) verglichen die IgG-Konzentrationen des Erstgemelks von Rindern der Rassen *Holstein-Friesian*, *Jersey*, *Norwegisches Rotvieh* sowie von den Hybriden aus *Jersey und Holstein-Friesian*, *Norwegisches Rotvieh und Holstein-Friesian*, *Montbeliard und Holstein-Friesian* miteinander. Dabei wurde eine geringe Heritabilität von 0,10 festgestellt. Die genetische Standardabweichung lag bei 16,0 g/l, was auf einen Koeffizienten von 14,3% für die genetische Variation schließen lässt.

Auch andere Bestandteile des Erstkolostrums variieren rassespezifisch. So haben Milchkühe eine signifikant höhere Lactoferrin-Konzentration (2 g/l), verglichen mit Fleischrassen (0,5 g/l) (Tsuji et al., 1990). Bar et al. (2009) verdeutlichen den Unterschied im Trockensubstanz-, Fett-, Laktose-, Gesamtprotein- und somatischen Zellgehalt zwischen dem Erstkolostrum von Rindern der Rassen *Normanda*, *Holstein*, *Baltata Romaneasca* und *Metis*. Dabei hat die Rasse *Normanda* den höchsten Fett- sowie Gesamtproteingehalt und dementsprechend auch den höchsten Trockensubstanzanteil und die höchste spezifische Dichte. *Metis-Rinder* haben den höchsten Laktoseanteil sowie den höchsten Gehalt an somatischen Zellen pro Liter Erstgemelk. Nach oraler Vitamin E-Supplementierung einen Monat vor Beginn der Kalbesaison zeigen *Angus-Rinder* eine höhere Konzentration von Vitamin E im Erstkolostrum als *Hereford-Rinder* (Bass II et al., 2001)

2.3.7 Saisonale Einflüsse

Die Monate und Jahreszeiten unterliegen ausgeprägten saisonalen klimatischen Veränderungen mit unterschiedlichen Witterungs- und Lichtverhältnissen. Diese führen wiederum zu saisonalen Disparitäten, u.a. im Auftreten von Erkrankungen, im Fütterungsregime und im Stallklima (Gulliksen et al., 2008). Diese exogenen Faktoren wirken auf die Tiere ein und können so die Qualität des Erstkolostrums beeinflussen. So führt eine Wärmebelastung der tragenden Rinder während der späten Phase der Trächtigkeit und der Trockenstehzeit zu einer Erniedrigung der IgG-Konzentration im Erstkolostrum (Nardone et al., 1997; Adin et al., 2009). Dagegen zeigen Untersuchungen mit Lichtprogrammen während der Trockenstehzeit keinen signifikanten Einfluss auf den IgG- oder Proteingehalt pro Liter Erstkolostrum (Morin et al., 2010). Betrachtet man nun den Einfluss der saisonalen Schwankungen dieser exogenen Faktoren in ihrer Gesamtheit, muss beachtet werden, dass die Untersuchungen dazu in unterschiedlichen Ländern und Regionen durchgeführt wurden. In diesen liegen in den jeweiligen Monaten zum Teil unterschiedliche klimatische Bedingungen vor. Bereits Untersuchungen von Lambrecht (1980) in Deutschland ergaben höhere IgG-Konzentrationen im Erstkolostrum das im Winter gemolken wurde. Die IgA-Konzentration variierte dagegen nicht saisonal. Gulliksen et al. (2008) führten ihre Untersuchungen an Rindern in Norwegen durch. Hier ergab sich hingegen, dass Tiere, die in den Wintermonaten von Dezember bis Februar kalbten, die signifikant niedrigsten IgG-Konzentrationen aufwiesen. Der höchste Gehalt pro Liter Erstkolostrum wurde nach Kalbungen im Spätsommer und Herbst, in den Monaten August, September und Oktober gemessen. Dabei verweisen die Autoren auf die in Norwegen besonders ausgeprägten saisonalen klimatischen Unterschiede. Zudem müssen Kühe nach norwegischem Gesetz für mindestens acht Wochen pro Jahr auf einer Weide gehalten werden, was diese Effekte weiter verstärkt. Die Weidesaison beginnt üblicherweise Ende Mai und endet im späten September. Diese Besonderheiten könnten nach Gulliksen et al. (2008) der Grund dafür sein, dass der saisonale Einfluss in Norwegen von größerer Bedeutung

2 Literaturübersicht

ist, verglichen mit anderen Ländern. Jedoch zeigen auch Untersuchungen im Süden Irlands (Conneely et al., 2013) sowie in Deutschland (Klingbeil, 2015) einen deutlichen saisonalen Zusammenhang. Hier wurden die höchsten IgG-Konzentrationen ebenfalls im Spätsommer und Herbst, nach Kalbungen im August und September bzw. von August bis Oktober ermittelt, die geringsten in den Frühlingsmonaten April und Mai. Im Erstkolostrum von Rindern in Florida - USA konnten Shearer et al. (1992) in Übereinstimmung mit Gulliksen et al. (2008) und Conneely et al. (2013) ebenso signifikant höhere IgG-Konzentrationen in den Monaten August und September per Kolostrometer ermitteln.

Dagegen ergaben Untersuchungen in den US-Bundesstaaten Illinois (Morin et al., 2001) und Washington (Pritchett et al., 1991) keinen signifikanten saisonalen Einfluss auf die IgG-Konzentration. Auch in den Regionen Minas Gerais - Brasilien (Silper et al., 2012) und Alberta - Canada (Bartier et al., 2015) beobachteten die Autoren keinen signifikanten Einfluss. In Jelgava - Lettland (Eihvalde et al., 2012) sowie in Dänemark (Kruse, 1970) konnte ebenso wenig ein saisonaler Einfluss auf die Konzentration der Ig im Erstkolostrum festgestellt werden. Neben der saisonalen Beeinflussung der IgG-Konzentration im Erstkolostrum untersuchten Morin et al. (2001) auch die Auswirkungen auf die spezifische Dichte sowie die Protein- und Fettkonzentration. Während die Fettkonzentration keiner saisonalen Veränderung unterlag, konnte eine deutliche saisonale Beeinflussung der Proteinkonzentration und der spezifischen Dichte nachgewiesen werden. Dabei hatte das Erstkolostrum von Kühen, die in den Sommermonaten kalbten, die geringste spezifische Dichte und von Kühen, die im Herbst kalbten, die höchste. Auffällig ist hierbei, dass die mittlere spezifische Dichte gleichmäßig mit der mittleren Temperatur der einzelnen Monate schwankt. Die spezifische Dichte wurde hier mittels Kolostrometer bestimmt. Der Proteingehalt pro Liter Erstkolostrum war im Winter höher als im Sommer. Den höchsten Proteinanteil zeigte Erstkolostrum, das im Herbst gewonnen wurde. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass zur Messung der Proteinkonzentration kein Erstkolostrum vom Frühling gewonnen wurde, was die Aussagekraft der Studie in dieser Hinsicht einschränkt.

2.3.8 Somatische Zellzahl, Eutergesundheit und postpartale Erkrankungen

Die Immunkompetenz der Milchdrüse geht ab dem 15. Tag a.p. zurück und erreicht einen Tiefpunkt im Zeitraum vom Tag der Kalbung bis vier Tage p.p. (Nonnecke et al., 2003). Aus diesem Grund ist das Mastitisrisiko für Milchkühe in dieser Zeit besonders hoch. Mastitiden stellen zusammen mit den Erkrankungen Dystokie, Retentio secundinarum und Hypokalzämie die häufigsten Erkrankungen im peripartalen Zeitraum dar (Gulliksen et al., 2008). Untersuchungen von Lona-D und Romero-R (2001) zeigen, dass zwischen der Retentio secundinarum¹ und der Qualität des Erstkolostrums ein signifikanter negativer Zusammenhang besteht. In ihren Ergebnissen enthielten die Erstkolostrumproben von betroffenen Kühen eine um 50% geringere IgG-Konzentration. Im Gegensatz dazu konnten Gulliksen et al. (2008) jedoch nachweisen, dass weder eine Nachgeburtverhaltung noch eine verlängerte Tragezeit im Zusammenhang mit der IgG-Konzentration des Erstgemelks stehen, ebenso wenig wie eine Gebärpause, Dystokie oder Mastitis. In Hinblick auf die Mastitis bestätigen Maunsell et al. (1998) dieses Ergebnis und kommen in ihrer Studie zu dem Schluss, dass eine Euterinfektion die IgG-Konzentration nicht negativ beeinflusst und sich auch der Fett- und Proteingehalt nicht verändert. Ergebnisse, bei denen die Eutergesundheit durch einen direkten Erregernachweis überprüft wurde, belegen dagegen die Zusammenhänge zur IgG-Konzentration des Erstkolostrums. Aus infizierten Eutervierteln hatte das Erstgemelk sowohl bei Färsen als auch bei Kühen eine signifikant geringere IgG-Konzentration. Die diagnostizierte Bakterienspezies hatte dabei keinen Einfluss (Leitner et al., 2008).

Die Menge und das Differentialzellbild der somatischen Zellen in der Milch stellen den bedeutendsten Indikator für die Eutergesundheit dar. Bei diesen Zellen handelt es sich um körpereigene Abwehr- und Gewebezellen. Die Zellzahl und Zusammensetzung von Makrophagen, Lymphozyten, neutro-

¹Hier definiert als ausbleibender Abgang der Nachgeburt innerhalb von 12 Stunden nach der Kalbung

philen Granulozyten und Epithelzellen schwanken in Abhängigkeit von Laktationsstadium und -nummer sowie Gemelksfraktion und Rasse. In gesunden Drüsenkomplexen liegt der Zellgehalt jedoch kontinuierlich unter 100 000 Zellen/ml. Durch Infektionen der Drüsenkomplexe kommt es zum Anstieg dieser Zellzahl und zur Veränderung des Differentialzellbildes (Bruckmaier und Krömker, 2007b). Kühe, die aus Betrieben stammten, die im Monat vor der Entnahme der Erstkolostrumproben in der Tankmilch eine mittlere Zellzahl von unter 200.000 Zellen/ml aufwiesen, produzierten Erstkolostrum mit signifikant höherem Gehalt an Vitamin E, Vitamin A, Kalium, IgG2 und Gesamtfeststoffe, verglichen mit Kühen aus Betrieben, die im Monat vor der Probennahme eine mittlere Zellzahl von über 200.000 je ml hatten. Das zeigt, dass Kühe aus Herden mit geringerer Zellzahl und dementsprechend besserer Eutergesundheit Erstkolostrum von besserer Qualität produzieren (Kehoe et al., 2007). Diesen Zusammenhang zwischen Eutergesundheit, gemessen an der Anzahl somatischer Zellen, und dem IgG-Gehalt des Erstkolostrums konnten auch Gulliksen et al. (2008) zeigen. Eine somatische Zellzahl von über 50.000 Zellen/ml war hier der signifikante Faktor. Kühe mit einer höheren Zellzahl produzieren eher Kolostrum mit einer geringen IgG-Konzentration von < 30 g/l. Die Zellzahl der vorangegangenen Laktation hatte keinen Einfluss. Morrill et al. (2012a) konnten in ihrer Studie nur einen schwachen Zusammenhang zwischen der somatischen Zellzahl und dem Gehalt an IgG pro Liter Erstkolostrum beobachten.

2.4 Einflussfaktoren auf die Erstkolostrummenge

2.4.1 Alter der Tiere

Wie die Qualität ist auch die Menge des Kolostrums beim ersten Melken abhängig vom Alter der Tiere, welches in der Anzahl von Laktationen

und/oder Kalbungen angegeben wird. So kommt der überwiegende Teil der Autoren zu dem Ergebnis, dass pluripare Tiere im Mittel mehr Erstkolostrum produzieren als primipare (Devery Pocius und Larson, 1983; Chelack et al., 1993; Levieux und Ollier, 1999; Kume et al., 2003; Robinson et al., 2009; Conneely et al., 2013; Kessler et al., 2014; Klingbeil, 2015; Karl und Staufenbiel, 2016). In der Studie von Kume et al. (1998) war dagegen der Unterschied zwischen Kühen der ersten und zweiten Laktation nicht signifikant. Allerdings produzierten Tiere ab der dritten Laktation signifikant mehr Erstkolostrum als die primiparen Rinder. In einer späteren Arbeit von Kume et al. (2003) gaben die primiparen Kühe wiederum signifikant am wenigsten Erstkolostrum. Die Menge stieg dann mit jeder Laktation tendenziell an und die Tiere ab der vierten Laktation gaben signifikant am meisten Kolostrum beim ersten Melken. Dieser Anstieg über die einzelnen Laktationen lässt sich so auch in den Ergebnissen von Klingbeil (2015) erkennen. Signifikant war hier jedoch nur der Unterschied zwischen primiparen und pluriparen Tieren. In den Ergebnissen von Levieux und Ollier (1999) produzierten die Pluriparen im Mittel 4,78 kg mehr Erstkolostrum, verglichen mit Erstkalbinnen (8,1 kg vs. 3,32 kg). Dabei ist auffällig, dass die Spannweite der Mengen bei den pluriparen Kühen besonders hoch ist. Sie reicht von 1,3 kg bis 20,7 kg, während die Erstkolostrummengen der Primiparen zwischen 1,8 kg bis 10,9 kg liegen und die Spannweite somit vergleichsweise gering ist (Kessler et al., 2014). Auch in den Untersuchungen von Conneely et al. (2013) zeigte sich die geringste Menge Erstkolostrum bei primiparen Kühen und lag hier im Mittel bei 5,3 kg. Bei den pluriparen Kühen produzierten insbesondere Tiere der dritten Laktation mit durchschnittlich 7,9 kg die größte Menge, während zwischen Kühen der zweiten und vierten Laktation kein Unterschied festgestellt werden konnte. Jedoch lag die Erstkolostrummenge beider Gruppen über der von Kühen der fünften Laktation.

Karl und Staufenbiel (2016) bestätigen den Zusammenhang der Laktationszahl mit der Kolostrummenge, kommen jedoch nach der linearen Regressionsanalyse zu dem Endergebnis, dass die Laktationszahl nicht den dominierenden Einflussfaktor darstellt. In den Untersuchungen von Ku-

me und Tanabe (1993) bildeten die Tiere der ersten Laktation ebenfalls weniger Erstkolostrum verglichen mit pluriparen Kühen, der Unterschied war jedoch im Gegensatz zu den bisher genannten nicht signifikant. Auch Franklin et al. (2005) konnten keinen signifikanten Einfluss des Alters der Tiere bestätigen und in den Ergebnissen von Kehoe et al. (2011) war die mittlere Menge Erstkolostrum ebenso in allen Laktationen gleich.

2.4.2 Zeitintervall zwischen Kalbung und erstem Melken

Untersuchungen zum Einfluss des Zeitintervalls zwischen Kalbung und erstem Melken brachten widersprüchliche Ergebnisse. Nach Conneely et al. (2013) steigt die Erstkolostrummenge mit dem Zeitintervall an. Kühe, die 12 Stunden und später nach der Kalbung gemolken wurden, lieferten größere Mengen, verglichen mit Kühen, die früher gemolken wurden. Die größte Menge wurde 18 - 21 Stunden postnatal ermolken, während 3 - 6 Stunden postnatal die geringste Menge gewonnen wurde. Dagegen konnten Morin et al. (2010) keinen Zusammenhang finden und in den Ergebnissen von Moore et al. (2005) unterschieden sich die Erstkolostrummengen 2, 6, 10 und 14 Stunden nach der Kalbung ebenfalls nicht voneinander. Das bestätigen auch Kessler et al. (2014). Hier war die Erstkolostrummenge sowohl bei primi- als auch bei pluriparen Tieren unabhängig vom Zeitintervall.

2.4.3 Genetik

Zum genetischen Einfluss auf die Menge des Kolostrums beim ersten Melken ergeben bereits die Untersuchungen von Kruse (1970) einen signifikanten Unterschied zwischen unterschiedlichen Rinderrassen. Tiere der Rasse *Rotes Dänisches Milchrind* produzierten die größte Menge Erstkolostrum, verglichen mit *Schwarzbunten Milchrindern* und *Jersey-Rindern*.

Auch die Studie von Franklin et al. (2005) bestätigt diesen Zusammenhang. Die Erstkolostrummenge von *Holstein-Kühen* ($7,87 \pm 3,97$ kg) übertraf die von *Jersey-Rindern* ($5,08 \pm 3,29$ kg) signifikant. Auch zwischen Kühen mit unterschiedlichen Väter-Bullen unterscheidet sich die Menge signifikant (Karl und Staufenbiel, 2016). Nach Conneely et al. (2013) ergibt sich für die Genetik als Einflussfaktor auf die Menge des Erstkolostrums eine mittlere Heritabilität mit einem Wert von 0,21. Die genetische Standardabweichung lag bei 1,49 kg, was einem Koeffizienten der genetischen Variation von 22,3% entspricht.

2.4.4 Einflüsse während der Trockenstehzeit

Untersuchungen, inwieweit die Wärmebelastung während der Trockenstehzeit die Menge des Erstkolostrums beeinflusst, führten zu widersprüchlichen Ergebnissen. In der Abhandlung von Nardone et al. (1997) konnte kein Einfluss von Hitzestress nachgewiesen werden. Andererseits zeigt die Studie von Adin et al. (2009), dass eine Wärmebelastung in der Trockenstehphase die Erstkolostrummenge negativ beeinflusst. Kühe, die gekühlt wurden, produzierten nach dem Kalben im Mittel 8,6 Liter, während Tiere der Kontrollgruppe ohne Kühlung nur durchschnittlich 6,1 Liter gaben. Die Tageslichtdauer als weiterer exogener Faktor, untersucht anhand von Lichtprogrammen während der Trockenstehzeit, hat unterdessen keinen Einfluss (Morin et al., 2010).

Zur Frage, ob sich Zusatzstoffe in der Trockensteherfütterung auf die Menge des Erstkolostrums auswirken, konnten Kaewlamun et al. (2011) keinen signifikanten Zusammenhang einer Supplementierung mit β -Carotin feststellen. Auch die Zugabe von Mannan-Oligosacchariden hat keinen nachweisbaren Effekt (Franklin et al., 2005). Die Anreicherung der Futtermischung mit Vitamin E (25 I.E./100 kg KGW) und Se (5 mg/100 kg KGW) führt dagegen zu einer Zunahme der Menge des Kolostrums beim ersten Melken (Raboisson und Schelcher, 2009). Eine über die Trockenstehphase persistierende Mastitis resultiert hingegen in einer Verringerung des Erstkolostrumvolumens (Maunsell et al., 1998). Die Länge der Zeit, welche die

Tiere trockengestellt werden, beeinflusst das Volumen beim ersten Melken nach Gulay et al. (2005) nicht, während Karl und Staufenbiel (2016) eine signifikante Korrelation zwischen der Länge der Trockenstehzeit und der Erstkolostrummenge feststellen konnten. Hier bewirkte eine Verlängerung der Trockenstehperiode um einen Tag eine Zunahme der Menge um 0,04 kg.

2.4.5 Weitere Einflussfaktoren

Vereinzelt führten Autoren Untersuchungen zu weiteren Faktoren durch, welche die Menge des Erstkolostrums beeinflussen könnten. So ergab sich ein positiver Zusammenhang zum Geburtsgewicht der Kälber. Kühe mit leichteren Kälbern produzieren signifikant weniger Erstgemelk, verglichen mit Muttertieren von schwereren Neugeborenen (Conneely et al., 2013; Karl und Staufenbiel, 2016). Zwischen der Kuh mit dem leichtesten Kalb (< 20 kg) und der Kuh mit dem schwersten Kalb (> 50 kg) ergab sich ein Unterschied von 2,1 kg Erstkolostrum (Conneely et al., 2013). Nach Karl und Staufenbiel (2016) bewirkt eine Zunahme des Geburtsgewichtes um 1 kg eine Zunahme der Menge um 0,12 kg.

Zudem konnten Karl und Staufenbiel (2016) einen signifikanten Zusammenhang der Menge des Erstkolostrums mit der Anzahl der Besamungen und Länge der Günstzeit in der Vorlaktation, dem Anteil von Lebend- und Totgeburten, dem Kälbergeschlecht, der Trächtigkeitsdauer, der Jahreszeit, dem Kalbemonat, der Rückenfettdicke (RFD), Erkrankungen p.p. sowie der Ca-, P-, β -Hydroxybutyrat (BHB)- und Freie Fettsäuren (NEFA)-Blutserumkonzentration feststellen.

Gross et al. (2014) verglichen die Menge des ersten Gemelks vier Stunden nach der Kalbung von Kühen, die bereits einen Tag a.p. gemolken wurden, mit einer Kontrollgruppe, die erstmals vier Stunden p.p. gemolken wurde, um den Einfluss von präpartalem Melken zu untersuchen. Dabei ergab sich kein signifikanter Unterschied. Untersuchungen von Kessler et al. (2014) zur Vorlaktationsleistung in Bezug auf die Erstkolostrummenge ergaben ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang.

Ebenso wenig konnte Field et al. (1989) einen Effekt durch Geburtseinleitung feststellen. Weder die Kühe, bei denen die Kalbung mithilfe von Dexamethason eingeleitet wurde, noch die Tiere, bei denen die Geburt durch eine PGF 2α -Injektion ausgelöst wurde, unterschieden sich in der mittleren Menge Erstkolostrum von der Kontrollgruppe. Das widerspricht jedoch den Ergebnissen von Hoerlein und Jones (1977). In ihrer Studie ergab sich ein signifikanter Abfall der Erstkolostrummenge im Falle einer Geburtseinleitung über eine Injektion von Corticosteroiden, verglichen mit Tieren, deren Kalbung auf natürliche Weise einsetzte.

2.5 Untersuchungsmethoden zur Bewertung der Kolostrumqualität

2.5.1 Radiale Immundiffusion

Die von Mancini et al. (1965) entwickelte Radiale Immundiffusion (RID) ist eine immunochemische Labormethode, welche die quantitative Bestimmung der Konzentration von Ig im Kolostrum ermöglicht. Aufgrund ihrer Genauigkeit gilt sie als Goldstandard (Bielmann et al., 2010; Bartier et al., 2015).

Bei der RID wird die Antigen-Antikörper-Reaktion genutzt, bei der ein Präzipitat entsteht. Um den IgG-Gehalt zu bestimmen, wird zunächst ein Antiserum gewonnen, welches Antikörper gegen IgG enthält. Dieses Antiserum wird in Agarosegel inkorporiert, auf einen Glasträger aufgebracht und ausgehärtet. Das Kolostrum wird in ein ausgestanztes Loch in dieses Agarosegel eingebracht und das enthaltene IgG fungiert als Antigen (LSUMC/MIP Dental Microbiology Lab, 2002). Die kolostralen Ig diffundieren in das Agarosegel, reagieren mit den inkorporierten Anti-IgG-Antikörpern und bilden ein ringförmiges Präzipitat. Der Durchmesser des Präzipitatrings ist direkt proportional zum IgG-Gehalt und indirekt proportional zum Gehalt des im Agar-Gel enthaltenen Anti-IgG-Antikörpers

(Mancini et al., 1965). Mit Hilfe von Verdünnungen eines Referenzserums mit bekanntem IgG-Gehalt lässt sich eine Standardkurve erstellen (Chelack et al., 1993). Anhand dieser wird der unbekannte IgG-Gehalt des Kolostrums über den Diameter des entstehenden Präzipitatrings ersichtlich. Dabei zeigten Fleenor und Stott (1981), dass sich für diese Bestimmungsmethode Vollkolostrum als Untersuchungsmedium am besten eignet. Verglichen mit fettfreiem Kolostrum und Molkekolostrum, liefert es die genauesten Ergebnisse.

2.5.2 Kolostrometer

Um die Beurteilung der Qualität des Erstkolostrums direkt und schnell im Milchviehbetrieb durch den Landwirt zu ermöglichen, ist die Entwicklung und Evaluierung von Feldmethoden von großer Bedeutung. Bereits Fleenor und Stott (1980) erkannten, dass zwischen dem Gesamtfeststoffgehalt und der spezifischen Dichte des Kolostrums von *Holstein-Friesian* ein signifikanter linearer Zusammenhang besteht ($r^2 = 0,763$; $p < 0,001$). Da der Proteinanteil 64% der Gesamtfeststoffe ausmacht, besteht auch hier ein signifikanter Zusammenhang zur spezifischen Dichte ($r^2 = 0,900$; $p < 0,001$). Die Gammaglobuline repräsentieren wiederum ca. 47% des Proteinanteils. Dementsprechend konnte auch zwischen der Gammaglobulinkonzentration und der spezifischen Dichte ein signifikanter linearer Zusammenhang nachgewiesen werden ($r^2 = 0,699$; $p < 0,001$). Den Autoren zufolge haben die Gammaglobuline von allen Kolostruminhaltsstoffen den größten Variationskoeffizienten und sind demnach der primäre Faktor für die Varianz der spezifischen Dichte des Kolostrums. Anhand dieser Erkenntnisse berechneten Fleenor und Stott (1980) eine Regressionsgleichung, um aus der spezifischen Dichte von Vollkolostrum den Gammaglobulingehalt ermitteln zu können.

Basierend auf ihren Grundlagen entwarfen sie anschließend ein Kolostrometer. Es ist aufgebaut wie ein herkömmliches Hydrometer, enthält jedoch eine Skala, welche die Gammaglobulinkonzentration in 5 g/l Schritten im Bereich von 0 bis 180 g/l angibt und die Kolostrumqualität je nach

2.5 Untersuchungsmethoden zur Bewertung der Kolostrumqualität

Konzentration in die Kategorien *schlecht* für < 22 g/l, *moderat* für 22 - 50 g/l und *exzellent* für > 50 g/l einteilt. Diese Einteilungsbereiche werden zusätzlich durch einen Farbcode mit den Farben rot für die Kategorie *schlecht*, gelb für *moderat* und grün für *exzellent* hinterlegt und erleichtern das Ablesen und Beurteilen. Das Kolostrometer ermöglicht so, anhand der spezifischen Dichte die Gammaglobulinkonzentration und somit die Kolostrumqualität abzulesen.

Dieser Zusammenhang zwischen der Konzentration von Gammaglobulinen im Kolostrum, im Speziellen der IgG-Konzentration und der kolostralen spezifischen Dichte, wird von weiteren Autoren sowohl bei Pferden (LeBlanc et al., 1986; Sarelli et al., 2000; Venner et al., 2008) als auch bei Rindern (Quigley et al., 1994; Morin et al., 2001; Bar et al., 2010; Morrill et al., 2015) bestätigt. Sie kommen daher einheitlich zu dem Schluss, dass die Bestimmung der spezifischen Dichte als Methode zur Beurteilung der Qualität des Kolostrums geeignet ist. Lediglich Pritchett et al. (1994) konnten diesen Zusammenhang, auf dessen Grundlage Fleenor und Stott (1980) ihr Kolostrometer entwickelten, nicht belegen. Der Zusammenhang in dieser Studie war weder linear noch korrelierten die Werte. Dagegen konnten Quigley et al. (1994) diese Korrelation zwischen der spezifischen Dichte des Kolostrums und der IgG-Konzentration bei *Jersey-Rindern* nachweisen ($r = 0,62$; $p < 0,05$; $n = 88$). Sie mussten jedoch auch feststellen, dass das spezifische Gewicht stärker mit dem Gesamtstickstoffgehalt ($r = 0,88$; $p < 0,05$; $n = 88$) und dem Proteinstickstoffgehalt ($r = 0,88$; $p < 0,05$; $n = 88$) korreliert. Ähnliche Ergebnisse ergaben sich in den Untersuchungen von Morin et al. (2001). Auch sie bestätigen die Korrelation der spezifischen Dichte mit der kolostralen IgG-Konzentration ($r = 0,53$; $p = 0,0005$). Aber es zeigte sich auch hier, dass die spezifische Dichte des Kolostrums stärker mit der Proteinkonzentration ($r = 0,76$; $p < 0,0001$) korreliert. Nach Morin et al. (2001) weisen diese Ergebnisse darauf hin, dass die kolostrale spezifische Dichte genauer die Proteinkonzentration widerspiegelt als die IgG-Konzentration.

Der Vergleich der kolostralen IgG-Konzentration, die im Labor mittels RID gemessen wurden, mit den Kolostrometerwerten, die direkt vor Ort

2 Literaturübersicht

im Milchviehbetrieb erhoben wurden, ergab eine signifikante Korrelation mit einem Koeffizienten von $r = 0,78$ (Brenner et al., 1997) bzw. $r = 0,77$ (Bartier et al., 2015). Pritchett et al. (1994) verglichen dagegen explizit die IgG₁-Konzentration des Kolostrums mit den Kolostrometerwerten. Sie konnten in ihrer Studie den Zusammenhang durch logarithmische Transformation der Werte für die IgG₁-Konzentration verbessern und erreichten so ebenfalls eine signifikante lineare Beziehung mit $r = 0,68$. Sie definierten minderwertiges Kolostrum bei einer IgG-Konzentration von < 40 g/l. Bei einem Grenzwert von 50 g/l für das Kolostrometer zur Unterscheidung von minder- oder hochwertigem Kolostrum lag die Sensitivität bei 26% und der negative prädiktive Wert bei 67%. Dieser Grenzwert von 50 g/l ist nach Pritchett et al. (1994) aufgrund der sehr geringen Sensitivität unbefriedigend. Die sehr niedrige Sensitivität zeigt, dass das Kolostrum durch das Kolostrometer überbewertet wird. Durch die Wahl des Grenzwertes oberhalb von 50 g/l konnten der negative prädiktive Wert und die Sensitivität verbessert und die Fehleinschätzung minimiert werden. Pritchett et al. (1994) empfehlen daher einen Grenzwert von 60 - 85 g/l. Diese Empfehlung wird in der Studie von Chigerwe et al. (2008) bestätigt. Für Kolostrum mit einer Temperatur von 14° - 30°C ermittelten sie einen Kolostrometergrenzwert von 70 g/l, um eine IgG-Konzentration von ≥ 50 g/l möglichst sicher zu gewährleisten. Bei diesem Grenzwert lag die Sensitivität bei 75% und die Spezifität bei 78%. In der aktuellsten Studie erreichten Bartier et al. (2015) die höchste Kombination aus Sensitivität und Spezifität bei einem Schwellenwert für das Kolostrometer von 80 g/l. Bei diesem Grenzwert ergab sich eine Sensitivität von 84,1% und eine Spezifität von 77,0%. Die Korrektklassifikationsrate lag unter diesen Bedingungen bei 80,1%. Kolostrum das mit dem Kolostrometer eine IgG-Konzentration von über 80 mg/ml erreicht, ist dann mit 92,0%-iger Wahrscheinlichkeit Kolostrum mit einer tatsächlichen IgG-Konzentration von über 50 g/l. Weitere Untersuchungen zur Genauigkeit und Praktikabilität des Hydrometers zur Bestimmung der kolostralen Gammaglobulinkonzentration zeigen einen deutlichen Einfluss der Kolostrumtemperatur auf die Messergebnisse (Mechor et al., 1991; Chigerwe et al., 2008; Rudovsky et al.,

2008). Um diesen Temperatureinfluss nachzuweisen, ließen Mechor et al. (1991) die IgG-Konzentration von Kolostrumproben bei unterschiedlichen Temperaturen (in 5°C Schritten von 0° – 40°C) von zwei unabhängigen Technikern mittels Kolostrometer ermitteln. Die abgelesenen Ergebnisse zwischen den beiden Technikern waren nahezu identisch ($r = 0,98$) und ein signifikanter ($p < 0,01$) Einfluss der Temperatur wurde deutlich. Auch Untersuchungen an Ziegenkolostrum bestätigen, dass die Dichte von Kolostrum temperaturabhängig ist. Wenn dieser Fakt nicht berücksichtigt wird, kann dies zu unkorrekten Bestimmungen der Ig-Konzentration führen (Rudovsky et al., 2008). Nach Mechor et al. (1992) sind diese Temperatureffekte bei Kolostrum mit unterschiedlicher Qualität jedoch nicht gleich. Daher vermuten die Autoren eine Auswirkung von unterschiedlichen Kolostrumbestandteilen auf den Temperatureinfluss. Sie konnten nachweisen, dass durch Berücksichtigung und Einbeziehung der Menge von einzelnen Bestandteilen des Kolostrums und der Temperatur, das Model zur Bestimmung der IgG-Konzentration anhand der spezifischen Dichte verbessert wird. Die Genauigkeit der Prognose konnte dadurch von 63% auf 76% erhöht werden. Allerdings geben die Autoren zu bedenken, dass diese Verbesserung unter Feldbedingungen irrelevant ist, da die genauen Werte der Kolostrumbestandteile nicht schnell und leicht zur Verfügung stehen. Der Vergleich von Kolostrometerbestimmungen bei 20°C mit RID-Werten verdeutlicht, dass mit dem Kolostrometer gemessene Werte die wahren Ig-Konzentrationen übersteigen (Mehcor et al., 1992; Pritchett et al., 1994). Dennoch schlussfolgern Mechor et al. (1992), dass das spezifische Gewicht ein angemessener Indikator für den kolostralen Ig-Gehalt ist. Sie empfehlen die Bestimmung bei 20°C und geben eine verbesserte Gleichung an. Diese berücksichtigt den Temperaturunterschied, wenn die Bestimmung des spezifischen Gewichts bei einer abweichenden Temperatur durchgeführt wird. Auch die Ergebnisse von Quigley et al. (1994) geben Hinweise auf den Einfluss von Kolostrumbestandteilen auf die Kolostrometermesswerte. Regressionsanalysen zeigen, dass der Gesamtstickstoff- und Fettgehalt die deutlichsten Prädiktoren des spezifischen Gewichts sind, was einen signifikanten Einfluss des Fettgehalts auf das spezifische Gewicht und damit

auf die Kolostrometerergebnisse darstellt. Untersuchungen belegen, dass sich der lineare Zusammenhang zwischen spezifischem Gewicht und Ig-Gehalt im Kolostrum von *Jersey-Rindern* ($r^2 = 0,38$) (Quigley et al., 1994) und *Holstein-Kühen* ($r^2 = 0,699$) (Fleenor und Stott, 1980) unterscheidet. Der Gebrauch des Hydrometers mit der für *Holstein-Kühe* abgeleiteten Gleichung unterschätzt die Ig-Konzentration im Kolostrum von *Jersey-Rindern*. Als Ursache wird der Unterschied im Fettgehalt und dem Gehalt an Nicht-Casein-Stickstoff im Kolostrum der beiden Rinderrassen vermutet (Quigley et al., 1994).

2.5.3 Refraktometer

Eine weitere Möglichkeit zur schnellen Beurteilung der Kolostrumqualität bietet die Untersuchung mit einem Refraktometer. Mithilfe dieser Messeinrichtung wird ermittelt, wie sich das Licht beim Übertritt vom Kolostrum in ein Prisma mit bekannten Eigenschaften bricht. Darüber wird der Brechungsindex gemessen und über diesen kann dann auf die Konzentration bestimmter Inhaltsstoffe (z.B. Proteingehalt) oder die spezifische Dichte geschlossen werden. Bei optischen Handgeräten kann der entsprechende Wert dann beim Blick durch das Okular auf einer Skala abgelesen werden. Bei gängigen Geräten wird die spezifische Dichte auf einer Brix-Skala oder auch in kg/m^3 angegeben, abhängig vom Gerätetyp. Bei elektronischen Refraktometern wird der Wert digital auf einer Anzeige ausgegeben. Die Grundlage zur Beurteilung der Qualität von Kolostrum mit Hilfe dieser Messinstrumente bildet auch hier der von Fleenor und Stott (1980) berichtete Zusammenhang der spezifischen Dichte mit der Gammaglobulinkonzentration, der wie bereits erwähnt von zahlreichen Autoren bestätigt wird (LeBlanc et al., 1986; Quigley et al., 1994; Sarelli et al., 2000; Morin et al., 2001; Venner et al., 2008; Bar et al., 2010; Morrill et al., 2015). Bereits Untersuchungen von Harker (1978) an Kolostrum von Schafen decken die Möglichkeit der Nutzung eines optischen Refraktometers für die schnelle Beurteilung der Kolostrumqualität auf. Refraktometermesswerte von Kolostralmolke korrelierten stark mit den Konzentrationen von Ig

2.5 Untersuchungsmethoden zur Bewertung der Kolostrumqualität

($r = 0,98$; $p < 0,001$), die mittels Zinksulfat-Trübungstest ermittelt wurden. Auch Molla (1980) kam zu dem Ergebnis, dass das Refraktometer eine einfache, schnelle und preiswerte Methode zur indirekten Beurteilung der Ig-Konzentration in Kolostralmolke darstellt. Die mit einem Refraktometer bestimmte TP-Konzentration ergab beim Vergleich mit RID-Werten zur IgA-, IgG- und IgM- Konzentration eine signifikante Korrelation mit einem Koeffizienten von $r = 0,89$ ($p < 0,001$).

