

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

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

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

vorgelegt von  
**Maria Klingbeil**  
Tierärztin aus Berlin

Berlin 2014  
Journal-Nr.: 3761

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. J. Zentek  
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. R. Staufenbiel  
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. H. Gehlen  
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. R. Fries

*Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):*

dairy cows, cow colostrum, calcium, hypocalcaemia, milk yield, milk quality,  
limiting factors

Tag der Promotion: 19.05.2015

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: 978-3-86387-601-2

**Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2014**

Dissertation, Freie Universität Berlin

**D 188**

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 2015

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

[verlag@menschundbuch.de](mailto:verlag@menschundbuch.de) – [www.menschundbuch.de](http://www.menschundbuch.de)

**Für unsere Tochter Theresa**



# 1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis.....	I
2	Abkürzungsverzeichnis.....	VI
3	Einleitung.....	1
4	Literaturübersicht.....	3
4.1	Calcium.....	3
4.1.1	Bedeutung im peripartalen Zeitraum.....	3
4.1.2	Hormonelle Regulation.....	3
4.1.3	Hypokalzämie.....	5
4.1.4	Gebärparese.....	6
4.2	Kolostrum.....	9
4.2.1	Definition.....	9
4.2.2	Produktion.....	9
4.2.3	Menge und Zusammensetzung.....	11
4.3	Methoden der Kolostrumanalyse.....	16
4.3.1	Immunglobuline.....	17
4.3.2	Calcium.....	21
4.4	Einflussfaktoren auf Menge, Qualität und Calciumgehalt des Kolostrums.....	23
4.4.1	Laktationszahl.....	23
4.4.2	Milch-, Kolostrummenge und Ig-Konzentration.....	27
4.4.3	Geburtsverlauf, Graviditätsdauer und Geschlecht des Kalbes.....	27
4.4.4	Erstkalbealter und Zwischenkalbezeit.....	28
4.4.5	Genetik.....	28
4.4.6	Jahreszeit.....	29
4.4.7	Fütterung.....	30
4.4.8	Trockenstehdauer.....	31
4.4.9	Einfluss des Euters und des ersten Melkens.....	32
4.4.10	Erkrankungen.....	32
4.4.11	Gabe von Medikamenten.....	34
4.4.12	Kondition.....	34
5	Material und Methoden.....	35
5.1	Betriebsmanagement.....	35

## Inhaltsverzeichnis

---

5.1.1	TMF .....	35
5.1.2	Melkende.....	36
5.1.3	Kälber.....	37
5.1.4	Fütterung.....	37
5.1.5	Reproduktion.....	37
5.2	Probengewinnung, -aufarbeitung und -untersuchung.....	38
5.2.1	Blut.....	39
5.2.2	Kolostrum .....	40
5.2.3	Rückenfettdicke .....	41
5.3	Datenerhebung.....	41
5.4	Statistische Auswertung .....	43
6	Ergebnisse .....	45
6.1	Deskriptive Beschreibung des Datensatzes.....	45
6.1.1	Calciumkonzentration im Blut.....	46
6.1.2	Phosphorkonzentration im Blut .....	46
6.1.3	NEFA-Konzentration im Blut.....	47
6.1.4	BHB-Konzentration im Blut.....	48
6.2	Einflussfaktoren auf die Kolostrummenge.....	50
6.2.1	Laktationszahl .....	50
6.2.2	Geburtsverlauf.....	51
6.2.3	Lebend-/ Totgeburten.....	52
6.2.4	Kälberanzahl .....	52
6.2.5	Kälbergeschlecht.....	53
6.2.6	Kälbergewicht .....	54
6.2.7	Erstkalbealter für Tiere der ersten Laktation.....	55
6.2.8	Trächtigkeitsdauer.....	56
6.2.9	Uhrzeit der Abkalbung.....	56
6.2.10	Jahreszeit.....	57
6.2.11	Kalbemonat .....	58
6.2.12	Väter.....	59
6.2.13	Güstzeit .....	62
6.2.14	Anzahl der Besamungen .....	63
6.2.15	Rückenfettdicke .....	64

## Inhaltsverzeichnis

---

6.2.16	Trockenstehdauer Kühe .....	66
6.2.17	Dauer der Vorbereitungszeit Färsen .....	67
6.2.18	Erkrankungen .....	68
6.2.19	Blutcalciumgehalt .....	70
6.2.20	Blutphosphorgehalt .....	71
6.2.21	Blut-NEFA-Gehalt .....	72
6.2.22	Blut-BHB-Gehalt .....	73
6.2.23	Milchmenge .....	74
6.2.24	Calciumgehalt im Kolostrum .....	76
6.2.25	Multiple Regressionsanalyse .....	77
6.3	Einflussfaktoren auf die Immunglobulinkonzentration des Kolostrums .....	83
6.3.1	Laktationszahl .....	83
6.3.2	Kolostrummenge .....	84
6.3.3	Geburtsverlauf .....	85
6.3.4	Lebend- /Totgeburten .....	86
6.3.5	Kälberanzahl .....	86
6.3.6	Kälbergeschlecht .....	87
6.3.7	Kälbergewicht .....	88
6.3.8	Erstkalbealter für Tiere der ersten Laktation .....	89
6.3.9	Trächtigkeitsdauer .....	90
6.3.10	Uhrzeit der Abkalbung .....	91
6.3.11	Kalbemonat .....	92
6.3.12	Väter .....	93
6.3.13	Güstzeit .....	95
6.3.14	Anzahl der Besamungen .....	96
6.3.15	Rückenfettdicke .....	96
6.3.16	Trockenstehdauer Kühe .....	99
6.3.17	Dauer Vorbereitungszeit bei Färsen .....	100
6.3.18	Erkrankungen .....	100
6.3.19	Blutcalciumgehalt .....	103
6.3.20	Blutphosphorgehalt .....	104
6.3.21	Blut-NEFA-Gehalt .....	105
6.3.22	Blut-BHB-Gehalt .....	105

## Inhaltsverzeichnis

---

6.3.23	Milchmenge .....	106
6.3.24	Calciumgehalt im Kolostrum .....	108
6.3.25	Multiple Regressionsanalyse.....	109
6.4	Einflussfaktoren auf die Calciumkonzentration im Kolostrum.....	114
6.4.1	Laktationszahl .....	114
6.4.2	Rückenfettdicke Einstallung .....	115
6.4.3	Milchmengenmittel .....	116
6.4.4	Blut-NEFA-Gehalt .....	118
6.4.5	Trockenstehdauer Kühe .....	119
6.4.6	Kalbmemonat .....	120
6.4.7	Multiple Regressionsanalyse.....	122
7	Diskussion.....	123
7.1	Bewertung der Daten.....	123
7.2	Einflussfaktoren auf die Kolostrummenge.....	124
7.2.1	Antepartale Einflussfaktoren.....	125
7.2.2	Partale Einflussfaktoren .....	128
7.2.3	Postpartale Einflussfaktoren .....	130
7.2.4	Laboranalysedaten .....	132
7.2.5	Multiple Regressionsanalyse aller signifikanten Einflussfaktoren .....	135
7.3	Einflussfaktoren auf die Immunglobulinkonzentration.....	136
7.3.1	Antepartale Einflussfaktoren.....	137
7.3.2	Partale Einflussfaktoren .....	138
7.3.3	Postpartale Einflussfaktoren .....	142
7.3.4	Laboranalysedaten .....	144
7.3.5	Multiple Regressionsanalyse aller signifikanten Einflussfaktoren .....	146
7.4	Einflussfaktoren auf die Calciumkonzentration des Kolostrums.....	147
7.4.1	Antepartale Einflussfaktoren.....	147
7.4.2	Partale Einflussfaktoren .....	148
7.4.3	Postpartale Einflussfaktoren .....	149
7.4.4	Laboranalysedaten .....	149
7.4.5	Multiple Regressionsanalyse.....	150
7.5	Vergleich zu Conneely et al. (2013) .....	151
8	Schlussfolgerungen .....	154

## Inhaltsverzeichnis

---

9	Zusammenfassung.....	157
10	Summary .....	159
11	Literaturverzeichnis .....	161
12	Anhang.....	179
12.1	Deskriptive Beschreibung des Datensatzes .....	179
12.2	Korrelationstabellen.....	182
12.3	Prüfung auf Normalverteilung.....	186
12.4	Regressionskurven Kolostrummenge .....	192
12.5	Regressionskurven Kolostrumqualität.....	197
12.6	Regressionskurven Calciumkonzentration .....	201
13	Publikationsverzeichnis .....	202
14	Danksagung.....	203
15	Selbständigkeitserklärung .....	204

## 2 Abkürzungsverzeichnis

1,25-(OH) <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	Vitamin D <sub>3</sub>
100 TL (kg)	100-Tage-Leistung in kg
ANOVA	analysis of variances
a.p.	ante partum
Besam.	Anzahl der Besamungen
BHB	β-Hydroxybuttersäure
Ca (mg/l)	Calciumkonzentration im Kolostrum in mg/l
Ca 0	Calciumkonzentration im Serum am Tag der Kalbung in mmol/l
Ca 1	Calciumkonzentration im Serum einen Tag nach der Kalbung in mmol/l
Ca 7	Calciumkonzentration im Serum 7 Tage nach der Kalbung in mmol/l
DCAB	Dietary Cation Anion Balance
EKA (m)	Erstkalbealter in Monaten
Gewicht (kg)	Kälbergewicht in kg
GZ (d)	Güstzeit in Tagen
Ig	Immunglobulin
Ig (g/l)	Immunglobuline im Kolostrum in g/l
Menge (kg)	Kolostrummenge in kg
MM 1-7 (kg)	Milchmenge an Tag 1-7 in kg
MM 7a-42a (kg)	Milchmengenmittel der ersten 7-42 Tage in kg
NEFA	nicht veresterte Fettsäuren
n	Stichprobenanzahl
P	Phosphor
p.p.	post partum
PTH	Parathormon
RFD 1 (mm)	Rückenfettdicke zur Einstallung in mm
RFD 2 (mm)	Rückenfettdicke zur Umstallung in mm
RFD 3 (mm)	Rückenfettdicke zur Kalbung in mm
RFD 4 (mm)	Rückenfettdicke zur Ausstallung in mm
RFD 5 (mm)	Rückenfettdicke 6 Wochen p.p. in mm
s	Standardabweichung

## Abkürzungsverzeichnis

---

sRID	single radial Immunodiffusion-Einfache radiale Immundiffusion
$s_y$	Standardfehler
Td (d)	Trächtigkeitsdauer in Tagen
TMR	Totale Mischraktion
TS 1 (d)	Dauer Trockenstehperiode 1 in Tagen
TS 2 (d)	Dauer Vorbereitungszeit in Tagen bei Kühen
TS ges. (d)	Dauer gesamte Trockenstehzeit in Tagen
VDR	Vitamin D-Rezeptor
VZ (d)	Vorbereitungszeit in Tagen bei Färsen
$\bar{x}$	Mittelwert
$\tilde{x}$	Median
$x_{0,25}$	$\frac{1}{4}$ Perzentil
$x_{0,75}$	$\frac{3}{4}$ Perzentil
ZKZ	Zwischenkalbezeit



### 3 Einleitung

Das Erstkolostrum ist das Sekret, welches die Milchdrüse eines Säugetieres produziert und nach der Geburt abgibt. Die Kolostragenese unterscheidet sich deutlich von der Sekretion von Milch (Larson und Smith, 1974) und stellt durch den Transfer von Immunglobulinen einen eigenständigen Prozess der Euterdrüse dar (Barrington *et al.*, 2001).

Da Immunglobuline nicht die Plazentaschranke überschreiten und das Immunsystem der Kälber mehrere Woche benötigt, um sich voll auszubilden, ist eine Aufnahme über das Kolostrum für Kälber essentiell (Robison *et al.*, 1988). Für Milchviehbetriebe ist es wichtig, dass die Tiere eine ausreichende Menge an Erstkolostrum produzieren, um die neugeborenen Kälber damit zu versorgen und Kolostrum zu bevorraten. Zu wenig Kolostrum kann die Versorgung des Kalbes mit Flüssigkeit, Nährstoffen und Immunglobulinen gefährden (Rademacher, 2014). Bei einer sehr hohen Kolostrummenge besteht die Gefahr der Verdünnung der Immunglobuline (Pritchett *et al.*, 1991, Scholz *et al.*, 2011). Auch die Konzentration von Calcium im Kolostrum ist wichtig, da eine Unterversorgung des Kalbes mit dem Auftreten von Krankheiten assoziiert ist (Cabello und Michel, 1977). Die Quelle des kolostralen Calciums ist, neben der passiven Aufnahme über den Darm, das Calcium aus den Knochen des Muttertieres. Reicht die aktive Mobilisierung aus dem Skelettsystem nicht aus, kommt es zu einer klinischen Hypokalzämie mit den Symptomen der Gebärparese (Gelfert, 2011). Ein Zusammenhang zwischen der Calciumkonzentration im Kolostrum und dem Auftreten der Gebärparese ist wahrscheinlich.

Die Häufigkeit der subklinischen Hypokalzämie und das Gebärpareserisiko erhöhen sich mit steigender Laktationszahl (Erb *et al.*, 1985) und auch die Menge des Erstkolostrums ist bei älteren Tieren höher als bei jüngeren (Kume *et al.*, 2003). Damit kann die Hypothese aufgestellt werden, dass die Menge an Erstkolostrum ein ätiologischer Faktor für die Entstehung der Hypokalzämie/Gebärparese ist. Diese Hypothese wird noch dadurch unterstützt, dass die Calciumkonzentration im Erstkolostrum doppelt so hoch wie in der Milch ist. Weiterhin beschreiben viele Autoren einen Einfluss der Laktationszahl auf die Immunglobulinkonzentration (Devery-Pocius und Larson, 1983, Kehoe *et al.*, 2011, Shearer *et al.*, 1992), insbesondere einen Unterschied zwischen primiparen und pluriparen Tieren (Devery-Pocius und Larson, 1983, Kruse, 1970, Kume *et al.*, 2003). Damit kann als zweite Hypothese formuliert werden, dass die Laktationszahl der entscheidende Einflussfaktor auf die Kolostrummenge, -qualität und den Calciumgehalt ist.

## Einleitung

---

In der vorliegenden Arbeit sollen die Faktoren untersucht werden, die einen Zusammenhang zur Kolostrummenge, Kolostrumqualität und Calciumkonzentration im Kolostrum bei Holstein Friesian Kühen haben. Der Schwerpunkt soll auf dem Zusammenhang und der Wirkstärke und nicht auf der Wirkrichtung liegen. Die Einflussfaktoren werden der multiplen, linearen Regressionsanalyse unterzogen, um Effekte von Scheinkorrelation aufzudecken. Weiterhin soll das Zusammenspiel von Kolostrummenge und Qualität näher beleuchtet und die Möglichkeiten und Grenzen der Beeinflussung aufgezeigt werden.

## 4 Literaturübersicht

### 4.1 Calcium

#### 4.1.1 Bedeutung im peripartalen Zeitraum

Calcium ist essentiell für den Knochenmetabolismus, Muskelkontraktion, Nervenreizübertragung, Blutgerinnung und wirkt bei vielen Hormonen als second messenger (Hoenderop *et al.*, 2005).

Der Calciumgehalt im Blut einer Kuh liegt bei 2-3 mmol/l, in der Milch bei 25-30 mmol/l und im Kolostrum bei 62-75 mmol/l (Horst, Goff und Reinhardt, 2003). Die Calciumkonzentration im Blut beginnt 4 Tage vor der Geburt abzufallen und erreicht ein Minimum von 2 mmol/l einen Tag p.p.. Nach 6-8 Tagen p.p. steigt der Wert auf 2,3 mmol/l (Romo *et al.*, 1991).

Der Bedarf von Calcium bei einer trockenstehenden Kuh von ca. 500 kg liegt bei 31 g pro Tag (Gelfert, 2011).

Die Resorption geschieht aktiv und vorrangig passiv über den Dünndarm, sowie untergeordnet aktiv im Pansen. Für den passiven Transport über die Tight junctions im Dünndarm ist ein Konzentrationsgefälle von mindestens 1:5 zwischen Blut- und Darmlumen nötig. Wasser zieht dann die gelösten Calciumionen mit sich in das Blut. Ist die Calciumkonzentration im Futter hoch, wird 50 % des Bedarfs über die passive Absorption gedeckt (Gelfert, 2011).

Wird die Kuh nun das erste Mal gemolken, werden ihr mit einem Mal 25-35 g Calcium entzogen. Somit verdoppelt sich der tägliche Bedarf an Calcium und der Organismus ist auf eine erhöhte aktive Absorption aus dem Knochen und aus dem Darm angewiesen. Dafür ist aber ein Abfall von Calcium im Blut nötig und es kommt post partum zu einer physiologischen, subklinischen Hypokalzämie (Gelfert, 2011).

#### 4.1.2 Hormonelle Regulation

##### 4.1.2.1 Parathormon

Das Parathormon (PTH) wird in der Nebenschilddrüse durch Abspaltung der Prä- und Pro-Sequenz gebildet und besteht beim Rind aus einer linearen Kette von 84 Aminosäuren (Habener *et al.*, 1984). PTH wird bis zur Sekretion in Membrangranula gespeichert. Die Halbwertszeit beträgt circa 18 Minuten und der Abbau erfolgt durch proteolytische Spaltung (Ganong, 1974).