Weitere Studien analysierten die Möglichkeit, auch Vollkolostrum mit einem Refraktometer zu untersuchen. So bestimmte Cash (1999) die IgG-Konzentration im Vollkolostrum von Stuten mittels Immunturbimetrie und verglich die Ergebnisse mit den Werten eines Brix-Refraktometers. Die statistische Auswertung ergab eine hohe Korrelation ($r = 0,94$; $p < 0,01$; $n = 66$) zwischen den Brix-Werten und der IgG-Konzentration. Daraus schlussfolgert der Autor, dass das Refraktometer akkurate und schnelle Informationen zum IgG-Status des Kolostrums bietet. Kolostrumproben mit Brix-Werten unter 15% enthielten 0 - 28 g/l IgG. Kolostrum mit einer IgG-Konzentration von 28 - 50 g/l zeigte Brix-Werte zwischen 15 und 20%. Kolostrum mit einer adäquaten IgG-Konzentration von 50 - 80 g/l lag im Bereich von 20 - 30 %Brix und Proben mit mehr als 80 g/l IgG wurden mit Brix-Werten von mehr als 30 %Brix angezeigt. Cash (1999) entwickelte eine Umrechnungsgraphik, mit der die abgelesenen %Brix als IgG-Konzentration in g/l abgelesen werden können. Chatvate et al. (1998) erhielten bei vergleichbaren Untersuchungen an Vollkolostrum von Stuten mit einem Brix-Refraktometer eine etwas geringere, jedoch ebenfalls deutliche Korrelation mit einem Koeffizienten von $r = 0,85$ ($p < 0,0001$; $n = 20$). Als Referenz bestimmten sie die IgG-Konzentrationen mittels RID. Auch Venner et al. (2008), welche die Brix-Werte hingegen mit ELISA IgG-Konzentrationen verglichen, ermittelten Korrelationskoeffizienten auf ähnlichem Niveau mit $r = 0,93$ ($p < 0,0001$; $n = 360$). Die quantitativen Zusammenhänge werden mit einer Regressionsgleichung ($y = 0,2514 x + 11,17$) dargestellt. Mit Hilfe dieser linearen Gleichung wird, wie bei Cash (1999), eine Möglichkeit gegeben, die Brix-Messwerte in die entsprechende IgG-Konzentration umzurechnen.

Zusätzlich zum Brix-Refraktometer untersuchten Chavatte et al. (1998) die Brauchbarkeit eines Alkohol-Refraktometers zur schnellen Bestimmung der IgG-Konzentration im Stutenkolostrum. Dabei korrelierten die Messergebnisse der beiden Refraktometer deutlich ($r = 0,99$) und waren sehr gut reproduzierbar ($r = 0,98$ für das Brix-Refraktometer; $r = 0,99$ für das Alkohol-Refraktometer). Dementsprechend war auch die Korrelation zwischen den Messwerten des Alkohol-Refraktometers und der IgG-Konzentration hoch ($r = 0,87$; $p < 0,001$; $n = 20$) und vergleichbar mit denen des Brix-Refraktometers. Der Schwellenwert zur Unterscheidung von Kolostrum guter oder schlechter Qualität mit über bzw. unter 60 g/l IgG lag mit dem Brix-Refraktometer bei 23% und mit dem Alkohol-Refraktometer bei 16° in Übereinstimmung mit Cash (1999).

Weitere Autoren bestätigen auch bei *Holstein-Kühen* einen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen der kolostralen IgG-Konzentration aus der RID-Analyse und Brix-Refraktometer-Werten aus Vollkolostrum, mit Korrelationskoeffizienten von $r = 0,64$ (Chigerwe et al., 2008; Bartier et al., 2015), $r = 0,71$ (Bielmann et al., 2010) und $r = 0,75$ (Quigley et al., 2013). Bei vergleichbaren Untersuchungen dieses Zusammenhangs mit Vollkolostrum von *Jersey-Rindern* war die Korrelation mit einem Koeffizienten von $r = 0,79$ noch deutlicher (Morrill et al., 2015). Die Autoren kommen einstimmig zu der Erkenntnis, dass sich das Refraktometer auch bei Rindern als einfache und schnelle Feldmethode zur Beurteilung der Qualität von Kolostrum eignet. Dabei unterscheiden sich optische und digitale Brix-Refraktometer nicht in den Brix-Werten ($r = 0,98$; $p < 0,001$; $n = 288$). Beide Geräte liefern exzellente Testergebnisse mit einer hohen Korrelation zu den RID IgG-Werten, mit einem Koeffizienten von $r = 0,71$ ($p < 0,001$; $n = 272$) für das optische und $r = 0,73$ ($p < 0,001$; $n = 273$) für das digitale Refraktometer (Bielmann et al., 2010). In einer weiteren Studie untersuchten Chigerwe und Hagey (2014) die Genauigkeit eines digitalen Handrefraktometers, das direkt die IgG-Konzentration des Kolostrums in g/l angibt. Im Vergleich zu den ermittelten RID-Ergebnissen unterschätzt das Refraktometer den IgG-Gehalt im Mittel um 9,9 g/l. Die Sensitivität, Proben mit < 50 g/l IgG zu erkennen, lag bei 100% mit einer Spezifität

2.5 Untersuchungsmethoden zur Bewertung der Kolostrumqualität

von 66%. Nach Chigerwe und Hagey (2014) ist auch dieses Refraktometer eine akzeptable, schnelle und bequeme Methode zur kolostralen IgG-Bestimmung, obwohl die hohe Sensitivität mit der niedrigen Spezifität zu einer Fehlklassifikation von Proben mit adäquater IgG-Konzentration führen kann.

Um Kolostrum mit einer inadäquaten IgG-Konzentration von < 50 g/l so sicher wie möglich zu erkennen, ohne dabei Kolostrum als falsch inadäquat zu verwerfen, wurde ein optimaler Schwellenwert für Brix-Refraktometer ermittelt. Dabei unterscheiden sich die Angaben der einzelnen Autoren. Chigerwe et al. (2008) fanden das optimale Verhältnis mit einer Sensitivität von 75% und einer Spezifität von 78% bei einem Wert von 22 %Brix. Biemann et al. (2010) bestätigen diesen optimalen Brix-Schwellenwert. In ihrer Studie lag bei diesem Grenzwert die Sensitivität und Spezifität für das optische Refraktometer sogar bei 90,5% und 85,0% sowie für das digitale Refraktometer bei 92,5% und 80% und damit noch über den Werten von Chigerwe et al. (2008). Dagegen errechneten Quigley et al. (2013) einen niedrigeren Grenzwert von 21 %Brix, mit einer Sensitivität von 92,9% und Spezifität von 65,5% sowie einer Korrekturklassifikationsrate von 88,5%. Zusätzlich wird ein positiver und negativer prädiktiver Wert von 93,5% und 63,3% angegeben. In der aktuellsten Studie von Bartier et al. (2015) wird der optimale Schwellenwert etwas höher mit 23 %Brix angegeben mit einer Sensitivität und Spezifität von 65,7% und 82,8%. Die Korrekturklassifikationsrate liegt in diesem Fall mit 74,2% unter der von Quigley et al. (2013). Nach Bartier et al. (2015) hat Kolostrum mit einem Refraktometer-Testergebnis von mehr als 23 %Brix demnach mit 85,5%iger Wahrscheinlichkeit eine tatsächliche IgG-Konzentration von über 50 g/l. Ein Anstieg von einem %Brix bedeutet eine 3 g/l höhere IgG-Konzentration. In einem Online-Artikel auf BauernZeitung.at (2014) ist zudem folgende Kategorisierung des Erstkolostrums anhand der Brix-Werte angegeben: Erstkolostrum mit weniger als 20 %Brix entspricht einem IgG-Gehalt von weniger als 25 g/l und wird somit als schlechte Qualität bewertet. Werte von 20 - 21,9 %Brix entsprechen einem IgG-Gehalt von 25 - 49,9 g/l und stehen somit für eine mäßige Qualität. Erstkolostrum, das Werte von über 22 %Brix

2 Literaturübersicht

erreicht, ist mit einem IgG-Gehalt von mehr als 50 g/l als gut zu bewerten. Morrill et al. (2015) empfehlen in ihrer Studie, den richtigen Grenzwert rassespezifisch zu wählen. In ihren Ergebnissen stellte sich 18 %Brix als geeignetster Wert zur Beurteilung von Kolostrum von *Jersey-Rindern* heraus, mit einer Sensitivität und Spezifität von 92,31% und 94,74%.

Bielmann et al. (2010) untersuchten in ihrer Studie zudem, inwieweit Einfrieren und Auftauen von Kolostrumproben die Refraktometer-Messergebnisse verändert. Dabei wird kein Einfluss deutlich. Die Brix-Werte für frische und gefrorene Proben sind stark korreliert, sowohl beim optischen ($r = 0,98$; $p < 0,001$; $n = 288$) als auch beim digitalen ($r = 0,97$; $p < 0,001$; $n = 288$) Refraktometer. Dieses Ergebnis bestätigen auch Morrill et al. (2015). Mehrfache Einfrier- und Auftauzyklen beeinflussten zwar die RID-Ergebnisse, hatten jedoch auch hier keinen Einfluss auf die Refraktometerergebnisse. Diese Ergebnisse sind widersprüchlich zu denen der Studie von Morrill et al. (2012b). Hier zeigte sich, dass die Lagerung der Kolostrumproben im gekühlten oder gefrorenen Zustand sowie die Häufigkeit des Einfrierens und Auftauens vor der Analyse, die Genauigkeit der Prognose des Refraktometers zur IgG-Konzentration beeinflusst. Die Korrelation zwischen der mittels Refraktometer ermittelten spezifischen Dichte und der IgG-Konzentration, gemessen über die RID, war beim Verwenden von frischem Kolostrum am stärksten. Die Korrelation war dagegen schwächer bei Proben, die vor der refraktometrischen Analyse gekühlt oder eingefroren wurden. Dabei war die Häufigkeit der Gefrierzyklen ebenfalls von Bedeutung ($r = 0,37 - 0,80$; in Abhängigkeit von der Anzahl der Gefrier- und Auftauvorgänge).

Morrill et al. (2012b) untersuchten zusätzlich die Möglichkeit, die Prognose von Refraktometern zur Qualität des Kolostrums durch eine vorherige Caprylsäure-Fällung zu verbessern. Dazu wurden die Kolostrumproben vor der Refraktometrie fraktioniert, indem die nicht-IgG-Proteine durch Zusatz von Carbonsäure Octansäure ausgefällt wurden. Der IgG reiche Überstand wurde dann mit einem Refraktometer untersucht. Insgesamt korrelierten die Refraktionsindizes der fraktionierten Proben dabei nur schwach mit der IgG-Konzentration ($r = 0,53$; $p < 0,0001$; $n = 805$) und

der lineare Zusammenhang war stärker mit den Refraktionsindezes der Vollkolostrumproben ($r = 0,73$; $p < 0,0001$; $n = 823$). Jedoch korrelierten die Refraktometerwerte sowohl mit ($r = 0,93$; $p < 0,0001$; $n = 112$) als auch ohne ($r = 0,90$; $p < 0,0001$; $n = 29$) vorheriger Caprylsäure-Fraktionierung wesentlich deutlicher und auf vergleichbarem Niveau mit der Ig-Konzentration, wenn ausschließlich die Werte der frischen Kolostrumproben (ohne Kältekonservierung vor der Refraktometrie) miteinander verglichen wurden. Dementsprechend eignet sich nach Morrill et al. (2012b) die Refraktometrie sowohl mit als auch ohne Caprylsäure-Fällung als akkurate und schnelle Methode zur Bestimmung der Kolostrumqualität, vorausgesetzt die Proben sind frisch und werden vor jeglicher Kältekonservierung untersucht.

2.5.4 Weitere Feldmethoden

Die Möglichkeit, anhand der Farbe Rückschlüsse auf den IgG-Gehalt des Kolostrums zu ziehen, wurde von Argüello et al. (2005) an Ziegen untersucht. Sie stellten einen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen der Farbe, die sie mit einem Chroma-Meter bestimmten, und der IgG-Konzentration fest. Dieser lineare Zusammenhang war noch deutlicher ($r^2 = 0,695$) als der des spezifischen Gewichts in den Berichten von Pritchett et al. (1994) ($r^2 = 0,4692$) und Morin et al. (2001) ($r^2 = 0,28$). Die Sensitivität und Spezifität der Farbmethode zur Erkennung von Kolostrum mit einer IgG-Konzentration von < 20 oder ≥ 20 g/l lag bei 93,03% und 71,43%. Nach Argüello et al. (2005) könnte die Farbmethode mit seiner hohen Sensitivität und guten Spezifität die spezifische Dichte zur Schätzung des IgG-Gehalts im Ziegenkolostrum ersetzen. Auch Chavatte et al. (1998) stellten bei ihren Untersuchungen an Kolostrum von Pferden einen signifikanten Unterschied der IgG-Konzentration von weißem und gelbem Kolostrum fest ($p < 0,05$). Untersuchungen zur Anwendung der Farbmethode an Rinderkolostrum sind nach derzeitigem Stand der Recherche nicht bekannt.

2 Literaturübersicht

Nach Waelchli et al. (1990) korreliert auch die Viskosität als weitere physikalische Eigenschaft mit dem IgG-Gehalt bei Pferden. Flodr (2009) untersuchte diesen Zusammenhang an Kolostrum von Alpakas. Dabei war die Korrelation geringer als zwischen den Brix-Messwerten und der IgG-Konzentration ($r^2 = 0,38$; $p = 0,0007$), aber dennoch signifikant ($p = 0,044$). Dabei nahm die IgG-Konzentration mit steigender Viskosität zu. In Hinblick auf Kolostrum von Rindern stellten Maunsell et al. (1999) fest, dass sowohl besonders dick- oder dünnflüssiges Kolostrum eine höhere IgG-Konzentration aufwies, verglichen mit Kolostrum von mittlerer Viskosität. Dagegen konnten Chavatte et al. (1998), die wie Waelchli et al. (1990) Stutenkolostrum untersuchten, keinen signifikanten Unterschied in der IgG-Konzentration zwischen flüssigem und viskösem Kolostrum feststellen.

Der pH-Wert sowie die elektrische Leitfähigkeit des Kolostrums von Ziegen ergaben ebenfalls nur sehr niedrige Korrelationen mit der IgG-Konzentration ($r = -0,212$ und $-0,353$; $p < 0,01$) (Argüello et al., 2006). Die Autoren kommen daher zu dem Endergebnis, dass die Bestimmung dieser Werte als Untersuchungsmethode der kolostralen Ig-Konzentration nicht geeignet ist. Inwieweit sich dagegen das Gewicht des Erstkolostrums beim ersten Melken als Prädiktor für dessen Qualität eignet, zeigt die Studie von Chigerwe et al. (2008). Der Vergleich der Werte für das Gewicht des Erstgemelks mit IgG RID-Werten ergab einen signifikanten umgekehrten linearen Zusammenhang ($r^2 = 0,03$; $p < 0,05$). Der optimale Schwellenwert, um Kolostrum mit einem IgG-Gehalt von < 50 g/l zu identifizieren, lag bei 8,5 kg mit einer Sensitivität von 42% und einer Spezifität von 74%. Aufgrund der niedrigen Sensitivität ist nach Chigerwe et al. (2008) das Gewicht als Screeningmethode für die Qualität des Erstgemelks allerdings nicht zufriedenstellend.

Mit Hilfe der Immunturbidimetrie entwickelten Etzel et al. (1997) eine Methode zur Bestimmung des IgG-Gehalts im Serum von Kälbern. Untersuchungen zeigen, dass diese Methode ebenfalls zur Bestimmung des IgG-Gehalts im Kolostrum von Rindern geeignet ist (Tian et al., 2008; Jin et al., 2012; Quigley et al., 2013). Die Immunturbidimetrie setzt normalerweise eine Laborausstattung voraus und ist daher als Routinemethode

2.5 Untersuchungsmethoden zur Bewertung der Kolostrumqualität

für einen Milchbetrieb ausgeschlossen. Jedoch wurde ein kleines, tragbares Analysegerät entwickelt, das die Methode sehr praktikabel macht, auch wenn es sich aufgrund des Preises nicht für jeden Betrieb eignet (Alley et al., 2012).

Untersuchungen von Chigerwe et al. (2005) zeigen einen immunchromatographischen Schnelltest als weitere Möglichkeit zur schnellen, semiquantitativen Evaluierung des kolostralen IgG-Gehalts. Basierend auf dem Prinzip eines Lateral Flow Assays, zeigt das Testkit nach 20 Minuten an, ob das Kolostrum weniger als 50 g/l IgG enthält. Hierbei lag die Sensitivität des Immunassays bei 93% und die Spezifität bei 76%. Obwohl die Spezifität den Autoren zufolge nicht optimal ist, kommen sie zu dem Ergebnis, dass dieses Test-Kit einen akzeptablen Schnelltest darstellt, um Kolostrum mit einem inadäquaten Gehalt von Ig zu identifizieren. Auch weitere Autoren belegen die Brauchbarkeit des immunchromatographischen Schnelltests zur Beurteilung der Qualität des Kolostrums von Pferden (Vincze et al., 2010) und Rindern (Ari et al., 2007).

Inwieweit im Kolostrum enthaltene Enzyme als Marker für die Beurteilung des Kolostrums genutzt werden können, untersuchten Lombardi et al. (2001). Sie konnten dabei eine signifikante Korrelation der Aktivität der Gamma-Glutamyltransferase mit der Gammaglobulin-Konzentration mit einem Koeffizienten von $r = 0,86$ ($p < 0.001$) beobachten.

3 Material und Methoden

3.1 Standort der Untersuchungen und Tiermaterial

Die Untersuchungen fanden in einem Milchviehbetrieb in Mecklenburg-Vorpommern statt. Der Tierbestand betrug zum Zeitpunkt des 01.04.2013 insgesamt 3704 Rinder der Rasse *Holstein-Friesian*. Davon waren 520 Kälber¹, 1052 Färsen und 2132 Kühe. Die Nutzungsdauer der Tiere lag im Durchschnitt bei 3,56 Laktationen und die Reproduktionsrate bei 28,1%. Das durchschnittliche Erstkalbealter (EKA) betrug 22,4 Monate und die durchschnittliche Zwischenkalbezeit (ZKZ) 390 Tage (LKV Mecklenburg-Vorpommern e.V., 2013). Die Tiere wurden entsprechend ihrem Laktations- und Reproduktionsstadium in Gruppen gehalten, je nach Gruppe in Tiefstreuställen, auf Stroh oder in Laufställen mit Tiefliegeboxen. Die Tiefliegeboxen waren gruppenweise entweder mit Sand oder einem Gemisch aus Gülleseparat und Stroh bestückt. Sie wurden täglich gereinigt und bei Bedarf aufgefüllt. Die Boxenlaufställe wurden regelmäßig mittels Fallschieber entmistet, der Tiefstreustall mit einem Radlader. Die Fütterung der Tiere erfolgte über eine Totale Mischration (TMR). Die einzelnen Futtermittelkomponenten wurden in einem Futtermischwagen abgewogen, vermengt und den Tieren dann vorgelegt. Für die einzelnen Gruppen waren die Rationen dem jeweiligen Energie- und Nährstoffbedarf der Tiere angepasst. Gemolken wurden die Tiere an 24 Stunden pro Tag in zwei Side-by-Side Melkständen mit jeweils 40 Melkplätzen. Die beiden Hochleistungsgruppen wurden dabei dreimal täglich gemolken, die übrigen Gruppen zweimal täglich. Die Frischabkalber, Kühe mit Eutererkrankungen sowie Tiere mit einem positiven Hemmstofftest wurden gesondert in einem dritten Side-by-Side Melkstand mit 24 Plätzen gemolken. Diese Milch wurde separat

¹Definiert als Tiere bis zum sechsten Lebensmonat

in einem extra Tank aufgefangen. Die 305-Tage Milchleistung lag im Zeitraum vom 01.10.2012 - 30.09.2013 bei durchschnittlich 10160 kg pro Kuh mit einem Fettanteil von 3,57% und einem Eiweißanteil von 3,13% (LKV Mecklenburg-Vorpommern e.V., 2013). Zwei Angestellte waren ausschließlich für die Brunstbeobachtung und künstliche Besamung zuständig. Zur Erleichterung der Brunsterkennung wurde Tail Painting angewendet. Zudem wurde mit Hilfe von Präsynch-, Ovsynch- und Doppelovsynchprogrammen die Ovulation der Tiere synchronisiert. Das durchschnittliche Erstbesamungsalter der Tiere lag zum Zeitpunkt der Untersuchungen bei 13 Monaten (LKV Mecklenburg-Vorpommern e.V., 2013). Die Tabelle 3.1 fasst die wichtigsten Leistungsparameter des Untersuchungsbetriebes zusammen.

Tabelle 3.1: Überblick der Leistungsparameter des Untersuchungsbetriebes im Zeitraum vom 01.10.2012 bis 30.09.2013 (LKV Mecklenburg-Vorpommern e.V., 2013)

	Betriebsdaten
EKA	22,4 Monate
ZKZ	390 Tage
Nutzungsdauer	3,56 Laktationen
Reproduktionsrate	28,1 %
	305-Tage-Milchleistung
Gemolkene Tiere	1865
Milchmenge	10160 kg
Fettgehalt	3,57 %
Eiweißgehalt	3,13 %

3.1.1 Tiergruppen

Alle Tiere im Zeitraum um den Kalbetermin (sechs bis acht Wochen a.p. bis zwei Wochen p.p.) waren in einem separaten Stall, getrennt von der übrigen Herde, untergebracht. Diese Transition-Management-Facility (TMF) verfügte über einen separaten Side-by-Side Melkstand mit insgesamt 24

3.1 Standort der Untersuchungen und Tiermaterial

Melkplätzen. In der TMF waren die Trockenstehergruppe, die Vorbereitungsgruppe, die Gruppe der Frischabkalber, die Frischmelkergruppe sowie die Gruppe mit euterkranken und behandelten Tieren untergebracht. Hier befanden sich auch die Abkalbeboxen und die Einzelboxen aus Kunststoff, in denen die Kälber nach der Kalbung separiert wurden. Nach der Abkalberoutine wurden die Tiere zunächst zur Gruppe der Frischabkalber in eine Tiefstreugruppenhaltung auf Stroh gestellt. Im selben Stallabteil waren die Rinder der Eutergruppe untergebracht. Sie bestand aus Mastitistieren und behandelten Tieren mit Wartezeit. Die euterkranken und behandelten Rinder wurden stets zuletzt gemolken und der Melkstand im Anschluss gründlich gereinigt und desinfiziert. In beiden Gruppen erfolgte eine tägliche Gesundheitskontrolle. Waren die Frischabkalber negativ im Hemmstoff- und Staphylokokkus aureus-Test, wurden sie in die Frischmelkergruppe umgestallt. Tiere mit einem positiven Staphylokokkus aureus Testergebnis wurden dagegen unverzüglich aus der TMF in einen anderen Stall und in eine separate Gruppe umgestallt. Auch die Tiere dieser Gruppe wurden als letztes gemolken und der Melkstand im Anschluss ebenfalls gründlich gereinigt und desinfiziert, um eine Ausbreitung des Erregers im Bestand zu vermeiden.

Die Gruppe der Frischmelker war noch einmal in primipare und pluripare Tiere unterteilt. Die Fütterung war hier auf die Anpassung an die energiereiche Ration der Hochleistungsgruppen ausgerichtet und es wurde auf ein großzügiges Tier-Fressplatz-Verhältnis von über 1,2 geachtet, um eine ausreichende Futteraufnahme zu unterstützen. Die Rinder blieben zwei Wochen in dieser Gruppe und wurden dann aus der TMF in eine der beiden Hochleistungsgruppen gestellt. Hier wurde eine hoch energetische TMR gefüttert. Im Gegensatz zu den übrigen Gruppen wurden die beiden Hochleistungsgruppen dreimal täglich gemolken. Kühe, die in ihrer Laktation weiter fortgeschritten waren und bei denen die Milchleistung bereits abfiel, wurden in die Altmelkergruppe gestellt. Hier war der Energiegehalt der Ration etwas reduziert, um ein Verfetten der Tiere zu vermeiden. Sechs bis acht Wochen vor dem errechneten Kalbetermin wurden die Tiere antibiotisch trocken gestellt und zurück in die TMF zur Trockenstehergruppe

umgestallt. Hier wurde den Tieren mit erhöhtem Ketoserisiko Monensin als Pansenbolus mit Langzeitwirkung (*Kerxstone*[®], *Elanco Animal Health*) zur Ketoseprophylaxe eingegeben. Zu den Risikotieren zählten alle Kühe der zweiten bis dritten Laktation mit einer RFD von unter 11 mm oder über 24 mm sowie grundsätzlich alle Kühe ab der vierten Laktation. Die Zeit in Tagen, welche die Kühe in dieser Gruppe verblieben, entspricht im Folgenden der Trockenstehzeit. Die Futterration für diese Tiere war energiarms und rohfaserreich. Kühe ab dem 265 Trächtigkeitstag sowie Färsen spätestens mit dem 264 Trächtigkeitstag wurden in die Vorbereitergruppe gestellt. Auch in dieser Gruppe waren primipare und pluripare Tiere separiert. Hier verblieben sie bis zum errechneten Kalbetermin und die Zeit in Tagen in dieser Gruppe wird im Folgenden als Vorbereitungszeit bezeichnet. Die Fütterung in dieser Gruppe war energiereicher, verglichen mit der Ration der Trockenstehergruppe, um die Tiere bereits auf die hoch energetischen Rationen der folgenden Gruppen vorzubereiten. Zudem wurde hier Propylenglykol zur Ketoseprophylaxe beigemischt und die pluriparen Tiere erhielten anionische Salze, um das Risiko einer Hypokalzämie zu minimieren. In dieser Gruppe erfolgte dreimal wöchentlich eine Kontrolle des pH-Werts im Harn mit einem Teststreifen.

3.1.2 Kalbmanagement und Kälberhaltung

Insgesamt wurden 1949 Kalbungen beobachtet. Der Anteil der tot geborenen Kälber lag im Untersuchungszeitraum bei 5,8% und die Rate von Schweregeburten, definiert als jede Kalbung die nicht gänzlich ohne Hilfe von Statten ging, lag bei 33,7%. Die Kalbungen fanden in Einzelboxen auf Stroh statt. Boxen für Färsen waren räumlich von denen für Kühe getrennt. Die Überwachung der Kalbungen erfolgte 24 Stunden täglich durch das Personal im Schichtdienst. Bei jedem Tier in Geburt erfolgte nach gründlicher Reinigung des Schambereichs routinemäßig eine vaginale Untersuchung. Dabei wurde die Öffnung und Weite des Geburtsweges, die Größe und Vitalität des Kalbes sowie dessen Lage, Stellung und Haltung im Geburtskanal beurteilt. Bei einer physiologischen Geburt wurde

3.1 Standort der Untersuchungen und Tiermaterial

die Kalbung lediglich weiter beobachtet. Bei Anomalien in der Lage, Stellung und/oder Haltung der Kälber sowie bei anderen Komplikationen im Geburtsverlauf wurden geburtshilfliche Maßnahmen eingeleitet. Wenn die Komplikationen der Kalbung nicht durch die Mitarbeiter gelöst werden konnten, wie im Falle eines absolut zu großen Kalbes oder einer Torsio uteri, wurde unverzüglich der Tierarzt hinzugezogen. In seltenen Fällen kam es auch zu unbeobachteten Kalbungen in der Gruppe, wenn die hochtragenden Tiere nicht rechtzeitig in die Abkalbeboxen gestellt wurden.

Unmittelbar nach der Kalbung wurden die Muttertiere in einen separaten Fangstand getrieben. Dort erfolgte routinemäßig nach erneuter gründlicher Reinigung des Schambereichs eine vaginale Kontrolluntersuchung. Dabei wurde insbesondere auf ein weiteres Kalb und auf Verletzungen des Geburtsweges geachtet. Im Anschluss erfolgte die Blutprobenentnahme aus der Schwanzvene. Danach wurde das Erstkolostrum mit Hilfe einer mobilen Melkeinheit vollständig abgemolken, gewogen und die Dichte mit einem Kolostrometer bestimmt sowie eine Erstkolostrumprobe für spätere Untersuchungen entnommen. Zur Ketoseprophylaxe wurden etwa 500 ml Propylenglykol oral eingegeben und Tieren ab der zweiten Laktation zur Vorsorge einer Hypokalzämie zusätzlich ein Ca-Pansenbolus (*Bovikalc*[®], *Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH*) verabreicht. Tiere mit Zwillingsgeburten erhielten zudem eine Ca-Infusion (*CalciLift*[®] forte, *Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH*).

Die Kälber wurden sofort nach der Kalbung vom Muttertier separiert und in Einzelboxen aus Kunststoff gebracht. Diese waren direkt neben den Abkalbeboxen gelegen, mit Stroh eingestreut und mit Rotlicht gewärmt. Die Neugeborenen wurden mit Handtüchern trocken gerieben und der Nabel mit Povidon-Iod (*Braunol*[®], *B. Braun Melsungen AG*) desinfiziert. Binnen zwei Stunden wurde jedes Kalb mit vier Litern Erstkolostrum gedrencht. Am darauffolgenden Tag wurden die Ohrmarken eingezogen und den weiblichen Tieren 5 ml 10%ige Eisen(III)-Ionen-Lösung intramuskulär injiziert. Nach Geschlecht sortiert, wurden die Kälber dann in Ställe mit Einzelboxen gebracht. Die Einzelboxen aus Kunststoff im Abkalbebereich wurden gereinigt, desinfiziert und nach dem Abtrocknen neu eingestreut, bevor sie

erneut belegt wurden. Nach 14 Tagen wurden die Bullenkälber verkauft und die Färsenkälber in Gruppenhaltung in einem separaten Jungviehstall zur eigenen Remontierung aufgezogen.

3.2 Untersuchungszeitraum und Probenschema

Tiere, die im Zeitraum vom 04.04.2013 bis zum 28.02.2014 kalbten, wurden als Probanden in die Studie aufgenommen. Es wurden alle Informationen zur Kalbung protokolliert und zu bestimmten Zeitpunkten Blut- und Erstkolostrumproben entnommen sowie die RFD bestimmt. Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 1949 Tiere beprobt. Die Tabelle 3.2 zeigt den zeitlichen Ablauf der Probenentnahme und der Bestimmung der RFD. Da die Parameter nicht für alle Tiere zu jedem Messzeitpunkt lückenlos erhoben werden konnten und die Leistungsdaten nicht immer vollständig dokumentiert waren, variiert die Anzahl der Probanden zwischen den einzelnen Auswertungen.

Tabelle 3.2: Zeitpunkte der Probenentnahme sowie Messung der RFD

	Zeitpunkt der Probenentnahme/ Messung		
	1. Zeitpunkt	2. Zeitpunkt	3. Zeitpunkt
Blut	7 Tage a.p.	10 - 20 min p.p.	
Erstkolostrum	10 - 20 min p.p.		
Kalbedaten	10 - 20 min p.p.		
RFD	8 Wochen a.p.	2 - 5 Wochen a.p.	1 Tag p.p.

3.3 Probengewinnung und Probenaufbereitung

3.3.1 Erstkolostrumproben

Das Erstkolostrum wurde unmittelbar nach der Kalbung innerhalb von 10 bis 20 Minuten vollständig mit einer mobilen Melkeinheit in eine Milchkanne gemolken. Für die Bestimmung der spezifischen Dichte wurden davon 250 ml in einen Messzylinder gegeben. Zusätzlich wurde eine Probe in ein Probenröhrchen aus Kunststoff entnommen (*Röhre 5 ml, SARSTEDT AG & Co*), beschriftet, mit einem Stopfen verschlossen und bis zur Refraktometermessung im Kühlschrank aufbewahrt. Im Anschluss an die Messung wurde es für die spätere Bestimmung der TP-Konzentration im Labor sowie zur Lagerung als Rückstellprobe eingefroren.

3.3.2 Blutproben

Die Blutentnahme erfolgte sieben Tage a.p. sowie unmittelbar p.p. aus der Vena oder Arteria coccygea mediana durch Punktion im Bereich der Schwanzwurzel mittels steriler Einwegkanüle (*Sterican[®], B. Braun Mel-sungen AG*) in ein aufgestecktes Serumröhrchen (*Monovette[®] 9 ml Z, SARSTEDT AG & Co*). Nach der Entnahme wurden diese für mindestens eine halbe Stunde senkrecht stehen gelassen, bis die Koagulation vollständig eingetreten war. Die Serumröhrchen wurden dann mit einer *Heraeus[®] Labofuge[®] 200* der Firma *Thermo Scientific* bei 4000 Umdrehungen pro Minute (U/min) für 10 Minuten zentrifugiert. Der Überstand wurde anschließend in ein Probenröhrchen (*Röhre 5 ml, SARSTEDT AG & Co*) abpipettiert, beschriftet und mit einem Stopfen verschlossen. Die so gewonnenen Proben wurden bis zur Analyse tiefgefroren aufbewahrt.

3.4 Probenanalyse

3.4.1 Erstkolostrum

Vom Erstkolostrum wurden die Menge in kg, die spezifische Dichte in $[\text{kg}/\text{m}^3]$ und in %Brix sowie das TP in g/l bestimmt. Die Menge des gewonnenen Erstkolostrums wurde mit Hilfe einer Waage ermittelt. Mit einer Kolostrumspindel wurde die spezifische Dichte in $[\text{kg}/\text{m}^3]$ bestimmt. Dazu wurde der Messzylinder mit 250 ml des Erstkolostrums zunächst stehen gelassen, bis sich die Temperatur auf etwa 20°C abgekühlt hatte. Das Kolostrumeter wurde dann frei schwimmend in das Erstkolostrum eingesenkt. Nachdem es sich ausgependelt hatte, wurde das spezifische Gewicht auf der $[\text{kg}/\text{m}^3]$ Skala an der Luft-Flüssigkeit-Grenze abgelesen.

Die Bestimmung der Brix-Werte erfolgte unter Verwendung des Refraktometers *MHRB 40-ATC* der Firma *Müller Germany* mit einem Messbereich von 0 - 40 %Brix. Zunächst wurden die Probenröhrchen mit Erstkolostrum aus dem Kühlschrank genommen und gewartet bis sie sich der Raumtemperatur angepasst hatten. Die Röhrchen wurden dann einige Male geschwenkt, um eine gute Durchmischung zu gewährleisten. Nach dem Öffnen der Prismaklappe des Refraktometers wurden dann mit einer Pipette zwei bis drei Tropfen des Erstkolostrums auf das Messprisma gegeben. Die Prismaklappe wurde wieder geschlossen und sanft angedrückt, um das ganze Messprisma mit einem gleichmäßigen Flüssigkeitsfilm ohne Luftblasen zu bedecken. Das Refraktometer wurde waagrecht gegen eine Lichtquelle gehalten. Dann wurde durch das Okular geschaut und auf der Brix-Skala an der Grenzlinie der entsprechende Wert abgelesen.

Die TP-Konzentration wurde im Labor der Klinik für Klauentiere am Fachbereich Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin bestimmt. Die tiefgefrorenen Erstkolostrumproben wurden zunächst über 24 Stunden im Kühlschrank aufgetaut und durch mehrmaliges schwenken homogenisiert. Um das Erstkolostrum zu entrahmen wurden die Probenröhrchen kopfüber für 10 Minuten bei 5000 U/min zentrifugiert (*Universal 320R, Hettich Zentrifugen*) und der entstandene Überstand in ein neues Probenröhr-

chen (Röhre 5ml, SARSTEDT AG & Co) dekantiert. Aus den entrahmten Erstkolostrumproben wurde dann mit Hilfe der Biuret-Reaktion und dem Photometer *LP 700* der Firma *Dr.Lange* nach der Methode von Reichardt und Eckert (1991) die TP-Konzentration ermittelt.

3.4.2 Blutproben

Im Labor der Klinik für Kleintiere an der Freien Universität Berlin wurde im Serum der Blutproben die Ca-, P-, NEFA- und BHB-Konzentration bestimmt. Die tiefgefrorenen Proben wurden über 24 Stunden im Kühlschrank aufgetaut und im Anschluss durch mehrmaliges Schwenken gründlich durchmischt.

Die P-, NEFA- sowie BHB-Serumkonzentrationen wurden daraufhin mit dem Analysegerät *Roche Cobas Mira Plus* der Firma *Roche Diagnostics* ermittelt. Dabei wurden für die Bestimmung der P-Konzentration die Reagenzien des Herstellers *Labor + Technik Eberhard Lehmann GmbH* (Test-Kit-Nr. *LT-PH0100*) verwendet sowie die Reagenzien der Firma *Randox Laboratories* für die NEFA- (Test-Kit-Nr. *FA115*) und BHB-Serumkonzentration (Test-Kit-Nr. *RB1007*).

Um den Blutcalciumgehalt zu bestimmen, wurden die Proben mit Hilfe eines Diluters vom Typ *Micro Lab 1000*[®] der Firma *Hamilton* im Verhältnis 1:40 mit einer Lanthan-(III)-Oxid Lösung verdünnt und im Anschluss gevortext, um die Durchmischung sicherzustellen. Aus diesen Verdünnungen wurde dann der Ca-Gehalt mit einem AAS-Spektrometer (*Solaar M6*, *Thermo Scientific*) ermittelt. Die Tabelle 3.3 zeigt die verwendeten Analysemethoden sowie Reagenzien zu den einzelnen Parametern.

3.5 Erhebung der Rückenfettdicke

Die RFD der untersuchten Tiere wurde mit dem portablen Ultraschallgerät *Tringa Linear VET* mit einem Linearschallkopf der Firma *esaote*

Tabelle 3.3: Analysemethoden für die Parameter der Blutproben

Parameter	Analysegerät (Reagenzien)	Analysemethode
Ca	AAS-Spektrometer Solaar M6	Atomabsorptions- spektrometrie
P	Roche Cobas Mira Plus (Labor+Technick, LT-PH0100) ¹	Optisch- enzymatisch
NEFA	Roche Cobas Mira Plus (Randox Laboratories, FA115) ¹	Colorimetrisch
BHB	Roche Cobas Mira Plus (Randox Laboratories, RB1007) ¹	Kinetisch- enzymatisch

¹ Hersteller und Test-Kit-Nummer der verwendeten Reagenzien

mit 7,5 MHz nach der Methode von Staufenbiel (1992) bestimmt. Der Messpunkt befindet sich demnach auf einer gedachten Verbindungslinie zwischen dem oberen Bereich des Tuber coxae und dem dorsalen Teil des Tuber ischiadicum etwa eine Handbreit cranial des Tuber ischiadicum. Für eine optimale Ankopplung zwischen Schallkopf und Haut wurde die Messstelle mit 70%igem Alkohol reichlich benetzt. Auf dem Ultraschallbild wurde dann die Distanz zwischen der Cutis und der Fascia profunda gemessen. Die Abbildung 3.1 von Daetz (2009) zeigt, wie die RFD auf dem Ultraschallbild richtig abzulesen ist. Diese Distanz in Millimetern ist die RFD und wurde einen Tag p.p. bei insgesamt 1938 Tieren bestimmt. Im Vergleich dazu konnte die RFD acht Wochen a.p. nur bei pluriparen Tieren zum Zeitpunkt des Einstellens in die Trockenstehergruppe erhoben werden und wurde deswegen nur bei 1375 Tieren bestimmt. Mit der Erhebung der RFD zwei bis fünf Wochen a.p. wurde erst zu einem späteren Zeitpunkt der Studie begonnen. Aus diesem Grund sind mit 1159 Probanden weniger Tiere untersucht worden.