Zusammen mit Calcitriol und Calcitonin reguliert es den Calciumstoffwechsel. Kommt es zum Absinken des freien, nicht an Protein oder an Komplexen gebundenen Calciums unter 2,5 mmol/l

(Horst , Goff und Reinhardt, 2003), kommt es zum Anstieg von PTH im Blut. Die Calciumsensitiven Rezeptoren an der Nebenschilddrüse reagieren innerhalb von Sekunden und es kommt immer zur maximalen Reaktion (Meinecke, 2005).

PTH bewirkt eine Erhöhung des Calciumspiegels im Blut durch eine verstärkte Calciumresorption im Dünndarm, eine verstärkte Mobilisation aus dem Knochen und eine erhöhte Rückresorption in den distalen Nierentubuli. Durch die Aktivierung der Osteoklasten kommt es zur Osteolyse und es wird neben Calcium auch Phosphor freigesetzt. Durch eine vermehrte Umwandlung von Calcidiol zu Calcitriol in der Niere über Hochregulierung der 1alpha-Hydroxylase in der Niere (Horst , Goff und Reinhardt, 2003), kommt es zur Neubildung von Calciumbindungsproteinen in den Darmzellen und zur vermehrten Calciumrückresorption. Weiterhin wird Phosphat vermehrt über die Niere ausgeschieden, wodurch das Serumphosphat sinkt (Meinecke, 2005).

### 4.1.2.2 Calcitonin

Calcitonin ist ein Polypeptid und wird in den C-Zellen der Schilddrüse gebildet. Es kommt zur Ausschüttung bei einem Anstieg des ionisierten Calciums im Blut. Es hemmt die Osteoklasten und fördert die Ausscheidung von Calcium (antagonistisch zu PTH) und Phosphor (synergistisch zu PTH) über die Niere. Diese Effekte treten allerdings erst bei hohen Dosen auf und es kommt sowohl bei Fehlen als auch bei massiver Überproduktion von Calcitonin kaum zu Störungen der Calciumhomöostase (Gelfert, 2011, Meinecke, 2005).

Auch bei der Gebärparese zeigen sich keine erhöhten Calcitoninwerte (Gelfert, 2011).

### 4.1.2.3 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>

Vitamin D (Cholecalciferol) ist laut Definition kein Vitamin im eigentlichen Sinne. Es handelt sich um ein Pro-Steroidhormon, das sich aus einem Cholesterol ähnlichen Provitamin in der Haut ableitet, also nicht zwangsweise mit der Nahrung aufgenommen werden muss (DeLuca, 2004).

Vitamin D kann über die Nahrung aufgenommen (10-20 %) oder endogen photochemisch aus 7-Dehydrocholesterol gebildet werden, was 80 -90 % des Bedarfs deckt. In der Nahrung enthaltenes Vitamin D<sub>3</sub> aus tierischen und Vitamin D<sub>2</sub> aus pflanzlichen Quellen wird im Dünndarm absorbiert. Transportiert wird es gebunden an Vitamin D bindende Proteine und Albumin. In der Leber wird es durch Hydroxylierung zu 25-Hydroxyvitamin D (Calcidiol) aktiviert. In der Niere kommt es zur Bildung von 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> (Calcitriol). Letzteres wird hormonell über PTH, Calcitriol und Phosphat reguliert. PTH aktiviert die renale Hydroxylierung und Calcitriol und Phosphat hemmen diese. Eine Hypophosphatämie steigert die Hydroxylaseaktivität ebenso wie Östrogen und

Prolactin. Durch eine Erhöhung von Calcitriol im Blut kommt es zu einer negativen Rückkopplung (Meinecke, 2005).

Das Steroidhormon Calcitriol bindet an Vitamin-D-Rezeptoren (VDR), die in fast allen Geweben vorkommen. Der Komplex wird phosphoryliert und kombiniert mit einem Retinolsäure-Rezeptor. Das Heterodimer hat eine hohe Affinität zum Vitamin D response element in der Promotorregion. Expression dieser Gene führt zu verschiedenen Effekten (Horst, Goff und Reinhardt, 2003).

Die wichtigste Wirkung entfaltet Calcitriol am Dünndarm, in dem es die Calcium- und Phosphatresorption steigert, die dann dem Mineralisierungsprozess des Knochens zur Verfügung stehen. Daneben fördert es die renal-tubuläre Rückresorption von Calcium und Phosphor (Antagonismus PTH) und supprimiert PTH (Meinecke, 2005).

Die Bildungsrate ist bei Kühen mit Gebärparese nicht herabgesetzt. Bei älteren Tieren kommt es jedoch zu einer Abnahme der VDR im Dünndarm, was zur Geburt noch verstärkt ist (Gelfert, 2011).

### **4.1.3 Hypokalzämie**

Im Blut ist die Calciumkonzentration 18-30 Stunden post partum am niedrigsten (Tveit *et al.*, 1991). Von einer subklinischen Hypokalzämie spricht man bei einem Blut-Calciumwert von unter 2 mmol/l und von einer klinischen Hypokalzämie von unter 1,4 mmol/l (Goff und Horst, 1997). Die meisten Kühe haben peripartal im Zuge der Anpassung an den erhöhten Bedarf eine Hypokalzämie. Wenn diese nur kurz anhält und wenn der Organismus allein gegenreguliert, kann diese Hypokalzämie als physiologisch angesehen werden (DeGaris und Lean, 2008). Bei Shappell *et al.* (1987) waren Hypokalzämie und der Transfer von Calcium in das Kolostrum und in die Milch nicht korreliert und sie kamen zu dem Schluss, dass die Futteraufnahme, Milchproduktion und der Calciumgehalt des Kolostrums und der Milch nicht die Hypokalzämie der ersten 3 Tage p.p. erklären können.

Die Inzidenz für die subklinische Hypokalzämie steigt mit dem Alter der Kuh. Sie liegt in der 1.-6. Laktation bei 25%, 41%, 49%, 51%, 54% und 42 %. Tiere mit Blut-Calciumwerten über 2 mmol/l haben weniger nicht veresterte Fettsäuren im Blut, was auf eine bessere Energiebilanz schließen lässt (Reinhardt *et al.*, 2011). Ähnliche Werte wurden auch in der älteren Studie von Horst, Goff und McCluskey (2003) ermittelt. Hypokalzämisch waren dort in der 1.-3. Laktation 25%, 44% und 58 %. Auch hier war der Gehalt an NEFA im Blut höher bei Tieren mit einer Hypokalzämie. Die Studie kam zu dem Schluss, dass ältere Tiere eine Inzidenz von 50% für eine subklinische Hypokalzämie und damit eine erhöhte Gefahr für Sekundärkrankheiten haben.

Indirekt ist die Hypokalzämie für schlechte Fruchtbarkeit und erhöhte Abgänge verantwortlich (DeGaris und Lean, 2008, Erb *et al.*, 1985). Tiere mit einer subklinischen Hypokalzämie, die nicht diagnostiziert worden ist, haben ein 3 mal höheres Risiko in den folgenden 60 Tagen der Laktation abzugehen (Duffield, 2006). Es gibt einen hoch signifikanten Zusammenhang zwischen Hypokalzämie und Geburtsstörungen, Nachgeburtsverhalten, Ketose und Mastitis und einen signifikanten Zusammenhang zwischen Hypokalzämie und Colimastitis sowie einen tendenziellen Zusammenhang zwischen Hypokalzämie und Labmagenverlagerung (Curtis *et al.*, 1983).

Als Ursache für das Auftreten von Sekundärkrankheiten wird ein verringerter Calciumgehalt in den peripheren mononukleären Zellen des Blutes diskutiert (Kimura *et al.*, 2006). Dadurch verringert sich die Anzahl der phagozytierenden Zellen und es kommt zu einer höheren Infektionsgefahr (Ducusin *et al.*, 2003).

### 4.1.4 Gebärparese

Die Gebärparese ist eine akute Störung des Calciumstoffwechsel, charakterisiert durch das Unvermögen des Tieres, sich dem erhöhten Bedarf peripartal anzupassen (Horst, 1986).

Bei der Gebärparese kommt es zu einer Hypokalzämie, die eine bis zum Festliegen reichende Lähmung der glatten und quergestreiften Muskulatur hervorruft (Martig, 2002).

Neben Gebärparese existieren die Bezeichnungen hypokalzämische Gebärlähmung, Gebärkoma, Milch- oder Kalbefieber, puerperales Festliegen oder Paresis puerperalis (Montag, 2005).

Die Inzidenz von klinischer Hypokalzämie lag in 10 europäischen Feldstudien bei 6,17 % (0-10%) und kann jedoch auch auf über 25 % steigen (DeGaris und Lean, 2008).

Mit dem Alter steigt die Gefahr für eine Gebärparese (Erb *et al.*, 1985) um 9 % pro Laktation (DeGaris und Lean, 2008, Lean *et al.*, 2006). Gründe sind die verminderte Resorption über den Darm (im Zusammenhang mit Vitamin D<sub>3</sub>), die verringerte Fähigkeit zur Mobilisierung aus dem Knochen (Ender *et al.*, 1971) und die größeren Mengen an produzierter Milch (Horst *et al.*, 1997).

Für eine Ausbildung der Gebärparese ist nicht die Menge des Calciumverlustes ausschlaggebend, sondern die Möglichkeit der aktiven Mobilisierung aus dem Knochen (Gelfert, 2011).

Ob somit eine hohe Milchproduktion, also auch ein hoher Calciumverlust über die Milch, positiv mit dem Auftreten von Gebärparese korreliert ist, ist umstritten (Ingvarsen *et al.*, 2003).

Klinische Hypokalzämie (Blutserum-Calciumspiegel <1,4 mmol/l) und subklinische Hypokalzämie (1,4-2 mmol/l) sind prädisponierender Faktoren für Krankheiten einschließlich Mastitis, Ketose, Nachgeburtsverhalten, Metritis, Uterusprolaps und Labmagenverlagerung. Außerdem ist es ein Risikofaktor für Reproduktionschwierigkeiten (Chapinal *et al.*, 2011, Correa *et al.*, 1993, Goff und

Horst, 1997, Stevenson und Call, 1988). Tiere mit Gebärparese haben eine 4 mal höhere Wahrscheinlichkeit eine Schweregeburt zu bekommen (Erb *et al.*, 1985).

### 4.1.4.1 Ursachen

Eine alkalotische Stoffwechsellage wird als prädisponierender Faktor für das Ausbilden einer Gebärparese angesehen. Die Konformation des Rezeptors für PTH wird durch die Alkalose verändert und dadurch verringert sich die Sensibilität des Gewebes. Die osteoklastische Resorption und damit die Freisetzung von Calcium aus dem Knochengewebe wird verhindert. In der Niere wird weniger Calcium rückresorbiert, es geht mehr über den Harn verloren und die Niere konvertiert nicht mehr 25-Hydroxyvitamin D zu 1,25-Dihydroxyvitamin D. Es kommt also auch nicht zu einer verbesserten Aufnahme über den Darm (Goff, 2008).

Im Mausmodell bewirkt eine Alkalose eine Erniedrigung des Calciumabbaus aus dem Knochen über eine Supprimierung der Osteoklasten durch eine verminderte Abgabe der Beta- Glucuronidase und eine Stimulierung der Osteoblasten über einen Anstieg der Kollagenproduktion (Bushinsky, 1996).

Ein weiterer Faktor ist eine Hypomagnesiämie. Magnesium ist ein wichtiger Co-Faktor für die Produktion von zyklischem AMP, stimuliert durch PTH. Es folgt eine Unfähigkeit von Geweben auf einen Stimulus von PTH zu reagieren (Goff, 2008).

Eine erhöhte Zufuhr von Kalium über die Futterration wiederum führt auch zu einer erhöhten Inzidenz der Gebärparese (Goff und Horst, 1997)

### 4.1.4.2 Therapie

Im Falle einer klinischen Hypokalzämie mit Festliegen sollte die Behandlung so schnell wie möglich geschehen, um ein Downer Cow Syndrom zu verhindern. Unbehandeltes Milchfieber führt bei 60-70% der Tiere zum Tod (Horst , Goff und Reinhardt, 2003, Littledike und Goff, 1987).

Bewährt hat sich die Behandlung mit Calciuminfusionen (meist Calciumborogluconat) in einer Dosierung von 2 g/100 kg Körpergewicht in einer Geschwindigkeit von 1 g/min. Bei einer zu schnellen Infusion kann es zu lebensgefährlichen Arrhythmien kommen. Weiterhin ist es möglich, mehrere subkutane Depots zu setzen. Eine orale Calciumsupplementation ist nur als prophylaktische Maßnahme sinnvoll (Goff, 2008).

### 4.1.4.3 Prophylaxe

Prophylaktische Maßnahmen sind verschiedene Diäten.

Nach Horst (1986) sollte der Calciumgehalt im Futter für Kühe ante partum gering sein, um die Inzidenz für Milchfieber zu minimieren. Eine calciumarme Fütterung ante partum soll den Stoffwechsel auf den erhöhten Bedarf post partum trainieren. Dabei kann entweder wenig Calcium gefüttert werden oder ein Calciumbinder mit im Futter verabreicht werden.

Kühe, die eine reduzierte Calciumdiät erhalten, sezernieren mehr Calcium in das Kolostrum und geben mehr Milch (Shappell *et al.*, 1987). Sie erholen sich schneller von einer Hypokalzämie, bauen mehr Calcium aus dem Knochen ab und die PTH-Antwort erfolgt schneller (Yarrington *et al.*, 1977). Damit sinkt die Inzidenz für Gebärpause und die Plasmaspiegel von Calcium und 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> sind post partum höher (Kichura *et al.*, 1982). Ein gutes Verhältnis von Calcium und Phosphor in der Ration ist 1:3,3 (Boda und Cole, 1954).

Eine andere Möglichkeit der Prophylaxe ist die orale Calciumsupplementation von 50-125 g Calcium/Dosis z.B. als Boli kurz nach der Geburt. Dadurch wird die Menge des Calciums erhöht, welches passiv über den Darm aufgenommen wird. Weiterhin können hohe Dosen Vitamin D vor der Geburt gegeben werden. Problematisch ist der enge Dosierungsspielraum und der nicht mit Sicherheit auf den Tag geschätzte Tag der Kalbung (Goff, 2008).

Effektiver ist die Fütterung saurer Salze im Zusammenhang mit dem DCAD Konzept.

Das Prinzip ist die Induzierung einer milden, metabolischen Azidose (Chan *et al.*, 2006).

Eine alkalotische Stoffwechsellage entsteht, wenn dem Körper mehr Kationen als Anionen hinzugefügt werden. Um die Elektroneutralität zu wahren, wird H<sup>+</sup> aus dem Blut entfernt, es kommt damit zu einem pH-Wert Anstieg. Eine Zufuhr von Anionen (sauren Salzen) über die Futtermittelration fördert das Vorhandensein von H<sup>+</sup> und damit einen niedrigeren pH-Wert im Blut. Kalium sollte niedrig gehalten werden bei 10g/kg Trockenmasse. Durch Zugabe von Chlorid (5g/kg Trockenmasse) wird eine azidotische Stoffwechsellage erzeugt. Der Gehalt an Magnesium sollte in der Ration auf 0,4 % erhöht werden. Zur Überprüfung wird regelmäßig der pH-Wert des Harns gemessen. Dieser sollte zwischen 6,2 und 6,8 liegen (Goff, 2008).

Um eine ausreichende Ansäuerung zu erreichen, ist eine Fütterung der sauren Salze von mindestens 7 Tagen zu empfehlen. Eine Fütterung von mehr als 14 Tagen ist nicht anzustreben, weil es sonst zu einer Entgleisung des Säure-Basen-Haushalts kommen kann (Montag, 2005).

Nach Goff (2008) kann dadurch das Aufkommen von Gebärpause auf 1% oder weniger reduziert und die Werte für die subklinische Hypokalzämie halbiert werden. Auch das Auftreten von Sekundärerkrankungen wie Nachgeburtshalten ist damit geringer (Wu *et al.*, 2008).

Der Magnesium-, Natrium-, Kalium- und Phosphathaushalt wird durch den Einsatz saurer Salze nicht wesentlich beeinflusst (Gasperlin *et al.*, 2002, Löptien, 2005).

## 4.2 Kolostrum

### 4.2.1 Definition

Das Kolostrum, auch als Erstmilch oder Biestmilch bezeichnet, ist das Sekret, das eine Kuh in den ersten Tagen nach der Geburt sezerniert. Laut § 18 (2) der Milchverordnung von 2007 darf das Gemelk der ersten 5 Tage nicht unter der Bezeichnung „Milch“ oder „Erzeugnis auf Milchbasis“ in den Verkehr gebracht werden.

Als Milch handelt es sich laut Milchverordnung § 2 (1) um ein durch ein- oder mehrmaliges tägliches Melken gewonnenes, unverändertes Eutersekret von zur Milchgewinnung gehaltenen Kühen.

Das Erstkolostrum wird vom Euter der Kuh produziert und durch das erste Melken nach der Kalbung gewonnen (Gürtler und Schweigert, 2005).

Die Kolostrogenese unterscheidet sich deutlich von der Sekretion von Milch durch die höhere Konzentration von Immunglobulinen (Larson und Smith, 1974). Mehr als die Hälfte der Milchserumproteine im Erstkolostrum sind Immunglobuline. Bei der Kuh handelt es sich um die Fraktionen IgG<sub>1</sub> und <sub>2</sub>, IgM und IgA, wobei IgG<sub>1</sub> überwiegt. Kolostrum enthält mehr Vitamine, Hormone und Wachstumsfaktoren als Milch. Für die gelbliche bzw. bräunliche Färbung sind Beta-Carotin und Hämoglobin verantwortlich (Gürtler und Schweigert, 2005). Außerdem besitzt das Kolostrum im Unterschied zur Milch eine höhere Trockenmasse von 25 % anstatt 13 % (Oyeniya und Hunter, 1978)), mehr Fett (Huth, 1995), einen höheren Gesamtproteingehalt und mehr Mineralstoffe, abgesehen von Kalium (Gürtler und Schweigert, 2005). Die Konzentration von Laktose ist jedoch deutlich geringer (Huth, 1995).

### 4.2.2 Produktion

Der Transfer einer größeren Menge an Immunglobulinen macht die Kolostrogenese zu einem eigenständigen Prozess der Euterdrüse (Barrington *et al.*, 2001).

Im Verlauf der Hochträchtigkeit kommt es zur Ansammlung von Sekreten im Hohlraumssystem des Euters. Immunglobuline gehen direkt vom Blutplasma in das Kolostrum (Huth, 1995). Dieser Transfer von Immunglobulinen vom maternalen Blutkreislauf ins Euter beginnt einige Wochen vor und endet abrupt bei der Geburt. Während dieser Periode werden 500g IgG pro Woche transferiert (Brandon *et al.*, 1971). Der genaue Zeitpunkt bei dem es zum Transport von IgG ins Euter kommt,

ist sehr variabel. Möglicherweise geschieht dies relativ früh, wenn der pH Wert verhältnismäßig neutral ist (Baumrucker *et al.*, 2010)

Ab der 4. (Maximum 3.-2.) Wochen ante partum werden per Endocytose IgG, IgA und IgM des Blutplasmas aufgenommen. Im geringen Umfang bildet das Euter der Kuh selber IgG<sub>1</sub>. Im Kolostrum ist die Konzentration von IgG<sub>1</sub> 5-10 x höher als im Serum (Larson und Smith, 1974).

Die Konzentration von IgG<sub>1</sub> und IgG<sub>2</sub> sind im Serum annähernd gleich, während die Konzentration von IgG<sub>1</sub> im Kolostrum 5-10 mal höher ist als die IgG<sub>2</sub> Konzentration. Das lässt die Vermutung zu, dass es einen spezifischen Transportweg für IgG<sub>1</sub> gibt (Barrington *et al.*, 2001, Brandon *et al.*, 1971). Für einen selektiven Transport ist ein spezifischer Rezeptor (Fc-Rezeptor) an der basalen Plasmamembran der sekretorischen Zellen nötig. Weiterhin müssen die Euterzellen die Fähigkeit besitzen, IgG<sub>1</sub> per Transzytose in das Lumen zu sezernieren. IgG<sub>1</sub> bindet an den Fc-spezifischen Rezeptor, lokalisiert an der basi-lateralen Oberfläche der Alveolarepithelzellen während der Kolostrumbildung, jedoch nicht während der eigentlichen Laktation (Kemler *et al.*, 1975), weil es dann zu einer Down-Regulierung über Prolactin kommt (Castro *et al.*, 2011). Der IgG<sub>1</sub> Rezeptor-Komplex wird dann per Endozytose in Vesikel durch die Zelle transportiert und an der apikalen Oberfläche ins Kolostrum abgegeben (Besser *et al.*, 1985). Der Fc-Rezeptor wird von dem Gen *mrec* (*mammary Fc receptor*) kodiert. Der bovine Fc-Rezeptor ähnelt sehr dem humanen und murinen (Barrington *et al.*, 2001). In einer anderen Veröffentlichung (Kacskovics *et al.*, 2000) wird die Hypothese aufgestellt, dass der Fc-Rezeptor nicht für den selektiven Transport von IgG<sub>1</sub> vom Blutkreislauf ins Kolostrum zuständig ist, sondern für den Retransport von IgG<sub>2</sub> zurück in den maternalen Blutkreislauf und es somit zu dem Konzentrationsunterschied im Serum kommt.

Eine Woche ante partum kommt es zur Synthese von Laktose. Durch den osmotischen Effekt wird Wasser in das Euter gezogen und es kommt zur Verdünnung des vorhandenen Sekrets. Das entstandene Präkolostrum wird nach der Kalbung als Erstkolostrum abgegeben (Gürtler und Schweigert, 2005).

Die eigentliche Laktation beginnt durch einen Abfall von Progesteron (Wegfall der Hemmung der Milchsekretion) und einer vorübergehenden Erhöhung von Prolactin im Blutplasma. Eine gleichzeitige Anwesenheit von Glucocorticosteroiden ist Voraussetzung für die Ausbildung von Prolactinrezeptoren. Zunächst wird in dieser Phase noch Kolostrum gebildet, was sich aber zunehmend in der Zusammensetzung der reifen Milch annähert (Gürtler und Schweigert, 2005).

### 4.2.3 Menge und Zusammensetzung

Die Kolostrummenge steigt nach der Geburt an, die Mineralienkonzentration nimmt dahingegen ab (Kume und Tanabe, 1993). Die in Studien angegebenen durchschnittlichen Kolostrummengen unterscheiden sich sowohl innerhalb der Ergebnisse der Studien als auch zwischen den Autoren. So gaben Morin *et al.* (2010) eine durchschnittliche Kolostrummenge von 0,5-30 kg an.

Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse mittels Papierelektrophorese durch Reusch (1966)

	Eiweißfraktionen im Serum um die Geburt (%)	Eiweißfraktionen im Kolostrum um die Geburt
Albumin	44,6	2,5
Alpha-Globulin	13,3	17,2
Beta-Globulin	12,1	7,3
Gamma-Globulin	29,8	73

Die Parität hat Einfluss auf die Zusammensetzung des Kolostrums. So ist der Gehalt von Fett, Natrium und Laktose im Kolostrum Erstlaktierender höher als bei pluriparen Tieren. Kalium und Protein sind geringer. Calcium Phosphor und Magnesium sind hingegen nicht von der Parität beeinflusst (Kume *et al.*, 2003).

#### 4.2.3.1 Calcium im Kolostrum

Der Gehalt von Calcium in der Milch liegt bei 1,25 g/l (Cerbulis und Farrell Jr, 1976, Gürtler und Schweigert, 2005). Die Konzentration an den verschiedenen Laktationstagen zeigt Tabelle 2. Mit 60 % ist der überwiegende Teil des Calciums proteingebunden, hauptsächlich an Casein (Bruckmaier, 2006b). Es gibt rassebedingte Unterschiede. So haben Holstein Friesian die niedrigste und Jerseys die höchste Calciumkonzentration (Cerbulis und Farrell Jr, 1976).

In der Asche liegt der Gehalt im Kolostrum bei 0,15-0,26 % und in der Milch bei 0,13 %. (Foley und Otterby, 1978). Zur Geburt ist der Gehalt an Mineralien wie Calcium im bovinen Kolostrum am höchsten (Hidiroglou und Proulx, 1982, Kume und Tanabe, 1993) mit 0,256% der Asche (Garrett und Overman, 1940). Er fällt dann p.p. ab und liegt nach 6 Stunden bei 0,196% der Asche (Garrett und Overman, 1940). Die Calciumkonzentration ist im Erstkolostrum doppelt so hoch wie in der Milch (Gueguen, 1961). Trotzdem gibt es keinen Zusammenhang zwischen der Calciumkonzentration im Kolostrum und der Hypokalzämie der ersten 3 Tage p.p. (Shappell *et al.*,

1987). Die Konzentration im Kolostrum zur Geburt unterscheidet sich nicht zu der einen Tag ante partum (Bojkovski *et al.*, 2005).

Innerhalb der ersten 24 Stunden sezernieren Kühe 21,4 g Calcium in das Kolostrum (Kume und Tanabe, 1993). Calcium ist in der Milch größtenteils proteingebunden, hauptsächlich an Casein, aber auch assoziiert an Ionen wie Citrat, Phosphat und Bikarbonat (Neville, 2005). 32 % des Calciums und 53 % des Phosphats liegen im Milchserum vor. Der restliche Anteil ist mit den Micellen assoziiert (Gürtler und Schweigert, 2005). Über den Transport vom Interstitium in die Alveolarzelle ist noch wenig bekannt (Neville, 2005). In der Alveolarzelle wird Calcium gebunden an Phosphat, Citrat und Casein mit den sekretorischen Vesikeln des Golgiapparates in die Milch überführt (Montalbetti *et al.*, 2014).

Zu dem Transport in die Milch gibt es aber die Alternativhypothese, dass das Calcium über spezielle Pumpen (Plasma Membran  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPasen) direkt in die Milch gelangt (Reinhardt *et al.*, 2004).

Tabelle 2: Calciumgehalt im Kolostrum in mmol/l (mg/l)

	Kume und Tanabe (1993)	Gürtler und Schweigert (2005)	Tsioulpas <i>et al.</i> (2007)	Tsioulpas <i>et al.</i> (2007) Freies Calcium
1. Laktationstag	52,25 (2094,2)	49,9 (1999,9)	54,2 (2172,3)	5,75 (230,5)
2. Laktationstag <sup>1</sup> bzw. 3. Laktationstag <sup>2</sup>	31,25 (1252,5) <sup>2</sup>	32,4 (1298,6) <sup>1</sup>	39,6 (1587,2) <sup>1</sup>	2,58 (103,4) <sup>1</sup>
21. <sup>3</sup> bzw. 30. <sup>4</sup> Laktationstag		29,9 (1198,4) <sup>3</sup>	30,3 (1214,4) <sup>4</sup>	1,91 (76,5) <sup>4</sup>

#### 4.2.3.2 Immunglobuline im Kolostrum

Die Menge von Kolostrum und IgG und die Konzentration von IgG variieren stark zwischen den Individuen (Escher, 1979). Laut Muller und Ellinger (1981) ist der Anteil von IgG an den Immunglobulinen bei der Rasse Holstein Friesian im Vergleich zu anderen Rassen mit am geringsten.

Direkt nach dem Kalben ist die Konzentration von Immunglobulinen im Kolostrum am höchsten und macht 5% der Kolostrum-Inhaltsstoffe aus (Stelwagen *et al.*, 2009).

Butler *et al.* (1972) untersuchten die Veränderung der Immunglobulin-Konzentration zur Geburt im Serum, Kolostrum und anderen Körperflüssigkeiten. Dabei fanden sie heraus, dass zur Geburt der IgG- und IgA-Gehalt im Kolostrum abnimmt und im Serum IgG zu- und IgA abnimmt. Die Veränderungen in den IgA- und IgG-Konzentrationen korrelieren signifikant miteinander, was vermuten lässt, dass der Transport bzw. die Bildung über den gleichen Stimulus initiiert werden. Weiterhin ist die Sekretion von Immunglobulinen selbst von Euterviertel zu Euterviertel individuell unterschiedlich. Ježek *et al.* (2012) wie auch Morin *et al.* (2010) fanden hingegen keine signifikante Korrelation zwischen der kolostralen IgG-Konzentration und Totalprotein, Globulin und IgG Konzentrationen im Serum bei Kühen um die Geburt.

Tabelle 3 zeigt die Immunglobulinkonzentrationen von verschiedenen Autoren. Die große Streuung der ermittelten Immunglobulinwerte in den Studien können laut Stengel (1998) auf unterschiedliche Verfahren, Jahreszeiten, Rassen und auf unterschiedliche Standards bei gleicher Methode zurückzuführen sein.

## Literaturübersicht

Tabelle 3: Immunglobulingehalt des Kolostrums

Ig-Gehalt in g/l	s	min-max	Autor
32			Foley und Otterby (1978)
IgG 66,03, IgM 9,4			Escher (1979)
57	37		Fleenor und Stott (1980)
IgG 53,63 IgA 9,46 IgM 4,78	25,45 5,09 2,97		Lambrecht (1980)
48	21,9		Pritchett <i>et al.</i> (1991)
37	13		Mechor <i>et al.</i> (1992)
34,4		3,5-136,7	Stengel (1998)
59,8	28,5	15,3-176,2	Levieux und Ollier (1999)
34,9	12,2		Kehoe <i>et al.</i> (2007)
45			Gulliksen <i>et al.</i> (2008)

s: Standardabweichung

Eine Veränderung der Östrogen- und Progesteronwerte 4-6 Wochen vor der Geburt hat einen direkten oder indirekten Einfluss auf den selektiven IgG<sub>1</sub> Transport. Werden nicht gravide Tiere mit Injektionen von Progesteron und Östrogen behandelt, bilden sie Kolostrum. Dies tritt nicht auf, wenn sie nur mit einem Hormon behandelt werden (Smith *et al.*, 1971). Die Progesteron Konzentration im Serum beginnt 2-3 Wochen ante partum zu sinken. Kurz vor der Geburt sinkt die Konzentration drastisch (Guy *et al.*, 1994b) und lässt die Hypothese zu, dass dies das initiale Signal ist (Barrington *et al.*, 2001).

Auch andere Hormone spielen eine Rolle bei der Kolostragenese. In einer Studie wurden trockenstehende, gravide Kühe mit bovinem Wachstumshormon behandelt. Daraus resultierte eine übergangsweise IgG<sub>1</sub>-Konzentrationserhöhung im Präkolostrum. Es hatte allerdings keinen Einfluss auf das Erstkolostrum zur Geburt (Hadsell *et al.*, 1993). Der zugrundeliegende Mechanismus ist unklar, möglich ist jedoch ein begünstigender Effekt des Wachstumshormons auf die Durchblutung des Euters und damit eine bessere Versorgung mit IgG<sub>1</sub> aus dem Serum (Barrington *et al.*, 2001).

Auch Prolactin bewirkt, in Zusammenhang mit dem positiven laktogenen Effekt, eine verringerte Expression des bovinen IgG<sub>1</sub>-Rezeptors (Barrington *et al.*, 2001).

Die Gabe von Glukokortikoiden wie Dexamethason führt zu einem starken Abfall der IgG<sub>1</sub> Konzentration (Winger *et al.*, 1995). Glukokortikoide und Prostaglandine können die Kolostrogenese durch die Induzierung der Kalbung und der damit einsetzenden Laktogenese verkürzen (Barrington *et al.*, 2001).

Aber auch lokale Effekte am Euter haben neben der hormonellen Regulation einen Einfluss auf die Kolostrogenese. Deutlich wird dies durch unterschiedliche Immunglobulinkonzentrationen des Kolostrums der unterschiedlichen Euterhälften (Hartmann, 1973). Ein ungleicher Transfer von IgG<sub>1</sub> wurde im Zusammenhang mit dem Auftreten von akuten, inflammatorischen Prozessen und Mastitiden beobachtet (Harmon *et al.*, 1976). Ein weiterer lokaler Effekt ist das vorzeitige Melken der vorher trockenstehenden Euterhälften ante partum. Durch die induzierte Milchsekretion kommt es zu einer schnelleren Beendigung der Kolostrogenese (Barrington *et al.*, 2001).

### 4.3 Methoden der Kolostrumanalyse

In Tabelle 4 sind die Untersuchungsmethoden für die Analyse der Kolostrumqualität und des Calciumgehalts aufgelistet, die von verschiedenen Autoren genutzt wurden.

Tabelle 4: Methoden der Kolostrumanalyse

Immunglobulingehalt	
Methode	Autoren
Kolostrometer	Mechor <i>et al.</i> (1992), Mechor <i>et al.</i> (1991)
Refraktometer	Bielmann <i>et al.</i> (2010), Rodens (2013)
Einfache radiale Immundiffusion	Escher (1979), Fey <i>et al.</i> (1976), Grabner <i>et al.</i> (1972), Mancini <i>et al.</i> (1965), Mechor <i>et al.</i> (1992), Quigley <i>et al.</i> (1994)
Kompetitiver ELISA	Stengel (1998)
Elektrophorese	Berger (1979), Fey <i>et al.</i> (1976), Reusch (1966)
Natriumsulfit-Schnelltest	Porwollik (1990)
Nephelometrie	Lambrecht (1980)
Calciumgehalt	
Permanganometrie	Garrett und Overman (1940), Hallmann (1980)
Atomabsorptionsspektrometrie	Berry <i>et al.</i> (2013b)
Flammenatomemissionsspektrometrie	Greilinger und Gressner (1995)

### 4.3.1 Immunglobuline

#### 4.3.1.1 Kolostrometer

Das Kolostrometer ist ein Hydrometer zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes des Kolostrums. Dabei wird eine Kolostrumspindel in einen Messbecher mit Kolostrum getaucht und an der Grenzlinie zwischen Kolostrum und Spindel der Wert abgelesen. Voraussetzung ist Raumtemperatur (20-22°C) des Kolostrums, um verwertbare Ergebnisse zu erzielen. Nachteilig bei der Verwendung des Kolostrometers ist die leichte Zerbrechlichkeit der Spindel (Rodens, 2013).

Tabelle 5 zeigt, inwiefern das spezifische Gewicht die Variation der Ig-Konzentration im Kolostrum erklären kann. Dabei unterscheiden sich die Ergebnisse verschiedener Autoren erheblich. So kann laut Mechor *et al.* (1992) 76,5 % der Variabilität der IgG-Konzentration über das spezifische Gewicht erklärt werden, bei Morin *et al.* (2001) waren es hingegen nur 28 %. Für das Ergebnis von Mechor *et al.* (1992) spricht die große Probenanzahl. Im Unterschied zu Mechor *et al.* (1991) wurde aber nicht bei einheitlicher Raumtemperatur gemessen und es wurde IgG<sub>1</sub> ermittelt.