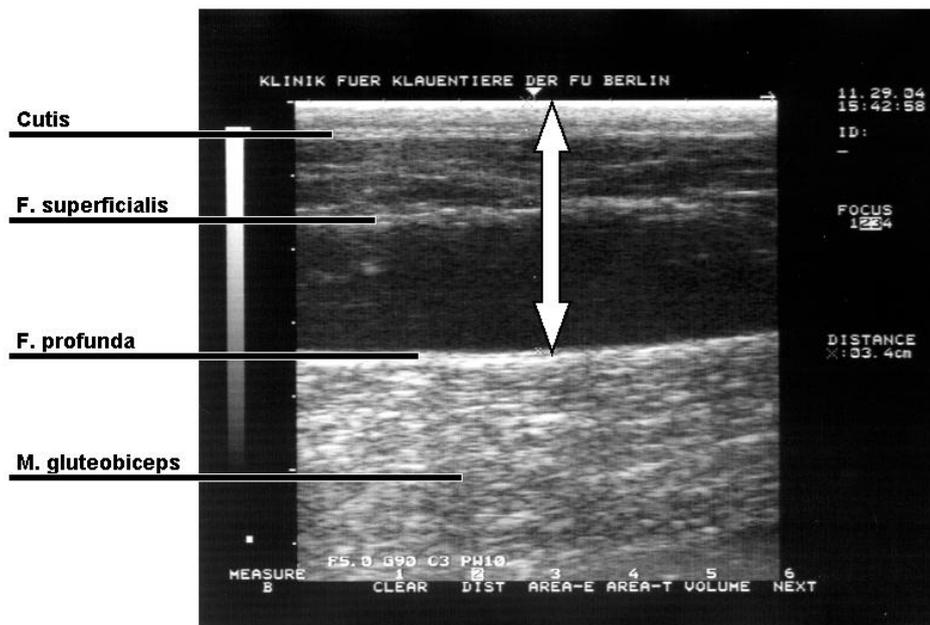


Abbildung 3.1: Sonografische Darstellung der RFD (Daetz, 2009)
(RFD im rechten Bildrand als „DISTANCE“ angegeben)

3.6 Erhebung der Herdendaten

Für die Erhebung der Herdendaten wurden die Informationen der Berichte der Milchleistungsprüfung (MLP) vom 01.10.2012 - 30.09.2013 und 01.10.2013 - 30.09.2014 vom Landeskontrollverband (LKV) Mecklenburg-Vorpommern sowie alle Daten des Herdenmanagementprogramms *Dairy-COMP 305* von *Valley Agricultural Software* genutzt. Folgende Parameter wurden auf diese Weise erhoben und sind in die statistische Auswertung eingegangen:

- Laktationszahl der Tiere
- Anzahl der Besamungen bis zur Konzeption
- Zwischentragezeit in Tagen
- Tragezeit in Tagen
- Trockenstehzeit in Tagen
- Vorbereitungszeit in Tagen
- Gesamttrockenstehzeit in Tagen

Tragezeiten von weniger als 260 Tagen wurden als Frühgeburten definiert und Werte von mehr als 300 Tagen als Dokumentationsfehler. Diese wurden für die weitere Datenauswertung nicht berücksichtigt. Die Gesamttrockenstehzeit ergibt sich als Summe aus den beiden Phasen Trockenstehzeit und Vorbereitungszeit.

3.7 Erhebung der Abkalbedaten

Die Daten jeder Kalbung wurden in Form eines vorgedruckten Protokolls dokumentiert, welches vom Personal ausgefüllt wurde. Erhoben wurde, ob es sich um eine Kuh oder eine Färse handelt, die Stall- und Ohrmarkennummer sowie die Laktationszahl des Muttertieres. Darüber hinaus wurde das Datum und die Uhrzeit der Kalbung sowie der Kalbeverlauf in Form eines numerischen Schlüssels festgehalten. Die Tabelle 3.4 zeigt die einzelnen Kategorien des numerischen Schlüssels für die Beurteilung des Geburtsverlaufs. Zudem wurde das Geschlecht der Kälber dokumentiert und das Gewicht mit einer kalibrierten Waage ermittelt. Auch der Name des Mitarbeiters, der die Kalbung betreute und die postpartalen Maßnahmen durchführte, wurde vermerkt. Der Abgang eines vollständig entwickelten Fötus, der jedoch nicht lebte, sowie Kälber, die innerhalb der ersten Minuten nach der Kalbung verendeten, wurden als Totgeburten definiert und sind als solche für die spätere Auswertung ebenfalls erfasst worden. Die Zuordnung der Kalbungen zu einer Jahreszeit anhand des Kalbedatums wurde nach der meteorologischen Einteilung vorgenommen. Der Frühling umfasst demnach den 1. März bis 31. Mai, der Sommer den 1. Juni bis 31. August, der Herbst den 1. September bis 30. November und der Winter den 1. Dezember bis 28./ 29. Februar.

Tabelle 3.4: Numerischer Schlüssel zur Beurteilung des Geburtsverlaufs

Nummer	bezeichneter Geburtsverlauf
0	unbeobachtete Kalbung in der Gruppe, ohne Geburtshilfe
1	beobachtete Kalbung in der Abkalbebox, ohne Geburtshilfe
2	leichte Schweregeburt mit Geburtshilfe durch eine Person
3	Schweregeburt mit Geburtshilfe durch ≥ 2 Personen und/oder mechanischer Zughilfe
4	Schweregeburt mit Hilfe des Tierarztes oder Sectio caesarea

3.8 Statistische Auswertung

Alle ermittelten Daten wurden zunächst in einer *Excel*®-Tabelle erfasst und für die weitere statistische Auswertung mittels *SPSS v.22* von *IBM* formell vorbereitet. Biologisch unplausible Daten wurden bereinigt. Sie wurden entweder gelöscht oder, sofern der Fehler nachvollziehbar war, korrigiert. Es folgte dann die deskriptive Statistik. Die kontinuierlichen Variablen wurden dabei zunächst auf Normalverteilung getestet. Dies erfolgte über die Tests nach Kolmogorow - Smirnow und nach Shapiro - Wilk sowie durch Beurteilung der Schiefe und Kurtosis. Dann wurden die Lageparameter Minimum (\mathbf{x}_{\min}), Maximum (\mathbf{x}_{\max}), das 25%-Perzentil ($\mathbf{x}_{0,25}$) und 75%-Perzentil ($\mathbf{x}_{0,75}$) sowie der Median ($\tilde{\mathbf{x}}$) ermittelt und angegeben, um die Verteilung der Daten darzustellen. Für die nominal und ordinal skalierten Variablen wurden die absoluten und relativen Häufigkeiten der einzelnen Ausprägungen (Kategorien) angegeben. Es wurden stets die Gesamtzahlen der erhobenen Daten aufgeführt, da diese aufgrund von fehlenden Dokumentationen und Messungen variieren. Für Variablen mit Ergebnissen zu verschiedenen Zeitpunkten wurde zudem der Unterschied zwischen den einzelnen Messzeitpunkten im Verlauf mit Signifikanzwerten angegeben. Für die gesamte statistische Auswertung wurden Unterschiede auf dem Niveau $p < 0,05$ als signifikant gewertet.

3 Material und Methoden

Im Anschluss wurde statistisch überprüft, inwieweit die Ergebnisse der verwendeten Feldmethoden zur Messung der Erstkolostrumqualität untereinander und mit den Ergebnissen zur TP-Konzentration des Labors übereinstimmen. Dazu wurde die Korrelation der Ergebnisse der einzelnen Methoden nach Spearman-Rho ermittelt. Die Feldmethode, welche die Daten mit der engsten Korrelation zur TP-Konzentration zeigte, wurde dann für die weitere statistische Auswertung als Maß für die Kolostrumqualität verwendet. Anhand der Ergebnisse der beiden Feldmethoden wurden die einzelnen Erstkolostrumproben zudem in die Qualitätskategorien „schlecht“, „mäßig“ und „gut“ eingeordnet. Die Klassifizierung der Proben anhand der Brix%-Werte erfolgte entsprechend den Ergebnissen von Chigerwe et al. (2008) und Biemann et al. (2010) nach der Empfehlung der BauernZeitung.at (2014). Die Einordnung anhand der Kolostrometerergebnisse erfolgte entsprechend den Grenzwerten von Fleenor und Stott (1980). Die verwendeten Grenzwerte zur Kategorisierung der Qualität des Erstkolostrums sind in der Tabelle 3.5 dargestellt. Die Einteilung des Erstkolostrums durch die beiden Feldmethoden wurde miteinander verglichen und die Beurteiler-Übereinstimmung als Cohens-Kappa-Koeffizient (κ) ermittelt.

Im weiteren Verlauf wurde ausgewertet, inwieweit die Variablen als mögliche Einflussfaktoren mit der Qualität und Menge des Erstkolostrums im Einzelnen in Zusammenhang stehen. Für alle kontinuierlichen Variablen wurde die Korrelation nach Spearman-Rho ermittelt. Für alle ordinal- und nominalskalierten Variablen wurden nicht parametrische Tests durchgeführt. Für Variablen mit zwei Ausprägungen, wie das Geschlecht der Kälber, wurde der Mann-Whitney-U Test verwendet. Für Variablen mit mehr als zwei Ausprägungen, wie die Laktationszahl, wurde der Kruskal-Wallis-Test angewendet. Bei paarweisen Vergleichen der einzelnen Kategorien wurde stets die angepasste Signifikanz gewertet. Unterschiede auf einem Niveau von $p < 0,05$ wurden in den Tabellen durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet. Die Tabelle 3.6 zeigt die verwendeten statistischen Verfahren für die einzelnen Variablen.

Um Scheinkorrelationen auszuschließen und den Zusammenhang von mehreren Faktoren auf die Menge und Qualität des Erstkolostrums aufzuzeigen sowie um diesen Zusammenhang zu quantifizieren, wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt. Dazu wurden alle Faktoren, welche im Einzelnen einen Zusammenhang mit der Qualität und/oder der Menge des Erstkolostrums aufwiesen, via schrittweiser Vorwärtsselektion in ein lineares Regressionsmodell aufgenommen. Eine Kombination mehrerer Variablen wurde dann erneut auf einen Zusammenhang zur Qualität bzw. Menge des Erstkolostrums überprüft. Faktoren, die signifikant waren, blieben als erklärende Variable im Modell. War eine erklärende Variable nach Aufnahme eines weiteren Einflussfaktors in das Regressionsmodell plötzlich nicht mehr signifikant, war das ein Zeichen dafür, dass der Einfluss des einen Faktors durch den anderen erklärt werden kann. Dementsprechend lag in diesem Fall eine Scheinkorrelation vor. Der jeweils nicht signifikante Einflussfaktor wurde daraufhin aus dem Modell entfernt. So blieben am Ende der Regressionsanalyse nur die wahren Einflussfaktoren übrig und der Einfluss dieser Faktoren ist über den Regressionskoeffizienten quantifiziert. Zudem wird durch das Bestimmtheitsmaß der Regressionsmodelle ersichtlich, welcher Anteil der Varianz in der Menge und Qualität des Erstkolostrums damit erklärt werden kann. Die Regressionsanalyse wurde jeweils zur Überprüfung des Einflusses der Faktoren auf die Menge sowie Qualität des Erstkolostrums angewendet. Aufgrund des sehr deutlichen Unterschieds zwischen primiparen und pluriparen Tieren wurde zudem für beide Gruppen jeweils ein eigenes Modell erstellt. Alle Regressionsmodelle wurden anhand von Residuendiagrammen auf Extremwerte überprüft.

Tabelle 3.5: Verwendete Grenzwerte für die Kategorisierung der Qualität des Erstkolostrums anhand der Werte des Refraktometers und des Kolostrometers

		Qualitätskategorie		
		schlecht	mäßig	gut
Kolostrometer	kg/m ³	≤ 1034	1035 - 1045	≥1046
Refraktometer	Brix%	≤ 19	20 - 21	≥22

Tabelle 3.6: Übersicht der verwendeten statistischen Verfahren für die Auswertung des Zusammenhangs der einzelnen Variablen mit der Qualität und Menge des Erstkolostrums

Variablen ¹	Statistisches Verfahren
Herden- und Fruchtbarkeitskennzahlen	
Laktation	Kruskal-Wallis-Test
Anzahl der Besamungen	Korrelation nach Spearman-Rho
Zwischentragezeit	Korrelation nach Spearman-Rho
Tragezeit	Korrelation nach Spearman-Rho
Trockenstehzeit	Korrelation nach Spearman-Rho
Vorbereitungszeit	Korrelation nach Spearman-Rho
Gesamt trockenstehzeit	Korrelation nach Spearman-Rho
Präpartale Untersuchungsparameter	
RFD	Korrelation nach Spearman-Rho
Blutparameter	Korrelation nach Spearman-Rho
Kalbedaten	
Kalbemonat	Kruskal-Wallis-Test
Kalbeverlauf	Kruskal-Wallis-Test
Kälbervitalität	Mann-Whitney-U Test
Kälbergeschlecht	Mann-Whitney-U Test
Geburtsgewicht	Korrelation nach Spearman-Rho
Mitarbeiter	Kruskal-Wallis-Test

¹ Variablen, die im Einzelnen einen signifikanten Zusammenhang zur Qualität und/oder Menge des Erstkolostrums aufwiesen, gingen in die lineare Regressionsanalyse ein.

4 Ergebnisse

4.1 Qualität des Erstkolostrums

4.1.1 Kolostrometerwerte

Mit einem Kolostrometer wurde die spezifische Dichte des Erstgemelks von 1516 Färsen und Kühen bestimmt. Die Werte sind nicht normalverteilt und mit einem Bereich von 57 kg/m^3 nicht breit gestreut. Die höchste spezifische Dichte von 1080 kg/m^3 wurde bei drei Kühen der Laktationen vier und sechs gemessen. Der geringste Wert von 1023 kg/m^3 wurde bei zwei jüngeren Kühen der Laktationen eins und zwei ermittelt. Für die Kolostrumdichte ergibt sich ein Medianwert von $\tilde{x} = 1050 \text{ kg/m}^3$. Die Tabelle 4.1 fasst die Lageparameter der ermittelten Werte für die spezifische Dichte zusammen.

4.1.2 Brix-Refraktometerwerte

Die insgesamt 1815 ermittelten Brix-Werte sind ebenfalls nicht normalverteilt. Wie die Tabelle 4.1 zeigt, liegt das Maximum bei 38 %Brix. Es wurde aus dem Erstkolostrum einer älteren Kuh der sechsten Laktation bestimmt. Dagegen wurde der niedrigste Wert von 11 %Brix bei einem Tier der ersten und einem Tier der vierten Laktation gemessen. Mit einem Bereich von 27 %Brix sind die Werte breit gestreut. Der Median der Brix-Refraktometerwerte liegt bei $\tilde{x} = 25 \text{ %Brix}$.

4.1.3 Totalproteingehalt

Der TP-Gehalt des Erstkolostrums wurde stichprobenartig bei 568 Tieren ermittelt und die Werte sind auch hier nicht normalverteilt. Der höchste Wert beträgt 573,5 g/l, gemessen im Erstkolostrum einer Kuh der vierten Laktation. Mit 70,1 g/l wurde das Kolostrum mit dem niedrigsten Wert bei einer Färsen nach einer Schweregeburt mit totem Kalb ermolken. Mit einem Bereich von 503,4 g/l sind die Ergebnisse somit breit gestreut. Der Zentralwert des TP-Gehalts im Erstkolostrum beträgt $\tilde{x} = 164$ g/l. In der Tabelle 4.1 sind die Kenngrößen der deskriptiven Statistik dargestellt.

Tabelle 4.1: Kennzahlen der deskriptiven Statistik für die einzelnen Parameter der Kolostrumqualität

	x_{\min}	x_{\max}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	n
Kolostrometer [kg/m ³]	1023	1080	1045	1050	1055	1516
Refraktometer [%Brix]	11	38	23	25	28	1815
TP-Gehalt [g/l]	70,1	573,5	133,6	164,0	196,3	568

4.1.4 Beurteilung der Qualität des Erstkolostrums

Die Grenzwerte, die zur Einteilung der Erstkolostrumproben in die Qualitätskriterien verwendet wurden, sind bereits in der Tabelle 3.5 dargestellt. Bei der Beurteilung der Qualität des Erstkolostrums mit Hilfe des Kolostrometers wurden von insgesamt 1516 Proben, 43 als „schlecht“, 417 als „mäßig“ und 1056 als „gut“ klassifiziert. Die Beurteilung anhand der Brix-Werte des Refraktometers wurde an 1815 Proben durchgeführt. Dabei wurden 68 der Kategorie „schlecht“, 339 der Kategorie „mäßig“ und 1408 der Kategorie „gut“ zugeordnet. Beim Vergleich der Kategorisierung der Kolostrumqualität durch die beiden Feldmethoden zeigt sich eine Beurteiler-Übereinstimmung von $\kappa = 0,279$. Hierbei wurden 1441 Bewertungen untersucht. Somit stimmen die Kategorisierungen des Erstkolostrums, unter Berücksichtigung des Zufalls, zu rund 28% überein. Die Tabelle 4.2 fasst die

absoluten und relativen Häufigkeiten der einzelnen Qualitätskategorien für die beiden Bestimmungsmethoden sowie die Beurteiler-Übereinstimmung zusammen.

Tabelle 4.2: Bewertung der Qualität des Erstkolostrums anhand der Werte des Refraktometers und des Kolostrometers

		Qualität		
		schlecht	mäßig	gut
Kolostrometer	n	43	417	1056
$N = 1516$	%	2,8	27,5	69,7
Refraktometer	n	68	339	1408
$N = 1815$	%	3,7	18,7	77,6
Übereinstimmung	κ	0,279		
	N	1441		

4.1.5 Korrelation zwischen den Qualitätsparametern des Erstkolostrums

Die statistische Auswertung ergibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Werten für den Gesamtproteingehalt des Erstkolostrums und den Werten der beiden Feldmethoden, dem Kolostrometer und dem Refraktometer ($p < 0,001$). Dabei ist die Korrelation des TP-Gehalts zu den Brix-Werten des Refraktometers mit $r = 0,719$ größer als zu den Werten die mittels Kolostrometer erhoben wurden ($r = 0,481$). Auch die Korrelation zwischen den Werten der beiden Feldmethoden sind signifikant ($p < 0,001$) mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,477$. Die Tabelle 4.3 zeigt die Korrelationen der einzelnen Parameter für die Qualität des Erstkolostrums zueinander.

Da die Korrelation der Brix-Refraktometerwerte mit dem TP-Gehalt im Vergleich zum Kolostrometer größer ist und die Probenanzahl der Refraktometerwerte mit $n = 1815$ statistisch repräsentativer ist als die des TP-Gehalts mit 568, wird im Folgenden der Brix-Wert als Maß für die Qualität

des Erstkolostrums verwendet.

Tabelle 4.3: Korrelation der Parameter für die Qualität des Erstkolostrums

		Kolostrometer	Refraktometer
TP-Gehalt	r^1	0,481	0,719
	p-level	< 0,001	< 0,001
	n	398	567
Refraktometer	r^1	0,477	
	p-level	< 0,001	
	n	1441	

¹ nach Spearman-Rho

4.2 Menge des Erstkolostrums

Insgesamt wurde die Erstkolostrummenge von 1906 Tieren gemessen. Sie ist nicht normalverteilt. Das Minimum von 0,2 kg wurde bei zwei Tieren der zweiten und einem Tier der ersten Laktation gemessen. Die größte Menge von 23,5 kg wurde einmalig bei einer Kuh der vierten Laktation gewonnen. Die durchschnittliche Menge Erstkolostrum der Herde lag im Untersuchungszeitraum bei $\bar{x} = 5,5$ kg mit einem Medianwert von $\tilde{x} = 5,0$. Die Tabelle 4.4 fasst die Lageparameter der gemessenen Mengen an Erstkolostrum zusammen.

Tabelle 4.4: Lageparameter der Kolostrummenge ($n = 1906$)

Kolostrummenge in kg				
x_{\min}	x_{\max}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$
0,2	23,5	3,5	5,0	7,0

4.3 Korrelation zwischen der Qualität und der Menge des Erstkolostrums

Die Untersuchungen ergeben, dass die Kolostrometerwerte nicht signifikant ($p = 0,158$) mit der Menge des Erstkolostrums korrelieren. Dagegen ist die Korrelation der Menge des Erstkolostrums sowohl zu den Brix-Werten ($p < 0,001$) als auch zum TP-Gehalt ($p = 0,001$) signifikant. In beiden Fällen ist der bestehende Zusammenhang negativ, mit einer Abnahme der Erstkolostrummenge bei steigenden Brix-Werten und steigendem TP-Gehalt. Die Korrelationskoeffizienten sind $r = -0,192$ für die Refraktometerwerte und $r = -0,134$ für den TP-Gehalt. Die Tabelle 4.5 zeigt die Korrelationen der Qualitätsparameter des Erstkolostrums mit der Erstkolostrummenge.

Tabelle 4.5: Korrelation der Qualität mit der Menge des Erstkolostrums

	n	r ¹	p-level
Kolostrumdichte	1513	-0,036	0,158
%Brix	1797	-0,192	<0,001
Gesamtproteingehalt	565	-0,134	0.001

¹ nach Spearman-Rho

4.4 Herden- und Fruchtbarkeitskennzahlen

4.4.1 Laktation

Die Tabelle 4.6 zeigt die Verteilung der untersuchten Tiere über die Laktationen. Die ältesten Tiere in der Studie sind zwei Rinder der elften Laktation. Tiere der ersten (26,1%) und zweiten (26,5%) Laktation sind am häufigsten vertreten und machen zusammen über die Hälfte (52,6%) der Herde aus. Tiere der vierten bis elften Laktation wurden aufgrund der geringen Häufigkeiten zu einer Gruppe zusammengefasst, um eine höhere

4 Ergebnisse

Aussagekraft der statistischen Auswertung zu erreichen. Sie machen mit insgesamt 189 Tieren 9,7% aus. Der Laktationsdurchschnitt der untersuchten Herde liegt bei $\bar{x} = 2,6$ Laktationen.

Tabelle 4.6: Anzahl der Tiere in den einzelnen Laktationen

	n	%	% kumulativ
1	509	26,1	26,1
2	517	26,5	52,6
3	427	21,9	74,6
4	307	15,8	90,3
>4	189	9,7	100
$N =$	1949		

4.4.2 Anzahl der Besamungen

Die Anzahl der Besamungen bis zur Konzeption ist über die 1604 erfassten Tiere nicht normalverteilt. Eine ältere Kuh der vierten Laktation mit einer 305-Tage-Leistung von 12490 kg wurde elfmal und damit am häufigsten künstlich besamt. 658 Tiere erhielten dagegen nur eine Besamung bis zur Trächtigkeit. Von diesen waren 34,2% Färsen. Der Median für die untersuchte Herde liegt bei $\tilde{x} = 2$ Besamungen. Die Tabelle 4.7 fasst die Kenngrößen der deskriptiven Statistik zusammen.

4.4.3 Zwischentragezeit

Von 1283 pluriparen Kühen wurde die Zwischentragezeit erfasst. Die Werte sind dabei nicht normalverteilt. Die Tabelle 4.7 zeigt die Lageparameter für die Zwischentragezeit. Die längste Günstzeit hatte eine Kuh der dritten Laktation mit 355 Tagen. Die kürzeste Günstzeit von 47 Tagen wurde bei fünf Tieren erfasst. Im Untersuchungszeitraum liegt der Medianwert der Zwischentragezeit bei $\tilde{x} = 79$ Tagen.

4.4.4 Tragezeit

Kalbungen mit einer Tragezeit von weniger als 260 Tagen wurden als Frühgeburten definiert. Insgesamt kam es im Untersuchungszeitraum zu 35 Fällen. Das entspricht einer Frühgeburtenrate der Herde von 1,8%. Frühgeburten stellen immer einen Sonderfall dar und werden in der weiteren statistischen Auswertung nicht berücksichtigt. Bei zwei Tieren wurden Tragezeiten von mehr als 300 Tagen dokumentiert. Tiere mit Tragezeiten über 300 Tagen wurden als Dokumentationsfehler interpretiert und ebenfalls in der statistischen Auswertung nicht weiter berücksichtigt. In die Analyse sind 1907 erfasste Tragezeiten eingegangen. Die Werte waren dabei nicht normalverteilt. Die längste Tragezeit von 297 Tagen wurde bei einer Kuh der dritten Laktation erfasst. Die kürzeste Tragezeit beträgt 260 Tage, bei einer Kuh der ersten und einer Kuh der zweiten Laktation. Für die Tragezeit der Herde beträgt der Median $\tilde{x} = 274$ Tage. Die Lageparameter sind in der Tabelle 4.7 zusammengefasst.

Tabelle 4.7: Lageparameter der Fruchtbarkeitskennzahlen: Anzahl der Besamungen, Zwischentragezeit und Tragezeit

	x_{\min}	x_{\max}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	n
Anzahl der Besamungen	1	11	1	2	3	1604
Zwischentragezeit in Tagen	47	355	66	79	124	1283
Tragezeit in Tagen	260	297	271	274	277	1907

4.4.5 Trockenstehzeit

Insgesamt wurde die Trockenstehzeit von 1443 Kühen erfasst. Die ermittelten Werte sind nicht normalverteilt und zeigen eine große Spannweite bei einem Maximum von 157 Tagen und einem Minimum von einem Tag. Kühe ohne Trockenstehzeit wurden nicht berücksichtigt. Sehr kurze Trockenstehzeiten entstehen durch verfrühte Kalbungen oder zu spätes Trockenstellen der Tiere. Sehr lange Zeiten sind bedingt durch ein vorzeitiges

Trockenstellen aufgrund von Erkrankungen. Die längste Zeit von 157 Tagen ergibt sich bei einer Kuh der dritten Laktation, die aufgrund einer Mastitis frühzeitig trocken gestellt werden musste. Der Medianwert der Herde im Untersuchungszeitraum liegt bei $\tilde{x} = 35$ Tagen. In der Tabelle 4.8 sind die Lageparameter der ermittelten Trockenstehzeiten zusammengefasst.

4.4.6 Vorbereitungszeit

Es wurde die Vorbereitungszeit von 1875 Rindern erfasst. Die große Anzahl untersuchter Tiere ergibt sich daraus, dass die Vorbereitungszeit sowohl von Färsen als auch von pluriparen Tieren durchlaufen wird. Wie bei der Trockenstehzeit entstehen auch für die Vorbereitungsphase sehr kurze Zeiten durch verfrühte Kalbungen oder spätes Umstallen. Tiere ohne Vorbereitungszeit wurden auch hier nicht berücksichtigt. Die ermittelten Werte sind nicht normalverteilt und, wie die Tabelle 4.8 zeigt, nicht breit gestreut. Die kürzeste Vorbereitungszeit liegt bei einem Tag und die längste beträgt 38 Tage. Der Zentralwert der Vorbereitungszeit ist $\tilde{x} = 11$ Tage.

4.4.7 Gesamttrockenstehzeit

Die Gesamttrockenstehzeit setzt sich zusammen aus der Trockenstehzeit und der Vorbereitungszeit der pluriparen Tiere und wurde von 1438 Kühen erfasst. Die Werte sind nicht normalverteilt mit einer großen Spannweite bei einem Minimum von einem Tag und einem Maximum von 165 Tagen. Der Median der Gesamttrockenstehzeit beträgt $\tilde{x} = 46$ Tage. (Tab. 4.8)

Tabelle 4.8: Lageparameter der Herdenkennzahlen: Trockenstehzeit, Vorbereitungszeit, Gesamttrockenstehzeit

	in Tagen					n
	x_{\min}	x_{\max}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	
Trockenstehzeit	1	157	34	35	41	1434
Vorbereitungszeit	1	38	8	11	14	1870
Gesamttrockenstehzeit ¹	1	165	42	46	52	1434

¹ Trockenstehzeit + Vorbereitungszeit

4.5 Präpartale Untersuchungsparameter

4.5.1 Rückenfettdicke

Die Lageparameter der RFD in mm sind in der Tabelle 4.9 für die einzelnen Untersuchungszeitpunkte dargestellt. Die großen Unterschiede in der Anzahl untersuchter Tiere ergibt sich daraus, dass die RFD acht Wochen a.p. lediglich bei pluriparen Tieren erhoben wurde und mit der Erhebung zwei bis fünf Wochen a.p. zu einem späteren Zeitpunkt begonnen wurde. Die Werte sind zu keinem Erhebungszeitpunkt normalverteilt und gekennzeichnet durch große Spannweiten von 40 mm acht Wochen a.p., 48 mm zwei bis fünf Wochen a.p. und 45 mm unmittelbar nach der Kalbung. Vom Zeitpunkt acht Wochen a.p. zum Zeitraum zwei bis fünf Wochen a.p. wird ein signifikanter Anstieg ($p < 0,001$) des Medians RFD um zwei mm auf 17 mm deutlich, gefolgt von einem nicht signifikanten Abfall ($p = 0,711$) um einen mm. Die Abbildung 4.1 veranschaulicht die Verteilung der gemessenen RFD zu den drei Messzeitpunkten.

Tabelle 4.9: Lageparameter der RFD

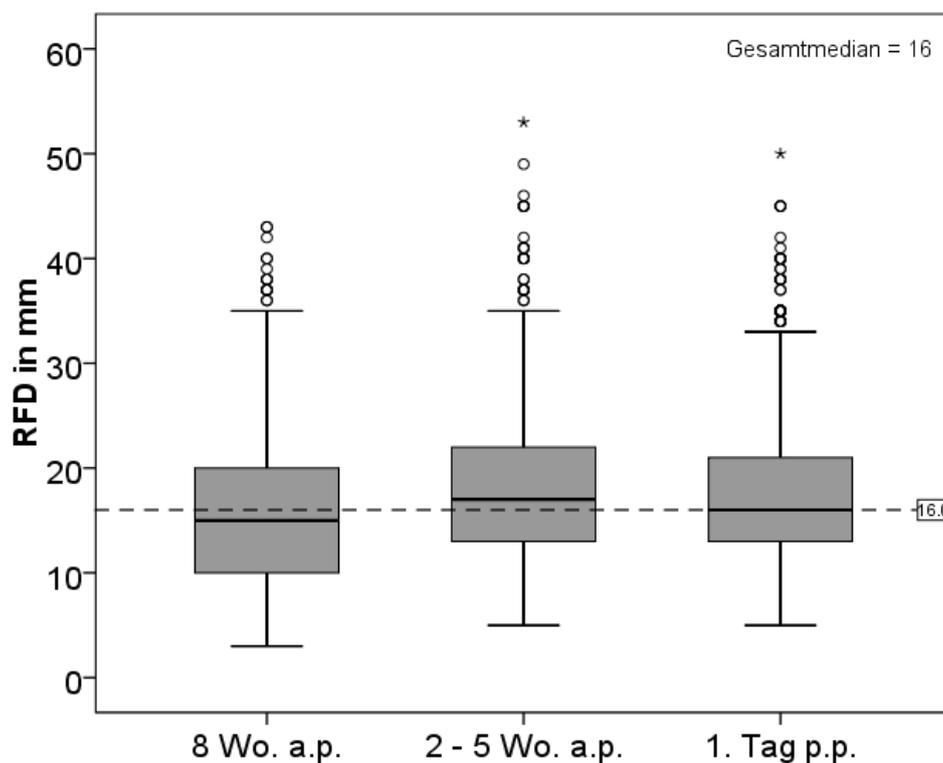
		RFD in mm					
		x_{\min}	x_{\max}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	n
a	8 Wochen a.p. ¹	3	43	10	15	20	1375
b	2-5 Wochen a.p. ²	5	53	13	17	22	1159
b	1 Tag p.p. ³	5	50	13	16	21	1938

^{a,b} verschiedene Indizes verweisen auf signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

¹ nur bei Kühen, zum Zeitpunkt des Trockenstellens gemessen

² bei Färsen 2 Wochen a.p., bei Kühen 4 Wochen a.p. gemessen

³ bei Färsen und Kühen innerhalb eines Tages p.p. gemessen

Abbildung 4.1: Verteilung der RFD zu den 3 Messzeitpunkten ($p < 0,001$)

4.5.2 Blutparameter

Die Tabelle 4.10 zeigt die Lageparameter, den Referenzbereich und die Probenanzahl der Werte für den NEFA-, BHB-, Ca- und P- Gehalt im Blut zu den beiden Untersuchungszeitpunkten (sieben Tage a.p. und am Tag der Kalbung). Die ermittelten Werte sind für keinen Parameter zu keinem Untersuchungszeitpunkt normalverteilt. Der Median der Konzentration von Ca sinkt vom siebten Tag a.p. zum Tag der Kalbung um 0,29 mmol/l ab und liegt am Tag der Kalbung mit 2,12 mmol/l im unteren Referenzbereich. Dagegen wiesen sieben Tage a.p. 26,8% der untersuchten Tiere eine Serumkonzentration unterhalb des unteren Referenzwertes von 2,3 mmol/l auf und waren somit hypokalzämisch.

Im Falle der P-Serumkonzentration der untersuchten Tiere zeigt sich ebenfalls ein Absinken des Medianwertes um 0,64 mmol/l vom siebten Tag a.p. zum Tag der Kalbung auf 1,22 mmol/l. Er liegt dann leicht unter dem Referenzbereich. Sieben Tage a.p. weisen 18,6% der Rinder eine Serumkonzentration unterhalb des unteren Referenzwertes auf, am Tag der Kalbung lassen die Messwerte dagegen bei 52,2% eine Hypophosphatämie erkennen. Im Unterschied zu den Elektrolyten Ca und P steigt der Median des NEFA-Gehalts zum Tag der Kalbung an. Dabei kann vom siebten Tag a.p. ein Anstieg um 0,56 mmol/l auf 0,77 mmol/l beobachtet werden, wobei die Medianwerte zu beiden Messzeitpunkten im Referenzbereich liegen. Eine Woche a.p. weisen 28% der Kühe erhöhte NEFA-Werte auf, am Tag der Kalbung hingegen 47,1%.

Beim BHB zeigt der Medianwert für die Serumkonzentration vom siebten Tag a.p. einen leichten Abfall von 0,44 mmol/l auf 0,37 mmol/l. Er liegt jedoch auch in diesem Fall zu beiden Messzeitpunkten im Referenzbereich von unter 0,62 mmol/l. Am siebten Tag a.p. weisen 89,8% der untersuchten Tiere normale BHB-Serumkonzentrationen auf und am Tag der Kalbung 90,9%.

Tabelle 4.10: Lageparameter der Blutwerte

		mmol/l					REF ¹	n
		x_{\min}	x_{\max}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$		
Ca	7 d a.p.	0,15	3,79	2,28	2,41	2,5	2,3 - 2,8 ²	1859
	0 d a.p.	0,21	3,98	1,95	2,12	2,26	2,0 - 2,8 ²	1915
P	7 d a.p.	0,36	3,24	1,68	1,86	2,04	1,6 - 2,3 ²	1866
	0 d a.p.	0,29	2,99	0,95	1,22	1,56	1,25 - 2,3 ²	1926
NEFA	7 d a.p.	0,01	2,8	0,1	0,21	0,43	< 0,4 ³	1869
	0 d a.p.	0	3,02	0,55	0,77	1,02	< 0,8 ³	1928
BHB	7 d a.p.	0,01	2,33	0,37	0,44	0,52	< 0,62 ²	1868
	0 d a.p.	0	2,35	0,3	0,37	0,46	< 0,62 ²	1928

¹ Referenzbereich² (Kraft und Dürr, 2013)³ (Roberts et al., 2012)

4.6 Kalbedaten

4.6.1 Kalbemonat

Die Verteilung der Kalbungen über die einzelnen Monate ist in der Tabelle 4.11 zusammengefasst. Da sich der Untersuchungszeitraum von April bis Februar erstreckte, wurden Kalbungen im März nicht erfasst. Die Kalbungen sind über die Monate im Untersuchungszeitraum nicht gleichmäßig verteilt. Im Durchschnitt kalbten pro Monat 177 Kühe. Dabei fanden im Februar ($n = 129$) die wenigsten und im August ($n = 219$) die meisten Abkalbungen statt.

4.6.2 Kalbeverlauf

Die Tabelle 4.12 zeigt die Verteilung der Kalbungen über die einzelnen Kategorien des Geburtsverlaufs. Insgesamt wurden 1876 Kalbungen bewertet. Diese verteilen sich unregelmäßig über die einzelnen Kategorien. Mit 52,8% überwiegen Kalbungen die ohne Geburtshilfe in den Abkalbboxes stattfanden. Zusammen mit den unbeobachteten Kalbungen in der

Tabelle 4.11: Anzahl der Kalbungen pro Monat

	n	%
Januar	214	11,0
Februar	129	6,6
April	160	8,2
Mai	190	9,8
Juni	150	7,7
Juli	144	7,4
August	219	11,2
September	176	9,0
Oktober	197	10,1
November	188	9,7
Dezember	182	9,3
Gesamtsumme	1949	

Gruppe im Laufstall kalbten somit insgesamt 66,3% der Tiere ohne Geburtshilfe. Im gesamten Untersuchungszeitraum musste in fünf Fällen der Tierarzt hinzugezogen werden und/oder eine Sectio caesarea durchgeführt werden. Für eine höhere statistische Aussagekraft wurden diese, zusammen mit den Kalbungen bei denen eine Geburtshilfe von mindestens zwei Personen und/oder mit einer mechanischen Zughilfe von Nöten war, zur Kategorie „Schwere Geburtshilfe“ zusammengefasst. Sie tritt mit 11,1% am seltensten auf.