Tabelle 5: Bestimmtheitsmaß für den Zusammenhang zwischen spezifischen Gewicht und Immunglobulinkonzentration im Kolostrum

R <sup>2</sup> in %	n	Autor	Welche Globuline
69,9	29	Fleenor und Stott (1980)	Ig
92,5 <sup>1</sup>	25	Mechor <i>et al.</i> (1991)	Ig
76,51 <sup>1</sup>	39	Mechor <i>et al.</i> (1992)	IgG
28 <sup>2</sup> 58	1085	Morin <i>et al.</i> (2001)	IgG <sub>1</sub> Gesamtprotein

<sup>1</sup> = bei 20 °C, <sup>2</sup> = bei variabler Temperatur

Die Ergebnisse der Kolostrometermessung sind temperaturabhängig. Pro Grad Celsius Unterschied verändert sich der gemessene Wert um 0,8 g/l (Mechor *et al.*, 1991). Das spezifische Gewicht ist ein guter, aber kein exzellenter Prädiktor für den Ig-Gehalt. Die Aussagekraft ist am höchsten, wenn die Messung bei 20°C durchgeführt wird (Mechor *et al.*, 1992).

Die durchschnittlichen Werte des spezifischen Gewichtes lagen bei Morin *et al.* (2001) bei 1.026-1085 ( $\bar{x}$  = 1051). Verschiedene Faktoren haben einen Einfluss. So hatten Holstein Friesian und

Jersey Kühe höhere Werte als Brown Swiss und Ayrshire Rinder. Diese rassebedingten Unterschiede sind ein Nachteil des Kolostrometers, weil es kein rassenspezifisches Kolostrometer gibt. Tiere in der ersten und zweiten Laktation hatten geringere Werte als Tiere der anderen Laktationen. Im Sommer waren die Werte am niedrigsten und im Herbst am höchsten. Der Monat der Abkalbung korrelierte sogar stärker mit dem spezifischen Gewicht als die Laktationszahl. Keine Korrelation gab es zu der Trockenstehlänge und eine leichte Korrelation zur 305-Tage-Leistung. Morin *et al.* (2001) bemängelt, dass das spezifische Gewicht mehr mit dem Proteingehalt ( $r = 0,76$ ) korreliert als mit dem Immunglobulin-Gehalt ( $r = 0,53$ ). Weiterhin berichtet Quigley *et al.* (1994), dass der Fettgehalt auch das spezifische Gewicht beeinflusst und somit auch die Messergebnisse. Bei Morin *et al.* (2001) hingegen war Fettgehalt und Konzentration nicht mit dem spezifischen Gewicht korreliert.

Beim Vergleich des Kolostrometers mit der RID wird der Immunglobulingehalt bei der Kolostrometer-Methode überschätzt Mechor *et al.* (1992).

#### 4.3.1.2 Refraktometer

Beim Refraktometer wird der Brechungsindex einer Flüssigkeit gemessen. Die in der Flüssigkeit eintretenden Lichtstrahlen werden an der Brechungsfläche von Glas und Flüssigkeit total reflektiert und zeigen sich im Okular als scharfe Schattengrenzlinie. Über den Brechungsindex lässt sich nun die Konzentration von Immunglobulinen im Kolostrum ableiten (Hallmann, 1980).

Mit einer Pipette wird ein Tropfen des Kolostrums auf die Linse des Refraktometers gegeben. Man blickt durch das Refraktometer in eine Lichtquelle und kann an der Linie zwischen blauem und weißem Feld den Brechungsindex (% Brix) ablesen. Dieser kann den Immunglobulin-Werten zugeordnet werden.

Tabelle 6: Refraktometrische Beurteilung der Kolostrumqualität

Brix %	Ig-Gehalt (g/l)	Kolostrumqualität
19,9 % und geringer	25 und geringer	schlecht
20-21,9 %	25-49,9	mäßig
22 % und mehr	50 und mehr	gut bis sehr gut

Bei verschmutzten oder sehr fetthaltigen Proben kann das Erkennen einer eindeutigen Trennlinie schwierig sein. Neben den Geräten mit optischer Ablesung gibt es auch digitale Refraktometer (Rodens, 2013).

Bielmann *et al.* (2010) untersuchten die Beziehung zwischen optischen und digitalen Refraktometern und fanden eine hohe Korrelation ( $r = 0,98$ ). Einzig das individuelle Ablesen des optischen Refraktometers kann zu Unterschieden führen. Auch gab es kaum unterschiedliche Ergebnisse, je nachdem ob die Kolostrumprobe frisch oder vorher eingefroren war.

Laut den Untersuchungen von Escher (1979) kann ein Refraktometer den Ig-Gehalt nicht sicher vorhersagen. In nur 49% der Messungen stimmten die Werte mit der einfachen radialen Immundiffusion überein. Bei Bielmann *et al.* (2010) liegt die Korrelation beim optischen Refraktometer bei  $r = 0,71$  und beim digitalen bei  $r = 0,73$  und war zudem abhängig von der Laktationszahl. Tiere in der zweiten Laktation hatten eine nicht so hohe Korrelation wie Färsen oder Tiere mit mehr als 2 Laktationen.

Die Sensitivität lag bei al. Bielmann *et al.* (2010) bei 97,2 und Spezifität bei 62,5%. Als Grenze wird 22 % Brix für gutes Kolostrum angegeben. Der Vorteil gegenüber dem Kolostrometer liegt in der Temperaturunabhängigkeit und der hohen Korrelation zum sRID (Goldstandard).

Vergleicht man Kolostrometer und Hydrometer, unterscheiden sich beide Methoden kaum in Sensitivität und Spezifität, jedoch wird Kolostrum bei der Messung mittels Kolostrometer hinsichtlich des Immunglobulingehalts eher überschätzt als beim Refraktometer (Chigerwe *et al.*, 2008).

Kolostrometer und Refraktometer sind die gebräuchlichsten Messinstrumente für die Immunglobulinbestimmung auf Betriebsebene. Beide Methoden sind vergleichbar in Aufwand und Messergebnissen. Durch oben genannte Vor- und Nachteile ist dem Refraktometer, trotz des durchschnittlich höheren Preises, eher der Vorzug zu geben.

### 4.3.1.3 Einfache radiale Immundiffusion (Mancini-Test)

Bei der einfachen radialen Immundiffusion (eng. single radial Immunodiffusion = sRID) wird ein antiserumhaltiger Agar mit Stanzlöchern versetzt, in den die Antigenlösung gegeben wird. Die Antigene diffundieren radial nach außen. Der Durchmesser der entstehenden ringförmigen Präzipitate ist proportional zur Konzentration der antigenhaltigen Lösung (Mancini *et al.*, 1965).

Eine vorherige Tiefkühlung bei  $-20^{\circ}\text{C}$  für bis zu 50 Tage ergibt keine Änderung des Immunglobulingehalts für IgG und IgA. Einzig bei IgM kommt es zu einer Abnahme des Gehaltes (Grabner *et al.*, 1972). Auch ein mehrmaliges (bis 5 x) Tiefkühlen und Auftauen bewirkt bei IgG keine Veränderung (Lambrecht, 1980).

Die Methode verfügt über eine befriedigende Präzision und eine hohe Empfindlichkeit bei dem Nachweis von Immunglobulinen (Grabner *et al.*, 1972). Im Vergleich mit dem Refraktometer ergibt sich eine Korrelation von  $r = 0,71-0,73$  (Bielmann *et al.*, 2010).

Bei der Mancini-Methode modifiziert nach Fahey ist der Präzipitationshof vom Molekulargewicht abhängig. IgG hat einen relativ großen Durchmesser. Das hohe Molekulargewicht von IgM bewirkt kleinere Präzipitationshöfe. Fahey und McKelvey (1965) nennen als Vorteile der sRID die einfache Handhabung, die großen möglichen Probenzahlen, das wenige benötigte Serum und das Nicht-Immunglobuline die IgG-Messung nicht beeinflussen. Weiterhin wird ein Messfehler von  $\pm 10\%$  angegeben.

Die sRID wird als Goldstandard für die Immunglobulinbestimmung gesehen und findet im wissenschaftlichen Bereich die häufigste Anwendung.

#### 4.3.1.4 Kompetitiver ELISA

Bei dem kompetitiven ELISA kommt es zu einer messbaren enzymatischen Reaktion, die photometrisch ausgewertet wird. Stengel (1998) erarbeitete in seiner Dissertation Arbeitsanweisungen für diese Methode und stellte fest, dass es einen hoch signifikanten Zusammenhang zu den Ergebnissen der sRID gibt ( $r = 0,96$ ). Die Durchführung ist einfach und der Zeitaufwand geringer als bei der sRID. Die Analyse von großen Probenmengen mit wenig Materialverbrauch macht es zu einer guten Methode für den wissenschaftlichen Bereich. Conneely *et al.* (2013) geben zu bedenken, dass es durch unterschiedliche Test-Kits zum Überschätzen der Ig-Konzentration kommen kann.

#### 4.3.1.5 Elektrophorese

Die Kolostrumproben werden aufbereitet, indem sie mit  $\text{CaCl}_2$  verdünnt werden. Das Casein wird mit Lab ausgefällt. Anschließend wird das Kolostrum zentrifugiert und filtriert, um die Molke vom Casein zu trennen. Die Molke wird lyophilisiert, um danach den Ig-Gehalt mittels Elektrophorese zu bestimmen (Berger, 1979).

### 4.3.1.6 Nephelometrie

Bei der sogenannten Streulichtmessung wird der Trübungsgrad gemessen, der von Partikeln in einem Medium mit unterschiedlichen Refraktionsindices hervorgerufen wird (Tyndall-Phänomen). Die Intensität des Streulichts ist abhängig von Anzahl, Größe und Form des Partikels und von der Wellenlänge des Lichtes sowie beider Refraktionsindices (Greilinger und Gressner, 1995).

Lambrecht (1980) nannte als Vorteile die präzise, schnelle und einfache Handhabung und als Nachteil die (damals) schwierige Beschaffung von Antiseren guter Qualität und der hohe Geräteaufwand. Sie entdeckte eine hohe Korrelation zu den Werten der sRID ( $r = 0,94$ ), bemerkte aber, dass der IgG-Gehalt bei der sRID um 5g/l durchschnittlich höher lag und empfahl deshalb die Nephelometrie.

## 4.3.2 Calcium

### 4.3.2.1 Permanganometrie

Die Permanganometrie ist eine Methode der chemisch quantitativen Analyse.

Kaliumpermanganat wirkt in saurer Lösung stark oxidierend. Es kann für eine Redox titration ohne weiteren Indikator verwendet werden. Bei Kontakt mit oxidativen Stoffen (z.B. Calcium) wird es zu Mangan-(II)-Salz reduziert, was farblos ist. Bei einem Überschuss von Kaliumpermanganat bleibt die Lösung rosa (Hallmann, 1980). Bei der Calciumbestimmung muss erst das schwerlösliche Calciumoxalat mit Schwefelsäure ausgefällt werden (Garrett und Overman, 1940). Störungen können durch andere oxidierbare Stoffe, wie Chlorid, hervorgerufen werden.

### 4.3.2.2 Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)

Nach DIN 51401 ist die Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) definiert als ein spektralanalytisches Verfahren (Spektralanalyse) zum qualitativen Nachweis und zur quantitativen Bestimmung von Elementen mit Hilfe der Absorption optischer Strahlung durch freie Atome im Gaszustand.

Im Unterschied zur FES werden die nicht angeregten Atome in der Flamme gemessen, die die Strahlung absorbieren. Mit einer Hohlkathodenlampe wird monochromatisches Licht erzeugt und durch eine Flamme gelenkt die Atome enthält, die Licht absorbieren. Die Verringerung der Lichtintensität wird bei einer definierten Wellenlänge gemessen (Greilinger und Gressner, 1995). Durch das charakteristische Linienspektrum kann auf das Element geschlossen werden (Berry *et al.*, 2013b).

Die Probe wird im AAS-Gerät versprüht. Das entstehende Aerosol wird dabei in die Flamme gesaugt, wo zunächst das Lösungsmittel verdampft und anschließend die zurückbleibenden Salzpartikel ebenfalls verdampfen und schließlich zu Atomen dissoziieren. Bei der Bestimmung von Calcium in Milch ist eine Aufarbeitung des Probenmaterials nötig (Berry *et al.*, 2013b).

Eine Möglichkeit ist der Aufschluss durch konzentrierte Salpeter- und Perchlorsäure wie bei Kume und Tanabe (1993) oder die Trockenveraschung wie bei Cerbulis und Farrell Jr (1976). In der Studie von Kehoe *et al.* (2007) wurde das Kolostrum zuerst gefriergetrocknet und dann mit Mikrowellen und Salpetersäure aufgeschlossen.

Bei vielen biologischen Proben genügt jedoch die wesentlich weniger aufwändige Extraktion mit Trichloressigsäure (TCA), bei der keine Oxidation organischer Stoffe stattfindet. Das wässrige Probenmaterial wird dabei mit konzentrierter TCA-Lösung im Verhältnis 1:1 gemischt, nach einer kurzen Extraktionszeit zentrifugiert, wobei unlösliche Bestandteile wie denaturierte Eiweiße und Zellfragmente sich im Sediment sammeln. Der Überstand kann direkt vermessen werden (Berry *et al.*, 2013a).

Weiterhin kann anstatt einer Flamme eine Graphitrohrküvette verwendet werden. Die Probe wird zuerst getrocknet, dann thermisch zersetzt (Veraschung) und schließlich atomisiert. Vorteilhaft ist eine längere Verweildauer der Atome im Strahlengang (Greilinger und Gressner, 1995).

AAS-Geräte sind im Gegensatz zu anderen Untersuchungsmethoden zwar teurer und umständlicher, können dafür aber universeller angewandt werden. Störungen (Interferenzen) können von chemischer Natur sein, wie im Fall von Calcium durch Komplexbildung mit Phosphat (deshalb Zugabe von Lanthan oder Strontium als Fänger), durch Ionisation oder durch eine Matrix (Greilinger und Gressner, 1995).

### 4.3.2.3 *Flammenatomemissionsspektrometrie (FES)*

Die FES gehört wie die AAS zur Atomspektrometrie und wird oft spezialisiert angewendet für den Nachweis von Natrium, Kalium und Lithium, aber auch der Calciumnachweis ist möglich.

Die Methode basiert auf der Fähigkeit von Metallen, bestimmte Linien in einer Flamme zu emittieren. Die flüssige Probe wird zerstäubt, verdampft und atomisiert (Atomgas). Durch thermische Anregung kommt es zur Emission, bei der Atome durch Absorption von Energie angeregt werden und Photonen abgeben, die mittels einem Monochromator oder Filter gemessen werden (Greilinger und Gressner, 1995).

## 4.4 Einflussfaktoren auf Menge, Qualität und Calciumgehalt des Kolostrums

### 4.4.1 Laktationszahl

#### 4.4.1.1 Qualität

Der durchschnittliche Gesamteiweißgehalts des Kolostrum lag in einer Studie von Scholz *et al.* (2011) bei 119 +/- 39 g/l und die Immunglobulinkonzentration bei 89 +/- 35 g/l. Bei Erst- und Zweitlaktierenden war der Gesamteiweißgehalt signifikant niedriger (73 g/l) als bei Tieren, die mehr als 5 Laktationen hatten (111 +/- 40 g/l).

Die Immunglobuline im Kolostrum und im Serum spiegeln den Kontakt des Tieres mit Antigenen wieder (Larson *et al.*, 1980). Ältere Kühe sind während ihres Lebens mit einer größeren Anzahl von pathogenen Antigenen in Kontakt gekommen. Das könnte eine Erklärung liefern, warum die Ig-Konzentrationen mit steigender Laktationszahl ansteigt (Conneely *et al.*, 2013).

Die Konzentration der kolostralen Immunglobuline erhöht sich mit steigender Laktationszahl (Gulliksen *et al.*, 2008, Pritchett *et al.*, 1991) bis zum Erreichen der 4. Laktation und stagniert dann (Lambrech, 1980, Shearer *et al.*, 1992).

Bei Lambrecht (1980) erreichten die Kühe den Idealwert von 50 g/l erst in der 2. Laktation. Bei Shearer *et al.* (1992) gab es einen signifikanten Unterschied zwischen den Kühen der ersten und den übrigen Laktationen. Auch Berger (1979) beobachtete einen Anstieg bis zum 5. Lebensjahr der Kühe und dann einen Abfall der Ig-Konzentration. Im Unterschied dazu hatten Tiere bei Zarcula *et al.* (2010) in der zweiten und dritten Laktation einen höheren Proteingehalt im Kolostrum als Tiere der 4. Laktation. Bei Oyenyi und Hunter (1978) unterschieden sich die Gehalte der Immunglobuline im Kolostrum nicht in der 1.-3. Laktation. In der 4.-7. Laktation waren die Gehalte höher.

Auch die Konzentrationen der verschiedenen Immunglobulinfraktionen unterscheiden sich. So enthält Kolostrum von Färsen weniger IgG. Der Gehalt an IgG<sub>1</sub> erreicht sein Maximum in der 3. oder 4. Laktation und ist dann fast doppelt so hoch wie in der 1. Laktation (Devery-Pocius und Larson, 1983). Andere Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass Zweitlaktierende signifikant geringere IgG<sub>1</sub> Konzentrationen haben als Dritt- oder Höher laktierende, diese unterschieden sich kaum bezüglich ihrer IgG<sub>1</sub> Konzentration (Kehoe *et al.*, 2011, Pritchett *et al.*, 1991, Quigley *et al.*, 1994). Pritchett *et al.* (1991) empfiehlt deshalb, falls das Kolostrum gepoolt wird, Kolostrum von Zweitlaktierenden nur zu verwenden, wenn diese weniger als 8,5 l gemolken haben.

## Literaturübersicht

Im Unterschied dazu kam Horn (2013) zu dem Ergebnis, dass Erstlaktierende die höchsten IgG<sub>1</sub>-Konzentrationen im Kolostrum aufwiesen und die niedrigsten IgG<sub>2</sub>-Konzentrationen. Die Autorin verweist auf die unterschiedlichen Untersuchungsmethoden als mögliche Ursachen für diese widersprüchlichen Ergebnisse. Das Verhältnis von IgG<sub>1</sub>, IgG<sub>2</sub> und M lag bei 4:2:1. Weiterhin hatten Färsen signifikant geringere Konzentrationen von IgG<sub>1</sub> im Blutplasma als pluripare Tiere. Zur Geburt kommt es bei Pluriparen, jedoch nicht bei Färsen, zu einem deutlichen Abfall der Plasma-IgG<sub>1</sub>-Konzentration.

Zu der Konzentration von IgA gibt es gegensätzliche Ergebnisse. Bei Devery-Pocius und Larson (1983) war der IgA-Gehalt in allen Laktationen gleich. Laut Muller und Ellinger (1981) ist die Konzentration von IgA bei Färsen am geringsten. Das unterscheidet sich zu dem Ergebnis von Rocha *et al.* (2014), bei dem Primipare die höchsten Konzentrationen von IgA in der Molke aufwiesen.

IgM erhöht sich linear mit der Laktationszahl (Quigley *et al.*, 1994).

Wenige Autoren, wie Mechor *et al.* (1992) fanden keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Laktationszahl und Immunglobulingehalt. Bei dieser Studie wurden jedoch nur 39 Tiere untersucht, von denen nur 27 % in der 3. oder höheren Laktation waren.

Tabelle 7 vergleicht die Ergebnisse von Autoren zu der IgG-Konzentrationen im Kolostrum in den verschiedenen Laktationszahlen.

Tabelle 7: Konzentration von IgG im Kolostrum (g/l) in Abhängigkeit von der Laktationszahl

Laktationszahl	Stengel (1998) (n = 58)	Levieux und Ollier (1999) <sup>1</sup> (n = 60)	Kehoe <i>et al.</i> (2011) (n = 507)	Horn (2013) (n = 63)	Horn (2013) <sup>2</sup> (n = 63)
1	26,10	9,3 +/- 18,1	83,5	73	60
2	41,40	64,8 +/- 27,8	92,2	73	50
3	31,30		107,4	55	38
4	44,10		113,3		
> 5		85,7 +/-52,4			

<sup>1</sup> Werte von erster maschineller Melkung, nachdem das Kalb eigenständig getrunken hat

<sup>2</sup> Konzentration von IgG<sub>1</sub>

#### 4.4.1.2 Calcium

Der Einfluss der Laktationszahl auf den Calciumgehalt des Kolostrums wird unterschiedlich gesehen (Tabelle 8). So stellten Ostersen *et al.* (1997) fest, dass die Laktationszahl keinen Einfluss hat. Kume *et al.* (2003) kamen zu dem Schluss, dass Calcium, Phosphor und Magnesium im Kolostrum nicht von der Parität beeinflusst werden. Fett, Natrium und die Laktose-Konzentration sind aber bei Erstlaktierenden höher und Kalium und Protein niedriger.

Dies unterscheidet sich zu vorherigen Untersuchungen von Kume und Tanabe (1993), bei dem die Konzentration von Calcium und Phosphor mit steigender Parität abnimmt. Auch bei Kume *et al.* (1998) war die Calcium- und Phosphorkonzentration im Kolostrum in der ersten Laktation am höchsten, was aber auf die geringere Milchmenge der Erstlaktierenden im Vergleich zu Pluriparen zurückgeführt wurde. Die absoluten Mengen waren die gleichen.

Tabelle 8: Calciumkonzentration im Kolostrum zur Geburt in mg/dl in Abhängigkeit von der Laktationszahl

Laktationszahl	Kume und Tanabe (1993) (n = 93)	Kume <i>et al.</i> (1998) (n = 24)	Kume <i>et al.</i> (2003) (n = 65)
1	265	255	233
2	232	221	231
3	203	203	218
4	191		235
5	202 (>5)		

Die Konzentration von Calcium im Blut nimmt mit zunehmender Parität ab (Kume *et al.*, 2003) und bleibt nach der 3. Laktation konstant (Kume und Tanabe, 1993).

Das anorganische Phosphat im Plasma ist hingegen nicht von der Parität beeinflusst und auch kurz vor und nach der Geburt gleich (Kume *et al.*, 1998).

Die Plasmacalciumkonzentration bei Kühen der dritten oder höheren Laktation nimmt durch den großen Abfluss in das Kolostrum drastischer um die Geburt ab als bei Erstlaktierenden. Laut Shappell *et al.* (1987) gibt es jedoch keinen Zusammenhang zwischen Hypokalzämie und Calciumabfluss ins Kolostrum bei pluriparen Kühen.

Erhöhte PTH-Werte bei Kühen mit vier oder mehr Laktationen sind möglicherweise ein Hinweis auf eine verringerte Knochenmobilisierung von Calcium. Zusätzlich zu der verringerten Resorption über den Darm bei älteren Kühen und den Verlust über das Kolostrum kann dies als ein Faktor für das Ausbilden der Gebärparese gesehen werden (Kume *et al.*, 2003).

## Literaturübersicht

Tabelle 9: Calciumkonzentration im Blut in mg/dl in Abhängigkeit von der Laktationszahl

Laktationszahl	Kume <i>et al.</i> (1998) (n = 24)	Kume <i>et al.</i> (2003) (n = 65)
1	10,25	8,8
2	10,20	8,6
3	9,99	8,1
4		7,5

### 4.4.1.3 Menge

Die durchschnittliche Kolostrummenge wird bei Morin *et al.* (2001) mit 2,8-26,5 l ( $11,2 \pm 5,3$  l) angegeben. In Tabelle 10 ist die Kolostrummenge in Abhängigkeit von der Laktationszahl dargestellt. Die Milchmenge ist in den ersten 6 Tagen nach der Geburt bei primiparen Kühen geringer als bei pluriparen (Kume *et al.*, 2003). Kurz nach der Geburt liegt sie in der ersten Laktation durchschnittlich bei 1,5 l. In den folgenden Laktationen steigt die Menge an und ist in der Studie von Kume und Tanabe (1993) tendenziell in der zweiten Laktation am höchsten.

Auch Devery-Pocius und Larson (1983) und Kruse (1970) berichten, dass Färsen weniger Kolostrum produzieren. Kehoe *et al.* (2011) hingegen kamen nicht zu dem Ergebnis und vermuteten, dass es an der besseren Fütterung von Färsen und der damit besseren Milchproduktion bei modernen Milchrindern liegt. Auch bei Levieux und Ollier (1999) war die Kolostrummenge und der IgG-Gehalt in der ersten Laktation am niedrigsten. Conneely *et al.* (2013) vermuten, dass die Ursache für die geringere Kolostrummenge bei Färsen die geringere Milchmenge in der Gesamtlaktation ist.

Tabelle 10: Kolostrummenge in kg in Abhängigkeit von der Laktationszahl

LZ	Kume und Tanabe (1993) (n = 93)	Kume <i>et al.</i> (1998) (n = 24)	Levieux und Ollier (1999) (n = 60)	Kume <i>et al.</i> (2003) (n = 65)
1	1,5	6,4	$3,32 \pm 2,25$	1,9
2	2,0	6,5	$8,10 \pm 5,39$	2,9
3	1,9			3,8
4	1,7			4,8
>5			$6,74 \pm 4,00$	

LZ: Laktationszahl

#### **4.4.2 Milch-, Kolostrummenge und Ig-Konzentration**

Die Menge des Erstkolostrums korreliert stark negativ mit der Konzentration von IgG<sub>1</sub> im Kolostrum ( $r = -0,29$ ) (Pritchett *et al.*, 1991). Durch ein hohes Kolostrumvolumen kommt es zur Verdünnung der Immunglobuline, da die absolute Menge gleich bleibt. Niedrige Ig-Konzentrationen sind deswegen eher auf die Kolostrummenge zurückzuführen als auf eine ungenügende Sekretion in das Kolostrum (Guy *et al.*, 1994a). Auch Scholz *et al.* (2011) fanden heraus, dass Tiere mit mehr als 7,3 kg Milch Erstgemelk die geringsten Eiweißgehalte im Kolostrum hatten.

Logan (1977) hingegen fand bei Fleischrindern keine Korrelation zwischen Ig-Konzentration und Kolostrummenge.

Bei Scholz *et al.* (2011) hatten Tiere mit einer hohen Milchleistung in der vorangegangenen Laktation ( $> 11.929$  kg) durchschnittlich 13,3 g/l mehr Eiweiß und 10,9 g/l mehr Immunglobuline im Kolostrum.

Weiterhin gibt es einen Zusammenhang zwischen einer hohen Milchmenge im ersten Monat nach der Kalbung und niedrigem Calciumgehalt im Serum post partum. Der Großteil der Variation in der Calciumkonzentration ist jedoch nicht von der Milchmenge beeinflusst (Tveit *et al.*, 1991).

#### **4.4.3 Geburtsverlauf, Graviditätsdauer und Geschlecht des Kalbes**

Laut Kehoe *et al.* (2011) gibt es keine Korrelation von Geburtsverlauf und IgG-Gehalt, da die Immunglobuline schon einen Monat vor der Geburt vom Serum in das Kolostrum transportiert werden. Dardillat *et al.* (1978) fanden hingegen heraus, dass bei Schweregeburten der Ig-Gehalt im Kolostrum verringert ist.

Eine grobe Orientierung über den durchschnittlichen Immunglobulin-Gehalt im Kolostrum, abhängig von der Graviditätsdauer, gibt die Dissertation von Stengel (1998):

bis 275 Tage = 51,8 g/l

276-285 Tage = 25,6 g/l

>285 Tage = 26,2 g/l

Die Werte sind aber kaum zur praktischen Anwendung geeignet, da der Zusammenhang zwischen Graviditätsdauer und Immunglobulin-Gehalt niedrig ist (Stengel, 1998).

Das Geschlecht des Kalbes, Mehrlingsgeburten und Totgeburten haben keinen Einfluss auf die Gebärparesewahrscheinlichkeit (Correa *et al.*, 1993). Das Geschlecht des Kalbes beeinflusst weder den Gehalt, die Menge und die Komposition von Mineralien im Kolostrum (Kume und Tanabe, 1993) noch die Ig-Konzentration (Vann *et al.*, 1995).

### 4.4.4 Erstkalbealter und Zwischenkalbezeit

In der Studie von Lambrecht (1980) hatten Färsen mit einem Erstkalbealter von weniger als 27 Monaten einen niedrigeren IgG-Gehalt als Färsen, die älter waren als 27 Monate. Der Unterschied war aber nicht signifikant. Bei IgA gab es keinen Unterschied.

Bei Ettema und Santos (2004) hatten Färsen mit einem niedrigen Erstkalbealter (durchschnittlich 680 Tage im Vergleich zu durchschnittlich 724 Tage) eine höhere Totgeburtenrate und produzierten weniger Milch. Die Autoren geben ein optimales Erstkalbealter für kommerzielle Betriebe von 23-24,5 Monaten an.

Die Zwischenkalbezeit erklärt keine beobachtete Variation in der kolostralen IgG<sub>1</sub> -Konzentration (Pritchett *et al.*, 1991).

### 4.4.5 Genetik

Die Halbgeschwisteranalyse bei Lambrecht (1980) ergab eine Heritabilität für IgG von 0,057. Für IgA konnte kein erblicher Einfluss festgestellt werden. Allgemein haben aber andere Faktoren wie die Laktationszahl einen größeren Einfluss. Bei Conneely *et al.* (2013) lag die Heritabilität für IgG bei 0,10 und für die Kolostrummenge bei 0,21.

Eine gewisse Vererbbarkeit des Ig-Gehaltes im Kolostrum wurde bei der Studie von Dardillat *et al.* (1978) beobachtet.

Kühe der Rasse Holstein Friesian hatten in der Studie von Shearer *et al.* (1992) eine höhere Wahrscheinlichkeit gutes Kolostrum (>50mg/ml) zu erzeugen als Tiere der Rasse Jersey und Brown Swiss.

Kruse (1970) beschrieb bei Färsen hoch signifikante Unterschiede in der Kolostrummenge und Ig-Gehalte zwischen verschiedenen dänischen Rinderrassen. Die individuelle Variation war jedoch sehr groß.

#### 4.4.6 Jahreszeit

Der Einfluss der Jahreszeit wird von den Autoren sehr unterschiedlich bewertet.

Pritchett *et al.* (1991) kamen zu dem Ergebnis, dass die Jahreszeit keinen Einfluss auf die Immunglobulin-Konzentration hat.

Kruse (1970) und Morin *et al.* (2010) stellten fest, dass die Länge der Zeit, in der die Tiere in der Trockenstehperiode Sonnenlicht ausgesetzt waren, keinen Einfluss auf die Produktion von IgG und die Menge des Kolostrums hatten. Bei einigen Autoren produzierten die Kühe bei einer verkürzten Phase des Sonnenlichts während der Trockenstehzeit im Winter mehr Kolostrum (Dahl *et al.*, 2000) oder mehr Immunglobuline als im Sommer (Färsen) (Geiger, 2007, Lambrecht, 1980).

Laut Bruckmaier (2006a) erhöht eine lange Dauer der Lichtexposition von mindestens 16 Stunden täglich die Milchleistung deutlich.

Eine mögliche Ursache für die geringeren IgG-Werte im Kolostrum im Sommer ist der Hitzestress. Dieser kann bei primiparen Holstein Friesian Kühen die Zusammensetzung des Kolostrums verändern. Das Kolostrum hat dann eine geringere Konzentration von IgG und IgA. In Vermutung steht ein verminderter Transfer von Immunglobulinen in die Milchdrüse. Die Kolostrummenge wird hingegen nicht beeinflusst (Nardone *et al.*, 1997).

Andere Autoren beobachteten im November bis Februar einen deutlichen Abfall der Immunglobuline (Escher, 1979, Porwollik, 1990) wie IgG im Kolostrum (Gulliksen *et al.*, 2008). Die Messergebnisse des Kolostrometers sind temperaturabhängig. Deshalb folgerten Quigley *et al.* (1994), dass es bei niedrigen Temperaturen im Winter zu Fehlmessungen kommen kann.

In der Studie von Shearer *et al.* (1992) war die Konzentration von Immunglobulinen im Kolostrum im August und September signifikant höher als in den restlichen Monaten. Morin *et al.* (2001) kamen zu widersprüchlichen Ergebnissen hinsichtlich der Korrelation vom spezifischen Gewicht und Abkalbemonat. Morin *et al.* (2001) vermuteten, dass bei Shearer *et al.* (1992) im Sommer in Florida durch den Hitzestress die Kälber weniger tranken und somit das gemessene spezifische Gewicht im Kolostrum höher war.

Ebenso beobachtete auch Berger (1979) in den Herbstmonaten höhere Ig-Werte als im Winter und Sommer, wahrscheinlich zurückzuführen auf die Weidefütterung im Sommer.

Bei Sugeil *et al.* (1989) war die Konzentration von Calcium im Kolostrum im Sommer 1,5-2 mal höher als im Winter.

#### 4.4.7 Fütterung

Die Fütterung kann den Ig-Gehalt des Kolostrums und damit die Gesundheit des Kalbes beeinflussen. Andere Parameter wie der Zeitpunkt der Kolostrumgabe spielen jedoch eine wichtigere Rolle (Porwollik, 1990).

Bei Schafen kommt es bei Unterernährung zu einer geringeren Kolostrummenge als bei gut genährten Tieren. Wird jedoch unterernährten Schafen 5 Tage vor der Geburt ausreichend Futter zur Verfügung gestellt, unterscheidet sich die Kolostrummenge nicht (Mellor und Murray, 1985). Im Unterschied dazu wiesen Schafe, die ad libitum Zugang zu Futter mit hohem Proteingehalt hatten, eine geringere Kolostrummenge auf als Tiere mit einer ausgewogenen Ration (Wallace *et al.*, 2006). Bei Banchemo *et al.* (2004) kam es nach Supplementierung von einem glukosehaltigen Futtermittel (Mais) eine Woche a.p. zu einer Verdoppelung des Erstkolostrums im Unterschied zu Schafen, die nicht supplementiert wurden. Die Laktosekonzentration im Kolostrum war höher, die Proteinkonzentration dagegen geringer.

Eine erhöhte Proteinzufuhr oder ein erhöhter Energiegehalt verbessern nicht den IgG-Gehalt im Kolostrum (Blecha *et al.*, 1981, Geiger, 2007). Jedoch bringt der Zusatz von dem Proteinträger Soja oder Harnstoff zu Maisschrot einen erhöhten Gehalt von IgG im Kolostrum.

Eine unterschiedliche Fütterung hatte keinen Einfluss auf den Gehalt an Calcium, Phosphor und Magnesium im Blut (Geiger, 2007). Auch Shell *et al.* (1995) kamen zu dem Schluss, dass eine unterschiedliche Energiezufuhr keinen Einfluss auf den Ig-Gehalt im Kolostrum und die Kolostrummenge hat. Im Unterschied dazu führte bei Stockdale und Smith (2004) eine Erhöhung der Energiezufuhr zu einer Erniedrigung des Ig-Gehaltes und eine Erhöhung der Proteinzufuhr zu einer Erhöhung des Ig-Gehaltes.