4.6.3 Kälbervitalität

Die Häufigkeiten von Lebend- und Totgeburten der Herde im Untersuchungszeitraum sind in der Tabelle 4.12 dargestellt. Da Zwillingengeburt einen Sonderfall darstellen, wurden nur Kälber von Einlingsgeburten berücksichtigt. Insgesamt wurde die Vitalität von 1870 Kälbern erfasst. Die Totgeburtenrate im gesamten Untersuchungszeitraum liegt mit 103 Fällen bei 5,5%.

4.6.4 Kälbergeschlecht

Der Tabelle 4.12 sind die Häufigkeiten von männlichen und weiblichen neugeborenen Kälbern im Untersuchungszeitraum zu entnehmen. Um einen möglichen Einfluss von Zwillingengeburt auf die Kolostrummenge und Qualität vom Kälbergeschlecht als Einflussfaktor zu trennen, wurden dabei nur Einlingsgeburten berücksichtigt. Insgesamt wurde das Geschlecht von 1869 Neugeborenen erfasst. Davon waren 976 Kälber männlich und 893 Kälber weiblich. Das entspricht einem Verhältnis von 52,2% zu 47,8%.

Tabelle 4.12: Häufigkeiten des Verlaufs bei Kalbungen, der Kälbervitalität sowie des Kälbergeschlechts

		n	%
Kalbeverlauf	Unbeobachtet ¹	252	13,4
	Ohne Geburtshilfe ²	991	52,8
	Leichte Geburtshilfe ³	425	22,7
	Schwere Geburtshilfe ⁴	208	11,1
	Gesamtsumme	1876	
Kälbervitalität	Lebendgeburt	1767	94,5
	Totgeburt	103	5,5
	Gesamtsumme	1870	
Kälbergeschlecht	Männlich	976	52,2
	Weiblich	893	47,8
	Gesamtsumme	1869	

¹ unbeobachtete Kalbung in der Gruppe, ohne Geburtshilfe

² beobachtete Kalbung in der Abkalbebox, ohne Geburtshilfe

³ Geburtshilfe durch 1 Person

⁴ Geburtshilfe durch ≥ 2 Personen, mechanische Zughilfe, Tierarzt, Kaiserschnitt

4.6.5 Kälbergewicht

Das Geburtsgewicht wurde insgesamt von 1861 Kälbern dokumentiert. Dabei wurden auch hier ausschließlich Einlingsgeburten berücksichtigt, um

einen möglichen Einfluss von Zwillingsgeburten auf die Kolostrummenge und Qualität vom Kälbergewicht als Einflussfaktor zu trennen. Zudem wurden drei totgeborene Kälber mit einem Gewicht von weniger als 20 kg als Spätabort bewertet und nicht in die Auswertung aufgenommen. Die erhobenen Werte sind nicht normalverteilt. Das größte Kälbergewicht beträgt 65 kg und wurde bei einem Bullenkalb gemessen, das von einer Kuh der dritten Laktation nach 276 Tagen Tragezeit lebend geboren wurde. Das leichteste Kalb mit 23 kg war ein totgeborenes Bullenkalb einer Färse nach 278 Tagen Tragezeit. Im Durchschnitt wogen die Kälber zur Geburt $\bar{x} = 43,84$ kg mit einem Medianwert von $\tilde{x} = 44$ kg. Die Tabelle 4.13 fasst die Lageparameter des Kälbergewichtes zusammen.

Tabelle 4.13: Lageparameter der ermittelten Geburtsgewichte der Kälber

Kälbergewicht in kg					n = 1861
x_{\min}	x_{\max}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	
23	65	40	44	47	

4.6.6 Mitarbeiter für die Kalbungen

Im Untersuchungszeitraum wurden die durchführenden Mitarbeiter von insgesamt 1945 Abkalbungen erfasst. Die Tabelle 4.14 zeigt die absoluten und relativen Häufigkeiten pro Mitarbeiter. Die Anzahl der Kalbungen sind dabei ungleichmäßig über die Angestellten verteilt. Am häufigsten führten die Mitarbeiter sieben (18,6%) und fünf (16,1%) Abkalbungen durch. Geburten die durch den Tierarzt durchgeführt wurden, waren mit 6 Fällen sehr selten. Zudem wurden 31 Abkalbungen von anderen, nicht weiter definierten Personen durchgeführt. Diese beiden Gruppen wurden für eine höhere statistische Aussagekraft zur Kategorie „Tierarzt o. andere“ zusammengefasst und sind mit 1,9% am seltensten vertreten.

Tabelle 4.14: Anzahl der Kalbungen pro Mitarbeiter

	n	%
Mitarbeiter 1	94	4,8
Mitarbeiter 2	104	5,3
Mitarbeiter 3	204	10,5
Mitarbeiter 4	214	11,0
Mitarbeiter 5	313	16,1
Mitarbeiter 6	73	3,8
Mitarbeiter 7	361	18,6
Mitarbeiter 8	155	8,0
Mitarbeiter 9	70	3,6
Praktikanten	263	13,5
Doktoranden	57	2,9
Tierarzt o. andere	37	1,9
Gesamtsumme	1945	

4.7 Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums

4.7.1 Herden- und Fruchtbarkeitskennzahlen

Die Untersuchung zum Zusammenhang der Qualität des Erstkolostrums mit der Laktationszahl lässt einen signifikanten Unterschied zwischen Rindern unterschiedlicher Laktationen erkennen ($p < 0,001$). Tiere der ersten und zweiten Laktation haben die signifikant geringsten Brix-Werte, verglichen mit Tieren aus höheren Laktationen. Der Unterschied zwischen den Rindern der ersten und zweiten Laktation ist dabei nicht signifikant. Es folgt ein signifikanter Anstieg der Erstkolostrumqualität von der zweiten bis zur vierten Laktation. Tiere der vierten Laktation unterscheiden sich dann nicht mehr signifikant von Tieren höherer Laktationen. Die Tabelle 4.15 sowie die Abbildung 4.2 veranschaulichen die gemessene Erstkolostrumqualität in den einzelnen Laktationen. Zudem besteht auch zwischen der Anzahl der Besamungen und den gemessenen %Brix ein positiver Zusammenhang ($p = 0,018$). Demnach nimmt die Qualität signifikant zu, je

mehr künstliche Besamungen bis zur Konzeption nötig waren. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,061$.

Tabelle 4.15: Erstkolostrumqualität in den einzelnen Laktationen

Laktation	n	%Brix				p-Level
		\bar{x}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	
^a 1	472	24,2	22	24	26	< 0,001
^a 2	480	24,0	22	24	26	
^b 3	396	25,9	23	26	28	
^c 4	288	27,3	25	27	30	
^c >4	179	28,2	26	28	31	

^{a,b,c} verschiedene Indizes verweisen auf signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

Die Zwischentragezeit zeigt ebenfalls einen positiven signifikanten Zusammenhang mit den %Brix des Erstkolostrums ($p = 0,001$). Dabei steigt die Qualität mit der Länge der Zwischentragezeit an. Der Korrelationskoeffizient beträgt hier $r = 0,094$.

Sowohl die Trockenstehzeit ($p < 0,001$) als auch die Gesamttrockenstehzeit ($p = 0,011$) stehen in einem signifikanten Zusammenhang zur Qualität des Erstkolostrums mit einem Anstieg der %Brix mit zunehmender Länge der beiden Parameter. Hierbei ist die Beziehung zwischen der Trockenstehzeit und der Qualität mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,125$ deutlicher als zwischen der Gesamttrockenstehzeit und der Erstkolostrumqualität ($r = 0,07$). Die Tabelle 4.16 fasst die Signifikanzwerte und Korrelationskoeffizienten der Herden- und Fruchtbarkeitskennzahlen zusammen.

4.7.2 Präpartale Untersuchungsparameter

Zur Verdeutlichung des Zusammenhangs der präpartalen Untersuchungsparameter mit der Qualität des Erstkolostrums wurde auch hier die Korrelation ermittelt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 4.17 dargestellt. Die

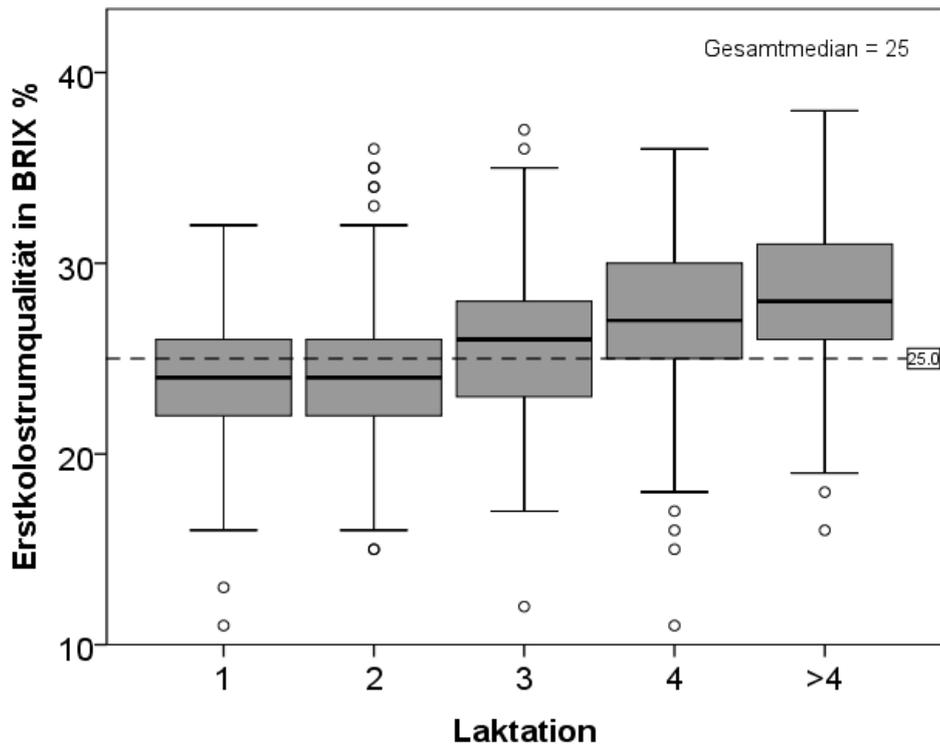


Abbildung 4.2: Verteilung der Erstkolostrumqualität über die Laktationen ($p < 0,001$)

Tabelle 4.16: Korrelation der Herden- und Fruchtbarkeitsparameter mit der Qualität des Erstkolostrums

	n	r ¹	p-level
Anzahl der Besamungen	1493	0,061	0,018
Zwischentragezeit	1201	0,094	0,001
Trockenstehzeit	1338	0,125	<0,001
Gesamttrockenstehzeit	1338	0,07	0,011

¹ nach Spearman-Rho

4.7 Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums

RFD der Rinder zeigt zu allen drei Messzeitpunkten eine signifikante Korrelation ($p < 0,001$) mit einem Anstieg der Brix-Werte bei zunehmender Dicke der Fettschicht. Der Korrelationskoeffizient der Kühe zum Zeitpunkt acht Wochen a.p. beträgt $r = 0,256$. In der zweiten bis sechsten Woche a.p. liegt er mit $r = 0,254$ auf vergleichbarem Niveau und unmittelbar nach der Kalbung ist der Korrelationskoeffizient mit $r = 0,268$ etwas höher.

Bei den Blutwerten sind die Ca-Konzentrationen sowohl sieben Tage a.p. als auch zum Zeitpunkt der Kalbung signifikant mit der Erstkolostrumqualität korreliert ($p < 0,001$). Der Zusammenhang ist dabei negativ mit einer Abnahme der Brix-Werte bei steigendem Ca-Gehalt. Der Korrelationskoeffizient beträgt sieben Tage a.p. $r = -0,106$ und unmittelbar nach der Kalbung $r = -0,193$. Auch der BHB-Gehalt im Blut sieben Tage a.p. steht signifikant in einem negativen Zusammenhang zur Erstkolostrumqualität ($p = 0,003$), mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = -0,072$. Dagegen besteht unmittelbar nach der Kalbung eine signifikant positive Korrelation ($p = 0,007$) mit $r = 0,064$. Sowohl der P- als auch der NEFA-Gehalt im Blut zeigen hingegen zu keinem Messzeitpunkt eine signifikante Korrelation zu den Brix-Werten des Erstkolostrums.

Tabelle 4.17: Korrelation der Blutparameter sowie der RFD mit der Qualität des Erstkolostrums

		n	r ¹	p-level
RFD	8 Wo. a.p.	1283	0,256	<0,001
	2-5 Wo. a.p.	1074	0,254	<0,001
	1 d p.p.	1804	0,268	<0,001
Ca	7 d a.p.	1738	-0,106	<0,001
	0 d a.p.	1794	-0,193	<0,001
P	7 d a.p.	1744	-0,016	0,508
	0 d a.p.	1804	-0,033	0,164
NEFA	7 d a.p.	1747	-0,007	0,785
	0 d a.p.	1804	0,009	0,714
BHB	7 d a.p.	1747	-0,072	0,003
	0 d a.p.	1804	0,064	0,007

¹ nach Spearman-Rho

4.7.3 Kalbedaten

Die Auswertung der Kalbedaten ergibt einen signifikanten Unterschied der Qualität des Erstkolostrums zwischen den Kalbemonaten ($p < 0,001$). Die Tabelle 4.18 gibt einen Überblick über die ermittelte Erstkolostrumqualität in den einzelnen Monaten und Jahreszeiten. Im Durchschnitt wurden im Monat Mai mit $\bar{x} = 23,6$ die geringsten und im Monat Oktober mit $\bar{x} = 26,7$ die höchsten Brix-Werte gemessen. Dabei ist der Unterschied zwischen den Monaten innerhalb der einzelnen Jahreszeiten Frühling ($p = 0,367$), Sommer ($p = 0,415$), Herbst ($p = 0,07$) und Winter ($p = 0,172$) nicht signifikant. Vergleicht man die Jahreszeiten, hat das Erstkolostrum in den Frühlingsmonaten im Durchschnitt mit $\bar{x} = 23,8$ %Brix die signifikant geringste Qualität, verglichen mit den anderen Jahreszeiten ($p < 0,001$). Es folgt ein signifikanter Anstieg in den Sommermonaten um 0,92 %Brix ($p < 0,001$). Von den Sommermonaten zu den Herbst- sowie Wintermonaten ist dann ein weiterer signifikanter Anstieg der Qualität des Erstkolostrums zu beobachten ($p < 0,001$). Die durchschnittlichen Brix-Werte steigen dabei vom Sommer zum Herbst um 1,5 %Brix und um 1,3 %Brix vom Sommer zum Winter. Somit wurde in den Herbst- und Wintermonaten Erstkolostrum mit der signifikant höchsten Qualität gewonnen ($p < 0,001$). Der Unterschied zwischen diesen beiden Jahreszeiten ist nicht signifikant ($p = 1$). Die Abbildung 4.3 veranschaulicht die Schwankungen der Qualität des Erstkolostrums im Jahresverlauf.

Auch zwischen den Kategorien beim Verlauf der Kalbung ergibt sich ein signifikanter Unterschied der Erstkolostrumqualität ($p = 0,016$). Jedoch unterscheiden sich lediglich die Brix-Werte zwischen Tieren die allein und unbeobachtet in der Gruppe kalbten zu denen, die ihr Kalb ohne Geburtshilfe in den Abkalbeboxen gebären ($p = 0,033$) und Kühen mit leichter Geburtshilfe von einer Person ($p = 0,025$). Kühe die unbeobachtet allein kalben, geben im Vergleich zu den anderen Kategorien Erstkolostrum mit der durchschnittlich höchsten Qualität von $\bar{x} = 26,01$ %Brix. Die übrigen Kategorien unterscheiden sich nicht signifikant untereinander und auch

4.7 Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums

der generelle Unterschied zwischen Kühen ohne Geburtshilfe zu Tieren mit Geburtshilfe ist nicht signifikant. Die Tabelle 4.19 zeigt die Qualität des Erstkolostrums in %Brix im Bezug zum Kalbeverlauf.

Zudem zeigen die Untersuchungen, dass sich die Verteilung der Brix-Werte zwischen Kühen mit tot- und lebendgeborenen Kälbern ebenfalls signifikant unterscheidet ($p = 0,025$). Kühe die lebendgeborene Kälber zur Welt bringen, geben durchschnittlich Erstkolostrum mit $\bar{x} = 25,42$ %Brix und damit 0,94 %Brix mehr als Rinder mit Totgeburten. Die Tabelle 4.19 zeigt die Verteilung der Brix-Werte.

Tabelle 4.18: %Brix des Erstkolostrums in den einzelnen Monaten

		n	%Brix				p-Level
			\bar{x}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	
a	Frühling						
	April	143	24,1	21,0	23,0	26,0	< 0,001
	Mai	180	23,6	21,0	24,0	26,0	
	gesamt	323	23,8	21,0	23,0	26,0	
<hr/>							
b	Sommer						
	Juni	144	25,1	22,0	25,0	27,0	
	Juli	138	24,9	23,0	25,0	27,0	
	August	204	24,5	22,0	24,7	27,0	
gesamt	486	24,8	22,0	25,0	27,0		
<hr/>							
c	Herbst						
	September	161	26,0	24,0	25,0	28,0	
	Oktober	180	26,7	24,0	26,0	30,0	
	November	177	26,1	24,0	26,0	28,0	
gesamt	518	26,3	24,0	26,0	28,2		
<hr/>							
c	Winter						
	Dezember	163	25,7	23,0	25,0	29,0	
	Januar	206	26,1	23,0	26,0	29,0	
	Februar	119	26,6	24,0	26,0	30,0	
gesamt	488	26,1	23,0	26,0	29,0		

^{a,b} verschiedene Indizes verweisen auf signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

4 Ergebnisse

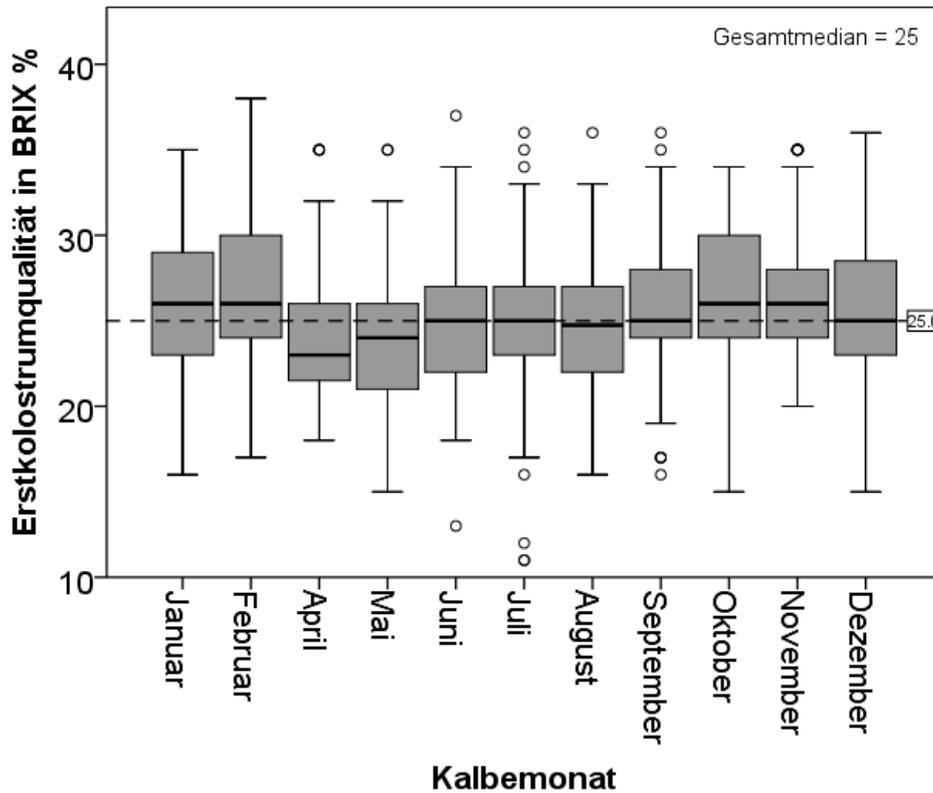


Abbildung 4.3: Erstkolostrumqualität in den einzelnen Monaten
($p < 0,001$)

Tabelle 4.19: Erstkolostrumqualität in %Brix in Abhängigkeit vom Kalbeverlauf und der Kälbervitalität

	n	%Brix				p-Level
		\bar{x}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	
Kalbeverlauf						
^a Unbeobachtet ¹	234	26,0	24,0	26,0	29,0	0,016
^b Ohne Geburtshilfe ²	930	25,4	23,0	25,0	28,0	
^b Leichte Geburtshilfe ³	395	25,2	23,0	25,0	27,0	
^{ab} Schwere Geburtshilfe ⁴	189	25,1	22,0	25,0	27,5	
Kälbervitalität						
Lebendgeburt	1655	25,4	23,0	25,0	28,0	0,025
Totgeburt	88	24,5	22,0	25,0	26,7	

^{a,b} verschiedene Indizes verweisen auf signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

¹ unbeobachtete Kalbung in der Gruppe, ohne Geburtshilfe

² beobachtete Kalbung in der Abkalbebox, ohne Geburtshilfe

³ Geburtshilfe durch 1 Person

⁴ Geburtshilfe durch ≥ 2 Personen, mechanische Zughilfe, Tierarzt, Kaiserschnitt

4.7 Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums

Die Bestimmung der Korrelation des Geburtsgewichtes der Kälber mit den Brix-Werten des Erstkolostrums ergibt für diesen Kalbeparameter ebenfalls einen signifikanten Zusammenhang ($p = 0,011$). Mit Zunahme des Gewichts der Neugeborenen nimmt die Qualität des Erstkolostrums zu. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,061$. (Tab. 4.20)

Tabelle 4.20: Korrelation des Kälbergewichtes mit der Erstkolostrumqualität

	n	r ¹	p-level
Kälbergewicht	1737	0,061	0,011

¹ nach Spearman-Rho

4.7.4 Regressionsmodelle der signifikanten Einflussfaktoren

4.7.4.1 Modell für pluripare Tiere

In der multivariaten Regressionsanalyse der Parameter für die ein signifikanter Zusammenhang zur Qualität des Erstkolostrums nachgewiesen werden konnte, zeichnete sich das Alter der Tiere als entscheidende erklärende Variable ab. Um die Beteiligung der übrigen Faktoren am Einfluss auf die Erstkolostrumqualität besser aufzeigen zu können, wurde daher jeweils ein separates Regressionsmodell für die primiparen und pluriparen Tiere erstellt. Im Modell der linearen Regression für die pluriparen Rinder (Tab. 4.21) zeigen sich die Menge des Erstkolostrums ($p < 0,001$), die Trockenstehzeit der Kühe ($p < 0,001$), der Blutkalziumgehalt der Kuh zum Zeitpunkt der Kalbung ($p = 0,006$) sowie die Laktation ($p < 0,001$) und der Kalbemonat ($p < 0,001$) als signifikante Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums. Das Modell insgesamt ist signifikant ($p < 0,001$) und erklärt 31,3% der Variabilität in der Qualität des Erstkolostrums ($R^2 = 0,313$). Der konstante Term beträgt dabei 30,202 %Brix. Ausgehend von diesem Wert, fällt die Qualität des Erstkolostrums mit jedem

Kilogramm um 0,338 %Brix, während sie mit jedem Tag, den die Kuh länger trocken steht, um 0,037 %Brix ansteigt. Mit jedem mmol/l Ca mehr im Blut der Muttertiere zum Zeitpunkt der Kalbung fällt die Qualität dagegen um 0,856 %Brix. Zudem verringert sich die Erstkolostrumqualität bei Kühen der zweiten Laktation um 3,595 %Brix, bei Tieren der dritten Laktation um 1,756 %Brix und bei Kühen der vierten Laktation um 0,656 %Brix, verglichen mit Rindern ab der fünften Laktation, die redundant sind. Auch ergibt die Analyse, dass sich die Qualität des Erstkolostrums in den erfassten Frühlingsmonaten April (-1,077 %Brix) und Mai (-1,671 %Brix) sowie in den Sommermonaten Juni (-0,679 %Brix), Juli (-0,135 %Brix) und August (-1,199 %Brix) verringert. Dagegen ist sie in den Herbstmonaten September (+0,054 %Brix), Oktober (+0,57 %Brix) und November (+0,027 %Brix) sowie den übrigen beiden Wintermonaten Januar (+0,593 %Brix) und Februar (+1,027 %Brix) höher. Der Monat Dezember ist dabei redundant.

4.7.4.2 Modell für primipare Tiere

Das Regressionsmodell der Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums von primiparen Tieren ist in Tabelle 4.22 dargestellt. Es verbleibt jedoch ausschließlich der Kalbemonat als signifikanter Einflussfaktor ($p < 0,001$). Der konstante Term beträgt hier 24,241 %Brix und das Modell erklärt 11,9% der Variabilität in der Qualität des Erstgemelks von primiparen Kühen. Wie bei den pluriparen Tieren ist auch bei den primiparen die Qualität des Erstkolostrums in den beobachteten Frühlingsmonaten April (- 1,130 %Brix) und Mai (- 1,085 %Brix) sowie in den Sommermonaten Juni (- 0,408 %Brix), Juli (- 0,866 %Brix) und August (- 0,944 %Brix) geringer, verglichen mit dem Erstkolostrum im Dezember. Im Gegensatz zu den Pluriparen ist die Qualität jedoch auch im September um - 0,044 %Brix geringer. In Übereinstimmung mit den pluriparen Tieren sind die Brix-Werte in den übrigen Herbst- sowie Wintermonaten Oktober (+ 2,085 %Brix), November (+ 1,229 %Brix), Januar(+ 0,195 %Brix) und Februar (+ 0,602 %Brix) höher als im Dezember der redundant ist.

Tabelle 4.21: Lineares Regressionsmodell der signifikanten Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums von pluriparen Kühen

Einflussfaktor	B	SE	p - Level
Konstanter Term	30,202	0,759	< 0,001
Erstkolostrummenge	- 0,338	0,027	< 0,001
Trockenstehzeit	0,037	0,006	< 0,001
Ca zur Kalbung	- 0,856	0,309	0,006
Laktation			< 0,001
Laktation 2	- 3,595	0,308	< 0,001
Laktation 3	- 1,756	0,303	< 0,001
Laktation 4	- 0,656	0,319	0,040
Laktation >4	0 ¹		
Kalbemonat			< 0,001
Januar	0,593	0,417	0,155
Februar	1,027	0,462	0,026
April	- 1,077	0,462	0,020
Mai	- 1,671	0,419	< 0,001
Juni	- 0,679	0,430	0,115
Juli	- 0,135	0,452	0,765
August	- 1,199	0,400	0,003
September	0,054	0,422	0,898
Oktober	0,570	0,411	0,165
November	0,027	0,404	0,946
Dezember	0 ¹		

Modell: $R^2 = 0,313$; p-Level < 0,001

¹ Parameter ist redundant

Nicht signifikante, analysierte Variablen: Anzahl Besamungen, Zwischentragezeit, Gesamttrockenstehzeit, RFD 8 Wo. a.p., RFD 2-5 Wo. a.p., RFD 1 d p.p., Ca 7 d a.p., BHB 7 d a.p., BHB 0 d a.p., Kalbejahreszeit, Kalbeverlauf, Kälbervitalität, Kälbergewicht

Tabelle 4.22: Lineares Regressionsmodell der signifikanten Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums von primiparen Kühen

Einflussfaktor	B	SE	p - Level
Konstanter Term	24,241	0,508	< 0,001
Kalbemonat			< 0,001
Januar	0,195	0,603	0,746
Februar	0,602	0,702	0,391
April	- 1,130	0,630	0,073
Mai	- 1,085	0,636	0,089
Juni	- 0,408	0,713	0,567
Juli	- 0,866	0,667	0,195
August	- 0,944	0,646	0,145
September	- 0,044	0,675	0,948
Oktober	2,085	0,649	0,001
November	1,229	0,692	0,076
Dezember	0 ¹		

Modell: $R^2 = 0,119$; p-Level < 0,001

¹ Parameter ist redundant

Nicht signifikante, analysierte Variablen: Erstkolostrummenge, Laktation, Anzahl Besamungen, Zwischentragezeit, Trockenstehzeit, Gesamttrockenstehzeit, RFD 8 Wo. a.p., RFD 2-5 Wo. a.p., RFD 1 d p.p., Ca 7 d a.p., Ca 0 d a.p., BHB 7 d a.p., BHB 0 d a.p., Kalbejahreszeit, Kalbeverlauf, Kälbervitalität, Kälbergewicht

4.8 Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums

4.8.1 Herden- und Fruchtbarkeitskennzahlen

Die statistische Analyse zeigt einen signifikanten Unterschied der Erstkolostrummenge zwischen Rindern unterschiedlicher Laktationen ($p < 0,001$). Dabei hatten Tiere der ersten Laktation die signifikant geringste Menge Erstkolostrum, verglichen mit Kühen höherer Laktationen. Tiere der zweiten Laktation hatten eine signifikant geringere Menge Erstkolostrum als Tiere der dritten Laktation. Rinder der dritten Laktation haben mit $\bar{x} = 6,26$ kg die größte durchschnittliche Menge Erstkolostrum. Diese unterscheidet sich jedoch nicht signifikant von Tieren höherer Laktationen. Insgesamt kann ein signifikanter Anstieg der Erstkolostrummenge über die ersten drei Laktationen beobachtet werden, gefolgt von einem leichten, nicht signifikanten Abfall. Die Tabelle 4.23 sowie die Abbildung 4.4 veranschaulichen die Verteilung der Menge Erstkolostrum über die Laktationen.

Tabelle 4.23: Erstkolostrummenge in den einzelnen Laktationen

Laktation	n	Erstkolostrum in kg				p-Level
		\bar{x}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	
a 1	496	4,5	3,0	4,0	6,0	< 0,001
b 2	505	5,4	3,0	4,5	7,0	
c 3	418	6,3	4,0	5,4	8,0	
bc 4	303	6,0	4,0	5,0	8,0	
bc >4	184	5,6	3,8	5,0	7,0	

^{a,b,c} verschiedene Indizes verweisen auf signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

In Hinblick auf einen Zusammenhang zwischen der Tragezeit und der Erstkolostrummenge ergibt sich eine signifikante Korrelation ($p < 0,001$). Dabei steigt die Menge Erstkolostrum mit der Länge der Tragezeit an. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,089$. Ebenso korreliert die Zwischentragezeit signifikant positiv mit der Erstkolostrummenge ($p < 0,001$). Hier

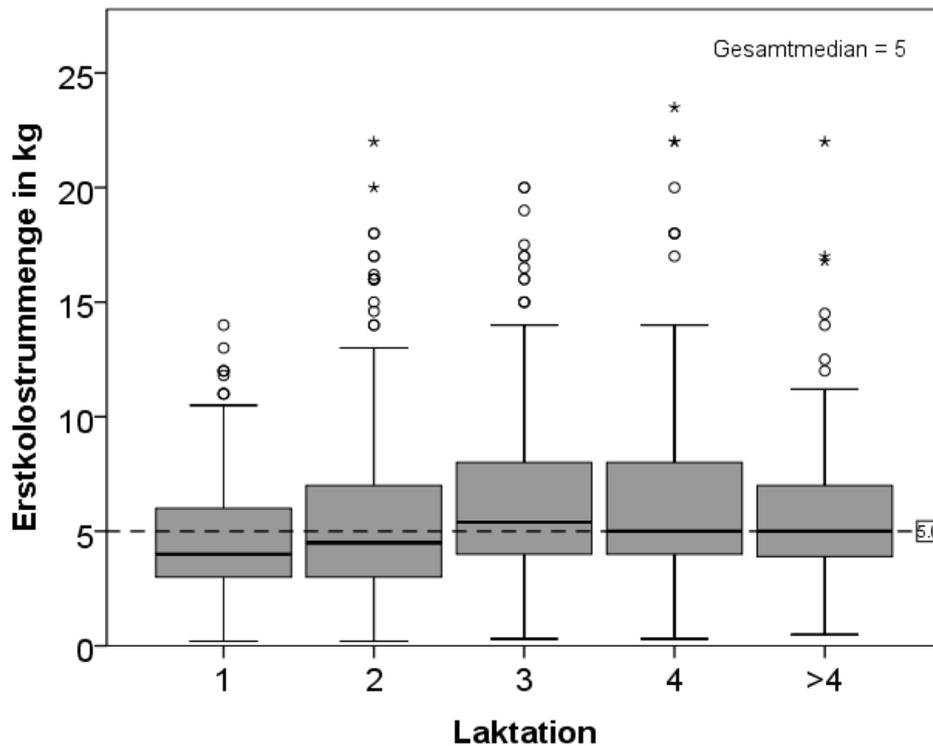


Abbildung 4.4: Verteilung der Erstkolostrummenge über die Laktationen ($p < 0,001$)

beträgt der Korrelationskoeffizient $r = 0,14$.

Auch die Berechnung der Korrelation für die Länge der Trockenstehzeit ($p < 0,001$), der Vorbereitungszeit ($p = 0,003$) und der Gesamttrockenstehzeit ($p < 0,001$) mit den Werten der Erstkolostrummenge ergibt für alle drei Parameter eine signifikante positive Korrelation. Dabei beträgt der Korrelationskoeffizient für die Trockenstehzeit $r = 0,204$, für die Vorbereitungszeit $r = 0,07$ und für die Gesamttrockenstehzeit $r = 0,291$. Die Tabelle 4.24 fasst die Signifikanzniveaus sowie die Korrelationskoeffizienten der Herden- und Fruchtbarkeitsparameter zusammen.

4.8.2 Präpartale Untersuchungsparameter

Auch für die präpartalen Untersuchungsparameter wurde zur Verdeutlichung des Zusammenhangs mit der Erstkolostrummenge, die Korrelation ermittelt. Die Tabelle 4.25 zeigt die Signifikanzniveaus und Korrelations-

Tabelle 4.24: Korrelation zwischen den Herden- und Fruchtbarkeitsparametern mit der Erstkolostrummenge

	n	r ¹	p-level
Tragezeit	1871	0,089	<0,001
Zwischentragezeit	1261	0,140	<0,001
Trockenstehzeit	1404	0,204	<0,001
Vorbereitungszeit	1875	0,070	0,003
Gesamt trockenstehzeit	1404	0,291	<0,001

¹ nach Spearman-Rho

koeffizienten der einzelnen Parameter. Dabei ergibt sich für die RFD eine signifikant positive Korrelation zu allen drei Messzeitpunkten ($p < 0,001$). Der Korrelationskoeffizient acht Wochen a.p. beträgt $r = 0,121$. Zwei bis fünf Wochen a.p. liegt er mit $r = 0,142$ etwas höher und unmittelbar nach der Kalbung mit $r = 0,092$ etwas niedriger.

Bei den Blut-Laborwerten korreliert der Ca-Gehalt im Serum sieben Tage a.p. signifikant ($p = 0,005$) positiv mit der Erstkolostrummenge mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,065$, während unmittelbar nach der Kalbung eine signifikante negative ($p < 0,001$) Korrelation vorliegt ($r = -0,136$). Beim P-Serumgehalt lässt sich dagegen sieben Tage a.p. keine signifikante Korrelation nachweisen ($p = 0,059$) und unmittelbar nach der Kalbung korrelieren die Werte ebenfalls signifikant negativ mit $r = -0,199$ ($p < 0,001$). Auch der Gehalt von NEFA im Blut korreliert sieben Tage a.p. nicht signifikant mit der Menge Erstkolostrum ($p = 0,055$). Zum Zeitpunkt unmittelbar nach der Kalbung zeigt sich jedoch ein positiver signifikanter Zusammenhang mit einem Koeffizienten von $r = 0,210$ ($p < 0,001$). Beim BHB-Gehalt ist dagegen zu beiden Messzeitpunkten kein signifikanter Zusammenhang festzustellen (7 d a.p.: $p = 0,280$; 0 d a.p.: $p = 0,075$).

4.8.3 Kalbedaten

Die Analyse des Zusammenhangs zwischen den Kalbedaten und der Menge Erstkolostrum ergibt einen signifikanten Unterschied in den einzelnen

Tabelle 4.25: Korrelation der Blutparameter und RFD mit der Erstkolostrummenge

		n	r ¹	p-level
RFD	8 Wo. a.p.	1347	0,121	<0,001
	2-5 Wo. a.p.	1137	0,142	<0,001
	1 d p.p.	1895	0,092	<0,001
Ca	7 d a.p.	1830	0,065	0,005
	0 d a.p.	1879	-0,136	<0,001
P	7 d a.p.	1836	-0,044	0,059
	0 d a.p.	1890	-0,199	<0,001
NEFA	7 d a.p.	1839	-0,045	0,055
	0 d a.p.	1891	0,210	<0,001
BHB	7 d a.p.	1838	0,025	0,280
	0 d a.p.	1891	0,041	0,075

¹ nach Spearman-Rho

Monaten ($p < 0,001$). Die größte durchschnittliche Menge von $\bar{x} = 6,8$ kg wurde im Mai gewonnen, die geringste im Februar ($\bar{x} = 4,3$ kg). Im Durchschnitt produzierten die Tiere in den Frühlings- ($\bar{x} = 6,5$ kg) und Sommermonaten ($\bar{x} = 6,1$ kg) signifikant mehr Erstkolostrum als in den Herbst- ($\bar{x} = 4,7$ kg) und Wintermonaten ($\bar{x} = 4,9$ kg) ($p < 0,001$). Die Unterschiede zwischen den Frühlings- und Sommermonaten sowie den Herbst- und Wintermonaten sind dabei nicht signifikant. Die Tabelle 4.26 fasst die ermittelte Erstkolostrummenge für die einzelnen Monate und Jahreszeiten zusammen. Die Abbildung 4.5 veranschaulicht die Verteilung im Jahresverlauf.

Auch für den Kalbeverlauf ergibt sich ein signifikanter Unterschied der Erstkolostrummenge in den einzelnen Kategorien ($p = 0,002$). Der paarweise Vergleich zeigt jedoch, dass lediglich zwischen Kühen, die unbeobachtet und allein in der Gruppe kalbten, und Kühen, die in der Abkalbebox ohne Geburtshilfe gebaren, ein signifikanter Unterschied besteht ($p = 0,011$). Die durchschnittliche Menge Erstkolostrum liegt bei Tieren, die unbeobachtet allein kalbten, bei $\bar{x} = 5,1$ kg und bei Tieren, die ihr Kalb ebenfalls

4.8 Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums

Tabelle 4.26: Erstkolostrummenge in den einzelnen Monaten

		Erstkolostrum in kg					p-Level
		n	\bar{x}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	
a	Frühling						
	April	154	6,2	4,0	5,0	8,0	< 0,001
	Mai	186	6,8	4,0	6,0	8,7	
	gesamt	340	6,5	4,0	5,5	8,1	
<hr/>							
a	Sommer						
	Juni	146	6,3	4,0	5,1	8,0	
	Juli	142	6,4	4,0	5,2	8,0	
	August	215	5,9	4,0	5,0	7,5	
gesamt	503	6,1	4,0	5,0	8,0		
<hr/>							
b	Herbst						
	September	174	4,8	3,0	4,5	6,0	
	Oktober	191	4,5	3,0	4,0	5,5	
	November	186	4,8	3,0	4,5	6,0	
gesamt	551	4,7	3,0	4,2	6,0		
<hr/>							
b	Winter						
	Dezember	178	5,1	3,0	4,5	7,0	
	Januar	206	5,2	3,0	5,0	7,0	
	Februar	128	4,3	2,0	4,0	6,0	
gesamt	512	4,9	3,0	4,5	7,0		

^{a,b} verschiedene Indizes verweisen auf signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

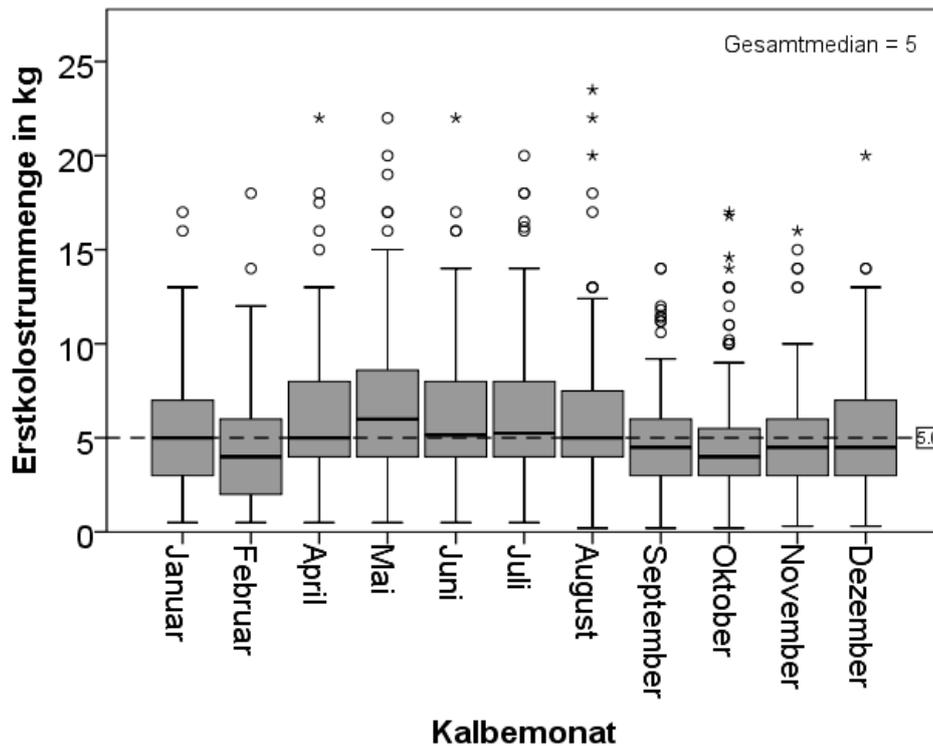


Abbildung 4.5: Erstkolostrummenge in den einzelnen Monaten
($p < 0,001$)

allein, aber in der Abkalbebox geboren, bei $\bar{x} = 5,7$ kg. Die Unterschiede zwischen den übrigen Kategorien sind nicht signifikant und auch der generelle Vergleich von Tieren ohne Geburtshilfe zu Tieren mit leichter oder schwerer Geburtshilfe ergibt keinen signifikanten Unterschied.

Die Tabelle 4.27 zeigt die Erstkolostrummenge in Abhängigkeit vom Kalbeverlauf.

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Vitalität der neugeborenen Kälber und der Erstkolostrummenge zeigt ebenfalls, dass sich die Menge zwischen Rindern mit lebend und tot geborenen Kälbern signifikant unterscheidet ($p = 0,003$). Hier liegt die durchschnittliche Menge Erstkolostrum von Kühen mit lebend geborenen Kälbern bei $\bar{x} = 5,5$ kg und damit 1,1 kg über der von Tiere mit tot geborenen Kälbern. In der Tabelle 4.27 ist die Erstkolostrummenge von Rindern mit Lebend- und Totgeburt zusammengefasst.

Ferner besteht zwischen Rindern mit Bullenkälbern und Rindern mit Färsenkälbern ein signifikanter Unterschied der Erstkolostrummenge

4.8 Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums

($p < 0,001$). Die durchschnittliche Menge Erstkolostrum beträgt bei Rindern mit einem männlichen Kalb $\bar{x} = 5,7$ kg und liegt damit über der von Rindern, die ein weibliches Kalb zur Welt brachten ($\bar{x} = 5,2$ kg) (Tab.4.27).

Tabelle 4.27: Erstkolostrummenge in Abhängigkeit vom Kalbeverlauf, der Kälbervitalität und dem Kälbergeschlecht

	n	Erstkolostrum in kg				p-Level
		\bar{x}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	
Kalbeverlauf						
^a Unbeobachtet ¹	244	5,1	3,0	4,4	6,8	0,002
^b Ohne Geburtshilfe ²	976	5,7	4,0	5,0	7,0	
^{ab} Leichte Geburtshilfe ³	414	5,4	3,0	4,5	7,0	
^{ab} Schwere Geburtshilfe ⁴	200	5,2	3,0	4,5	7,0	
Kälbervitalität						
Lebendgeburt	1735	5,5	3,8	5,0	7,0	0,003
Totgeburt	95	4,4	2,0	4,0	6,0	
Kälbergeschlecht						
Männlich	951	5,7	4,0	5,0	7,5	<0,001
Weiblich	878	5,2	3,0	4,5	6,5	

^{a,b} verschiedene Indizes verweisen auf signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

¹ unbeobachtete Kalbung in der Gruppe, ohne Geburtshilfe

² beobachtete Kalbung in der Abkalbebox, ohne Geburtshilfe

³ Geburtshilfe durch 1 Person

⁴ Geburtshilfe durch ≥ 2 Personen, mechanische Zughilfe, Tierarzt, Kaiserschnitt

Die Tabelle 4.28 zeigt die Korrelation des Geburtsgewichtes der Kälber mit der Erstkolostrummenge. Dabei ergibt sich ebenso ein signifikanter Zusammenhang ($p < 0,001$), mit einem Anstieg der Menge des Erstkolostrums mit dem Gewicht der Neugeborenen. Der Korrelationskoeffizient liegt bei $r = 0,264$.

Auch zwischen den Mitarbeitern, welche die Abkalbung durchführen und unmittelbar danach das Erstkolostrum melken, besteht ein signifikanter Unterschied in der gemolkenen Menge ($p = 0,033$). Beim paarweisen Vergleich wird jedoch deutlich, dass dieser Unterschied ausschließlich zwischen

4 Ergebnisse

Tabelle 4.28: Korrelation des Kälbergewichtes mit der Erstkolostrummenge

	n	r ¹	p-level
Kälbergewicht	1822	0,264	<0,001

¹ nach Spearman-Rho

dem Mitarbeiter 7 und dem Mitarbeiter 9 signifikant ist ($p = 0,024$). Die größte durchschnittliche Menge von $\bar{x} = 5,9$ kg wurde von den Mitarbeitern 2 und 8 gemolken, die geringste von Mitarbeiter 9 (4,3 kg).

Tabelle 4.29: Von den einzelnen Mitarbeitern gewonnene Erstkolostrummenge

	n	Erstkolostrum in kg				p-Level
		\bar{x}	$x_{0,25}$	\tilde{x}	$x_{0,75}$	
^{ab} Mitarbeiter 1	94	5,5	3,0	5,0	7,1	0,033
^{ab} Mitarbeiter 2	102	5,9	3,5	4,7	8,1	
^{ab} Mitarbeiter 3	199	5,6	4,0	5,0	7,0	
^{ab} Mitarbeiter 4	211	5,2	3,0	4,5	7,0	
^{ab} Mitarbeiter 5	308	5,2	3,0	4,7	7,0	
^{ab} Mitarbeiter 6	73	5,5	2,0	5,0	7,0	
^a Mitarbeiter 7	349	5,7	4,0	5,0	7,0	
^{ab} Mitarbeiter 8	149	5,9	3,5	5,0	7,0	
^b Mitarbeiter 9	69	4,3	3,2	4,0	5,5	
^{ab} Doktoranden	57	5,6	3,9	5,0	7,2	
^{ab} Praktikanten	258	5,5	4,0	5,0	7,0	
^{ab} Tierarzt o. andere	34	5,1	2,7	4,7	6,2	

^{a,b} verschiedene Indizes verweisen auf signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

4.8.4 Regressionsmodelle der signifikanten Einflussfaktoren

4.8.4.1 Modell für pluripare Tiere

Auch im Falle der multivariaten Regressionsanalyse der Parameter mit nachgewiesenem Zusammenhang zur Menge des Erstkolostrums wurden die Altersgruppen der primi- und pluriparen Tiere getrennt betrachtet. Das lineare Regressionsmodell zum Einfluss auf die Menge bei pluriparen Kühen ist in der Tabelle 4.30 dargestellt. Es ist insgesamt signifikant ($p < 0,001$) und erklärt 25,3% der individuellen Variabilität der Tiere ($R^2 = 0,253$). Nach der Analyse verbleiben als signifikante Einflussfaktoren: die Gesamttrockenstehzeit ($p < 0,001$), das Geburtsgewicht der Kälber ($p < 0,001$), die Qualität des Erstkolostrums in %Brix ($p < 0,001$), die NEFA-Konzentration im Blut bei der Kalbung ($p = 0,049$), die Laktation ($p < 0,001$), der Kalbemonat ($p = 0,003$) sowie der Mitarbeiter, der die Kalbung begleitet und das Kolostrum erstmals melkt ($p = 0,013$). Der konstante Term beträgt rund 5,8 kg Erstkolostrum ($p < 0,001$). Diese Menge erhöht sich mit jedem Tag Gesamttrockenstehzeit um 35 g. Ein Anstieg des Geburtsgewichtes um ein kg erhöht die Menge des Erstkolostrums um weitere 121 g, während eine Steigerung der Qualität des Erstkolostrums um einen %Brix eine Verringerung um 309 g mit sich bringt. Eine höhere NEFA-Konzentration im Blut des Muttertieres zum Zeitpunkt der Kalbung bewirkt mit jedem mmol/l eine Steigerung des konstanten Terms um 499 g. Kühe der zweiten Laktation geben 901 g und Kühe der dritten Laktation 270 g weniger Erstkolostrum, während sich die Menge in der vierten Laktation um 166 g erhöht. Der Einfluss der einzelnen Mitarbeiter zeigt, dass die Mitarbeiter 5 (-0,132 kg) und 9 (-1,138 kg) sowie die Praktikanten (-0,037 kg) die einzigen sind, bei denen sich die Erstkolostrummenge verringert. Die Kategorie „Tierarzt oder andere“ ist dabei redundant. Bei den einzelnen Kalbemonaten ist der Einfluss im Juli am größten. Wird das Erstkolostrum in diesem Monat gemolken, erhöht sich die Menge um rund 1,4 kg. Die Monate Februar (-0,130 kg) und Oktober (-0,160 kg) sind die,

in denen sich die Menge verringert. Der Monat Dezember ist redundant.

4.8.4.2 Modell für primipare Tiere

Die Tabelle 4.31 zeigt das Regressionsmodell der Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums von primiparen Kühen. Auch hier wird eine Signifikanz deutlich ($p < 0,001$), wenn auch mit einem geringeren Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,106$. Somit können durch dieses Modell 10,6% der individuellen Variabilität in der Menge des Erstgemelks von primiparen Tieren erklärt werden. In der Analyse blieben die Einflussfaktoren Geburtsgewicht der Kälber ($p = 0,021$), Länge der Vorbereitungszeit ($p = 0,021$), der Blutkalziumgehalt des Muttertieres zur Kalbung ($p = 0,015$) sowie der Kalbemonat ($p < 0,001$) signifikant. Der negative konstante Term von rund - 2,2 kg Erstkolostrum erhöht sich mit jedem Kilogramm Körpergewicht des Kalbes zum Zeitpunkt der Geburt um 59 g und mit jedem Tag Vorbereitungszeit um 51 g. Mit jedem mmol Ca pro Liter Blut des Muttertieres zum Zeitpunkt der Kalbung werden zudem rund 1,4 kg mehr Erstgemelk gewonnen. Betrachtet man die Kalbemonate, wird deutlich, dass besonders in den Frühlingsmonaten mehr Erstkolostrum gemolken wird, mit jeweils rund 1,4 kg mehr im April und Mai. In den Monaten Oktober (- 0,301 kg), November (- 0,465kg) und Februar (- 0,735 kg) verringert sich die Erstkolostrummenge dagegen. Der Monat Dezember ist redundant.

4.8 Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums

Tabelle 4.30: Lineares Regressionsmodell der Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums von pluriparen Kühen

Einflussfaktor	B	SE	p - Level
Konstanter Term	5,801	1,336	< 0,001
Gesamttrockenstehzeit	0,035	0,006	< 0,001
Kälbergewicht	0,121	0,017	< 0,001
%Brix	- 0,309	0,026	< 0,001
NEFA zur Kalbung	0,499	0,253	0,049
Laktation			< 0,001
Laktation 2	- 0,901	0,305	0,003
Laktation 3	- 0,270	0,296	0,362
Laktation 4	0,166	0,309	0,592
Laktation >4	0 ¹		
Kalbmemonat			0,003
Januar	0,451	0,400	0,260
Februar	- 0,130	0,454	0,775
April	1,046	0,445	0,019
Mai	0,893	0,407	0,028
Juni	0,929	0,424	0,029
Juli	1,366	0,435	0,002
August	0,816	0,389	0,036
September	0,091	0,411	0,825
Oktober	- 0,160	0,399	0,689
November	0,215	0,392	0,585
Dezember	0 ¹		
Abkalbepersonal			0,013
Mitarbeiter 1	0,425	0,765	0,579
Mitarbeiter 2	1,142	0,743	0,124
Mitarbeiter 3	0,271	0,687	0,693
Mitarbeiter 4	0,235	0,689	0,733
Mitarbeiter 5	- 0,132	0,665	0,843
Mitarbeiter 6	0,920	0,829	0,268
Mitarbeiter 7	0,494	0,663	0,456
Mitarbeiter 8	0,527	0,718	0,463
Mitarbeiter 9	- 1,138	0,792	0,151
Doktoranden	0,911	0,813	0,263
Praktikanten	- 0,037	0,679	0,957
TA o. andere	0 ¹		

Modell: $R^2 = 0,253$; p-Level < 0,001

¹ Parameter ist redundant

Nicht signifikante, analysierte Variablen: Tragezeit, Zwischentragezeit, Trockenstehzeit, Vorbereitungszeit, RFD 8 Wo. a.p., RFD 2-5 Wo. a.p., RFD 1 d p.p., Ca 7 d a.p., Ca 0 d a.p., P 7 d a.p., Kalbejahreszeit, Kalbeverlauf, Kälbervitalität, Kälbergeschlecht

Tabelle 4.31: Lineares Regressionsmodell der Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums von primiparen Kühen

Einflussfaktor	B	SE	p - Level
Konstanter Term	- 2,174	1,799	0,294
Kälbergewicht	0,059	0,025	0,021
Vorbereitungszeit	0,051	0,022	0,021
Ca zur Kalbung	1,426	0,587	0,015
Kalbemonat			< 0,001
Januar	0,181	0,542	0,738
Februar	- 0,735	0,644	0,254
April	1,438	0,656	0,029
Mai	1,403	0,625	0,025
Juni	1,198	0,714	0,094
Juli	0,468	0,657	0,477
August	0,420	0,627	0,503
September	0,627	0,650	0,335
Oktober	- 0,301	0,649	0,643
November	- 0,465	0,601	0,440
Dezember	0 ¹		

Modell: $R^2 = 0,106$; p-Level < 0,001

¹ Parameter ist redundant

Nicht signifikante, analysierte Variablen: %Brix, Laktation, Tragezeit, Zwischentragezeit, Trockenstehzeit, Gesamttrockenstehzeit, RFD 8 Wo. a.p., RFD 2-5 Wo. a.p., RFD 1 d p.p., Ca 7 d a.p., P 7 d a.p., NEFA 0 d a.p., Kalbejahreszeit, Kalbeverlauf, Kälbervitalität, Kälbergeschlecht, Abkalbepersonal

5 Diskussion

5.1 Feldmethoden

Im Unterschied zur vorliegenden Arbeit vergleicht der überwiegende Anteil anderer Autoren die Messwerte der beiden Feldmethoden direkt mit der IgG-Konzentration, um die Genauigkeit des Kolostrometers sowie Refraktometers bei der Beurteilung der Qualität des Erstkolostrums zu überprüfen (Morrill et al., 2012b; Quigley et al., 2013; Chigerwe und Hagey, 2014; Bartier et al., 2015; Morrill et al., 2015). Lediglich Morin et al. (2001) und Quigley et al. (1994) verwendeten für diese Untersuchung ebenfalls die TP-Konzentration als Referenz. Da die Gammaglobuline 47% des TP im Kolostrum ausmachen und von allen Inhaltsstoffen den größten Variationskoeffizienten aufweisen (Fleenor und Stott, 1980), kann geschlossen werden, dass die individuellen Unterschiede in der Konzentration des TP hauptsächlich durch Veränderungen der Ig-Konzentration erklärt werden können. Dementsprechend spiegelt das TP des Erstkolostrums den Ig-Gehalt indirekt wider. Die Untersuchungen von Molla (1980) bestätigen die sehr hohe Korrelation der TP-Konzentration zur Ig-Konzentration ($r = 0,89$; $p < 0,001$). Hernandez et al. (2016) konnten diesen engen Zusammenhang zudem zwischen der TP- und IgG-Konzentration im Blutserum nachweisen ($r = 0,82$; $p < 0,001$).

Basierend auf dieser Grundlage wurde auch in der vorliegenden Arbeit die TP-Konzentration als Referenzgröße zur Beurteilung der Genauigkeit des Refraktometers und Kolostrometers verwendet. Wie bereits in den Ergebnissen von Morin et al. (2001) und Quigley et al. (1994) wird dabei ebenfalls eine enge Korrelation der Werte beider Feldmethoden zur TP-Konzentration deutlich, die zudem hoch signifikant ist ($p < 0,001$), mit Koeffizienten von $r = 0,719$ ($n = 567$) für das Refraktometer und $r = 0,481$ ($n = 398$) für das Kolostrometer. Zudem korrelieren die Ergebnisse bei-

der Methoden untereinander hoch signifikant mit $r = 0,477$ ($n = 1441$; $p < 0,001$). Morin et al. (2001) zeigen mit $r = 0,76$ ($n = 40$) und Quigley et al. (1994) mit $r = 0,88$ ($n = 88$) eine wesentlich höhere Korrelation zwischen den Kolostrometerwerten und der TP-Konzentration im Vergleich zu dieser Arbeit. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass die Stichprobenanzahl in diesen beiden Studien bedeutend geringer ausfällt. Dennoch wird letztendlich sowohl in der vorliegenden Arbeit wie auch in denen von Morin et al. (2001) und Quigley et al. (1994) sowie in zahlreichen weiteren Studien übereinstimmend deutlich, dass sowohl das Refraktometer als auch das Kolostrometer als Feldmethoden zur Beurteilung der Qualität des Erstkolostrums geeignet sind (Morrill et al., 2012b; Quigley et al., 2013; Chigerwe und Hagey, 2014; Bartier et al., 2015; Morrill et al., 2015).

Jedoch zeigt sich im Rahmen dieser Arbeit auch, dass die Einteilung der Erstkolostrumproben in die Qualitätskategorien „schlecht“, „mäßig“ und „gut“ über die beiden Feldmethoden lediglich zu rund 28% übereinstimmt ($\kappa = 0,279$). Somit wird deutlich, dass die Genauigkeit in der Beurteilung der Erstkolostrumqualität nicht gleichwertig sein kann. Da die Korrelation der Brix-Werte mit der TP-Konzentration höher war als die der Kolostrometerwerte, lässt das die Schlussfolgerung zu, dass das Refraktometer dem Kolostrometer in der Genauigkeit der Beurteilung der Qualität des Erstkolostrums überlegen ist. Zusätzlich wurden in dieser Untersuchung die weiteren Vorteile des Refraktometers deutlich. Während das Kolostrometer sehr zerbrechlich ist und deswegen im Studienverlauf mehrmals ersetzt werden musste, ist das Refraktometer deutlich robuster. Ein weiterer Nachteil des Kolostrometers liegt im signifikanten Temperatureinfluss auf die Messergebnisse (Mechor et al., 1991). Das Refraktometer ist dagegen nicht temperaturabhängig. Zudem wird im Gegensatz zum Kolostrometer lediglich ein Tropfen des Erstkolostrums für die Beurteilung benötigt. Es ist schnell und einfach in der Handhabung sowie leicht zu reinigen. Das alles macht das Refraktometer insgesamt wesentlich benutzerfreundlicher als das Kolostrometer. Zu diesem Schluss kommen auch andere Autoren (Chavatte et al., 1998; Bartier et al., 2015).

5.2 Qualität des Erstkolostrums

In dieser Untersuchung wurden die Brix-Werte als Maß für die Qualität des Erstkolostrums verwendet. Das Erstkolostrum der 1815 Rinder der Rasse *Holstein-Friesian* wies im Durchschnitt $\bar{x} = 25,4 \pm 3,8$ %Brix auf, mit einem Minimum von 11 %Brix und einem Maximum von 38 %Brix. Damit liegen die erfassten Brix-Werte auf vergleichbarem Niveau mit denen aus den Ergebnissen von Biemann et al. (2010), Quigley et al. (2013) und Bartier et al. (2015). Lediglich Morrill et al. (2015) präsentieren einen geringeren mittleren %Brix-Wert von $\bar{x} = 21,2$. Jedoch führten sie ihre Untersuchungen an Erstkolostrum von *Jersey-Rindern* durch. Damit könnte dieser Unterschied bereits erklärt werden, denn wie bereits im Kapitel 2.3.6 erwähnt, konnten zahlreiche Autoren signifikante Unterschiede in der Qualität des Erstkolostrums zwischen verschiedenen Rinderrassen feststellen (Kruse, 1970; Halliday et al., 1978; Muller und Ellinger, 1981; Tsuji et al., 1990; Singh et al., 1993; Guy et al., 1994a; Tyler et al., 1999; Morin et al., 2001; Annen et al., 2004; Gulinski et al., 2006b; Bar et al., 2009). Auffällig sind die zum Teil deutlich voneinander abweichenden maximalen Brix-Werte der einzelnen Autoren. In den Untersuchungen von Biemann et al. (2010) und Quigley et al. (2013) ist ein maximaler Wert von 32 %Brix angegeben. Beide Autoren verwendeten dabei ein Refraktometer, dessen Messbereich lediglich bis 32 %Brix reicht. Demnach kann vermutet werden, dass der tatsächliche maximale Wert in diesen Arbeiten noch größer war, jedoch nicht mehr erfasst werden konnte. In dieser Arbeit, in der ein Refraktometer mit einer oberen Messgrenze von 40 %Brix verwendet wurde, und in der von Bartier et al. (2015), die ein digitales Brix-Refraktometer mit einem Messbereich bis 53 %Brix verwendeten, sowie bei den Untersuchungen an *Jersey-Rindern* von Morrill et al. (2015), lagen alle Werte innerhalb des Messbereichs. Zum besseren Vergleich zeigt die Tabelle 5.1 die Verteilung der erhobenen Brix-Werte der einzelnen Autoren.

In der vorliegenden Arbeit wurde zur Identifizierung von Erstkolostrum guter Qualität mit einer adäquaten IgG-Konzentration von ≥ 50 g/l der von

Chigerwe et al. (2008) und Biemann et al. (2010) empfohlene Schwellenwert von 22 %Brix angewendet. Dabei zeigt sich, dass von den 1815 Erstkolostrumproben 22,4% der Kategorie „schlecht“ oder „mäßig“ zugeteilt wurden und somit für die Versorgung von neugeborenen Kälbern ungeeignet sind. Bartier et al. (2015) verwendeten in ihrer Studie einen noch höheren Schwellenwert von 23 %Brix, wodurch von 569 Proben sogar 34,3% als ungeeignet klassifiziert wurden. Dieser bedeutungsvolle Anteil von inadäquatem Erstkolostrum in beiden Studien verdeutlicht, wie wichtig die Kontrolle der Qualität ist, um eine ausreichende Versorgung der Kälber mit Ig sicherzustellen und die Kälbergesundheit zu gewährleisten.

Tabelle 5.1: Brix-Werte des Erstkolostrums dieser Arbeit sowie anderer Untersuchungen zum Vergleich

	n	%Brix		
		$\bar{x} \pm SD$	x_{\min}	x_{\max}
Vorliegende Ergebnisse	1815	25,4 \pm 3,8	11	38
Biemann et al. (2010)	288	26,1	13,5	32
Quigley et al. (2013)	183	23,8 \pm 3,5	12	32
Morrill et al. (2015)	58	21,2 \pm 4,4	10,5	28,6
Bartier et al. (2015)	569	24,3	10,4	52,6

5.3 Menge des Erstkolostrums

Die große Spannweite der erhobenen Menge Erstkolostrum, die sowohl in dieser als auch in weiteren Studien zu erkennen ist (Morin et al., 2010; Conneely et al., 2013; Kessler et al., 2014; Klingbeil, 2015), verdeutlicht die erhebliche individuelle Varianz zwischen einzelnen Tieren. Zudem werden bei der Gegenüberstellung der mittleren Menge Erstkolostrum verschiedener Autoren Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungen deutlich. Zum besseren Vergleich gibt die Tabelle 5.2 eine Übersicht der ermittelten Erstkolostrummenge dieser und anderer Studien. So sind die von

Chigerwe et al. (2008), Morin et al. (2010) und Conneely et al. (2013) gemessenen Mengen beim ersten Melken größer als in dieser Arbeit, während die Werte von Klingbeil (2015) auf gleichem Niveau liegen. Das vergleichbare Ergebnis der durchschnittlichen Erstkolostrummenge dieser Arbeit und der von Klingbeil (2015) ist wahrscheinlich darin begründet, dass in beiden Untersuchungen das Erstgemelk stets unmittelbar nach der Kalbung innerhalb von 20 min gemessen wurde. In den Studien von Chigerwe et al. (2008), Morin et al. (2010) und Conneely et al. (2013) wurden die Erstkolostrummengen dagegen zu späteren Zeitpunkten zwischen 20 Minuten bis zu 24 Stunden ermittelt. Diese Besonderheit könnte einen möglichen Erklärungsansatz für die höheren Erstkolostrummengen in diesen Untersuchungen darstellen. Denn obwohl einige Autoren keinen Zusammenhang zwischen der Menge des Erstkolostrums und dem Zeitintervall zwischen Kalbung und erstem Melken feststellen konnten (Moore et al., 2005; Morin et al., 2010; Kessler et al., 2014), bestätigen Conneely et al. (2013) diese Korrelation. Kume und Tanabe (1993) und Kume et al. (2003) erfassten hingegen kleinere Mengen. Sie geben keinen Gesamtdurchschnitt an, sondern die mittlere Erstkolostrummenge in den einzelnen Laktationen (Tab. 5.3). Diese liegt in allen Laktationen unter der mittleren Menge Erstkolostrum der vorliegenden Arbeit.

Tabelle 5.2: Erstkolostrummenge (kg) dieser Arbeit und anderer Untersuchungen zum Vergleich

	n	Menge in kg		
		$\bar{x} \pm \text{SD}$	x_{\min}	x_{\max}
Vorliegende Ergebnisse	1906	5,5 ± 3,4	0,2	23,5
Morin et al. (2010)	76	7,0 ± 4,9	0,5	30,4
Conneely et al. (2013)	704	6,7 ± 3,6	0,1	24
Klingbeil (2015)	2148	5,6 ± 3,4	0,1	22,5
Chigerwe et al. (2008)	171	7,4 ± 3,9		

5.4 Regressionsanalyse der signifikanten Einflussfaktoren

Durch die Analyse mehrerer Variablen in der multivariaten linearen Regression werden die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Einflussfaktoren und somit die Abhängigkeitsstrukturen sowie mögliche Koinzidenzen deutlich. So können Scheinkorrelationen und Fehlschlüsse vermieden werden. Die im Modell verbleibenden Einflussfaktoren entsprechen den erklärenden Variablen. Wenn die Werte für diese Variablen bekannt sind, ist eine Vorhersage der Qualität sowie Menge des Erstkolostrums mithilfe der entsprechenden Regressionsgleichung möglich. Dazu wird der konstante Term mit den Produkten aus den Werten für die erklärenden Variablen und den dazugehörigen Regressionskoeffizienten addiert. Für die Qualität des Erstkolostrums von pluriparen Rindern sind die im Modell verbleibenden Einflussfaktoren mit den dazugehörigen Koeffizienten in der Tabelle 4.21 zusammengefasst und für die primiparen Tiere in der Tabelle 4.22. In Hinblick auf die Menge des Erstkolostrums sind die erklärenden Variablen der pluriparen Kühe in der Tabelle 4.30 dargestellt und für die primiparen in der Tabelle 4.31.

Der Einfluss der übrigen Faktoren, die im Einzelnen einen signifikanten Zusammenhang mit der Qualität und/oder der Menge des Erstkolostrums zeigen, kann somit durch eine Abhängigkeit zu einem oder mehreren Faktoren der jeweiligen Regressionsmodelle erklärt werden. Entsprechend dem Bestimmtheitsmaß R^2 erklären die Variablen im Modell der Einflussfaktoren auf die Qualität zusammen 31,3% der Variabilität bei den pluriparen und 11,9% bei den primiparen Rindern. Die Modelle der Einflussfaktoren auf die Menge erklären für die pluriparen 25,3% und für die primiparen Tiere 10,6%. Je höher dieser Wert ist, umso genauer ist die Vorhersage über die Regressionsgleichung. Die eigenen Regressionsmodelle für primipare und pluripare Rinder verdeutlichen bereits den bedeutenden Unterschied zwischen diesen beiden Altersgruppen, der schon von zahlreichen Autoren sowohl in Bezug auf die Qualität (Chelack et al., 1993; Kume und Tanabe,

1993; Leveux und Ollier, 1999; Tesfa et al., 1999; Gulinski et al., 2006a,b) als auch Menge (Devery Pocius und Larson, 1983; Chelack et al., 1993; Leveux und Ollier, 1999; Kume et al., 2003; Robinson et al., 2009; Conneely et al., 2013; Kessler et al., 2014; Klingbeil, 2015) nachgewiesen wurde.

Entsprechend den Erläuterungen sind nur diejenigen Einflussfaktoren von entscheidender Bedeutung, welche als signifikante erklärende Variable im multivariaten Modell verbleiben. Daher werden ausschließlich diese im weiteren Teil der Diskussion berücksichtigt.

5.5 Zusammenhang zwischen Qualität und Menge des Erstkolostrums

Im Rahmen dieser Untersuchung wird ein hoch signifikanter negativer Zusammenhang zwischen der Menge und der Qualität des Erstkolostrums deutlich ($p < 0,001$). Dieses Ergebnis bestätigt die Resultate zahlreicher älterer Studien (Pritchett et al., 1991; Morin et al., 2010; Kehoe et al., 2011; Scholz et al., 2011; Conneely et al., 2013; Klingbeil, 2015). Der Korrelationskoeffizient von -0,192 liegt dabei auf vergleichbarem Niveau mit denen von Pritchett et al. (1991) ($r = -0,29$), Kehoe et al. (2011) ($r = -0,16$) und Klingbeil (2015) ($r = -0,238$). Da Morin et al. (2010) die Regressionsanalyse mit logarithmierter IgG-Konzentration durchführten und Scholz et al. (2011) sowie Conneely et al. (2013) die Tiere anhand ihrer Erstkolostrummenge in Gruppen einteilten, welche sie untereinander verglichen, sind die Ergebnisse dieser Autoren nicht direkt mit denen dieser Arbeit vergleichbar. Jedoch kommen auch sie zu dem Schluss, dass mit steigender Menge des Erstkolostrums die IgG-Konzentration und damit die Qualität signifikant sinkt.

Erklärt werden könnte dieser negative Zusammenhang durch die These des Verdünnungseffektes (Morin et al., 2010). Durch den sinkenden Progesteronspiegel, kurz vor der Kalbung, steigt der Prolaktinspiegel und setzt die Laktogenese in Gang. In diesem Zusammenhang wird ein IgG-

ärmeres Sekret von der Milchdrüse gebildet. Dieses mischt sich mit dem IgG-reichen Präkolostrum, welches sich bereits zwei bis drei Wochen vor der Kalbung beginnt, im Euter zu sammeln. Dadurch sinkt letztendlich die IgG-Konzentration je mehr IgG-ärmeres Sekret mit der Zeit nach der Kalbung gebildet wird, während die ermolkene Menge zunimmt (Brandon et al., 1971; Barrington et al., 2001; Morin et al., 2010; Bruckmaier, 2009). Zahlreiche Autoren konnten dieses Absinken der IgG-Konzentration mit der Zeit bis zum ersten Melken belegen und bekräftigen die These (Witt et al., 1968; Kruse, 1970; Pethes et al., 1987; Annen et al., 2004; Moore et al., 2005; Morin et al., 2010; Scholz et al., 2011; Conneely et al., 2013; Sacerdote et al., 2013). Das Erstkolostrum sollte demnach möglichst unmittelbar nach der Geburt des Kalbes gewonnen werden.

Die Ergebnisse von Baumrucker et al. (2010) widersprechen jedoch dieser These, denn sie konnten keinen Zusammenhang zwischen dem Kolostrumvolumen beim ersten Melken und der IgG-Konzentration feststellen. Es zeigte sich dagegen ein positiver Effekt des Erstkolostrumvolumens auf die IgG-Gesamtmasse, was ebenfalls einen Widerspruch zum Verdünnungseffekt darstellt. Auch Maunsell et al. (1999) konnten aus ihren Untersuchungen nicht schlussfolgern, dass große Volumina Erstkolostrum nicht für die Kälbersversorgung verwendet werden sollten, stellten allerdings eine schwache Korrelation fest.

In der linearen Regressionsanalyse dieser Arbeit wird jedoch deutlich, dass sich die Menge lediglich auf die Qualität des Erstkolostrums von pluriparen Rindern signifikant negativ auswirkt. Hier fällt die Qualität mit jedem Kilogramm um 0,338 %Brix. Im Modell der primiparen Tiere ergibt sich dieser Zusammenhang hingegen nicht. Das könnte daran liegen, dass Färsen nach der Kalbung signifikant weniger Erstkolostrum bilden als die Pluriparen (Tab. 4.23) und die Spannweite der Erstkolostrummenge und damit die individuellen Unterschiede bei diesen Tieren deutlich geringer sind (Abb. 4.4). Die gebildete Menge Erstkolostrum sowie die Differenz zwischen den Individuen der ersten Laktation ist möglicherweise nicht groß genug, um den Zusammenhang zwischen Menge und Qualität signifikant aufzuzeigen. Die Aufnahmefähigkeit eines neugeborenen Kalbes ist begrenzt und eine

möglichst hohe Ig-Konzentration ist daher wichtiger als eine große Kolostrummenge. Nur dann kann die ausreichende Aufnahme von Abwehrstoffen gewährleistet werden, welche von entscheidender Bedeutung für die Gesundheit und weitere Entwicklung der Kälber ist (Weaver et al., 2000; Sangild, 2003; Chase et al., 2008; McGuirk, 2008). Die Erstkolostrumqualität wird jedoch von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst und die gebildete Menge kann folglich nicht allein als Auswahlkriterium für hochwertiges Erstgemelk herangezogen werden. Das zeigt auch der Vergleich der Verteilung der Menge und Qualität des Erstkolostrums in den einzelnen Laktationen. Trotz der signifikanten negativen Korrelation beim Einzeltier weisen die Tiere der ersten und zweiten Laktation sowohl die signifikant geringste Menge als auch Qualität auf. Die älteren Tiere ab der vierten Laktation produzieren hingegen die höchste Qualität und unterscheiden sich nicht signifikant in der gebildeten Menge von den Tieren der dritten Laktation, welche die größte Menge bilden. Somit produzieren Kühe ab der vierten Laktation im Mittel die größte Menge und auch die beste Qualität des Erstkolostrums. Diese Ergebnisse unterstreichen letztendlich erneut, dass die adäquate Qualität stets mit einer der genannten Feldmethoden überprüft werden muss.