McGee *et al.* (2006) verglichen eine Fütterung mit Grassilage ad libitum mit einer Strohütterung ad libitum für die letzten 15 Tage a.p.. Pluripare Tiere, die nur mit Stroh ernährt wurden, hatten niedrigere Ig-Gehalte. Auch die Kälber der Tiere, die nur mit Stroh gefüttert wurden, hatten niedrigere Ig-Gehalte im Serum. Die Kolostrummenge war verringert, jedoch nicht signifikant. Um eine signifikante Verringerung zu erreichen, wäre eine längere Dauer der Fütterung nötig gewesen.

Bei Logan (1977) wurden zwei Gruppen von Fleischrindern mit unterschiedlicher Haltung (Überwinterung im Freien vs. im Stall) und unterschiedlicher Fütterung (Zufütterung Silage vs. Silage ad libitum) verglichen. Die Tiere, die den Winter im Stall verbrachten, gaben mehr Kolostrum (1655 ml vs. 592 ml) und hatten höhere absolute Ig-Gehalte im Kolostrum.

#### 4.4.8 Trockenstehdauer

Für eine ausreichende Ruhe und Regenerationszeit und damit auch für qualitativ und quantitativ hochwertiges Kolostrum ist eine Trockenstehperiode von 6 Wochen optimal (Huth, 1995).

Der Einfluss der Länge der Trockenstehperiode auf die Immunglobulinkonzentration im Kolostrum ist als gering einzuschätzen. Bei einer normalen Trockenstehperiode (56 Tage) ist der Gehalt an IgG und IgM im Kolostrum höher als bei einer verkürzten Periode (35-42 Tage), die Unterschiede sind aber sehr variabel. Bei der verkürzten Periode ist außerdem die Milchmenge in der ersten Woche p.p. verringert. Einzig bei Kühen, die vorzeitig trocken gestellt werden und somit über eine längere Periode verfügen (> 60 Tage), ist der Gehalt an IgG signifikant verringert (Losand, 2010).

Scholz *et al.* (2011) fanden hingegen heraus, dass bei Tieren, die mehr als 62 Tage trocken standen, 21 g/l mehr Eiweiß und 17 g/l mehr Immunglobuline im Kolostrum vorhanden sind als bei Tieren, die 46 Tage trocken standen. Ab der 4. Laktation nimmt der Einfluss der Trockenstehdauer ab.

Bei einem gänzlichen Wegfall der Trockenstehzeit kommt es zu einem Verdünnungseffekt der Immunglobuline des Kolostrums und somit zu signifikant niedrigeren Immunglobulingehalten (Mansfeld *et al.*, 2012a). Bei der Studie von Mansfeld *et al.* (2012a) handelt es sich um eine Metastudie, bei der jedoch Scholz *et al.* (2011) nicht mit einfließen.

Es gibt eine positive Korrelation zwischen der Kolostrummenge der ersten 3 Tage und der Dauer der Trockenstehperiode (Kratochvil und Veris, 1978, Pritchett *et al.*, 1991). Die Menge des Erstkolostrums korreliert stark negativ mit der Konzentration von IgG<sub>1</sub>. Jedoch gibt es keine Korrelation zwischen der Trockenstehlänge und der IgG<sub>1</sub> Konzentration (Pritchett *et al.*, 1991).

Die Milchmenge in den ersten 5 Tagen p.p. ist bei trockengestellten Kühen 22% höher als bei denen, die durchgemolken werden (Andersen *et al.*, 2005).

Tiere die durchgemolken werden, haben eine Tendenz zu einer höheren Calciumkonzentration im Blut im Vergleich zu Tieren die eine Trockenstehperiode hatten. Zur Geburt kommt es bei beiden zu einem Abfall der Calciumkonzentration. Bei Tieren, die eine Trockenstehperiode hatten, steigt jedoch der Blut-Calciumspiegel steiler an. Der Einfluss ist jedoch trotzdem relativ gering (Andersen *et al.*, 2005). Bei Köpf (2013) war die Inzidenz von Hypokalzämie bei durchgemolkenen Kühen geringer als bei trockengestellten. Die Calciumkonzentration im Serum war bei beiden Gruppen jedoch annähernd gleich.

#### **4.4.9 Einfluss des Euters und des ersten Melkens**

Die Menge an IgG<sub>1</sub> die ins Euter gelangt, hat eine Korrelation zu dem Wasser, das für die Kolostrogenese einfließt. Die Menge an Immunglobulinen korreliert nicht mit der Menge der milchproduzierenden Zellen (Baumrucker *et al.*, 2010).

In der Studie von Godden und Hazel (2011) wurde zwischen zisternalen, alveolaren und gemischten Melkfraktionen unterschieden. In der zisternalen Fraktion ist der IgG-Gehalt signifikant höher. Deswegen sollte man erst das Kolostrum ganz ermelken und dann die Qualität testen.

Ein Anstieg der Zeitspanne zwischen Kalbung und erstem Melken bewirkt einen signifikanten Abfall der Konzentration von IgG (Conneely *et al.*, 2013, Kruse, 1970, Pritchett *et al.*, 1991).

Laut Morin *et al.* (2010) nimmt die Konzentration von IgG mit jeder vergangenen Stunde nach dem Kalben um 3,7 % ab. Die totale Menge an IgG bleibt jedoch gleich innerhalb von einem Tag nach der Kalbung. Durch vermehrte Sekretion von Kolostrum kommt es aber zum Verdünnungseffekt. Deshalb sollte das Intervall zwischen Kalbung und Melken so kurz wie möglich gehalten werden.

Bei Scholz *et al.* (2011) nahm der Immunglobulin-Gehalt in den ersten neun Stunden nach der Kalbung um 41%, bei Berger (1979) in den ersten 24 Stunden um 47 % ab.

12 Stunden nach dem ersten Melken sind nur 78,3% der initialen Immunglobulin-Konzentrationen im Kolostrum vorhanden, 24 Stunden post partum sind es nur noch 47,5%. Bei Tieren der ersten bis dritten Laktation ist dieser Abfall deutlicher als bei älteren Tieren (Oyeniya und Hunter, 1978). Einen ähnlichen Abfall der IgG-Konzentration berichten auch Conneely *et al.* (2013). 3-6 Stunden p.p. war die Konzentration am höchsten und die Kolostrummenge am niedrigsten. Die Autoren sind aber der Meinung, dass nicht der Verdünnungseffekt maßgeblich dafür verantwortlich ist, weil auch die absolute Menge verringert war. Möglicherweise diffundiert IgG mit der Zeit, in der die Kuh nicht gemolken wird, passiv in den Blutkreislauf zurück (Moore *et al.*, 2005).

Ein Verlust von Kolostrum aus dem Euter vor dem ersten Melken ist zu vermeiden, weil es dadurch zu einer höheren Wahrscheinlichkeit kommt, Kolostrum mit schlechterer Qualität zu erhalten (Kruse, 1970).

#### **4.4.10 Erkrankungen**

In der Dissertation von Escher (1979) hatten Kühe, die nach der Geburt eine Nachgeburtsverhaltung zeigten, im Kolostrum überdurchschnittlich hohe IgM-Gehalte und relativ niedrige IgG-Gehalte. Länger bestehende Erkrankungen vor der Geburt führten zu ca. 20% höheren IgG-Konzentrationen

im Kolostrum. IgM war durchschnittlich. Dardillat *et al.* (1978) fanden hingegen heraus, dass kranke Tiere schlechteres Kolostrum produzierten.

Reusch (1966) vergleicht die Ig-Konzentration im Kolostrum zwischen Kühen mit kranken Kälbern mit denen, die gesunde Kälber hatten. Die Ig-Konzentration im Erstkolostrum von Kühen mit erkrankten Kälbern zeigte keinen signifikanten Unterschied zu Tieren mit nicht erkrankten Kälbern. Kühe mit erkrankten Kälbern hatten jedoch zwei Tage postpartum 7% weniger Ig im Kolostrum als Kühe mit gesunden Kälbern.

In dem Review von Fourichon *et al.* (1999) wurden Studien ausgewertet, die Einflüsse von Erkrankungen auf die Milchmenge untersuchten. Milchfieber und zystische Ovarien sind nicht mit einer verringerten Milchleistung verbunden. Weniger als die Hälfte der Studien fand einen Milchverlust beim Auftreten von Schweregeburten, Nachgeburtsverhalten und Metritis. Mehr als die Hälfte der Studien beobachteten eine Verringerung der Milchmenge beim Auftreten von Totgeburten, Ketosen und Störungen des Bewegungsapparates. Alle Studien, die sich mit der Labmagenverlagerung beschäftigten, fanden Verluste bei der Milchmenge.

### 4.4.10.1 Erkrankungen des Euters

In einer Studie von Maunsell *et al.* (1998) war das Kolostrumvolumen bei persistierend infizierten Milchdrüsen signifikant verringert im Vergleich zu nicht infizierten. Die kolostrale IgG-Konzentration unterschied sich dahingegen nicht. Die absolute Ig-Masse war aufgrund des verringerten Volumens auch verringert. Der mittlere prozentuale Abfall lag beim Volumen bei 17% und bei der IgG-Masse bei 14%. Wurde eine Infektion jedoch nur einmalig nachgewiesen (nicht persistierend), gab es keine signifikanten Unterschiede bei Volumen und IgG Konzentration, wahrscheinlich weil die Mastitis nicht in die Zeit der Kolostrogenese fiel. Die Infektion muss in die späte Trockenstehphase fallen, um eine Veränderung in Qualität und Quantität zu bewirken. Der Erregertyp (Gram -, Gram +) hatte keinen Einfluss auf Kolostrummenge und Qualität.

Bei Gulliksen *et al.* (2008) korreliert eine erhöhte Zahl der somatischen Zellen mit einer signifikant schlechteren Kolostrumqualität.

Durch die beschädigte Blut-Milch-Schranke bei einer Mastitis kann es zu einem Übertritt von Calcium in die Milch kommen, was eine Konzentrationserhöhung mit sich bringen würde (Neville, 2005).

#### **4.4.11 Gabe von Medikamenten**

Die Gabe von Glukokortikoiden in der späten Trächtigkeit bewirkt einen geringeren Gehalt von IgG im Kolostrum (Brandon *et al.*, 1975).

Bei einer Gabe von Selen und Vitamin E 15 Tage vor der Geburt produzieren die Tiere 22% mehr Kolostrum in den ersten 36 Stunden und 10% mehr Milch in den ersten 12 Wochen der Laktation. Die Ig-Konzentration im Kolostrum und auch im Plasma der Kälber wird hingegen nicht beeinflusst (Lacetera *et al.*, 1996).

#### **4.4.12 Kondition**

In der Studie von Shearer *et al.* (1992) gaben Kühe mit einem BCS von 3 Kolostrum schlechterer Qualität verglichen mit Kühen mit einem BCS von 2,5. Im Vergleich zu Tieren die an Kondition abgebaut hatten, war eine Konditionszunahme während der Trockenstehperiode mit einer höheren Konzentration von Immunglobulinen im Kolostrum verbunden. Zwischen Tieren mit konstanter Kondition und denen, die an Kondition abgebaut hatten, gab es keinen Unterschied.

Stockdale und Smith (2004) kamen hingegen zu dem Ergebnis, dass der Body Condition Score keinen oder nur einen geringen Einfluss auf den Ig-Gehalt des Kolostrums hat.

## 5 Material und Methoden

### 5.1 Betriebsmanagement

Die Datenerhebung fand vom 9. April 2012 bis 27. März 2013 auf einem Milchviehbetrieb in Mecklenburg Vorpommern mit 2177 Milchkühen und 1472 Jungrindern der Rasse Holstein Friesian statt. Die Jahresmilchleistung lag 2012 bei 11.326 kg pro Kuh, der Fettgehalt der Milch bei 3,9 % und der Eiweißgehalt bei 3,3 %. Die durchschnittliche Zellzahl in der Tankmilch lag bei 161 000 pro Liter. Die tägliche Milchmenge belief sich 2012 auf 58.000 kg. Die Kühe gaben im Schnitt 31 kg pro Tag und Färsen 28 kg zur ersten Milchleistungsprüfung.

#### 5.1.1 TMF

Seit 2008 verfügt der Betrieb über eine TMF-Einheit (Transition Management Facility). Dort werden Kühe nach dem Trockenstellen und Färsen 2 Wochen ante partum verbracht. Bis zum Ausstallen in die Leistungsgruppen, ca. 2 Wochen post partum, verbleiben die Tiere in diesem Stall. Es wird besonderes Augenmerk auf die frühe Erkennung und Behandlung von Erkrankungen gelegt. Der TMF-Stall ist ein Boxenlaufstall und verfügt über einen Doppel 12 side by side Melkstand. Die Liegeboxen sind zweireihig und mit Sand eingestreut. Ein Faltschieber schiebt alle zwei Stunden Gülle aus den Gängen ab. Ein Mitarbeiter entfernt Kot aus den Liegeboxen und sorgt für eine gleichmäßige Verteilung des Sandes. Die Fütterung erfolgt über eine Totale Mischration, die einmal täglich frisch vorgelegt wird.

##### 5.1.1.1 Trockenstehgruppe/ Close-up

Kühe werden 6 -8 Wochen ante partum trocken gestellt und in den TMF eingestallt. Die Aufenthaltsdauer ergibt die Länge der ersten Trockenstehperiode (**TS 1**). 2 Wochen a.p. kommen die Kühe in die Vorbereitergruppe und Färsen in eine Close-up Gruppe (**TS 2** bzw. **Vz**), wo sie regelmäßig auf Geburtsanzeichen kontrolliert werden. Die Fütterung erfolgt nach dem DCAB-Konzept als Gebärpareseprophylaxe. Mehrmals in der Woche wird der pH-Wert des Harns gemessen, um die gewünschte azidotische Stoffwechsellage, bedingt durch die Anionenration, zu detektieren. Die gesamte Aufenthaltsdauer vom ersten Tag im TMF bis zur Kalbung ist die Dauer der gesamten Trockenstehperiode (**TS gesamt**).

### *5.1.1.2 Kalbung*

Werden bei einem Tier Zeichen der nahenden Geburt beobachtet (Abgang von rötlichem Schleim, Platzen der Fruchtblase, Fruchthüllen oder Fruchtteile im Geburtskanal), wird es aus der Gruppe separiert und in eine mit Stroh eingestreute Box gebracht. Bei Störungen greift ein Mitarbeiter ein und leistet Geburtshilfe. Das Muttertier wird abgemolken und erhält, wenn es sich um eine Kuh handelt, eine Calciuminfusion (Calcilift forte, 500 ml Albrecht) sowie 500 ml Propylenglykol. Mit einer Senkspindel wird das spezifische Gewicht des Kolostrums ermittelt. Falls die Kolostrummenge nicht ausreichend ist, wird auf frisches Kolostrum einer kurz zuvor abgekalbten Kuh oder tiefgefrorenes Kolostrum zurückgegriffen.

Seit Anfang Dezember 2012 bekommen Kühe anstatt der Calciuminfusion einen Bolus (Bovikalc, 190 mg, Boehringer Ingelheim). Jedes Tier wird vor und nach der Geburt vaginal palpiert. Färsen bekommen aufgrund vermehrt auftretenden Schweregeburten Denaverinhydrochlorid (Sensiplex®, Veyx Pharma ) und Carprofen (Paracarp) appliziert.

### *5.1.1.3 Frischlaktierende*

Pluripare Tiere gehen nach der Kalbung in eine mit Stroh eingestreute Gruppe. Dort werden sie eingehend untersucht, insbesondere auf häufige peripartale Erkrankungen wie Hypokalzämie oder Nachgeburtsverhalten. Nach 5-7 Stunden gelangen sie in größere Gruppen, die über mit Sand eingestreute Liegeboxen verfügen. Primipare Tiere kommen nach der Geburt direkt in eine solche Gruppe.

Die Tiere verbleiben noch weitere 2-3 Wochen im Transitstall bis sie, je nach Milchleistung und Gesundheitsstatus, in die Hochleistungsgruppen ausgestallt werden.

## **5.1.2 Melkende**

Die Hochleistungstiere befinden sich in zwei 6 Reihern Boxenlaufställen mit zentralem Futtertisch für jeweils knapp 900 Tiere. Als Einstreu wird getrocknetes Gülleseparat verwendet. Die Gülle wird zweimal täglich mit dem Faltschieber abgeschoben. Zwei- bis dreimal täglich werden die Tiere im 20 side by side Melkstand gemolken. Die Fütterung über die eine TMR erfolgt zweimal täglich.

Kranke Tiere, die unter Medikamenten mit Wartezeit stehen, gelangen in die Sondermilchgruppe. Die Liegeboxen sind mit Sägespänen eingestreut, was besonders dem Komfort und der Hygiene bei Tieren mit Klauenerkrankungen dienen soll. Der Klauenstand befindet sich zudem in unmittelbarer Nähe.

### 5.1.3 Kälber

Nach der Geburt verbleibt das Kalb den ersten Tag in einer Box im TMF unter Rotlicht. Es wird mit 4 l Kolostrum gedrencht, der Nabel desinfiziert und die Ohrmarken eingezogen. Weibliche Kälber einer Kuh erhalten 10 ml Eisen intramuskulär.