5.6 Signifikante Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums

5.6.1 Alter der Tiere

Der positive Zusammenhang der Anzahl der Laktationen mit der Qualität des Erstkolostrums wird in Übereinstimmung mit dem Großteil anderer Autoren (Kehoe et al., 2011; Scholz et al., 2011; Morrill et al., 2012b,a; Conneely et al., 2013; Bartier et al., 2015; Klingbeil, 2015) auch in den Ergebnissen dieser Untersuchung deutlich ($p < 0,001$). In der multivariaten Regressionsanalyse für die pluriparen Tiere verbleibt das Alter als hoch

signifikanter Einflussfaktor im Modell ($p < 0,001$). Lediglich die Ergebnisse von Mechor et al. (1992), Eihvalde et al. (2012), Silper et al. (2012) und Morrill et al. (2015) stehen dazu im Widerspruch. Dabei muss beachtet werden, dass der Zusammenhang zwischen dem Alter der Tiere und der Qualität des Erstkolostrums im Rahmen dieser Arbeit an einer großen Anzahl von insgesamt 1815 Tieren untersucht wurde. Auch die einzelnen Laktationen sind mit 472 Tieren für die erste Laktation, 480 für die zweite, 396 für die dritte, 288 für die vierte und 179 Kühen in der Gruppe ab der fünften Laktation mit hohen Probandenzahlen repräsentativ vertreten. Mechor et al. (1992) untersuchten diese Beziehung dagegen lediglich an 39 Tieren, Eihvalde et al. (2012) nur an 34, Silper et al. (2012) an 186 und Morrill et al. (2015) an 58 Probanden. Ferner wählten Eihvalde et al. (2012) ihren Untersuchungszeitraum einzig von Dezember bis Januar und Juli bis September, während sich die Beobachtung dieser Arbeit vom 04.04.2013 bis zum 28.02.2014 fast über ein komplettes Jahr erstreckt. In der Studie von Silper et al. (2012) wurden *Holstein-Zebu-Kreuzungen* zur Untersuchung herangezogen. In dieser waren hingegen alle Kühe von der Rasse *Holstein-Friesian*. Ob die widersprüchlichen Ergebnisse dieser Autoren mit denen dieser Arbeit direkt vergleichbar sind, bleibt daher fraglich. In der Studie von Morrill et al. (2015) zeigt sich zudem ein deutlicher Trend zu höherem IgG-Gehalt pro Liter Erstkolostrum bei pluriparen Tieren, auch wenn der Unterschied nicht signifikant ist. Die spezifische Dichte, die Brix-Werte und die Kolostrometerergebnisse des Erstgemelks der pluriparen Tiere sind hier indes ebenfalls signifikant höher. Das stimmt mit den Ergebnissen dieser Arbeit überein.

Beim Vergleich der einzelnen Laktationen wird auch in dieser Studie deutlich, dass sich die jungen Kühe der ersten beiden Laktationen in der Qualität des Erstkolostrums nicht unterscheiden und das minderwertigste Erstgemelk produzieren. Während Klingbeil (2015) erst bei Kühen ab der vierten Laktation eine signifikante Verbesserung der Qualität feststellte, steigt in dieser Studie die Qualität bereits bei Kühen ab der dritten Laktation signifikant an. Das bestätigen die Ergebnisse von Muller und Ellinger (1981), Norman et al. (1981), Pritchett et al. (1991), Tyler et al. (1999), Morin

5.6 Signifikante Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums

et al. (2001), Franklin et al. (2005), Moore et al. (2005), Chigerwe et al. (2008), Kehoe et al. (2011), Scholz et al. (2011) und der aktuellsten Studie von Bartier et al. (2015). Der von einigen Autoren (Shearer et al., 1992; Lambrecht, 1980; Bar et al., 2009; Morrill et al., 2012a,b; Conneely et al., 2013) berichtete signifikante Anstieg der Qualität bereits von der ersten zur zweiten Laktation konnte indes nicht beobachtet werden. Die weitere Entwicklung der Erstkolostrumqualität ab der dritten Laktation zeigt einen erneuten signifikanten Anstieg von der dritten zur vierten Laktation. Der folgende Anstieg zu Tieren ab der fünften ist zwar tendenziell und spiegelt sich auch in den Koeffizienten für die einzelnen Laktationen im Regressionsmodell wider, ist jedoch nicht signifikant. Dementsprechend produzieren Kühe ab der vierten Laktation Erstkolostrum mit der signifikant besten Qualität. Das deckt sich mit den Studien von Gulliksen et al. (2008), Bar et al. (2009), Scholz et al. (2011) und Klingbeil (2015), weicht jedoch von den Ergebnissen von Muller und Ellinger (1981), Pritchett et al. (1991), Morin et al. (2001) sowie Conneely et al. (2013) ab, die ab der dritten Laktation keinen signifikanten Anstieg mehr feststellen konnten. Letztendlich kann sowohl aus den Ergebnissen dieser sowie dem Großteil der genannten Studien die Schlussfolgerung gezogen werden, für die kolostrale Erstversorgung der neugeborenen Kälber und für die Einlagerung in eine Kolostrumbank, bevorzugt das Erstkolostrum von pluriparen Tieren ab der vierten Laktation zu verwenden. In die Überlegungen zur praktischen Umsetzung dieses Ergebnisses muss jedoch auch die mittlere Nutzungsdauer der Tiere einbezogen werden. Diese lag im Untersuchungsbetrieb bei 3,56 Laktationen. Dementsprechend erreicht über die Hälfte der Rinder die vierte Laktation nicht. Um sicherzustellen, dass genügend Erstgemelk zur Verfügung steht, sollte unter realen Bedingungen daher auch das Erstkolostrum von Rindern der dritten Laktation genutzt werden.

5.6.2 Trockenstehzeit

Im Rahmen dieser Untersuchung ergibt sich eine mittlere Trockenstehzeit von lediglich 35 Tagen. Infolgedessen beträgt auch die Gesamttrockensteh-

zeit im Mittel nur 46 Tage und liegt deutlich unter der von Mansfeld et al. (2012) als konventionell bezeichneten Gesamttrockenstehzeit von 55 - 60 Tagen. Das könnte daran liegen, dass die Tiere im Untersuchungsbetrieb, aufgrund von hohen Milchleistungen bis zum Ende der Laktation, sehr spät trockengestellt werden. Zum einen, um die unproduktive Zeit der Kuh zu verkürzen und die Laktationsleistung zu erhöhen, zum anderen, um das Trockenstellen von Kühen mit hohen Milchleistungen zu vermeiden, denn hierbei steigert ein erhöhter intramammärer Druck das Mastitisrisiko.

Die Mehrzahl der Autoren, die den Einfluss der Länge der Trockenstehzeit auf die Qualität des Erstgemelks untersuchten, konnten dabei keinen signifikanten Zusammenhang feststellen (Pritchett et al., 1991; Morin et al., 2001; Annen et al., 2004; Gulay et al., 2005; Rastani et al., 2005; Watters et al., 2008; Eihvalde et al., 2012; Shoshani et al., 2014). Dennoch zeigen die Ergebnisse dieser Arbeit, dass die Trockenstehzeit einen signifikanten Einflussfaktor darstellt und bestätigen damit die Resultate von Gulinski et al. (2006b), Scholz et al. (2011) und Klingbeil (2015). Der Zusammenhang ist mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,125$ und einem Signifikanzwert von $p < 0,001$ zudem sehr deutlich.

Bei genauer Betrachtung der erfassten Trockenstehzeiten dieser Arbeit, fällt die sehr große Spannweite auf. Sowohl die kürzeste Zeit von einem Tag als auch die längste mit 165 Tagen gingen in die statistische Auswertung mit ein. Demzufolge sind auch sehr kurze Trockenstehzeiten in die Analyse eingeflossen, welche dem Melken ohne Trockenstehzeit gleich kommen. Das könnte erklären warum sich die Trockenstehzeit in diesem Fall so deutlich als Einflussfaktor auf die Qualität des Erstkolostrums darstellt. Denn zahlreiche Untersuchungen zum Vergleich der Qualität zwischen Kühen mit Trockenstehzeit und Tieren, die durchgehend gemolken wurden, bestätigen dahingehend einen signifikanten Zusammenhang (Stewart und McCallum, 1938; Brandon und Lascelles, 1975; Annen et al., 2004; Rastani et al., 2005; Gulinski et al., 2006b; Scholz et al., 2011). Nahezu alle Studien, die keinen Einfluss der Länge der Trockenstehzeit auf die Qualität des Erstkolostrums feststellen konnten, teilten die Tiere dagegen entsprechend ihrer Trockenstehzeit in Gruppen ein und verglichen diese

5.6 Signifikante Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums

miteinander (Annen et al., 2004; Gulay et al., 2005; Rastani et al., 2005; Gulinski et al., 2006b; Watters et al., 2008; Scholz et al., 2011; Eihvalde et al., 2012; Shoshani et al., 2014). Lediglich Morin et al. (2001) weisen einen vergleichbaren Versuchsaufbau auf und kommen dennoch zu einem konträren Ergebnis. Sie verglichen jedoch unterschiedliche Rinderrassen miteinander und hatten eine wesentlich geringere Stichprobenanzahl.

Bezug nehmend auf die zahlreichen widersprüchlichen Ergebnisse könnte das Resultat dieser Arbeit dahingehend interpretiert werden, dass sich die Trockenstehzeit sehr stark unterscheiden muss, um die Qualität des Erstkolostrums zu beeinflussen. Um das zu überprüfen und den Einfluss der Länge der Trockenstehzeit mit anderen Untersuchungen besser vergleichen zu können, sollten die erhobenen Zeiten in zukünftigen Untersuchungen entsprechend der Länge in Gruppen zusammengefasst werden und diese dann in Hinblick auf ihre mittlere Erstkolostrumqualität untereinander verglichen werden.

Bei Betrachtung verschiedener Untersuchungen sind die Ergebnisse von Pritchett et al. (1991) hervorzuheben. Hier zeigte sich die Trockenstehzeit zunächst als signifikanter Einflussfaktor auf die Qualität des Erstkolostrums, korrelierte jedoch auch mit der Menge des Erstkolostrums. Die weitere Auswertung ergab, dass der anscheinende Einfluss der Trockenstehzeit auf die Qualität des Erstkolostrums mit der Korrelation zur Menge erklärt werden kann. Im multivariaten Regressionsmodell der pluriparen Kühe dieser Untersuchung, in dem die Zusammenhangsstrukturen der einzelnen Einflussfaktoren genauer analysiert wurden, um derartige Scheinkorrelationen auszuschließen, präsentieren sich dagegen sowohl die Trockenstehzeit als auch die Menge des Erstkolostrums als signifikante Einflussfaktoren.

5.6.3 Calciumkonzentration im Serum des Muttertieres zum Zeitpunkt der Kalbung

Das Ergebnis dieser Untersuchung, dass die Ca-Konzentration im Blut des Muttertieres unmittelbar nach der Kalbung im negativen Zusammenhang mit der Qualität des Erstkolostrums steht ($p < 0,001$), bestätigt das Resultat von Klingbeil (2015). Auch in ihrer Studie mit vergleichbarem Umfang und einer ebenfalls sehr hohen Stichprobenanzahl wird deutlich, dass mit einem Anstieg der Ca-Serumkonzentration die Qualität des Erstkolostrums signifikant abnimmt. Die Korrelation, die sich aus der Analyse der vorliegenden Studie ergibt, ist mit $r = -0,193$ jedoch noch deutlicher als in der von Klingbeil (2015) ($r = -0,114$). Dabei ist zu beachten, dass die Autorin im Unterschied zu dieser Arbeit den Korrelationskoeffizienten nach Pearson bestimmte.

Wie die lineare multivariate Regressionsanalyse dieser Untersuchung zeigt, sinkt die Qualität des Erstgemelks bei pluriparen Tieren mit jedem mmol/l Ca um 0,856 %Brix. Im Modell für primipare Tiere konnte der Ca-Serumspiegel dagegen nicht als signifikanter Einflussfaktor bestehen. Auch in der linearen multivariaten Regressionsanalyse von Klingbeil (2015) entfiel die zunächst stark korrelierte Ca-Konzentration. Hier erwies sich der Kuhvater als stärkerer Einflussfaktor. Dieser Faktor wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt. Bei Klingbeil (2015) wurden die Modelle jedoch nicht für primipare und pluripare Tiere getrennt durchgeführt.

Kolostrum stellt die primäre Mineralienversorgung für Neugeborene dar. Der Gehalt von Ca ist dementsprechend zum Zeitpunkt der Geburt im Erstkolostrum mit 2,1 - 2,5 g/l ca. doppelt so hoch wie in der reifen Milch (1,2 - 1,4 g/l) und fällt bereits innerhalb von 12 Stunden ab (Kume und Tanabe, 1993; Kume et al., 1998, 2003). Daraus kann geschlossen werden, dass wie beim IgG auch große Mengen Ca im Rahmen der Kolostrogenese in das Euter sezerniert werden. Der Transport durch die Drüsenepithelzellen ist dabei in Ansätzen, jedoch noch nicht vollständig geklärt (VanHouten et al., 2004; Neville, 2005). Bereits Klingbeil (2015) sieht einen möglichen Erklärungsansatz für den negativen Zusammenhang der

5.6 Signifikante Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums

Ca-Serumkonzentration mit der IgG-Kolostrumkonzentration in Gemeinsamkeiten bei transzellulären Transportmechanismen der beiden Stoffe am Drüsenepithel des Euters. Das würde erklären, warum ein Anstieg der Konzentration von Ca im Blutserum durch einen verringerten Transfer in das Erstkolostrum, mit einem verringerten Transport von IgG und einem damit verbundenen Abfall der kolostralen IgG-Konzentration einhergeht. Ferner würde dies bedeuten, dass Faktoren, die den transzellulären IgG-Transport beeinflussen, auch Auswirkungen auf den Ca-Transport haben und umgekehrt. Nach Klingbeil (2015) spricht gegen diese These, dass es für beide Stoffe einen eigenen Rezeptor gibt und bezieht sich dabei auf die Aussagen von Barrington et al. (2001) sowie Gürtler und Schweigert (2005). Jedoch stellen diese Rezeptoren nur einen Teil der komplexen Kaskade der zellulären Transportmechanismen von Stoffen dar. Diesem Mechanismus folgende Gemeinsamkeiten bei der Transcytosis könnten dennoch für die negative Korrelation verantwortlich sein.

Um diesen Zusammenhang genauer zu verstehen, sind weitere Untersuchungen auf zellulärer und molekularer Ebene zum Transport von Stoffen aus dem Blut in das Kolostrum nötig. Inwieweit die Bestimmung der Ca-Konzentration im Blut des Muttertieres unmittelbar nach oder während der Kalbung als Prädiktor für die Kolostrumqualität und damit für die ausreichende Erstversorgung des Kalbes mit Ig geeignet ist, muss zudem in weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen ausführlicher evaluiert werden. Mit einer Korrelation zu den Brix-Werten von lediglich $r = -0,193$ ist die Ca-Serumkonzentration dem Refraktometer sowie Kolostrummeter mit Korrelationen zur kolostralen IgG-Konzentration von $r = 0,64$ bis $0,79$ (Chigerwe et al., 2008; Biemann et al., 2010; Quigley et al., 2013; Bartier et al., 2015) und $r = 0,77$ bis $0,78$ (Brenner et al., 1997; Bartier et al., 2015) jedoch deutlich unterlegen und daher nach derzeitigem Untersuchungsstand nicht geeignet.

5.6.4 Kalbemonat

Wie bereits im Literaturteil deutlich wird, gibt es zur saisonalen Schwankung der Qualität des Erstkolostrums widersprüchliche Untersuchungsergebnisse zahlreicher Wissenschaftler. Der überwiegende Teil konnte keinen signifikanten saisonalen Einfluss auf die Qualität feststellen (Kruse, 1970; Pritchett et al., 1991; Morin et al., 2001; Silper et al., 2012; Eihvalde et al., 2012). In dieser Arbeit wird dagegen diese saisonale Schwankung über die Jahreszeiten erneut deutlich (Abb. 4.3) wie bereits in den Studien von Lambrecht (1980), Shearer et al. (1992), Gulliksen et al. (2008), Conneely et al. (2013) und Klingbeil (2015). In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Klingbeil (2015) bilden die Tiere im Oktober das Erstkolostrum mit der höchsten Qualität. In Hinblick auf die Jahreszeiten ergibt sich im Rahmen dieser Untersuchung, dass die Kühe im Herbst und Winter das hochwertigste Erstgemelk produzieren. Das bestätigt die Ergebnisse von Lambrecht (1980), in denen sich die höchsten IgG-Konzentrationen ebenfalls im Winter zeigen. Im Unterschied dazu berichten die Autoren Shearer et al. (1992), Gulliksen et al. (2008), Conneely et al. (2013) und Klingbeil (2015) übereinstimmend von Höchstwerten im Spätsommer und Herbst. Wobei auch in dieser Arbeit die Qualität im Herbst tendenziell noch besser war als im Winter. Die geringste Qualität des Erstkolostrums wurde in der vorliegenden Arbeit im Frühling ermittelt, was sich mit den Ergebnissen von Conneely et al. (2013) und Klingbeil (2015) deckt.

Der Monat der Kalbung setzt sich sowohl im multivariaten linearen Regressionsmodell für pluripare Kühe als auch in dem für primipare Tiere als signifikanter Einflussfaktor durch ($p < 0,001$). Auffällig ist hier, dass sich bei getrennter Betrachtung von primi- und pluriparen Tieren der Monat mit der höchsten Erstkolostrumqualität unterscheidet. Während die Erstkalbinnen im Oktober die höchsten Werte erreichen, bilden die Tiere ab der zweiten Laktation im Februar das Erstkolostrum mit der höchsten Qualität. Insgesamt bleiben jedoch die Herbst- und Wintermonate in beiden Gruppen die mit den höchsten Brix-Werten. Bei der Regressionsanalyse der primiparen Tiere ist der Kalbemonat zudem der einzige Einflussfaktor

der im Modell verbleibt. Er erklärt somit allein bereits 11,9% der Variabilität der Erstkolostrumqualität. Der Einfluss der anderen Faktoren, die sich in dieser Arbeit im einzelnen als signifikant erwiesen haben, müsste demzufolge bei den primiparen Tieren nicht von Bedeutung sein oder über einen Zusammenhang zum Kalbemonat erklärt werden können.

Die kontroversen Ergebnisse der Studien anderer Autoren könnten eventuell anhand der Untersuchungsstandorte erklärt werden. Sie wurden in Ländern und Regionen mit unterschiedlichen klimatischen Verhältnissen und Bedingungen durchgeführt. Dementsprechend unterscheidet sich die Intensität der Wirkung der externen Faktoren wie Licht, Wind, Temperatur, Luftfeuchtigkeit etc. auf die untersuchten Tiere. Jedoch stimmen auch die Resultate deutscher Studien nicht vollständig überein. Dabei ist zu bedenken, dass die klimatischen Bedingungen an einem Standort selbst von Jahr zu Jahr zum Teil erheblich schwanken können.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mehrere Autoren eine saisonale Schwankung mit der höchsten Qualität des Erstkolostrums im Herbst beobachten konnten, insbesondere diese Arbeit sowie die Arbeit von Klingbeil (2015), welche beide in Deutschland durchgeführt wurden. Da Kälber jedoch das ganze Jahr hinweg geboren werden und demzufolge auch das Erstkolostrum der übrigen Jahreszeiten genutzt werden muss, um eine ausreichende Menge für die kolostrale Erstversorgung ganzjährig gewährleisten zu können, ist dieses Ergebnis von geringer praktischer Relevanz.

5.7 Signifikante Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums

5.7.1 Alter der Tiere

Wie bereits in zahlreichen früheren Studien wird auch in dieser ein signifikanter Unterschied der Erstkolostrummenge zwischen Tieren unterschiedlicher Laktationen deutlich (Devery Pocius und Larson, 1983; Chelack et al.,

1993; Levieux und Ollier, 1999; Kume et al., 2003; Robinson et al., 2009; Conneely et al., 2013; Kessler et al., 2014; Karl und Staufenbiel, 2016). Im Unterschied zu Karl und Staufenbiel (2016) verbleibt das Alter der Tiere mit einem p-Wert von $< 0,001$ auch nach der multivariaten Regressionsanalyse für die pluriparen Rinder als erklärende Variable im Modell und bekräftigt das Ergebnis, dass die Laktation einen signifikanten Einflussfaktor auf die Mengen des Erstkolostrums darstellt. Dass die primiparen Tiere dabei die geringste Menge bilden, stimmt ebenfalls mit den Ergebnissen der genannten Autoren überein. Der signifikante Anstieg über die ersten drei Laktationen mit anschließendem leichten, nicht signifikanten Abfall in den folgenden Laktationen kann tendenziell in den Ergebnissen von Conneely et al. (2013) und Kehoe et al. (2011) nachvollzogen und bestätigt werden. Auch das Resultat dieser Untersuchung beim Vergleich der mittleren Erstkolostrummenge der einzelnen Laktationen stimmt mit denen von Conneely et al. (2013) und Kehoe et al. (2011) überein. In allen drei Arbeiten ist die dritte Laktation diejenige, bei der die größte Menge ermittelt wurde. Die durchschnittliche Menge dieser Altersgruppe liegt in dieser Studie mit $\bar{x} = 6,3$ kg jedoch unter der von Conneely et al. (2013) ($\bar{x} = 7,9$ kg) und auf vergleichbarem Niveau mit der von Kehoe et al. (2011) ($\bar{x} = 6,9$ kg).

Bei genauer Betrachtung der vorliegenden Teilergebnisse und deren Vergleich fällt jedoch auf, dass die größte mittlere Erstkolostrummenge in der dritten Laktation (Tab. 4.23 und Abb. 4.4) im Widerspruch zum Ergebnis der Regressionsanalyse der pluriparen Tiere steht. Denn im Regressionsmodell weisen die Rinder der vierten Laktation den größten Koeffizienten und demnach die größten Menge Erstkolostrum auf (Tab. 4.30). Dieses Ergebnis würde mit denen von Kume et al. (2003) übereinstimmen, die einen Anstieg der Erstkolostrummenge über die dritte Laktation hinweg mit der höchsten ab der vierten Laktation feststellten. Wie bereits im Abschnitt 5.4 zur Regressionsanalyse auf Seite 98 erläutert, werden im multivariaten Regressionsmodell die Abhängigkeitsstrukturen der einzelnen Einflussfaktoren untereinander berücksichtigt. Durch die Verwendung mehrerer Variablen könnten mögliche Koinzidenzen herausgerechnet wor-

den sein. Zudem können im Rahmen einer Beobachtungsstudie wie dieser nicht alle Parameter von jedem Tier erfasst werden. Somit ist aufgrund von fehlenden Einzelwerten die Stichprobenzahl im multivariaten Regressionsmodell geringer als beim direkten Vergleich der mittleren Erstkolostrummengen der einzelnen Altersgruppen. Eine dieser Gegebenheiten oder die Kombination aus beiden könnten die abweichenden Teilergebnisse erklären. Letztendlich zeigen die Ergebnisse jedoch auch, dass der Unterschied der Erstkolostrummenge zwischen den Tieren der dritten Laktation und älteren Tieren nur tendenziell und nicht signifikant ist. Die Kernaussage dieser Studie, dass ältere Tiere ab der dritten Laktation signifikant mehr Erstkolostrum bilden, verglichen mit jüngeren Tieren, bleibt von diesen Überlegungen daher unberührt.

Zum besseren Vergleich mit den Ergebnissen dieser Studie zeigt die Tabelle 5.3 die Angaben anderer Autoren zur mittleren Menge Erstkolostrum in den verschiedenen Altersgruppen. Die Mengenangaben wurden zur besseren Vergleichbarkeit stets in Kilogramm umgerechnet, sofern sie in anderen Maßeinheiten angegeben waren und wurden vereinzelt aus Diagrammen abgeleitet, wenn sie nicht als Zahl genannt wurden. Bei der Umrechnung von Litern in Kilogramm wurde der Faktor 1,05 angewendet, entsprechend der ermittelten spezifischen Dichte des Erstkolostrums. Im Widerspruch zu den Ergebnissen dieser Arbeit und den genannten Ergebnissen der anderen Autoren stehen die Studien von Kume und Tanabe (1993), Kehoe et al. (2011) sowie Franklin et al. (2005), die insgesamt keinen signifikanten Unterschied in der Menge des Erstmelks zwischen verschiedenen Altersgruppen feststellen konnten. Die von Kessler et al. (2014) erwähnte Besonderheit einer wesentlich größeren Spannweite der Menge des Erstmelks bei pluriparen Tieren im Vergleich zu primiparen wird in den Werten dieser Studie ebenfalls deutlich und kann somit bestätigt werden.

Tabelle 5.3: Erstkolostrummenge (kg) dieser Arbeit und anderer Untersuchungen in den einzelnen Laktationen mit den jeweiligen Stichprobenzahlen (n)

Autor		Laktation				
		1	2	3	4	> 4
Vorliegende Ergebnisse	kg	4,5	5,4	6,3	6,0	5,6
	n	496	505	418	303	184
Conneely et al. (2013)	kg	5,3	7,7 ²	7,9	7,4 ²	7,0 ²
	n	205	157	139	98	105
Kume und Tanabe (1993)	kg	1,5	2,0	1,9	1,7	1,7
	n	27	13	18	8	6
Klingbeil (2015)	kg	4,1	6,0	6,4	6,5	
	n	607	594	525	422	
Kume et al. (2003)	kg	1,9	2,9	3,8	4,8	
	n	27	16	8	14	
Kehoe et al. (2011)	kg ¹	6,5	6,4	7,1	6,8	
	n	172	130	94	93	
Levieux und Ollier (1999)	kg	3,3		8,1	6,7	
	n	26		26	8	
Chelack et al. (1993)	kg ¹	4,5		7,4		
	n	11		24		
Kessler et al. (2014)	kg	5,5 ²		7,4 ²		
	n	17		39		

¹ Umgerechnet aus Angabe in Litern mit Faktor 1,05² Wert abgeleitet aus Diagramm

5.7.2 Vorbereitungszeit und Gesamttrockenstehzeit

Die Vorbereitungszeit wird sowohl von Färsen als auch von Kühen durchlaufen, wodurch sich die besonders große Stichprobenzahl von 1875 Tieren erklärt. Die Phase des Trockenstehens, in der die TMR energiearm gestaltet wird, um ein Verfetten der Tiere zu verhindern, wird dagegen nicht von Färsen durchlaufen. Sowohl in der Trockenstehzeit als auch in der Gesamttrockenstehzeit sind dementsprechend ausschließlich Kühe erfasst, was die vergleichsweise kleinere Stichprobenzahl von 1438 Tieren erklärt.

Die statistische Analyse dieser Arbeit zeigt sowohl für die Trockenstehzeit als auch für die Gesamttrockenstehzeit eine hoch signifikante positive Korrelation ($p < 0,001$) in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Klingbeil (2015). Im Unterschied zu Klingbeil (2015) ist indes auch der Zusammenhang zur Vorbereitungszeit signifikant ($p = 0,003$). In der Vorbereitungszeit wird der Energie- und Proteingehalt der TMR erhöht, um den Pansen sowie dessen Mikrobenflora auf die TMR der Hochleistungsgruppen vorzubereiten. Zudem erfolgt in dieser Produktionsphase eine Ketose- sowie Hypokalzämieprophylaxe über die Fütterung. Diese Maßnahmen könnten den Zusammenhang erklären. Die vorliegenden Ergebnisse unterscheiden sich auch von denen der Autoren Gulay et al. (2005). Diese konnten in ihren Untersuchungen wiederum keinen signifikanten Einfluss der Länge der Trockenstehzeit auf die Menge des gebildeten Erstkolostrums feststellen. Es kann jedoch eine Tendenz zur höheren Menge Erstkolostrum bei Tieren mit einer längeren Trockenstehzeit von 70 Tagen ($6,77 \pm 1,11$ kg) erkannt werden, beim Vergleich mit Kühen die nur 30 Tage trocken standen ($5,00 \pm 0,77$ kg). Die Stichprobenanzahl von neun Tieren in der Kontrollgruppe und 21 Tieren in der Versuchsgruppe ist allerdings recht gering. Eventuell war es unter diesen Umständen für Gulay et al. (2005) nicht möglich eine Signifikanz nachzuweisen.

In dieser Studie korrelieren die Länge der Gesamttrockenstehzeit ($r = 0,29$) und der Trockenstehzeit ($r = 0,2$) deutlicher mit der Menge des Erstkolostrums als die Länge der Vorbereitungszeit mit $r = 0,07$. Nach Durchführung der Regressionsanalyse verbleibt die Gesamttrockenstehzeit bei

den pluriparen Rindern als erklärende Variable im Modell. Erklärt werden könnten diese Resultate damit, dass die Gesamttrockenstehzeit mit durchschnittlich 46 Tagen länger andauert als die Trockenstehzeit mit 35 Tagen sowie die Vorbereitungszeit mit 11 Tagen. Dementsprechend ist die Phase, in der die Menge des Erstkolostrums beeinflusst wird, im Falle der Gesamttrockenstehzeit länger. Zudem könnte geschlussfolgert werden, dass sowohl die Vorbereitungszeit als auch die Trockenstehzeit einen signifikanten Einfluss haben. Diese Einflüsse summieren sich jedoch in der Gesamttrockenstehzeit und können somit durch diese erklärt werden. Bei den Primiparen verbleibt dagegen die Vorbereitungszeit im Regressionsmodell, da diese Tiere in der Trockenstehzeit und damit auch in der Gesamttrockenstehzeit nicht erfasst sind. Im Rahmen der Regressionsanalyse stellte sich weiterhin heraus, dass mit jedem Tag den die Erstkalbinnen in der Vorbereitungsgruppe bis zur Kalbung verbringen, die gebildete Menge Erstkolostrum um 51 g steigt. Eine Verlängerung der Gesamttrockenstehzeit um einen Tag führt bei den pluriparen Tieren hingegen zu 35 g mehr Erstgemelk.

5.7.3 Blutparameter des Muttertieres zum Zeitpunkt der Kalbung

In den Ergebnissen dieser Studie wird eine signifikante ($p < 0,001$) positive Korrelation zwischen der gebildeten Menge Erstkolostrum und der NEFA-Serumkonzentration des Muttertieres unmittelbar nach der Kalbung mit einem Koeffizienten von $r = 0,21$ deutlich. Dieser Zusammenhang zeigt sich auch im Modell der multivariaten Regressionsanalyse der pluriparen Tiere. Demnach steigt die Menge Erstkolostrum mit jedem mmol/l NEFA im Blutserum um 499 g. Fraglich ist jedoch, ob die NEFA-Konzentration die Menge Erstkolostrum beeinflusst oder umgekehrt.

NEFA entstehen im Rahmen der Lipolyse aus Triacylglycerole (TAG) bei der Mobilisation von Körperfett. Sie dienen der Energiegewinnung, vorwiegend im Rahmen der β -Oxidation. Die Konzentration von NEFA im

5.7 Signifikante Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums

Blutserum steigt dementsprechend bei einem erhöhten Energiebedarf und ist somit ein guter Indikator für die Energiebilanz der Kuh. Der in dieser Arbeit verdeutlichte Anstieg der NEFA-Serumkonzentration mit der Menge des gebildeten Erstkolostrums lässt demzufolge vermuten, dass für die Synthese großer Mengen Erstgemelk viel Energie benötigt wird, die das Rind zum Zeitpunkt um die Kalbung nicht mehr über die Futteraufnahme decken kann. Infolgedessen müssen körpereigene Ressourcen mobilisiert werden, was zur Erhöhung der NEFA-Serumkonzentration führt. So könnte die positive Korrelation zwischen der Erstkolostrummenge und der NEFA-Serumkonzentration des Muttertieres zum Zeitpunkt der Geburt erklärt werden. Dieser Zusammenhang würde im Umkehrschluss bedeuten, dass alle Faktoren, welche die energetische Versorgung und damit die Energiebilanz des Muttertieres zum Zeitpunkt um die Geburt positiv beeinflussen, auch einen begünstigenden Effekt auf die gebildete Menge Erstkolostrum haben. Zu diesen Faktoren gehören u.a. eine ausgewogene TMR, ein ausreichendes Tier-Fressplatz-Verhältnis sowie das Angebot von hoch energetischen Tränken unmittelbar p.p.. Erwähnenswert in diesem Zusammenhang ist, dass der Ernährungszustand des Muttertieres vor und unmittelbar nach der Kalbung dabei keine entscheidende Bedeutung zu haben scheint. Denn die RFD zum Zeitpunkt acht Wochen, zwei bis fünf Wochen a.p. und unmittelbar p.p. korrelierten zwar im einzelnen signifikant positiv mit der Menge des Erstkolostrums, im multivariaten Modell zeigte sich der Ernährungszustand zu allen drei Zeitpunkten dennoch nicht als signifikanter Einflussfaktor. Eine energie- und nährstoffreiche Versorgung um den Zeitpunkt der Kalbung scheint daher entscheidender für die produzierte Menge Erstkolostrum zu sein, als der Aufbau von körpereigenen Ressourcen a.p. über die Trockensteherfütterung.

Die Erhebung des Ca-Serumspiegels der Muttertiere im Rahmen dieser Studie belegt einen Abfall zum Zeitpunkt der Kalbung. Diese Veränderung der Ca-Konzentration wurde bereits von zahlreichen Autoren festgestellt (Oetzel et al., 1988; Allen und Sansom, 1985; Klingbeil, 2015). Wie die weitere statistische Auswertung zeigt, steht diese erniedrigte Ca-Konzentration im Blutserum des Muttertieres unmittelbar nach der Kal-

bung in einem hoch signifikanten ($p < 0,001$) negativen Zusammenhang zur gebildeten Erstkolostrummenge. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = -0,136$. Je höher die Menge des Erstgemelks, um so niedriger ist somit die Serumkonzentration und umgekehrt.

Für die Neugeborenen ist das Kolostrum die Hauptquelle für Mineralien. Die festgestellte Korrelation könnte anhand des sehr hohen Ca-Gehalts des Kolostrums von 2,09 g/l erklärt werden, der zum Zeitpunkt der Geburt am höchsten ist (Kume und Tanabe, 1993). Bei der im Kontext dieser Untersuchung ermittelten mittleren Erstkolostrummenge von 5,5 kg entspräche das einer Ca-Menge von rund 11,3 g, die bei der Produktion des Erstkolostrums aus dem Blut in das Euter transportiert wird. Dies stimmt mit der Aussage weiterer Autoren überein, welche zu dem Ergebnis kommen, dass ein Rind innerhalb eines Tages 20 - 30 g Ca (Goff, 2000) bzw. 21,4 g Ca (Kume und Tanabe, 1993) in das Kolostrum sezerniert. Dieser plötzlich erhöhte Ca-Bedarf führt zum Abfall der Ca-Konzentration im Blutserum und würde den beobachteten negativen Zusammenhang erklären.

Auffällig ist allerdings, dass dieser Zusammenhang lediglich im multivariaten Regressionsmodell der primiparen Tiere als signifikanter Einflussfaktor bestehen bleibt. Obwohl die Ergebnisse dieser sowie zahlreicher weiterer Studien zeigen, dass Färsen nach der ersten Kalbung am wenigsten Erstkolostrum produzieren, verglichen mit älteren Tieren (Levieux und Ollier, 1999; Robinson et al., 2009; Conneely et al., 2013; Kessler et al., 2014). Zudem zeigen die Untersuchungen von Kume und Tanabe (1993), dass primipare Tiere unmittelbar p.p. signifikant höhere Ca-Serumkonzentrationen aufweisen als ältere. Warum dieser Zusammenhang gerade in dieser Altersgruppe deutlich wird, ist daher fraglich. Letztendlich verdeutlicht dieses Ergebnis jedoch erneut, wie wichtig die Etablierung einer Hypokalzämieprophylaxe während der Trockensteh- und Vorbereitungszeit ist.

5.7.4 Kalbemonat

Wie bereits bei der Qualität des Erstkolostrums wird in dieser Untersuchung auch bei der Menge eine signifikante saisonale Schwankung über die

5.7 Signifikante Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums

einzelnen Monate nachgewiesen ($p < 0,001$). Dabei wird deutlich, dass in den Frühlings- und Sommermonaten signifikant mehr Erstkolostrum von den Tieren gebildet wird als im Herbst oder Winter ($p < 0,001$). Klingbeil (2015) kam bei ihren Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen mit einer signifikant höheren Erstkolostrummenge im Sommer als im Herbst. Auch die durchschnittliche Menge des Erstgemelks im Frühling war tendenziell höher als in den Herbst- und Wintermonaten, wenn auch nicht so deutlich wie in dieser Arbeit. Nardone et al. (1997), welche anhand von Hitzestress einen saisonalen Einfluss simulierten, konnten dagegen keinen Zusammenhang mit der Erstkolostrummenge feststellen. Auch wenn sie ausschließlich Erstkalbinnen in ihrer Studie berücksichtigen, stehen die Ergebnisse im Widerspruch zu denen dieser Arbeit. Denn auch bei der multivariaten Regressionsanalyse der primiparen Tiere bleibt der Kalbemonat im Modell und ist mit $p < 0,001$ zudem hoch signifikant. In dem Modell wird deutlich, dass primipare Rinder in den Frühlingsmonaten Mai und April am meisten Erstkolostrum bilden, während das Modell für die pluriparen Tiere den Juli als den Monat mit der höchsten Menge Erstkolostrum zeigt. Auch im Regressionsmodell der pluriparen Kühe bleibt der Kalbemonat als signifikanter Einflussfaktor bestehen ($p = 0,003$). Demnach bestätigen diese Ergebnisse eher die Studie von Adin et al. (2009), welche einen signifikanten Einfluss von Wärmebelastung während der Trockenstehzeit auf die Erstkolostrummenge feststellen konnten. Ob jedoch allein der Temperaturunterschied zwischen den einzelnen Monaten für den saisonalen Einfluss von Bedeutung ist oder ob weitere exogene Faktoren, die einer saisonalen Veränderung unterliegen, eine Rolle spielen, kann anhand der Ergebnisse dieser Arbeit nicht abschließend geklärt werden. Nach Morin et al. (2010) scheint die Tageslichtdauer jedoch nicht zu den relevanten Faktoren zu gehören.