Anschließend werden die Tiere im Kälberstall in Einzelboxen untergebracht, bis sie im Alter von zwei Wochen in Gruppen à 20 Tiere eingestallt werden. Die Bullenkälber werden verkauft und Kuhkälber werden zur Eigennachzucht verwendet. Die ersten zwei Wochen erhalten die Kälber Vollmilch, die ersten vier Monate außerdem Kraftfutter und Luzernenheu.

Die Färsenaufzucht verläuft über mehreren Stationen bis zur Besamung. Bei einer positiven Trächtigkeitsuntersuchung bekommen sie 3 Wochen ante partum die vierstellige Stallmarke eingezogen und werden in die Close-up Gruppe umgestallt.

### 5.1.4 Fütterung

Die Tiere erhalten eine Totale Mischration, abgestimmt auf die Leistungsgruppe, die mit einem Futtermischwagen vorgelegt wird. Die Ration besteht aus Mais- und Grassilage, Stroh, Pressschnitzel, Weizen-, Körnermais-, Raps-, und Sojaschrot sowie Mineralien. Die meisten Komponenten werden auf dem Betrieb selber angebaut. Die Trockensubstanzaufnahme für melkende Kühe beläuft sich auf 20-25 kg. Der Vorbereitungerration werden die sauren Salze Calciumchlorid und Magnesiumsulfat in gekapselter Form (Omegalin aktiv, Spezialfutter Neuruppin GmbH) zur Gebärpäresese prophylaxe zugesetzt. Ziel ist ein Verhältnis von Kationen und Anionen (DCAB) von 0 mEq pro kg Trockensubstanz. Zur Kontrolle der Ansäuerung wird der Harn-pH regelmäßig stichprobenartig in der Vorbereiter und Close-up Gruppe kontrolliert.

Im Transitstall steht jedem Tier ein Futterplatz zur Verfügung. In den anderen Ställen liegt das Tier-Fressplatz-Verhältnis bei 3:1.

### 5.1.5 Reproduktion

Die Besamung erfolgt künstlich mit dem Ovsynch-Verfahren. In Tabelle 11 sind die Fruchtbarkeitskennzahlen des Betriebes aufgeführt.

Tabelle 11: Fruchtbarkeitskennzahlen des Untersuchungsbetriebes 2012

EKA	21-22 Monate
1. TU	32-39 Tagen
FWZ	50 Tage
RZ	65 Tage
VZ	44 Tage
GZ	109 Tage
ZKZ	390
KR	Kühe 40 %, Färsen 64 %
TI	2,4
BI	2,5
BNR	63 %
TR	23 %
Totgeburtenrate	Kühe 5 %, Färsen 9-11 %
Schwergeburtenrate	5 %
Remontierungsrate	28 %

EKA: Erstkalbealter, FWZ: Freiwillige Wartezeit, RZ: Rastzeit, TU: Trächtigkeitsuntersuchung, ZKZ: Zwischenkalbezeit, VZ: Verzögerungszeit, KR: Konzeptionsrate, TI: Trächtigkeitsindex, BI: Besamungsindex, BNR: Brunstnutzungsrate, TR: Trächtigkeitsrate

## 5.2 Probengewinnung, -aufarbeitung und –untersuchung

Für die Probengewinnung wurden alle im Untersuchungszeitraum abgekalbten Tiere (n = 2278) mit einbezogen. Von jedem Tier wurden Blut- und Kolostrumproben genommen und die Kondition mit Hilfe der Rückenfettdicke (RFD) bestimmt. Eine Übersicht zu den Zeitpunkten der Probenentnahmen gibt Tabelle 12.

Tabelle 12: Zeitpunkt der Probenentnahmen

Zeitpunkt	RFD	Blutprobe	Kolostrumprobe
6-8 Wochen a.p.	+		
2 Wochen a.p.	+		
Kalbung		+	+
1 Tag p.p.	+	+	
7 Tage p.p.		+	
2 Wochen p.p.	+		
6 Wochen p.p.	+		
100 Tage p.p.			

### 5.2.1 Blut

Die Blutprobenentnahme erfolgte am Tag der Kalbung (**0**) vor der Calciuminfusion an der Vena jugularis und einen Tag (**1**) sowie 7 (**7**) Tage post partum morgens zwischen 8-10 Uhr zum Zeitpunkt der Fütterung an der Vena coccygea mit 9 ml Serumröhrchen (Monovetten, Sarstedt®) und 18 G Injektionskanülen (Sterican®, Braun).

Im Anschluss wurden die Blutproben für 10 Minuten bei 4000 U/ Min zentrifugiert und das Serum zum Einfrieren zu gleichen Teilen in zwei Serumröhrchen (5ml, Sarstedt®) abpipettiert.

In Tabelle 13 sind die Parameter und Messverfahren der Blutproben aufgeführt.

Tabelle 13: Messverfahren für Blutparameter

Parameter	Einrichtung	Analysegerät	Analysemethode
Calcium	Labor der Klauentierklinik der FU Berlin	AAS Solaar M6	Atomabsorptionsspektrometrie
Phosphor		Roche Cobas Mira plus Labor und Technik Testkit LT-PH0100	photometrisch, colorimetrisch
NEFA		Roche Cobas Mira plus Randox Testkit RB 1007	colorimetrisch
BHB		Roche Cobas Mira plus Randox Testkit FA 115	kinetisch- enzymatisch

AAS: Atomabsorption

## 5.2.2 Kolostrum

Die Kolostrumproben wurden in der ersten halben Stunde nach der Kalbung zum Zeitpunkt des ersten Melkens genommen und in Serumröhrchen (5ml Sarstedt ®) gefüllt und eingefroren. Die Menge des mit einer Kannenmelkanlage gewonnenen Kolostrums wurde mit einer Waage ermittelt. Die Messung der Proteinkonzentration im Kolostrum erfolgte durch zwei Methoden. Als betriebseigene Kontrolle wird mittels eines Hydrometers (Kolostrumspindel) das spezifische Gewicht bestimmt. Der Immunglobulingehalt kann dann über eine Umrechnungstabelle (Fleenor und Stott, 1980) errechnet werden. Bei der zweiten Methode, im Rahmen der eigenen Untersuchung, wurde der Brechungsindex mit einem Refraktometer (QUIDEE GmbH) bestimmt, von dem sich wiederum die Konzentration an Immunglobulinen ableiten lässt (Tabelle 14). Die Ergebnisse der Refraktometermethode wurde für die Untersuchung verwendet, da sie im Allgemeinen zuverlässiger sind (S. 18).

Weiterhin wurde der Calciumgehalt des Kolostrums in einem externen Labor bestimmt (Tabelle 15).

Tabelle 14: Refraktometrische Beurteilung der Kolostrumqualität

Brix %	Ig-Gehalt (g/l)	Kolostrumqualität
19,9 % und geringer	25 und geringer	schlecht
20-21,9 %	25-49,9	mäßig
22 % und mehr	50 und mehr	gut bis sehr gut

Tabelle 15: Messverfahren Kolostrumparameter

Parameter	Einrichtung	Analysegerät	Analysemethode
Ig-Konzentration	betriebsintern	Hydrometer	Bestimmung spezifisches Gewicht
	Labor der Klauentierklinik der FU Berlin	BRIX- Refraktometer (QUIDEE GmbH)	Bestimmung Brechungsindex
Calcium	Veterinärmedizinisches Untersuchungslabor Ludwigsburg	ICP-OES Vista Pro der Firma Varian	induktiv gekoppeltes Hochfrequenzplasma – optische Emissionsspektrometrie

### 5.2.3 Rückenfettdicke

#### 5.2.3.1 Methode

Die Kondition ist definitionsgemäß der Ernährungszustand, der im Wesentlichen durch die Ausbildung des Körperfettgewebes geprägt wird. Die Rückenfettdicke ist die Stärke der subkutanen Fettauflage (incl. Haut) an einem topografisch definierten Punkt in der Rückenregion. Die Rückenfettdicke wird eine Handbreit kranial des Sitzbeinhöckers mit einem Ultraschallgerät mit Linearschallkopf gemessen. Die Haut wird vorher mit 70% Alkohol benetzt. Die Angaben erfolgten in Millimetern (Staufenbiel, 1997). Der Messbereich liegt bei mindestens 5 mm (Haut) bis 60 mm (Staufenbiel und Schröder, 2004b).

#### 5.2.3.2 Messschema

Die Messung der Rückenfettdicke zur Einschätzung der Kondition erfolgte zum Zeitpunkt des Trockenstellens 6 -8 Wochen ante partum bei Kühen (**RFD 1**), zum Umstallen der Kühe in die Vorbereitergruppe bzw. der Färsen in die Close-up Gruppe 2 Wochen ante partum (**RFD 2**), einen Tag nach der Geburt (**RFD 3**), zum Zeitpunkt des Ausstallens in die Leistungsgruppen (**RFD 4**) ca. 2 Wochen p.p. und 6 Wochen post partum (**RFD 5**).

Verwendet wurde ein tragbarer, akkubetriebener Ultraschallapparat (ESAOTE Biomedica Deutschland GmbH) mit einem 5-MHz-Linearschallkopf. Die Messung erfolgte eine Handbreit kranial des Sitzbeinhöckers mit leichtem Druck in kraniodorsaler Richtung. Die Haut wurde vorher mit 70 % Alkohol benetzt.

## 5.3 Datenerhebung

Zu den Laboranalysedaten von Blut und Kolostrum wurden außerdem Daten zur Geburt (Kälbergeschlecht, Geburtsverlauf, Anzahl der Kälber, Kälbergewicht, Totgeburten) sowie Laktationszahl, Kuhvater, Trächtigkeitsdauer, Erstkalbealter, Anzahl der Besamungen, Günstzeit, Anzahl der Tage der Trockenstehperiode und Vorbereiterperiode sowie Rückenfettdickedaten und die Erkrankungen erhoben. Weiterhin wurden die Milchmengen der ersten 7 Tage und die mittlere Milchmengentagesleistung der ersten 7, 14, 21, 35, 42 Tage und 100 Tage-Leistung erfasst.

Nach der Kalbung wird die Kuh innerhalb einer halben Stunde gemolken und das Kolostrum gewogen. Abhängig von der Tageszeit wurde die Kuh noch weitere Male an diesem Tag im Melkstand gemolken. Diese Menge ist im Datensatz mit dem Namen „Milchmenge Tag 1“

bezeichnet. Da aber die Kolostrummenge des ersten Melkens nicht in diese Variable mit hinein zählt, da es mit einer Kannenmelkanlage und nicht im Melkstand gewonnen wurde, gibt es sehr viele Kühe mit der Menge 0 Liter. Das passiert, wenn die Kühe zu einer späteren Tageszeit gekalbt haben und nicht mehr an diesem Tag in den Melkstand gelangten. Deswegen wird die Milchmenge vom Tag 1 nicht berücksichtigt.

Für die Berechnung der Milchmenge am zweiten Tag werden die Werte mit der Milchmenge „0 Liter“ ausgeschlossen. Die Erfassung der Milchmenge im Melkstand erfolgte elektronisch anhand eines Transponders am Halsband der Kuh. Wurde dieser beim Hineingehen in den Melkstand nicht erfasst, steht im Datensatz eine Null. Außerdem kam es innerhalb des Untersuchungszeitraumes mehrmals zu technischen Problemen mit der Transpondererfassung, sodass bei vielen Tieren fälschlicherweise die Milchmenge 0 Liter erfasst wurde. Es ist unwahrscheinlich, dass eine Kuh kurz nach der Kalbung überhaupt keine Milch gibt. Kühe mit der Milchmenge „0 Liter“, wurden deshalb für die Berechnung nicht einbezogen (29 Tiere).

Der Geburtsverlauf wurde anhand der Definitionen in Tabelle 16 kategorisiert.

Tabelle 16: Definition Geburtsverlauf

Geburtsverlauf	Erläuterung
ohne Beobachtung	Kalbung ohne Aufsicht in der Gruppe
mit Beobachtung	Geburtsanzeichen beobachtet und Kalbung in einer von der Gruppe separierten Abkalbebox
leichte Geburtshilfe	Zughilfe durch eine Person
Schweregeburt	Zughilfe von maximal 2 Personen
Kaiserschnitt	Kaiserschnitt durch Tierarzt

Die Auswertung der Erkrankungen wurde mit dem Herdenmanagementprogramm DairyCOMP 305 V8 (Vally Ag Software, Tulare, CA USA) vorgenommen. Sobald ein Tier behandelt wurde, wurde ein Ereignis im Programm erstellt. Die betrieblichen Erfassungskriterien der Erkrankungen sind in Tabelle 17 aufgelistet.

Tabelle 17: Abgrenzung der wichtigsten postpartalen Erkrankungen zur Datenerfassung

Erkrankung	Symptome
Hypokalzämie	kalte Ohren, reduzierter Appetit, reduziertes Allgemeinbefinden
Gebärparese	zusätzlich Festliegen in Sternal- oder Seitenlage
Nachgeburtverhalten	Nachgeburt nach 24 h nicht abgegangen
Metritis	RT > 39,5 °C und stinkender, rötlich-eitriger Lochialausfluss
Ketose	BHB > 1,9 mmol/l (Blut-Schnelltest)
Mastitis	veränderte Milchbeschaffenheit (Flocken, Blut, wässriges Sekret), Euterveränderungen (Schwellung, Verhärtung des Gewebes, Dolenz)
Lahmheit	Probleme beim Aufsetzen oder Vorführen einer oder mehrerer Gliedmaßen

RT: Rektaltemperatur

## 5.4 Statistische Auswertung

Die Dateneingabe erfolgte unter Verwendung von MS Excel (Microsoft ® Office Excel 2010, USA) und die Datenauswertung mit SPSS 21 (IBM SPSS Statistics 21, USA).

Das Signifikanzniveau wurde mit  $p < 0,05$  festgelegt.

Bei Betrachtung einer intervallskalierten und einer dichotomen nominal- oder ordinalskalierten Variablen (Lebend- / Totgeburten, Kälbergeschlecht und – anzahl), wurde ein T-Test angewandt. Enthielt eine Variable mehr als zwei Gruppen, wurde zunächst mittels des Levene-Tests auf Varianzgleichheit getestet. Bei Varianzhomogenität wurde eine einfaktorielles Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Waren die Varianzen ungleich, wurde anstatt der ANOVA, der Welch-Test verwendet.

Ergab sich mittels der ANOVA oder dem Welch-Test ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten, wurde als Post-hoc Tests LSD und Bonferroni bei Varianzgleichheit und Tamhane bei Varianzungleichheit angewendet. Unterschiede im Signifikanzniveau zwischen den Teilgruppen wurden mit verschiedenen kleinen Buchstabenindizes (<sup>a,b,c,d</sup>) gekennzeichnet.

Bei intervallskalierten Daten wurde zunächst auf Normalverteilung getestet mittels des Kolmogorov-Smirnov Test. Für die Beurteilung der Normalverteilung wurden außerdem die jeweiligen Histogramme, sowie Schiefe und Kurtosis verwendet.

Unter folgenden Bedingungen wurde trotz eines widersprüchlichen K-S-Tests von einer Normalverteilung ausgegangen (Tabelle 131-

Tabelle 132):

1.  $\frac{3}{4}$  der Fläche der Histogrammbalken liegen unter der Normalverteilungskurve
2. Standardfehler sind um die Hälfte kleiner als die Werte von Schiefe und Kurtosis
3. Median und Mittelwert sind sehr ähnlich

Die Normalverteilungsdiagramme befinden sich im Anhang (Abbildung 46-Abbildung 57).

Anschließend wurde ein Streudiagramm mit Regressionsfunktion erzeugt. Es wurde getestet, ob die Punktwolke eher über ein lineares, quadratisches oder kubisches Modell beschrieben werden kann.

Außerdem wurden für ordinalskalierte Variablen bzw. nicht normalverteilten intervallskalierte Variablen die Rangkorrelation nach Spearman und für intervallskalierte und normalverteilte Variablen die Korrelation nach Pearson berechnet.

Anschließend wurden, um Scheinkorrelation auszuschließen, mit der multiplen linearen Regressionsanalyse die Variablen untersucht, die einen signifikanten Zusammenhang oder eine enge Korrelation zur untersuchten unabhängigen Variable hatten.

Dabei ist es möglich, die Koeffizienten der folgenden Gleichung zu schätzen (Bühl, 2010):

$$y = b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_n * x_n + a$$

y = abhängige Variable

n = Anzahl der unabhängigen Variablen, mit  $x_1$  bis  $x_n$  bezeichnet

a = Konstante

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Deskriptive Beschreibung des Datensatzes

Tabelle 18 zeigt die Stichprobenanzahl, den Mittelwert, die Standardabweichungen, die Percentile sowie die Schiefe und Wölbung der untersuchten Variablen.