Vergleicht man die Qualität mit der Menge des Erstkolostrums in den einzelnen Monaten, wird eine gegensätzliche saisonale Schwankung deutlich. Während im Herbst und Winter das Erstgemelk mit der höchsten Qualität gemolken wird, ist die durchschnittliche Menge in diesen Monaten am geringsten. Am meisten wird dagegen im Frühling und Sommer gewonnen.

In diesen Monaten ist die Qualität des Erstkolostrums dann wiederum am schlechtesten. Die Abbildung 5.1 zeigt die saisonalen Unterschiede der Qualität und Menge des Erstkolostrums noch einmal im direkten Vergleich, um die konträre Schwankung zu veranschaulichen.

Diese gegensätzliche Veränderung der Qualität und Menge des Erstkolostrums über die einzelnen Monate verdeutlicht erneut den bereits erwähnten signifikanten negativen Zusammenhang zwischen diesen Parametern. Diese negative Korrelation wurde sowohl in dieser Arbeit als auch in zahlreichen vorangegangenen Untersuchungen nachgewiesen (Abschnitt 5.5, Seite 99). Trotz der größeren Menge Erstkolostrum im Frühling und Sommer sollte überschüssiges Erstkolostrum nach Möglichkeit vor allem im Februar bzw. in den übrigen Winter- oder Herbstmonaten von pluriparen Tieren gesammelt und für die spätere Verwendung auch in einer Kolostrumbank eingefroren werden. Denn für die Erstversorgung der neugeborenen Kälber ist insbesondere die Ig-Konzentration und somit die Qualität von entscheidender Bedeutung für die Gesundheit.

5.7.5 Geburtsgewicht der Kälber

Das Geburtsgewicht von 1822 Kälbern ergab im Rahmen dieser Untersuchung einen signifikanten positiven Zusammenhang ($p < 0,001$) zur Menge des Erstkolostrums und bestätigt damit die Ergebnisse von Conneely et al. (2013), Klingbeil (2015) sowie Karl und Staufenberg (2016).

Wie bereits von Klingbeil (2015) kann auch in der vorliegenden Untersuchung vermutet werden, dass das Gewicht der Kälber zur Geburt durch weitere Faktoren, wie z.B. dem Geschlecht der Kälber, der Tragezeit oder auch Lebend- und Totgeburten beeinflusst wird und demnach Scheinkorrelationen möglich sind. Nach Karl und Staufenberg (2016) stellt das Geburtsgewicht jedoch den stärksten peripartalen Einflussfaktor dar und auch in der multivariaten Regressionsanalyse dieser Arbeit setzt sich das Kälbergewicht als signifikanter Einflussfaktor im Modell gegen diese Parameter durch. Dies sowohl für primipare ($p = 0,021$) als auch für pluripare ($p < 0,001$) Rinder. In Übereinstimmung mit Karl und Staufenberg (2016)

5.7 Signifikante Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums

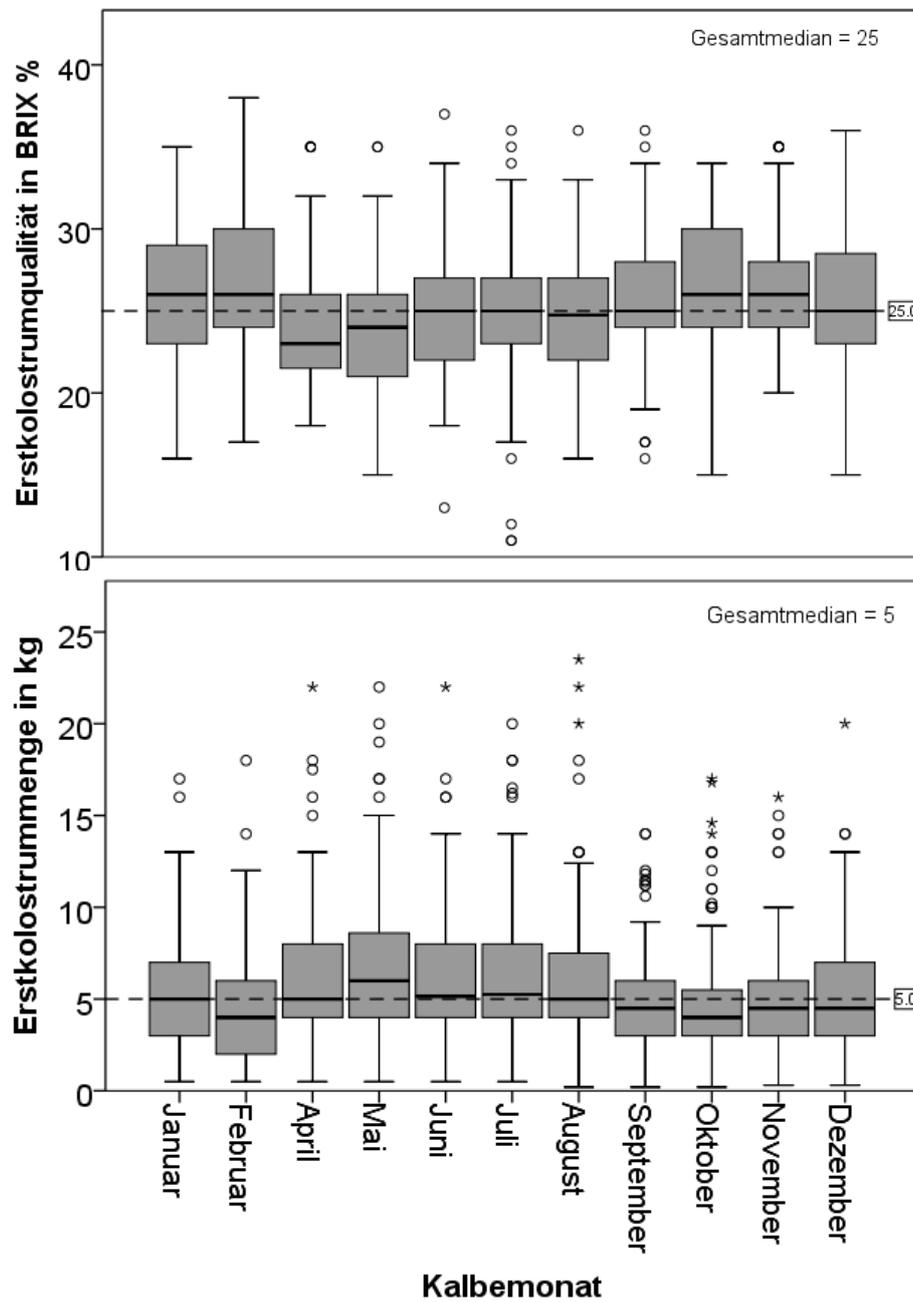


Abbildung 5.1: Die saisonalen Schwankungen der Qualität und Menge des Erstkolostrums im direkten Vergleich ($p < 0,001$)

wird dabei deutlich, dass mit jedem Kilogramm Körpergewicht des Neugeborenen sich die gebildete Menge des Erstgemelks von pluriparen Kühen um 121 g erhöht. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen zeigen jedoch auch, dass die Menge bei den primiparen Kühen dagegen nicht so stark ansteigt. Hier erhöht sich die Menge des Erstgemelks lediglich um 59 g pro Kilogramm Kälbergewicht. Von der gezielten Zucht auf schwerere Neugeborene, um die Erstkolostrummengende dadurch zu erhöhen, sollte dennoch Abstand genommen werden. Denn mit steigendem Geburtsgewicht der Kälber erhöht sich zugleich die Rate von Schweregeburten (Atashi et al., 2012; Maschurek, 2016).

Sowohl Conneely et al. (2013) als auch Klingbeil (2015) weisen darauf hin, dass aufgrund der von Berry et al. (2004) belegten Heritabilität der Körpergröße davon ausgegangen werden muss, dass größere Kühe im Durchschnitt auch größere und damit schwerere Kälber zur Welt bringen. Zudem zeigen die Untersuchungen von Berry et al. (2004), dass größere Kühe eine größere Milchmenge in der Laktation produzieren, was nach Conneely et al. (2013) auch höhere Kolostrummengen bei diesen Tieren vermuten lässt und über diesen Zusammenhang die Korrelation zwischen dem Kälbergeburtsgewicht und der Erstkolostrummengende erklärt werden könnte. Dieser vermutete positive Zusammenhang zwischen der Milchmenge und der Erstkolostrummengende wird durch die Ergebnisse von Karl und Staufenbiel (2016) bestätigt. Hier stellte sich die mittlere Milchmengentagesleistung der ersten Woche als stärkster Einflussfaktor auf die Menge des Erstgemelks heraus. Im Unterschied dazu ergaben die Untersuchungen von Kessler et al. (2014), dass eine hohe Laktationsleistung nicht gleichbedeutend mit einer hohen Erstkolostrummengende ist, da hier kein Zusammenhang nachgewiesen werden konnte. Letztendlich können diese vermuteten Scheinkorrelationen nicht ausgeschlossen werden, da sowohl die Körpergröße der Muttertiere als auch die Milchmenge nicht als Variable in die Regressionsanalyse dieser Arbeit eingegangen sind. Dieser Sachverhalt sollte in zukünftigen Untersuchungen zu diesem Thema Beachtung finden.

5.7.6 Mitarbeiter für die Kalbungen

In den Ergebnissen wird auch ein signifikanter Unterschied der Erstkolostrummenge zwischen den einzelnen Mitarbeitern, welche die Tiere nach der Kalbung zum ersten Mal melken, deutlich ($p = 0,033$). Dieser Zusammenhang verbleibt im Falle der pluriparen Tiere auch im multivariaten Regressionsmodell signifikant ($p = 0,013$). Eine mögliche Erklärung für diesen Zusammenhang wäre, dass die einzelnen Mitarbeiter die Tiere mit unterschiedlicher Gründlichkeit ausmelken und so die Menge des Erstkolostrums signifikant beeinflussen. Die daraus resultierende Schlussfolgerung wäre, dass einige Tiere nicht vollständig ausgemolken wurden. Dementsprechend würde bei diesen Tieren die ermittelte Erstkolostrummenge von der tatsächlich gebildeten Menge abweichen. Der negative Einfluss auf die Genauigkeit der Ergebnisse wäre jedoch aufgrund der sehr hohen Stichprobenzahl minimal und hätte somit keine Bedeutung für die statistische Aussagekraft dieser Arbeit. Zudem wird das Erstkolostrum in den meisten Milchviehbetrieben von mehreren Personen gewonnen. Die Studie entspricht somit Feldbedingungen. Abschließend bedeutet dieses Ergebnis jedoch, dass neben den Faktoren, welche die Synthese des Erstkolostrums beeinflussen, auch die Gründlichkeit beim ersten Melken für die gewonnene Menge von Bedeutung ist.

6 Schlussfolgerungen

- Sowohl das Refraktometer als auch das Kolostrumeter eignen sich als Feldmethode zur schnellen Beurteilung der Erstkolostrumqualität unmittelbar im Milchviehbetrieb.
- Das Refraktometer ist aufgrund seiner deutlicheren Korrelation der Messwerte zur TP-Konzentration, der besseren Benutzerfreundlichkeit, seiner Robustheit und Temperaturunabhängigkeit dem Kolostrumeter als Feldmethode überlegen.
- Der bedeutungsvolle Anteil von 22,4% an Erstkolostrum unzureichender Qualität verdeutlicht, wie wichtig die Kontrolle mithilfe von Feldmethoden ist.
- Das Erstkolostrum sollte unmittelbar nach der Kalbung gewonnen werden, um die Verdünnung durch IgG-ärmeres Sekret zu minimieren und eine möglichst hohe Qualität sicherzustellen.
- Pluripare Tiere ab der vierten Laktation bilden im Mittel das hochwertigste Erstkolostrum. Infolgedessen sollte dieses bevorzugt für die kolostrale Erstversorgung der neugeborenen Kälber und für die Einlagerung in eine Kolostrumbank verwendet werden. Die mittlere Nutzungsdauer der Tiere lag im Untersuchungsbetrieb jedoch bei 3,56 Laktationen. Demzufolge erreicht über die Hälfte der Rinder die vierte Laktation nicht. Um eine ausreichende Menge Erstgemelk sicherzustellen, muss daher auch das Erstkolostrum von Rindern der dritten Laktation genutzt werden. Dieses weist bereits eine signifikant bessere Qualität auf, verglichen mit dem Erstkolostrum von Tieren der ersten beiden Laktationen.
- Aufgrund des signifikanten positiven Einflusses der Trockenstezeit auf die Qualität des Erstkolostrums sollte zudem auf eine ausreichenden

de Gesamttrockenstehzeit geachtet werden, da diese die Qualität des Erstkolostrums positiv beeinflusst und somit auch die Kälbergesundheit indirekt fördert. Mit jedem Tag, den die Kuh länger trocken steht, steigt die Qualität um 0,037 %Brix.

- Die Qualität des Erstkolostrums unterliegt in Deutschland saisonalen Schwankungen. Dabei wird das hochwertigste Erstgemelk im Herbst und Winter gebildet. Um eine ausreichende Menge für die kolostrale Erstversorgung der neugeborenen Kälber jedoch ganzjährig gewährleisten zu können, muss auch das Erstkolostrum der übrigen Jahreszeiten genutzt werden. Demnach ist dieses Ergebnis von geringer praktischer Relevanz.
- Die Konzentration von Ca im Blutserum des Muttertieres unmittelbar nach der Kalbung steht im negativen Zusammenhang mit der Qualität des Erstkolostrums von pluriparen Rindern. Als Prädiktor für die Qualität ist die Ca-Serumkonzentration jedoch nicht geeignet.
- Wie die Qualität steht auch die Menge des gebildeten Erstkolostrums im Zusammenhang mit der Laktationszahl der Tiere. Ab der dritten Laktation bilden die Kühe dabei signifikant mehr Erstkolostrum, verglichen mit den ersten beiden Laktationen.
- Zudem schwankt die Menge ebenfalls saisonal über die Monate, gegenläufig zur Qualität. Dementsprechend wird im Herbst und Winter weniger Erstkolostrum gebildet als in den Monaten von Frühling und Sommer.
- Die Länge der Gesamttrockenstehzeit von pluriparen Tieren sowie die Vorbereitungszeit von Färsen stellen einen weiteren Einflussfaktor auf die Menge des Erstkolostrums dar. Mit jedem Tag, den die Kuh trockensteht, erhöht sich die gewonnene Menge beim ersten Melken um 35g und jeder Tag der Vorbereitungszeit erhöht die Menge um 51 g.

- Des Weiteren steht das Geburtsgewicht von Kälbern im positiven Zusammenhang zur Erstkolostrummenge mit einem Anstieg der gebildeten Menge um 121 g mit jedem Kilogramm Körpergewicht des Neugeborenen. Die gezielte Zucht auf möglichst hohe Kälbergeburts-gewichte kann unter Berücksichtigung der damit einhergehenden Stei-gerung der Schweregeburtenrate dennoch nicht empfohlen werden.
- Die gewonnene Menge Erstkolostrum unterscheidet sich zwischen den einzelnen Mitarbeitern, welche die Tiere nach der Kalbung zum ers-ten Mal melken. Dieses Ergebnis gibt einen Hinweis darauf, dass die Erstkolostrummenge auch vom Grad der Euterentleerung beim ers-ten Melken abhängt.
- Die Menge des Erstkolostrums steht im Zusammenhang zu den er-hobenen Blutparametern der Muttertiere zum Zeitpunkt der Kal-bung. Der bei pluriparen Tieren beobachtete Anstieg der NEFA-Serumkonzentration mit der Menge des gebildeten Erstkolostrums ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass für die Bildung großer Men-gen Erstgemelk viel Energie benötigt wird. Demzufolge könnte eine energie- und nährstoffreiche Versorgung um den Zeitpunkt der Kal-bung für die produzierte Menge Erstkolostrum von Bedeutung zu sein. Der Abfall der Ca-Serumkonzentration mit der Erstkolostrum-menge bei primiparen Rindern macht den hohen Ca-Bedarf bei der Synthese des Erstgemelks deutlich und bekräftigt die Bedeutung der Etablierung einer Hypokalzämieprophylaxe.
- Zudem steht die Erstkolostrummenge selbst im negativen Zusam-menhang mit der Qualität des Kolostrums von pluriparen Rindern beim ersten Melken. Mit jedem Kilogramm sinkt die Qualität um 0,338 %Brix. Dieses Ergebnis bedeutet jedoch nicht, dass eine große Menge Erstkolostrum in jedem Fall mit einer inadäquaten IgG-Kon-zentration einhergeht. Denn obwohl die Rinder der ersten beiden Laktationen die geringste Menge bilden, ist auch die Qualität des Erstkolostrums dieser Altersgruppen am geringsten. Dagegen bilden die Tiere der vierten Laktation sowohl die größte Menge als auch

das Erstgemelk mit der höchsten Qualität. Dieser Zusammenhang sowie die übrigen Ergebnisse dieser Dissertation verdeutlichen die Komplexität der Einflussfaktoren sowohl auf die Menge als auch auf die Qualität des Erstkolostrums und unterstreichen, wie wichtig die Überprüfung einer adäquaten Erstkolostrumqualität ist, um eine ausreichende Versorgung der neugeborenen Kälber mit maternalen Ig zu gewährleisten und die Kälbergesundheit somit zu optimieren. Eine routinemäßige Kontrolle der Qualität des Erstkolostrums mit einer der beiden Feldmethoden sollte daher fest im Betriebsmanagement etabliert werden.

7 Zusammenfassung

Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Qualität und Menge des Erstkolostrums unter Verwendung verschiedener Feldmethoden

Das Erstkolostrum wird vom Drüsengewebe des Euters bereits vor der Kalbung gebildet und ist das Sekret, welches nach der Geburt beim ersten Melk- oder Saugvorgang gewonnen bzw. vom Neugeborenen getrunken wird. Im Unterschied zur reifen Milch zeichnet es sich vor allem durch eine vielfach höhere Konzentration der Immunglobuline (Ig) aus. Diese ist das entscheidende Kriterium für die Qualität des Erstkolostrums. Der Gastrointestinaltrakt des Neugeborenen ist unmittelbar nach der Kalbung für einen begrenzten Zeitraum in der Lage, die enthaltenen Ig zu absorbieren. Da beim Wiederkäuer während der Trächtigkeit keine maternalen Antikörper über das Blut auf den Fetus übertragen werden, ist dieser Weg die einzige Möglichkeit, das neugeborene Kalb mit den überlebensnotwendigen Abwehrstoffen zu versorgen. Diese passive Immunisierung schützt das Kalb bis zur vollständigen Ausreifung des eigenen Immunsystems. Nur wenn es unmittelbar nach der Geburt mit Erstkolostrum mit adäquater Ig-Konzentration in ausreichender Menge versorgt wird, kann eine belastbare passive Immunisierung erreicht werden. Somit stellen die Qualität und Menge des Erstkolostrums einen wesentlichen Faktor für die Kälbergesundheit dar, welche wiederum von entscheidender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit eines Milchviehbetriebes ist.

Daher war die Zielstellung dieser Arbeit, das Kolostrometer und Brix-Refraktometer als geeignete Feldmethoden zur Beurteilung der Erstkolostrumqualität zu verifizieren. Durch die Erhebung zahlreicher Tier- sowie Stoffwechselfparameter mit anschließender Überprüfung auf einen Zusammenhang zur Qualität und Menge des Erstkolostrums sollten zudem die Einflussfaktoren aufgezeigt werden.

7 Zusammenfassung

Zu diesem Zweck wurden von April 2013 bis Februar 2014 die Herden-, Fruchtbarkeits- sowie Abkalbedaten von 1949 Rindern der Rasse *Holstein-Friesian* erfasst. Zudem wurden im peripartalen Zeitraum Blutuntersuchungen und Rückenfettdickemessungen durchgeführt. Es wurde die Menge des Erstkolostrums bestimmt und die Qualität mit einem Kolostrometer sowie Brix-Refraktometer ermittelt. Als Referenzparameter für die Qualität wurde die TP-Konzentration im Labor bestimmt.

Sowohl das Kolostrometer als auch das Brix-Refraktometer erwiesen sich als geeignete Feldmethoden, um die Qualität des Erstkolostrums unmittelbar im Milchviehbetrieb überprüfen zu können. Die Vorteile lagen jedoch beim Refraktometer in Hinblick auf Genauigkeit, Handling, Robustheit sowie der Temperaturunabhängigkeit, welche die bedeutendste Überlegenheit darstellt.

Der Anteil von 22,4% an Erstkolostrum von schlechter Qualität mit weniger als 22 %Brix macht deutlich, wie wichtig die Kontrolle mithilfe einer der beiden Feldmethoden noch vor dem Verfüttern an das Kalb ist, um eine ausreichende IgG-Erstversorgung sicherzustellen und die Bildung einer belastbaren Immunkompetenz beim Neugeborenen zu ermöglichen.

Bereits die separaten Regressionsmodelle für die primi- und pluriparen Tiere verdeutlichen den Unterschied in der Qualität und Menge des Erstkolostrums zwischen den verschiedenen Altersgruppen. Die Tiere der vierten Laktation bildeten dabei das Erstkolostrum mit der höchsten Qualität. Zudem erwiesen sich, im Falle der pluriparen Kühe, die Trockenstehzeit sowie der Kalbemonat als signifikante Einflussfaktoren und es zeigte sich ein Zusammenhang der Qualität des Erstkolostrums zur Ca-Serumkonzentration des Muttertieres zum Zeitpunkt der Kalbung. Im Modell der primiparen Rinder verblieb dagegen einzig der Kalbemonat als erklärende Variable.

Wie sich zeigte, wird die Menge des Erstkolostrums der Pluriparen von der Gesamttrockenstehzeit, dem Kälbergeburtsgewicht sowie dem Kalbemonat und vom Mitarbeiter, welcher die Kuh als erstes melkt, signifikant beeinflusst. Auch wurde ein Zusammenhang zwischen der Menge und der NEFA-Serumkonzentration zum Zeitpunkt der Geburt deutlich. Die Tiere

der vierten Laktation bildeten am meisten Erstkolostrum. Im Regressionsmodell der Primiparen verblieben hingegen die Vorbereitungszeit, das Geburtsgewicht der Kälber sowie der Monat der Kalbung als signifikante Einflussfaktoren und es wurde ein Zusammenhang der Menge zur Ca-Serumkonzentration deutlich.

Auffällig war, dass sich für die pluriparen Kühe zudem ein negativer Zusammenhang zwischen der Qualität und Menge des Erstkolostrums ergab. Dennoch bildeten die Tiere der vierten Laktation sowohl am meisten als auch das hochwertigste Erstgemelk. Diese Ergebnisse sowie die Vielzahl der Einflussfaktoren auf die Qualität und Menge des Erstkolostrums verdeutlichen die Komplexität der Zusammenhänge und unterstreichen, wie wichtig die Kontrolle eines adäquaten Ig-Gehalts mithilfe einer geeigneten Feldmethode ist. Die Überprüfung der Qualität des Kolostrums beim ersten Melken sollte daher fester Bestandteil im Betriebsablauf sein, um die Kälbergesundheit zu gewährleisten und zu optimieren.

8 Summary

Investigation of factors influencing the quality and quantity of first milking colostrum using different field methods

First milking colostrum is already formed in the udder's glandular tissue before calving and is secreted after parturition at the first milking or first suctioning of the neonatal calf. It is distinguished from mature milk above all by the much higher concentration of immunoglobulins (Ig). This concentration is the decisive criterion for the colostrum's quality. The newborn calf's gastrointestinal tract for a short time immediately after calving is capable of absorbing the Ig present in the colostrum. Since pregnant ruminants do not transfer maternal antibodies through blood to the fetus, this is the only opportunity to supply the newborn calf with these antibodies essential to its survival. This passive immunization protects the calf until its own immune system has matured completely. A reliable passive immunization will only be achieved if calves receive a sufficient quantity of colostrum immediately after parturition, containing an adequate concentration of Ig. Consequently, the quality and quantity of colostrum at first milking represent crucial factors for calf health, which, in turn, is decisive for a dairy farm's economic viability.

Therefore the objective of this study was to verify the colostrometer and Brix refractometer as suitable field methods for evaluating colostrum quality. Additionally the aim was to demonstrate the influencing factors by surveying numerous animal and metabolism parameters, followed by analyzing the relationship of these parameters to the quality and amount of first milking colostrum.

To this end, herd, fertility and calving data were collected from April 2013 to February 2014 of 1949 cows of the Holstein-Friesian breed. In addition, during the antepartum timeframe, blood tests were carried out and backfat

8 Summary

thickness (RFD) was measured. The amount of colostrum was determined and its quality detected with a colostrometer and a Brix refractometer. Total protein (TP) concentration was established in the laboratory as the quality reference parameter.

Both the colostrometer and the Brix refractometer proved to be suitable field methods for evaluation of colostrum quality on site in the dairy farm. However, the refractometer had a clear perk when it came to precision, handling, robustness and temperature compensation, which represents its most significant advantage. The 22.4% share of low-quality colostrum with less than 22 %Brix clearly shows the importance of testing with one of the field methods even before the calf is fed, to ensure a sufficient first supply with Ig and make possible the building up of a reliable immune competence in the neonatal calf.

Separate regression models for the primi- and pluriparous animals readily point up the difference in quality and quantity of colostrum between different age groups. Animals in the fourth lactation produced the best quality colostrum. It also became clear that length of dry (non-lactating) period as well as the month of calving were significant influence factors for the pluriparous cows and furthermore the quality correlated with the calcium (Ca) concentration in serum of the dam at the time of calving. However, for the model of the primiparous cows only the month of calving remained the explanatory variable.

It was demonstrated that the amount of colostrum of the pluripara was significantly influenced by the length of total dry period, the calving birth weight, the calving month and the worker that milked the cow first. A link also emerged between the amount and the concentration of non-esterified fatty acids (NEFA) in the serum of the dam at the time of birth. The animals of the fourth lactation produced the most colostrum. For the primipara regression model, on the other hand, significant influencing factors remained length of preparation period, calf birthweight, calving month and a correlation between amount and serum concentration of Ca at the time of birth was established.

Of interest is that, in the case of the pluriparous cows, there was shown a negative correlation between the quality and the quantity of first milking colostrum. Nonetheless, the animals in their fourth lactation produced the most as well as the highest-quality colostrum. These findings, and the multiplicity of factors influencing quality and quantity point up the complexity of the relationships and underline how crucial testing of an adequate Ig content with a suitable field method is. Checking the colostrum quality at the first milking should therefore be a regular feature in dairy farm operations flow if calf health is to be ensured and optimized.

Literaturverzeichnis

Adams, G. D., Bush, L. J., Horner, J. L., und Staley, T. E. (1985).
Two methods for administering colostrum to newborn calves.
J. Dairy Sci., 68(3):773–775.

Adin, G., Gelman, A., Solomon, R., Flamenbaum, I., Nikbachat, M., Yosef, E., Zenou, A., Shamay, A., Feuermann, Y., Mabjeesh, S. J., und Miron, J. (2009).
Effects of cooling dry cows under heat load conditions on mammary gland enzymatic activity, intake of food and water, and performance during the dry period and after parturition.
Livest. Sci., 124(1):189–195.

Allen, W. M. und Sansom, B. F. (1985).
Milk fever and calcium metabolism.
J. Vet. Pharmacol. Ther., 8(1):19–29.

Alley, M. L., Haines, D. M., und Smith, G. W. (2012).
Short communication: Evaluation of serum immunoglobulin G concentrations using an automated turbidimetric immunoassay in dairy calves.
J. Dairy Sci., 95(8):4596–4599.

Annen, E. L., Collier, R. J., McGuire, M. A., Vicini, J. L., Ballam, J. M., und Lormore, M. J. (2004).
Effect of modified dry period lengths and bovine somatotropin on yield and composition of milk from dairy cows.
J. Dairy Sci., 87(11):3746–3761.

Archambault, D., Morin, G., Elazhary, Y., Roy, R. S., und Joncas, J. H. (1988).
Immune response of pregnant heifers and cows to bovine rotavirus inoculation and passive protection to rotavirus infection in newborn calves fed

colostral antibodies or colostral lymphocytes.

Am. J. Vet. Res., 49(7):1084–1091.

Argüello, A., Castro, N., Álvarez, S., und Capote, J. (2006).

Effects of the number of lactations and litter size on chemical composition and physical characteristics of goat colostrum.

Small Rumin. Res., 64(1-2):53–59.

Argüello, A., Castro, N., und Capote, J. (2005).

Short communication: Evaluation of a color method for testing immunoglobulin G concentration in goat colostrum.

J. Dairy Sci., 88(5):1752–1754.

Ari, K., Bajcsy, A. C., Kacs Kovics, I., Madl, I., Takacs, L., und Szenci, O. (2007).

Methods for the detection of immunoglobulin concentration of the colostrum and in newborn calf and domestic experiences on the use of Midland-fast test.

Magy. Allatorvosok Lapja, 129(5):259–268.

Atashi, H., Abdolmohammadi, A., Dadpasand, M., und Asaadi, A. (2012).

Prevalence, risk factors and consequent effect of dystocia in Holstein dairy cows in Iran.

Asian-Australas. J. Anim. Sci., 25(4):447.

Baintner, K. (2007).

Transmission of antibodies from mother to young: Evolutionary strategies in a proteolytic environment.

Vet. Immunol. Immunopathol., 117(3-4):153–161.

Bar, E., Foris, I., Miron, M., Bojita, M., und Mihai, G. (2009).

Determination of the content of immunoglobulin (IgG) and lactoferrin in bovine colostrum - comparative study.

Bull. Univ. Agric. Sci. Vet. Med. Cluj Napoca, 66(1/2):157–161.

Bar, E., Tiris, I., Miron, M., Bojita, M., und Mihai, G. (2010).

The relationship between the content of immunoglobulin (IgG), lactoferrin

and density in bovine colostrum-comparative study.

Bull. Univ. Agric. Sci. Vet. Med. Cluj Napoca, 67(1/2):70–74.

Barrington, G. M., Besser, T. E., Davis, W. C., Gay, C. C., Reeves, J. J., und McFadden, T. B. (1997).

Expression of immunoglobulin G1 receptors by bovine mammary epithelial cells and mammary leukocytes.

J. Dairy Sci., 80(1):86–93.

Barrington, G. M., McFadden, T. B., Huyler, M. T., und Besser, T. E. (2001).

Regulation of colostrogenesis in cattle.

Livest. Prod. Sci., 70(1-2):95–104.

Bartier, A. L., Windeyer, M. C., und Doepel, L. (2015).

Evaluation of on-farm tools for colostrum quality measurement.

J. Dairy Sci., 98(3):1878–1884.

Bass II, R. T., Swecker, W. S., und Eversole, D. E. (2001).

Effects of oral vitamin E supplementation during late gestation in beef cattle that calved in late winter and late summer.

Am. J. Vet. Res., 62(6):921–927.

BauernZeitung.at (2014).

So kann man die Qualität von Biestmilch gleich an der Melkprobe bewerten.

<http://www.bauernzeitung.at/?+So+kann+man+die+Qualitaet+von+Biestmilch+gleich+an+der+Melkprobe+bewerten+&id=2500%2C1038459%2C%2C%2Cc1F1PSUyMCZjdD000CZtb2RlPW5leHQmcGFnaW5nPX1lc18yMF80MCZyZW10ZXI9MTMwJmJhY2s9MQ%3D%3D>, zuletzt geprüft am 11.11.2016.

Baumrucker, C. R., Burkett, A. M., Magliaro-Macrina, A. L., und Dechow, C. D. (2010).

Colostrogenesis: mass transfer of immunoglobulin G1 into colostrum.

J. Dairy Sci., 93(7):3031–3038.

Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R. D., und Veerkamp, R. F. (2004).

Genetic relationships among linear type traits, milk yield, body weight, fertility and somatic cell count in primiparous dairy cows.

Ir. J. Agr. Food Res., (43):161–176.

Besser, T. E., Gay, C. C., und Pritchett, L. (1991).

Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves.

J. Am. Vet. Med. Assoc., 198(3):419–422.

Bessi, R., Pauletti, P., d'Arce, R. D., und Machado Neto, R. (2002a).

Colostrum anti-bodies absorption in calves. II. Distal small intestine study.

R. Bras. Zootec., 31(6):2325–2331.

Bessi, R., Pauletti, P., d'Arce, R. D., und Machado Neto, R. (2002b).

Colostrum anti-bodies absorption in dairy calves. I. Proximal small intestine study.

R. Bras. Zootec., 31(6):2314–2324.

Bielmann, V., Gillan, J., Perkins, N. R., Skidmore, A. L., Godden, S., und Leslie, K. E. (2010).

An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle.

J. Dairy Sci., 93(8):3713–3721.

Blecha, F., Bull, R. C., Olson, D. P., Ross, R. H., und Curtis, S. (1981).

Effects of prepartum protein restriction in the beef cow on immunoglobulin content in blood and colostrum whey and subsequent immunoglobulin absorption by the neonatal calf.

J. Anim. Sci., 53(5):1174–1180.

Brandon, M. R. und Lascelles, A. K. (1975).

Effect of pre-partum milking on the transfer of immunoglobulin into mammary secretion of cows.

Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci., 53(3):197–204.

- Brandon, M. R., Watson, D. L., und Lascelles, A. K. (1971).
The mechanism of transfer of immunoglobulin into mammary secretion of cows.
Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci., 49(6):613–623.
- Brenner, J., Samina, I., Machnai, B., Friedman, S., und Efron, Y. (1997).
Impact of vaccination of pregnant cows on colostrum IgG levels and on term of pregnancy. Field observations.
Isr. J. Vet. Med., 52(2/3):56–59.
- Bruckmaier, R. M. (2009).
Laktation
In: Physiologie der Haustiere, Engelhardt, W. und Breves, G.,
Enke Verlag, Stuttgart, 3. Auflage, Kapitel: 23.
- Bruckmaier, R. M. und Krömker, V. (2007a).
Kolostrumgenese und Laktogenese
In: Kurzes Lehrbuch Milchkunde und Milchhygiene,
Parey Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, Kapitel: 3.3.2.
- Bruckmaier, R. M. und Krömker, V. (2007b).
Zellgehalt bei Mastitiden
In: Kurzes Lehrbuch Milchkunde und Milchhygiene,
Parey Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, Kapitel: 5.4.2.
- Burton, J. H., Hosein, A. A., McMillan, I., Grieve, D. G., und Wilkie, B. N. (1984).
Immunoglobulin absorption in calves as influenced by dietary protein intakes of their dams.
Can. J. Anim. Sci., 64(5):185–186.
- Cash, R. S. G. (1999).
Colostrum quality determined by refractometry.
Equine Vet. Educ., 11(1):36–38.

Chase, C. C. L., Hurley, D. J., und Reber, A. J. (2008).

Neonatal immune development in the calf and its impact on vaccine response.

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 24(1):87–104.

Chavatte, P., Clément, F., Cash, R., und Grongnet, J. F. (1998).

Field determination of colostrum quality by using a novel, practical method.

Proc Annual Convention AAEP, 44:206–209.

Chelack, B. J., Morley, P. S., und Haines, D. M. (1993).

Evaluation of methods for dehydration of bovine colostrum for total replacement of normal colostrum in calves.

Can. Vet. J., 34(7):407–412.

Chigerwe, M., Dawes, M. E., Tyler, J. W., Middleton, J. R., Moore, M. P., und Nagy, D. M. (2005).

Evaluation of a cow-side immunoassay kit for assessing IgG concentration in colostrum.

J. Am. Vet. Med. Assoc., 227(1):129–131.

Chigerwe, M. und Hagey, J. V. (2014).

Refractometer assessment of colostrum and serum IgG and milk total solids concentrations in dairy cattle.

BMC Vet. Res., 10(178).

Chigerwe, M., Tyler, J. W., Middleton, J. R., Spain, J. N., Dill, J. S., und Steevens, B. J. (2008).

Comparison of four methods to assess colostrum IgG concentration in dairy cows.

J. Am. Vet. Med. Assoc., 233(5):761–766.

Clover, C. K. und Zarkower, A. (1980).

Immunologic responses in colostrum-fed and colostrum-deprived calves.

Am. J. Vet. Res., 41(7):1002–1007.

Conneely, M., Berry, D. P., Sayers, R., Murphy, J. P., Lorenz, I., Doherty, M. L., und Kennedy, E. (2013).

Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows.

Animal, 7(11):1824–1832.

Daetz, C. (2009).

Untersuchungen zur Konditionsentwicklung bei Milchkühen in der Trockenstehperiode mittels ultrasonographischer Messung der Rückenfettdicke und deren Einfluss auf Leistung, Fruchtbarkeit und Tiergesundheit in der Früh lactation.

Dissertation, Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin.

DeLong, W. J., Waldhalm, D. G., Hall, R. F., und Everson, D. O. (1979).

Restricted dietary protein in pregnant beef cows: II. Effect on the immune response.

Theriogenology, 12(2):69–77.

DeNise, S. K., Robison, J. D., Stott, G. H., und Armstrong, D. V. (1989).

Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers.

J. Dairy Sci., 72(2):552–554.

Devery Pocius, J. E. und Larson, B. L. (1983).

Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostrum immunoglobulins.

J. Dairy Sci., 66(2):221–226.

Donovan, G. A., Badinga, L., Collier, R. J., Wilcox, C. J., und Braun, R. K. (1986).

Factors influencing passive transfer in dairy calves.

J. Dairy Sci., 69(3):754–759.

Ebert, A. (2007).

Vergleichende Untersuchungen zum Einfluss des Kolostrum-Drenchens bei neugeborenen Kälbern auf Immunstatus und Gesundheit.

Dissertation, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Eihvalde, I., Kairisa, D., und Zagorska, J. (2012).

Analysis of factors influencing immunoglobulin concentration in colostrum of dairy cows.

Lucrări Științifice-Seria Zootehnie, 57:256–259.

Elfstrand, L., Lindmark-Månsson, H., Paulsson, M., Nyberg, L., und Åkeson, B. (2002).

Immunoglobulins, growth factors and growth hormone in bovine colostrum and the effects of processing.

Int. Dairy J., 12(11):879–887.

Etzel, L. R., Strohbehm, R. E., und McVicker, J. K. (1997).

Development of an automated turbidimetric immunoassay for quantification of bovine serum immunoglobulin G.

Am. J. Vet. Res., 58(11):1201–1205.

Faber, S. N., Faber, N. E., Mccauley, T. C., und Ax, R. L. (2005).

Case study: Effects of colostrum ingestion on lactational performance 1.

Prof. Anim. Sci., 21(5):420–425.

Fernandez, F. M., Conner, M. E., Parwani, A. V., Todhunter, D., Smith, K. L., Crawford, S. E., Estes, M. K., und Saif, L. J. (1996).

Isotype-specific antibody responses to rotavirus and virus proteins in cows inoculated with subunit vaccines composed of recombinant SA11 rotavirus core-like particles (CLP) or virus-like particles (VLP).

Vaccine, 14(14):1303–1312.

Field, R. W., Bretzlaff, K. N., Elmore, R. G., und Rupp, G. P. (1989).

Effect of induction of parturition on immunoglobulin content of colostrum and calf serum.

Theriogenology, 32(3):501–506.

Fleenor, W. A. und Stott, G. H. (1980).

Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine

colostrum 1.

J. Dairy Sci., 63(6):973–977.

Fleenor, W. A. und Stott, G. H. (1981).

Single radial immunodiffusion analysis for quantitation of colostral immunoglobulin concentration.

J. Dairy Sci., 64(5):740–747.

Flodr, H. (2009).

Evaluation of field tests for assessing alpaca colostrum.

BVZS ZooMed Bulletin, March 2009.

Fox, P. F. und McSweeney, P. L. H. (2003).

Advanced Dairy Chemistry–1 Proteins: Part A / Part B.

Springer US and Imprint and Springer, Boston, MA, 3rd edition.

Franklin, S. T., Newman, M. C., Newman, K. E., und Meek, K. I. (2005).

Immune parameters of dry cows fed mannan oligosaccharide and subsequent transfer of immunity to calves.

J. Dairy Sci., 88(2):766–775.

Godden, S. (2008).

Colostrum management for dairy calves.

Vet. Clin. Food Anim., 24(1):19–39.

Goff, J. P. (2000).

Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders.

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 16(2):319–337.

Gomes, V., Madureira, K. M., Soriano, S., Libera, A. M. M. P. D., Blagitz, M. G., und Benesi, F. J. (2011).

Factors affecting immunoglobulin concentration in colostrum of healthy Holstein cows immediately after delivery.

Pesqui. Vet. Bras., 31(1):53–56.

Gross, J. J., Kessler, E. C., Bjerre-Harpoth, V., Dechow, C., Baumrucker, C. R., und Bruckmaier, R. M. (2014).

Peripartal progesterone and prolactin have little effect on the rapid transport of immunoglobulin G into colostrum of dairy cows.

J. Dairy Sci., 97(5):2923–2931.

Gulay, M. S., Hayen, M. J., Head, H. H., Wilcox, C. J., und Bachman, K. C. (2005).

Milk production from Holstein half udders after concurrent thirty- and seventy-day dry periods.

J. Dairy Sci., 88(11):3953–3962.

Gulinski, P., Mlynek, K., und Giersz, B. (2006a).

Effect of length of post-calving period and age of cows on the level of colostrum immunoglobulins.

Rocz. Nauk. Zoot., 33(2):193–200.

Gulinski, P., Niedzialek, G., Salamonczyk, E., und Gorski, T. (2006b).

Immunoglobulin content in colostrum of cows within select genetic and environmental factors.

Med. Weter., 62(3):339–342.

Gulliksen, S. M., Lie, K. I., Sølverød, L., und Østerås, O. (2008).

Risk factors associated with colostrum quality in norwegian dairy cows.

J. Dairy Sci., 91(2):704–712.

Gürtler, H. und Schweigert, F. J. (2005).

Physiologie der Laktation

In: Physiologie der Haustiere, Engelhardt, W. und Breves, G.,

Enke Verlag, Stuttgart, 2. Auflage, Kapitel: 20.

Guy, M. A., McFadden, T. B., Cockrell, D. C., und Besser, T. E. (1994a).

Effects of unilateral prepartum milking on concentrations of immunoglobulin G1 and prolactin in colostrum.

J. Dairy Sci., 77(12):3584–3591.

Guy, M. A., McFadden, T. B., Cockrell, D. C., und Besser, T. E. (1994b).

Regulation of colostrum formation in beef and dairy cows.

J. Dairy Sci., 77(10):3002–3007.

- Halliday, R., Russel, A. J., Williams, M. R., und Peart, J. N. (1978).
Effects of energy intake during late pregnancy and of genotype on immunoglobulin transfer to calves in suckler herds.
Res. Vet. Sci., 24(1):26–31.
- Harker, D. B. (1978).
A simple estimation of the immunoglobulin content of ewe colostrum.
Vet. Rec., 103(1):8–9.
- Hernandez, D., Nydam, D. V., Godden, S. M., Bristol, L. S., Kryzer, A., Ranum, J., und Schaefer, D. (2016).
Brix refractometry in serum as a measure of failure of passive transfer compared to measured immunoglobulin G and total protein by refractometry in serum from dairy calves.
Veterinary journal, 211:82–87.
- Hodgins, D. C. und Shewen, P. E. (1996).
Preparturient vaccination to enhance passive immunity to the capsular polysaccharide of *Pasteurella haemolytica* A1.
Vet. Immunol. Immunopathol., 50(1-2):67–77.
- Hoerlein, A. B. und Jones, D. L. (1977).
Bovine immunoglobulins following induced parturition.
J. Am. Vet. Med. Assoc., 170(3):325–326.
- Hough, R. L., McCarthy, F. D., Kent, H. D., Eversole, D. E., und Wahlberg, M. L. (1990).
Influence of nutritional restriction during late gestation on production measures and passive immunity in beef cattle.
J. Anim. Sci., 68(9):2622–2627.
- Jaster, E. H. (2005).
Evaluation of quality, quantity, and timing of colostrum feeding on immunoglobulin G1 absorption in jersey calves.
J. Dairy Sci., 88(1):296–302.

Jin, M., Shao, H., Jiang, Z., Jin, F., Chen, T., und Wang, J. (2012).
A reliable immunoturbidimetry method for immunoglobulin G in bovine colostrum.

Food Agric. Immunol., 23(2):133–144.

Jochims, K., Kaup, F. J., Drommer, W., und Pickel, M. (1994).

An immunoelectron microscopic investigation of colostrum IgG absorption across the intestine of newborn calves.

Res. Vet. Sci., 57(1):75–80.

Kaewlamun, W., Okouyi, M., Humblot, P., Remy, D., Techakumphu, M., Duvaux-Ponter, C., und Ponter, A. A. (2011).

The influence of a supplement of beta -carotene given during the dry period to dairy cows on colostrum quality, and beta -carotene status, metabolites and hormones in newborn calves.

Anim. Feed Sci. Technol., 165(1/2):31–37.

Karl, M. und Staufenbiel, R. (2016).

Einflussfaktoren auf die Erstkolostrummenge bei Holstein-Friesian-Kühen und deren Beziehungen zur postpartalen Kalziumkonzentration.

Tierärztl. Prax. Großtiere, 44(6):345–354.

Kehoe, S. I., Heinrichs, A. J., Moody, M. L., Jones, C. M., und Long, M. R. (2011).

Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrum.

Prof. Anim. Sci., 27(3):176–180.

Kehoe, S. I., Jayarao, B. M., und Heinrichs, A. J. (2007).

A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms.

J. Dairy Sci., 90(9):4108–4116.

Kessler, E. C., Bruckmaier, R. M., und Gross, J. J. (2014).

Milk production during the colostrum period is not related to the later

lactational performance in dairy cows.

J. Dairy Sci., 97(4):2186–2192.

Kim, Y., Nielsen, P. R., Hodgins, D., Chang, K. O., und Saif, L. J. (2002).
Lactogenic antibody responses in cows vaccinated with recombinant bovine rotavirus-like particles (VLPs) of two serotypes or inactivated bovine rotavirus vaccines.

Vaccine, 20(7-8):1248–1258.

Kinal, S., Korniewicz, A., Rzasa, A., Korniewicz, D., Bialon, K., und Lubojemska, B. (2007).

Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast metabolites on colostrum quality and passive immunity transfer in calves.

Bull. Vet. Inst. Pulawy, 51(1):105–108.

Kinal, S., Rzasa, A., und Korniewicz, A. (2004).

Mineral bioplex supplementation of diets for cows affects colostrum quality and immunoglobulins in calf blood serum.

J. Anim. Feed Sci., 13(supplement 2):79–82.

Kindlein, L., Pauletti, P., Bagaldo, A. R., und Machado-Neto, R. (2008).

Ultrastructural characteristics of the intestinal mucosa of newborn calves fed in the second meal with colostrum enriched with IGF-I and IgG.

R. Bras. Zootec., 37(1):122–128.

Klingbeil, M. (2015).

Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Menge, Qualität und den Calciumgehalt des Erstkolostrums bei Holstein Friesian.

Dissertation, Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin.

Kolb, E. und Seehawer, J. (2002).

Die Bedeutung der Immunglobuline, der Vitamine und der Wachstumsfaktoren des Kolostrums für das Kalb.

Tierärztl. Umsch., 57(7):348–354.

Kraft, W. und Dürr, U. M. (2013).

Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin.

Schattauer Verlag, Stuttgart, 7. Auflage.

Kruse, P. E. (1983).

The importance of colostral immunoglobulins and their absorption from the intestine of the newborn animals.

Ann. Rech. Vet., 14(4):349–353.

Kruse, V. (1970).

Yield of colostrum and immunoglobulin in cattle at the first milking after parturition.

Animal Prod., 12:619–626.

Kume, S., Nonaka, K., und Oshita, T. (2003).

Relationship between parity and mineral status in dairy cows during the periparturient period.

Anim. Sci. J., 74(3):211–215.

Kume, S. und Tanabe, S. (1993).

Effect of parity on colostral mineral concentrations of Holstein cows and value of colostrum as a mineral source for newborn calves.

J. Dairy Sci., 76(6):1654–1660.

Kume, S., Yanamoto, E., Kudo, T., Toharmat, T., und Nonaka, I. (1998).

Effect of parity on mineral concentration in milk and plasma of holstein cows during early lactation.

Asian-Australas. J. Anim. Sci., 11(2):133–138.

Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B., und Nardone, A. (1996).

Effects of selenium and vitamin E administration during a late stage of pregnancy on colostrum and milk production in dairy cows, and on passive immunity and growth of their offspring.

Am. J. Vet. Res., 57(12):1776–1780.

Lambrecht, G. (1980).

Untersuchungen über den Immunglobulin- und Molkenproteingehalt (Nephelometrie, einfache radiale Immunodiffusion und Kjeldahlverfahren) im Erstkolostrum beim Rind mit besonderer Berücksichtigung von Umweltbedingungen und Vererbung.

Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.

Larson, B. L., Heary, H. L., und Devery, J. E. (1980).

Immunoglobulin production and transport by the mammary gland.

J. Dairy Sci., 63(4):665–671.

LeBlanc, M. M., McLaurin, B. I., und Boswell, R. (1986).

Relationships among serum immunoglobulin concentration in foals, colostrum specific gravity, and colostrum immunoglobulin concentration.

J. Am. Vet. Med. Assoc., 189(1):57–60.

Leitner, G., Krifucks, O., Jacoby, S., Lavi, Y., und Silanikove, N. (2008).

Concentrations of ganglioside type M1 and immunoglobulin G in colostrum are inversely related to bacterial infection at early lactation in cows.

J. Dairy Sci., 91(9):3337–3342.

Levieux, D. und Ollier, A. (1999).

Bovine immunoglobulin G, beta-lactoglobulin, alpha-lactalbumin and serum albumin in colostrum and milk during the early post partum period.

J. Dairy Res., 66(3):421–430.

LKV Mecklenburg-Vorpommern e.V. (2013).

MLP-Jahresabschluss 2013.

Lombardi, P., Avallone, L., Pagnini, U., d'Angelo, D., und Bogin, E. (2001).

Evaluation of buffalo colostrum quality by estimation of enzyme activity levels.

J. Food Prot., 64(8):1265–1267.

Lona-D, V. und Romero-R, C. (2001).

Short communication: Low levels of colostrum immunoglobulins in some

dairy cows with placental retention.

J. Dairy Sci., 84(2):389–391.

Losand, B., Harms, J., Blum, E., Flor, J., Rehbock, F., Brucker, B., Wangler, A., und Rudolphi, B. (2010).

Auswirkungen einer verkürzten Trockensteherfütterung auf die Stoffwechsellage, Energiebilanz, Abkalbeverhalten, Kolostrumqualität, Milchleistung und Fruchtbarkeitsparameter von Milchkühen.

Forschungsbericht der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft.

LSUMC/MIP Dental Microbiology Lab (2002).

Antigen-Antibody I.

<http://www.webcitation.org/6D50ZQ3EW>, zuletzt aktualisiert am 21.12.2012, zuletzt geprüft am 30.03.2015.

Mancini, G., Carbonara, A. O., und Heremans, J. F. (1965).

Immunochemical quantitation of antigens by single radial immunodiffusion.

Immunochemistry, 2(3):235–IN6.

Mansfeld, R., Sauter-Louis, C., und Martin, R. (2012).

Auswirkungen der Länge der Trockenstehzeit bei Milchkühen auf Leistung, Gesundheit, Fruchtbarkeit und Kolostrumqualität.

Tierärztl. Prax. Großtiere, 40(4):239–250.

Maschurek, N. (2016).

Untersuchung von Einflussfaktoren auf den Geburtsverlauf bei Kühen und auf das Kälbergeburtsgewicht.

Dissertation, Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin.

Maunsell, F. P., Morin, D. E., Constable, P. D., Hurley, W. L., und McCoy, G. C. (1999).

Use of mammary gland and colostrum characteristics for prediction of colostrum IgG1 concentration and intramammary infection in Holstein cows.

J. Am. Vet. Med. Assoc., 214(12):1817–1823.

Maunsell, F. P., Morin, D. E., Constable, P. D., Hurley, W. L., McCoy, G. C., Kakoma, I., und Isaacson, R. E. (1998).

Effects of mastitis on the volume and composition of colostrum produced by Holstein cows.

J. Dairy Sci., 81(5):1291–1299.

McGuirk, S. M. (2008).

Disease management of dairy calves and heifers.

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 24(1):139–153.

McNulty, M. und Logan, E. (1987).

Effect of vaccination of the dam on rotavirus infection in young calves.

Vet. Rec., 120(11):250–252.

Mechor, G. D., Gröhn, Y. T., McDowell, L. R., und Van Saun, R. J. (1992).

Specific gravity of bovine colostrum immunoglobulins as affected by temperature and colostrum components.

J. Dairy Sci., 75(11):3131–3135.

Mechor, G. D., Gröhn, Y. T., und Van Saun, R. J. (1991).

Effect of temperature on colostrometer readings for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum.

J. Dairy Sci., 74(11):3940–3943.

Molla, A. (1980).

Estimation of bovine colostrum immunoglobulins by refractometry.

Vet. Rec., 107(2):35–36.

Moore, M., Tyler, J. W., Chigerwe, M., Dawes, M. E., und Middleton, J. R. (2005).

Effect of delayed colostrum collection on colostrum IgG concentration in dairy cows.

J. Am. Vet. Med. Assoc., 226(8):1375–1377.

Moretti, D. B., Nordi, W. M., Lima, A. L., Pauletti, P., und Machado-Neto, R. (2013).

Enterocyte IgG uptake in the small intestine of goat kids during the period

of passive immunity acquisition.

Small Rumin. Res., 114(1):182–187.

Morin, D. E., Constable, P. D., Maunsell, F. P., und McCoy, G. C. (2001).
Factors associated with colostrum specific gravity in dairy cows.

J. Dairy Sci., 84(4):937–943.

Morin, D. E., Nelson, S. V., Reid, E. D., Nagy, D. W., Dahl, G. E., und
Constable, P. D. (2010).

Effect of colostrum volume, interval between calving and first milking, and
photoperiod on colostrum IgG concentrations in dairy cows.

J. Am. Vet. Med. Assoc., 237(4):420–428.

Morrill, K. M., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., und Tyler,
H. (2012a).

Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy
farms in the United States.

J. Dairy Sci., 95(7):3997–4005.

Morrill, K. M., Conrad, E., Polo, J., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J.,
und Tyler, H. (2012b).

Estimate of colostrum immunoglobulin G concentration using refractometry
without or with caprylic acid fractionation.

J. Dairy Sci., 95(7):3987–3996.

Morrill, K. M., Robertson, K. E., Spring, M. M., Robinson, A. L., und
Tyler, H. D. (2015).

Validating a refractometer to evaluate immunoglobulin G concentration in
Jersey colostrum and the effect of multiple freeze–thaw cycles on evaluating
colostrum quality.

J. Dairy Sci., 98(1):595–601.

Muller, L. D. und Ellinger, D. K. (1981).

Colostrum immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle.

J. Dairy Sci., 64(8):1727–1730.

- Myers, L. L. und Snodgrass, D. R. (1982).
Colostrum and milk antibody titers in cows vaccinated with a modified live-rotavirus-coronavirus vaccine.
J. Am. Vet. Med. Assoc., 181(5):486–488.
- Nardone, A., Lacetera, N., Bernabucci, U., und Ronchi, B. (1997).
Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period.
J. Dairy Sci., 80(5):838–844.
- National Research Council (2001).
Nutrient Requirements of Dairy Cattle.
National Academies Press, Washington, D.C., 7th revised edition.
- Neville, M. C. (2005).
Calcium secretion into milk.
J. Mammary Gland Biol. Neoplasia, 10(2):119–128.
- Nonnecke, B. J., Kimura, K., Goff, J. P., und Kehrl, M. E. (2003).
Effects of the mammary gland on functional capacities of blood mononuclear leukocyte populations from periparturient cows.
J. Dairy Sci., 86(7):2359 – 2368.
- Norman, L. M., Hohenboken, W. D., und Kelley, K. W. (1981).
Genetic differences in concentration of immunoglobulins G1 and M in serum and colostrum of cows and in serum of neonatal calves.
J. Anim. Sci., 53(6):1465–1472.
- Nowak, W., Mikula, R., Zachwieja, A., Paczynska, K., Pecka, E., Drzazga, K., und Slosarz, P. (2012).
The impact of cow nutrition in the dry period on colostrum quality and immune status of calves.
Pol. J. Vet. Sci., 15(1):77–82.
- Oetzel, G. R., Olson, J. D., Curtis, C. R., und Fettman, M. J. (1988).
Ammonium chloride and ammonium sulfate for prevention of parturient

paresis in dairy cows.

J. Dairy Sci., 71(12):3302–3309.

Parish, S. M., Tyler, J. W., Besser, T. E., Gay, C. C., und Krytenberg, D. (1997).

Prediction of serum IgG1 concentration in Holstein calves using serum gamma glutamyltransferase activity.

J. Vet. Intern. Med., 11(6):344–347.

Pavlata, L., Prasek, J., Filipek, J., und Pechova, A. (2004).

Influence of parenteral administration of selenium and vitamin E during pregnancy on selected metabolic parameters and colostrum quality in dairy cows at parturition.

Vet. Med. (Praha), 49(5):149–155.

Pethes, G., Frenyo, V. L., Somorjai, G., und Ceren-Ocirin, E. (1987).

Colostrum beta-carotene and immunoglobulin G levels of cows in the early postpartum period.

Acta Vet. Hung., 35(4):449–456.

Pritchett, L. C., Gay, C. C., Besser, T. E., und Hancock, D. D. (1991).

Management and production factors influencing immunoglobulin G1 concentration in colostrum from Holstein cows.

J. Dairy Sci., 74(7):2336–2341.

Pritchett, L. C., Gay, C. C., Hancock, D. D., und Besser, T. E. (1994).

Evaluation of the hydrometer for testing immunoglobulin G1 concentrations in Holstein colostrum.

J. Dairy Sci., 77(6):1761–1767.

Quigley, J. D. und Drewry, J. J. (1998).

Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and postcalving.

J. Dairy Sci., 81(10):2779–2790.

Quigley, J. D., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., und Polo, J. (2013).

Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G con-

centration in bovine colostrum.

J. Dairy Sci., 96(2):1148–1155.

Quigley, J. D., Martin, K. R., Dowlen, H. H., Wallis, L. B., und Lamar, K. (1994).

Immunoglobulin concentration, specific gravity, and nitrogen fractions of colostrum from Jersey cattle.

J. Dairy Sci., 77(1):264–269.

Quigley, J. D., Strohbehm, R. E., Kost, C. J., und O'Brien, M. M. (2001).

Formulation of colostrum supplements, colostrum replacers and acquisition of passive immunity in neonatal calves.

J. Dairy Sci., 84(9):2059–2065.

Raboisson, D. und Schelcher, F. (2009).

Selenium and transfer of passive immunity: selenic status of the cow and IgG concentration of colostrum.

Nouv. prat. vét. élevé. santé, (11):61–63.

Rastani, R. R., Grummer, R. R., Bertics, S. J., Gumen, A., Wiltbank, M. C., Mashek, D. G., und Schwab, M. C. (2005).

Reducing dry period length to simplify feeding transition cows: milk production, energy balance, and metabolic profiles.

J. Dairy Sci., 88(3):1004–1014.

Reichardt, W. und Eckert, B. (1991).

Zur Bestimmung des Proteingehaltes von Milch, Käse und Fleisch mit Hilfe der Biuret-Reaktion.

Food/Nahrung, 35(7):731–738.

Roberts, T., Chapinal, N., Leblanc, S. J., Kelton, D. F., Dubuc, J., und Duffield, T. F. (2012).

Metabolic parameters in transition cows as indicators for early-lactation culling risk.

J. Dairy Sci., 95(6):3057–3063.

- Robinson, P. H., Moorby, J. M., und Gisi, D. D. (2009).
Colostrum production by primiparous and multiparous Holstein dairy cows and its usefulness as an estimator of full lactation milk yield.
Livest. Sci., 125(2-3):323–325.
- Robison, J. D., Stott, G. H., und DeNise, S. K. (1988).
Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer.
J. Dairy Sci., 71(5):1283–1287.
- Rudovsky, A., Locher, L., Zeyner, A., Sobiraj, A., und Wittek, T. (2008).
Measurement of immunoglobulin concentration in goat colostrum.
Small Rumin. Res., 74(1-3):265–269.
- Sacerdote, P., Mussano, F., Franchi, S., Panerai, A. E., Bussolati, G., Carrossa, S., Bartorelli, A., und Bussolati, B. (2013).
Biological components in a standardized derivative of bovine colostrum.
J. Dairy Sci., 96(3):1745–1754.
- Sangild, P. T. (2003).
Uptake of colostral immunoglobulins by the compromised newborn farm animal.
Acta Vet. Scand., 44(Suppl 1):105.
- Sarelli, L., Luukkanen, L., und Sankari, S. (2000).
Determination of mare colostrum quality by measuring specific gravity.
Suomen Eläinlääkäri-lehti, 106(4):215–220.
- Schnorr, B. und Kressin, M. (2006).
Embryologie der Haustiere.
Enke Verlag, Stuttgart, 5. Auflage.
- Scholz, H., Knutzen, G., Fischer, B., und Wähner, M. (2011).
Einflussfaktoren auf die Qualität der Kolostralmilch von Milchkühen.
Züchtungskunde, 83(6):396–405.
- Schweigert, F. J. (2008).
Lactogenese

In: Praktischer Leitfaden Mastitis: Vorgehen beim Einzeltier und im Bestand, Winter, P.,
Parey Verlag, Stuttgart, Kapitel: 1.2.2.

Shearer, J., Mohammed, H. O., Brenneman, J. S., und Tran, T. Q. (1992).
Factors associated with concentrations of immunoglobulins in colostrum at
the first milking post-calving.
Prev. Vet. Med., 14(1-2):143–154.

Shoshani, E., Rozen, S., und Doekes, J. J. (2014).
Effect of a short dry period on milk yield and content, colostrum quality,
fertility, and metabolic status of Holstein cows.
J. Dairy Sci., 97(5):2909–2922.

Silper, B. F., Coelho, S. G., Madeira, M. M. F., Ruas, J. R. M., Lana, A.
M. Q., Reis, R. B., und Saturnino, H. M. (2012).
Colostrum quality evaluation and passive immunity transfer in crossbred
Holstein Zebu cattle.
Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., 64(2):281–285.

Singh, A., Ahuja, S. P., und Singh, B. (1993).
Individual variation in the composition of colostrum and absorption of
colostral antibodies by the precolostral buffalo calf.
J. Dairy Sci., 76(4):1148–1156.

Soares Filho, P. M., Belem, P. A. D., Ribeiro Junior, J. I., und Salcedo, J.
H. P. (2001).
Colostrum immunoglobulin G concentrations in crossbred holstein-zebu dai-
ry cows.
Cienc. Rural, 31(6):1033–1037.

Staufenbiel, R. (1992).
Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes - Untersuchungskonzept und
Messung der Rückenfettdicke.
Mh. Vet.-Med., 47:467–474.

Stewart, J. und McCallum, J. W. (1938).

The vitamin A content of the colostrum of dairy cows.

J. Agr. Sci., 28:428–436.

Stockdale, C. R. und Smith, C. J. (2004).

Effect of energy and protein nutrition in late gestation on immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows with varying body condition scores.

Proc. Aust. Soc. Anim. Prod., 25:176–179.

Stromberg, B. E. und Moon, R. D. (2008).

Parasite control in calves and growing heifers.

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 24(1):105–116.

Swecker, W. S., J., Thatcher, C. D., Eversole, D. E., Blodgett, D. J., und Schurig, G. G. (1995).

Effect of selenium supplementation on colostral IgG concentration in cows grazing selenium-deficient pastures and on postsuckle serum IgG concentration in their calves.

Am. J. Vet. Res., 56(4):450–453.

Tesfa, A. T., Tuori, M., Syrjälä-Qvist, L., Pösö, R., Saloniemi, H., Heinonen, K., Kivilahti, K., Saukko, T., und Lindberg, L.-A. (1999).

The influence of dry period feeding on liver fat and postpartum performance of dairy cows.

Anim. Feed Sci. Technol., 76(3-4):275–295.

Tian, B., Jiang, Z., und Wu, G. (2008).

Immunoturbidimetric assay for bovine colostrum immunoglobulin G. [Chinese].

China Dairy Industry, 36(1):63–64.

Tsuji, S., Hirata, Y., Mukai, F., und Ohtagaki, S. (1990).

Comparison of lactoferrin content in colostrum between different cattle breeds.

J. Dairy Sci., 73(1):125–128.

Tyler, J. W., Hancock, D. D., Parish, S. M., Rea, D. E., Besser, T. E., Sanders, S. G., und Wilson, L. K. (1996).

Evaluation of 3 assays for failure of passive transfer in calves.

J. Vet. Intern. Med., 10(5):304–307.

Tyler, J. W., Steevens, B. J., Hostetler, D. E., Holle, J. M., und Denbigh, J. L., Jr. (1999).

Colostrum immunoglobulin concentrations in Holstein and Guernsey cows.

Am. J. Vet. Res., 60(9):1136–1139.

VanHouten, J., Dann, P., McGeoch, G., Brown, E. M., Krapcho, K., Neville, M., und Wysolmerski, J. J. (2004).

The calcium-sensing receptor regulates mammary gland parathyroid hormone-related protein production and calcium transport.

J. Clin. Invest., 113(4):598–608.

Venner, M., Markus, R. G., Strutzberg-Minder, K., Nogai, K., Beyerbach, M., und Klug, E. (2008).

Postpartale Immunglobulin-G-Konzentrationen im equinen Kolostrum mittels ELISA-Methode, Kolostrometrie und Refraktometrie.

Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr., 121(1/2):66–72.

Vincze, B., Horvath, D., Kulik, M., Ritter, D., und Szenci, O. (2010).

Control of immunoglobulin concentration of newborn foal and colostrum in the field.

Magy. Allatorvosok Lapja, 132(9):507–515.

Waelchli, R. O., Hässig, M., Eggenberger, E., und Nussbaumer, M. (1990).

Relationships of total protein, specific gravity, viscosity, refractive index and latex agglutination to immunoglobulin G concentration in mare colostrum.

Equine Vet. J., 22(1):39–42.

Waltner-Toews, D., Martin, S. W., Meek, A. H., McMillan, I., und Crouch, C. F. (1985).

A field trial to evaluate the efficacy of a combined rotavirus-coronavirus/*Escherichia coli* vaccine in dairy cattle.

Can. J. Comp. Med., 49(1):1–9.

Watters, R. D., Guenther, J. N., Brickner, A. E., Rastani, R. R., Crump, P. M., Clark, P. W., und Grummer, R. R. (2008).

Effects of dry period length on milk production and health of dairy cattle.

J. Dairy Sci., 91(7):2595–2603.

Weaver, D. M., Tyler, J. W., VanMetre, D. C., Hostetler, D. E., und Barrington, G. M. (2000).

Passive transfer of colostrum immunoglobulins in calves.

J. Vet. Intern. Med., 14(6):569–577.

Wells, S. J., Dargatz, D. A., und Ott, S. L. (1996).

Factors associated with mortality to 21 days of life in dairy heifers in the United States.

Prev. Vet. Med., 29(1):9–19.

Witt, M., Senft, B., und Rappen, W. H. (1968).

Der Einfluss der Wartezeit auf die Zusammensetzung des 1. und 2. Gemelkes von Laktationen schwarzbunter Kühe.

Züchtungskunde, 40:188–196.

Wolffram, S. und Scharrer, E. (2009).

Funktionen des Dünndarms und seiner Anhangsdrüsen

In: Physiologie der Haustiere, Engelhardt, W. und Breves, G.,

Enke Verlag, Stuttgart, 3. Auflage, Kapitel: 16.6.

Abbildungsverzeichnis

3.1	Sonografische Darstellung der RFD (Daetz, 2009) (RFD im rechten Bildrand als „DISTANCE“ angegeben) . . .	49
4.1	Verteilung der RFD zu den 3 Messzeitpunkten ($p < 0,001$)	64
4.2	Verteilung der Erstkolostrumqualität über die Laktationen ($p < 0,001$)	72
4.3	Erstkolostrumqualität in den einzelnen Monaten ($p < 0,001$)	76
4.4	Verteilung der Erstkolostrummenge über die Laktationen ($p < 0,001$)	82
4.5	Erstkolostrummenge in den einzelnen Monaten ($p < 0,001$)	86
5.1	Die saisonalen Schwankungen der Qualität und Menge des Erstkolostrums im direkten Vergleich ($p < 0,001$)	119

Tabellenverzeichnis

3.1	Überblick der Leistungsparameter des Untersuchungsbetriebes im Zeitraum vom 01.10.2012 bis 30.09.2013 (LKV Mecklenburg-Vorpommern e.V., 2013)	40
3.2	Zeitpunkte der Probenentnahme sowie Messung der RFD	44
3.3	Analysemethoden für die Parameter der Blutproben	48
3.4	Numerischer Schlüssel zur Beurteilung des Geburtsverlaufs	51
3.5	Verwendete Grenzwerte für die Kategorisierung der Qualität des Erstkolostrums anhand der Werte des Refraktometers und des Kolostrometers	53
3.6	Übersicht der verwendeten statistischen Verfahren für die Auswertung des Zusammenhangs der einzelnen Variablen mit der Qualität und Menge des Erstkolostrums	54
4.1	Kennzahlen der deskriptiven Statistik für die einzelnen Parameter der Kolostrumqualität	56
4.2	Bewertung der Qualität des Erstkolostrums anhand der Werte des Refraktometers und des Kolostrometers	57
4.3	Korrelation der Parameter für die Qualität des Erstkolostrums	58
4.4	Lageparameter der Kolostrummenge (n = 1906)	58
4.5	Korrelation der Qualität mit der Menge des Erstkolostrums	59
4.6	Anzahl der Tiere in den einzelnen Laktationen	60
4.7	Lageparameter der Fruchtbarkeitskennzahlen: Anzahl der Besamungen, Zwischentragezeit und Tragezeit	61
4.8	Lageparameter der Herdenkennzahlen: Trockenstehzeit, Vorbereitungszeit, Gesamttrockenstehzeit	63
4.9	Lageparameter der RFD	64
4.10	Lageparameter der Blutwerte	66
4.11	Anzahl der Kalbungen pro Monat	67

4.12	Häufigkeiten des Verlaufs bei Kalbungen, der Kälbervitalität sowie des Kälbergeschlechts	68
4.13	Lageparameter der ermittelten Geburtsgewichte der Kälber	69
4.14	Anzahl der Kalbungen pro Mitarbeiter	70
4.15	Erstkolostrumqualität in den einzelnen Laktationen	71
4.16	Korrelation der Herden- und Fruchtbarkeitsparameter mit der Qualität des Erstkolostrums	72
4.17	Korrelation der Blutparameter sowie der RFD mit der Qualität des Erstkolostrums	73
4.18	%Brix des Erstkolostrums in den einzelnen Monaten	75
4.19	Erstkolostrumqualität in %Brix in Abhängigkeit vom Kalbeverlauf und der Kälbervitalität	76
4.20	Korrelation des Kälbergewichtes mit der Erstkolostrumqualität	77
4.21	Lineares Regressionsmodell der signifikanten Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums von pluriparen Kühen	79
4.22	Lineares Regressionsmodell der signifikanten Einflussfaktoren auf die Qualität des Erstkolostrums von primiparen Kühen	80
4.23	Erstkolostrummenge in den einzelnen Laktationen	81
4.24	Korrelation zwischen den Herden- und Fruchtbarkeitsparametern mit der Erstkolostrummenge	83
4.25	Korrelation der Blutparameter und RFD mit der Erstkolostrummenge	84
4.26	Erstkolostrummenge in den einzelnen Monaten	85
4.27	Erstkolostrummenge in Abhängigkeit vom Kalbeverlauf, der Kälbervitalität und dem Kälbergeschlecht	87
4.28	Korrelation des Kälbergewichtes mit der Erstkolostrummenge	88
4.29	Von den einzelnen Mitarbeitern gewonnene Erstkolostrummenge	88
4.30	Lineares Regressionsmodell der Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums von pluriparen Kühen	91

4.31	Lineares Regressionsmodell der Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums von primiparen Kühen	92
5.1	Brix-Werte des Erstkolostrums dieser Arbeit sowie anderer Untersuchungen zum Vergleich	96
5.2	Erstkolostrummenge (kg) dieser Arbeit und anderer Untersuchungen zum Vergleich	97
5.3	Erstkolostrummenge (kg) dieser Arbeit und anderer Untersuchungen in den einzelnen Laktationen mit den jeweiligen Stichprobenzahlen (n)	112

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mit ihrer Unterstützung zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben.

Insbesondere möchte ich Herrn Univ.-Prof. Dr. R. Staufenbiel für die Überlassung des interessanten und praxisnahen Themas sowie die sehr gute und freundliche Betreuung danken. Seine konstruktiven Ratschläge und Hinweise waren eine große Hilfe.

Für die Möglichkeit der Datenerhebung auf dem Gut Hohen Luckow bedanke ich mich bei Frau Dr. Karin Holland und Herrn Jochen Walther. In diesem Zusammenhang gilt mein Dank Frau Nancy Maschurek und Frau Julia Bachstein für die zuverlässige Probenentnahme und akkurate Datenprotokollierung vor Ort sowie allen Mitarbeitern der Gut Hohen Luckow Milch GmbH & Co. KG die dabei mitwirkten.

Für die gute Zusammenarbeit bei der Probenanalyse im Labor der Klinik für Kleintiere möchte ich Frau Susann Richter danken. Ein großer Dank gilt zudem den Mitarbeitern des Labors Herrn Dr. Hilmert und besonders Frau Waberowski, die mich dabei sehr freundlich betreut und tatkräftig unterstützt haben.

Des Weiteren danke ich der stets gut gelaunten Frau Dr. Laura Pieper für die professionelle und kompetente Betreuung bei der statistischen Auswertung der Daten. Sie stand mir nicht nur bei allen Fragen und Problemen zur Statistik kontinuierlich mit Rat und Tat zur Seite, sondern half mir außerdem mit kreativen Anregungen und konnte mich immer wieder motivieren.

Von ganzem Herzen danke ich meinen lieben Eltern, die mir überhaupt erst das Studium ermöglichten und mir unaufhörlich den Rücken frei hielten, sodass ich diese Arbeit neben meiner beruflichen Tätigkeit erstellen

Danksagung

konnte. Meiner Mutter und Schwiegermutter möchte ich zudem für die unermüdliche und gewissenhafte Korrektur der Manuskripte danken.

Zu guter Letzt möchte ich mich ganz besonders bei meiner Frau Stefanie bedanken. Zum einen für die beharrliche Revision meiner Arbeit und die vielen hilfreichen Verbesserungsvorschläge, vor allem jedoch für das große Verständnis und die Kraft die sie mir entgegen gebracht hat und bringt.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Berlin, den 16.03.2018

Robert Gey



mbvberlin mensch und buch verlag

49,90 Euro | ISBN: 978-3-86387-888-7