Tabelle 18: Lageparameter der untersuchten Einflussvariablen.

	n	$\bar{x}$	s	$x_{0,25}$	$\tilde{x}$	$x_{0,75}$	Schiefe	$s_y$ Schiefe	Kurtosis	$s_y$ Kurtosis
Menge (kg)	2149	5,6	3,41	3,3	5,0	7,3	1,10	0,053	1,79	0,106
Gewicht (kg)	2233	44,4	6,18	40	44,0	48	-0,19	0,052	0,98	0,104
EKA (m)	646	22,4	1,66	21	22,0	23	1,98	0,096	9,94	0,192
Td (d)	2276	274,1	6,07	271,3	275,0	278	-2,30	0,51	14,65	0,103
RFD 1 (mm)	1206	18,1	7,13	13	17,0	22	0,80	0,070	0,72	0,141
RFD 2 (mm)	1810	18,4	6,57	14	17,0	22	0,82	0,058	0,51	0,115
RFD 3 (mm)	2157	17,6	6,51	13	16,0	21	1,01	0,053	1,21	0,105
RFD 4 (mm)	1707	15,6	5,84	11	15,0	19	0,93	0,059	1,09	0,118
RFD 5 (mm)	1738	10,4	3,95	8	10,0	13	1,48	0,059	3,93	0,117
TS 1 (d)	1565	42,3	21,34	33	34,0	43	1,76	0,062	3,25	0,124
TS 2 (d)	1572	12,4	6,41	8	12,0	16	2,73	0,062	24,45	0,123
TS ges. (d)	1610	54,1	21,86	42	47,0	56,3	1,67	0,61	3,39	0,122
Vz (d)	652	14,5	7,07	10	14,0	18	1,48	0,096	7,32	0,191
Ca 0	2153	2,1	0,35	2	2,1	2,3	4,10	0,53	49,65	0,105
Ca 1	2208	2,1	0,32	1,9	2,1	2,3	-0,15	0,52	10,38	0,104
Ca 7	2135	2,4	0,23	2,3	2,4	2,5	-1,49	0,53	17,66	0,106
P 0	2117	1,0	0,40	0,8	1,0	1,3	1,14	0,053	3,91	0,106
P 1	2174	1,6	0,50	1,3	1,6	1,9	0,17	0,052	0,47	0,105
P 7	2106	1,7	0,39	1,4	1,7	1,9	0,51	0,053	2,75	0,107
NEFA 0	2114	0,82	0,323	0,6	0,77	0,98	1,20	0,053	3,47	0,106
NEFA 1	2175	0,53	0,37	0,28	0,44	0,66	1,86	0,052	4,68	0,105
NEFA 7	2112	0,61	0,372	0,35	0,52	0,77	1,56	0,053	3,56	0,106
BHB 0	2110	0,37	0,149	0,29	0,35	0,43	4,19	0,053	41,24	0,107
BHB 1	2170	0,52	0,175	0,41	0,5	0,6	3,42	0,053	41,16	0,105
BHB 7	2105	0,64	0,329	0,47	0,57	0,71	4,46	0,053	32,73	0,107
NSBA	212	-15,1	51,11	-31	-10,5	15	-0,64	0,167	1,02	0,333
Ca (mg/l)	209	2386	549,6	2010	2330	2760	0,19	0,168	-0,25	0,335
GZ (d)	1409	97,7	45,13	66	78,0	119	1,41	0,065	1,83	0,130
Ig (g/l)	1908	65,6	10,67	59	65	74	-0,70	0,056	0,77	0,112

n: Stichprobenanzahl,  $\bar{x}$ : Mittelwert, s: Standardabweichung,  $x_{0,25}$ : ¼ Percentil,  $\tilde{x}$ : Median,  $x_{0,75}$ : ¾ Percentil,  $s_y$ : Standardfehler

Die absoluten und relativen Tierzahlen der nominalen und ordinalen Variablen befinden sich im Anhang Tabelle 125.

Die Verteilung mit Normalverteilungskurve und Referenzbereichen der Calcium-, Phosphor-, NEFA- und BHB-Konzentration zeigen die Abbildung 1-Abbildung 4.

### 6.1.1 Calciumkonzentration im Blut

29,4 % der untersuchten Tiere hatten mit 1,4-2 mmol/l eine Hypokalzämie und 1,6 % mit unter 1,4 mmol/l eine ausgeprägte Hypokalzämie. Damit waren 31 % der Tiere nicht im Referenzbereich von mindestens 2 mmol/l 1 Tag a.p. bis 2 Tage p.p. (Kraft und Dürr, 2005).

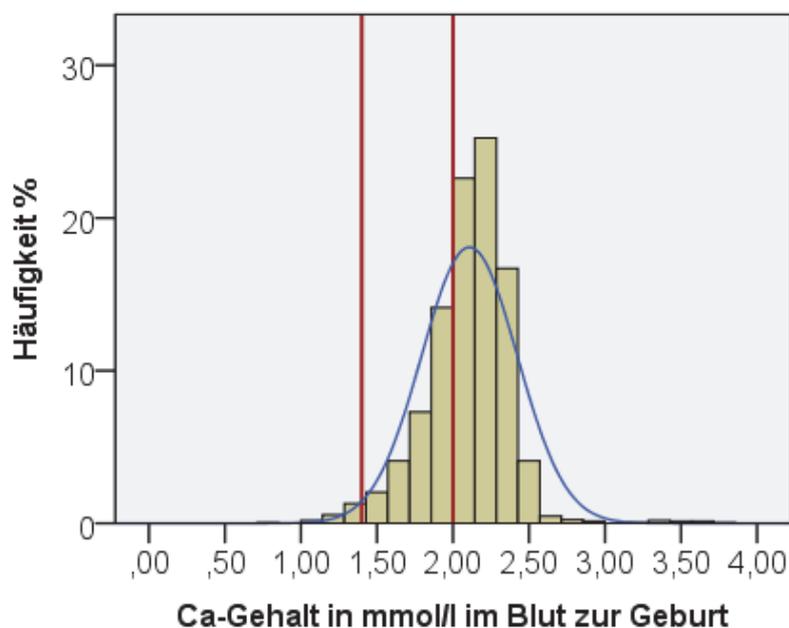


Abbildung 1: Verteilung der Ca-Konzentration mit Referenzbereich für Kühe im peripartalen Zeitraum. Subklinische Hypokalzämie < 2 mmol/l, klinische Hypokalzämie < 1,4 mmol/l (Goff und Horst, 1997, Kraft und Dürr, 2005). Skala der X-Achse begrenzt auf 4 mmol/l (Maximum: 5,43 mmol/l)

### 6.1.2 Phosphorkonzentration im Blut

Im Durchschnitt hatten die Tiere einen Tag post partum eine Phosphorkonzentration von 1,6 mmol/l im Serum und liegen damit knapp außerhalb des Referenzbereichs von 1,61-2,3 mmol/l aus der Literatur (Kraft und Dürr, 2005). Demnach hätten 44,3 % der Tiere eine Hypophosphatämie einen Tag p.p.. Im peripartalen Zeitraum ist eine Konzentration ab 1,25 mmol/l als physiologisch anzusehen (Kraft und Dürr, 2005). Ausgehend von diesem Referenzwert hätten 22,3 % der Tiere eine Hypophosphatämie gehabt.

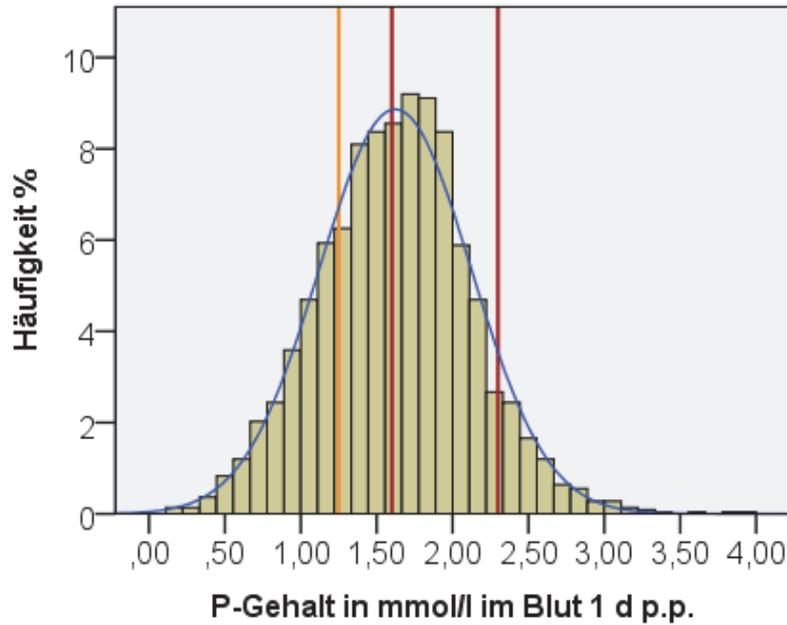


Abbildung 2: Verteilung der P-Konzentration mit Referenzbereich für Kühe. Normophosphatämie 1,6-2,3 mmol/l bzw. ab 1,25 mmol/l 1 Tag a.p. bis 2 Tage p.p. (Kraft und Dürr, 2005).

### 6.1.3 NEFA-Konzentration im Blut

Die durchschnittliche NEFA-Konzentration im Untersuchungszeitraum liegt unter 0,8 mmol/l, der als Grenzwert für die Bestandsdiagnostik gilt (Staufenbiel *et al.*, 2008).

Bei Betrachtung der prozentualen Verteilung liegen 45,7 % der Werte über 0,8 mmol/l.

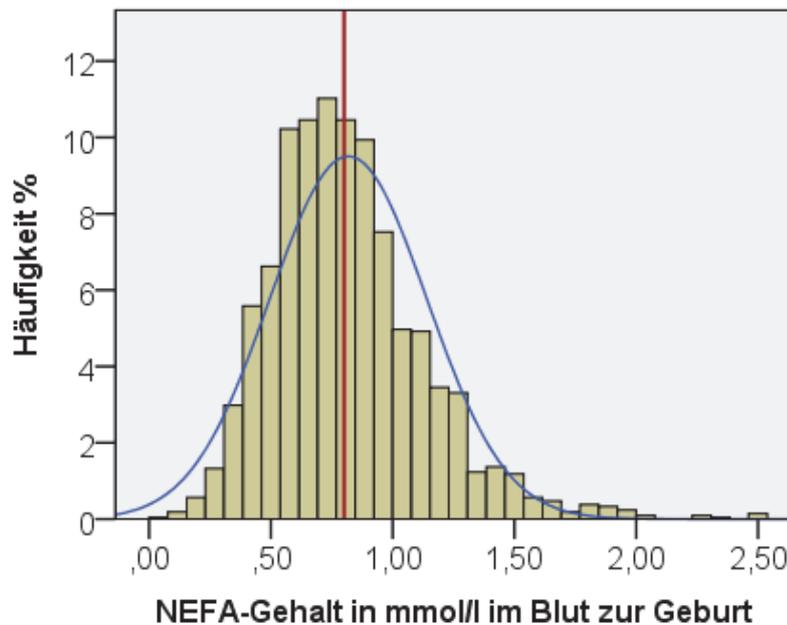


Abbildung 3: Verteilung der NEFA-Konzentration. Grenzwert für Bestandsdiagnostik: 0,8 mmol/l (Staufenbiel *et al.*, 2008). Skala der X-Achse begrenzt bis 2,5 mmol/l (Maximum: 3,08 mmol/l)

### 6.1.4 BHB-Konzentration im Blut

Mit 98,7 % liegt der Großteil der ermittelten BHB-Werte unterhalb des Grenzwertes für die Bestandsdiagnostik von 1 mmol/l (Staufenbiel *et al.*, 2008).

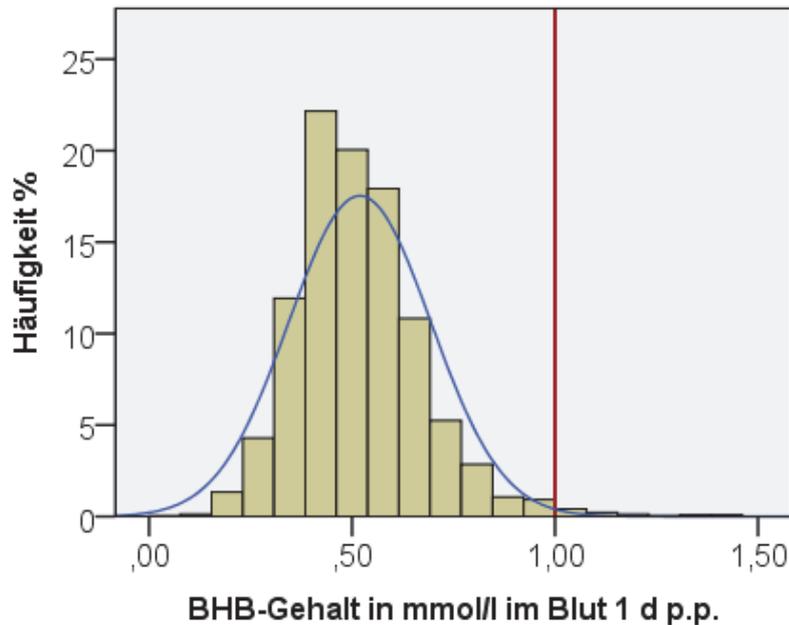


Abbildung 4: Verteilung der BHB-Konzentration. Grenzwert für Bestandsdiagnostik: 1 mmol/l (Staufenbiel *et al.*, 2008). Skala der X-Achse beschränkt auf 1,5 mmol (Maximum: 3,14 mmol/l)

Tabelle 19 zeigt die Stichprobenanzahl, den Mittelwert, die Standardabweichungen, die Percentile sowie die Schiefe und Wölbung der Milchmengen der ersten 7 Tage, der Milchmengen-Mittelwerte und der 100-Tage-Leistung.

## Ergebnisse

Tabelle 19: Lageparameter der Milchmengen

	n	$\bar{x}$	s	$x_{0,25}$	$\tilde{x}$	$x_{0,75}$	Schiefe	$S_y$ Schiefe	Kurtosis	$S_y$ Kurtosis
MM 1 (kg)	1683	15,0	10,20	7	15	22	0,18	0,060	- 0,55	0,119
MM 2 (kg)	1694	23,0	9,59	17	23	30	-0,05	0,059	-0,28	0,119
MM 3 (kg)	1716	26,6	10,01	20	27	34	- 0,25	0,059	- 0,12	0,118
MM 4 (kg)	1738	28,7	10,12	22	29	36	-0,32	0,059	0,09	0,117
MM 5 (kg)	1711	30,3	10,59	23	32	38	-0,36	0,059	-0,02	0,118
MM 6 (kg)	1677	32,0	10,63	24	33	39,5	-0,31	0,060	0,13	0,119
MM 7 (kg)	1673	33,3	10,98	26	34	41	-0,42	0,060	0,36	0,120
MM 7a (kg)	1903	26,2	9,67	20	27	33	1,23	0,056	15,30	0,112
MM 14a(kg)	1901	34,7	10,25	27	36	42	-0,20	0,056	-0,10	0,112
MM 21a(kg)	1894	37,5	10,13	29	39	45	- 0,32	0,056	- 0,52	0,112
MM 28a(kg)	1888	39,2	10,32	31	41	47	- 0,32	0,056	- 0,48	0,113
MM 35a(kg)	1882	40,1	10,40	31	42	48	- 0,33	0,056	- 0,54	0,113
MM 42a(kg)	1879	40,8	10,46	32	43	49	- 0,30	0,056	- 0,57	0,113
100 TL (kg)	1086	3802	895,18	3057	3935	4490	- 0,25	0,074	- 0,75	0,148

n: Stichprobenanzahl,  $\bar{x}$ : Mittelwert, s: Standardabweichung,  $x_{0,25}$  :  $\frac{1}{4}$  Percentil,  $\tilde{x}$ : Median,  $x_{0,75}$  :  $\frac{3}{4}$  Percentil,  $s_y$ : Standardfehler, MM 1-7: Milchmenge am Tag 1-7, MM 7a-42a: Milchmengenmittelwerte der ersten 7-42 Tage, 100 TL: 100-Tage-Leistung

## 6.2 Einflussfaktoren auf die Kolostrummenge

Die folgenden Variablen wurden hinsichtlich ihres Einflusses auf die Kolostrummenge untersucht. Dabei wurde die Kolostrummenge als abhängige Variable eingestuft auch wenn, wie bei der Blutcalciumkonzentration, die Einflussvariable als abhängige Variable eingestuft werden müsste. Dies wurde bewusst so gewählt, um in der Untersuchung die Zusammenhänge und Beziehungen zur Kolostrummenge darzustellen.

### 6.2.1 Laktationszahl

Im untersuchten Betrieb waren Tiere mit den Laktationszahlen 1-10 vorhanden. Tiere der Laktationszahlen 4-10 wurden zu einer Gruppe zusammengefasst, weil weniger als 50 Tiere eine Laktationszahl von 7 oder höher besaßen.

Die durchschnittliche Kolostrummenge von Tieren in der ersten Laktation unterscheidet sich signifikant von den anderen Laktationen (Tabelle 20, Abbildung 5). Tiere in der ersten Laktation geben im Durchschnitt 2,4 kg weniger Kolostrum als Tiere in den Laktationen 4-10. Die durchschnittliche Kolostrummenge bei Tieren mit mehr als einer Laktation liegt bei 6,3 kg.

Zwischen der Laktation und der Kolostrummenge gibt es eine Korrelation mit einem Koeffizient von 0,27 (Tabelle 21). Demnach wird 7,2% der Streuung der Kolostrummenge über die Laktationszahl erklärt.

Tabelle 20: Vergleich der Kolostrummenge in den Laktationen

Laktationszahl	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
1	607	4,1 <sup>b</sup>	2,39	0,10
2	594	6,0 <sup>a</sup>	3,44	0,14
3	525	6,4 <sup>a</sup>	3,72	0,16
4-10	422	6,5 <sup>a</sup>	3,51	0,17
gesamt	2148	5,6	3,41	0,07

a und b: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test Tamhane

Tabelle 21: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Kolostrummenge in Abhängigkeit von der Laktationszahl

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	Welch-Test	p (Welch)	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
28,775	0,000	Nein	88,89	0,000	0,268	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho,

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

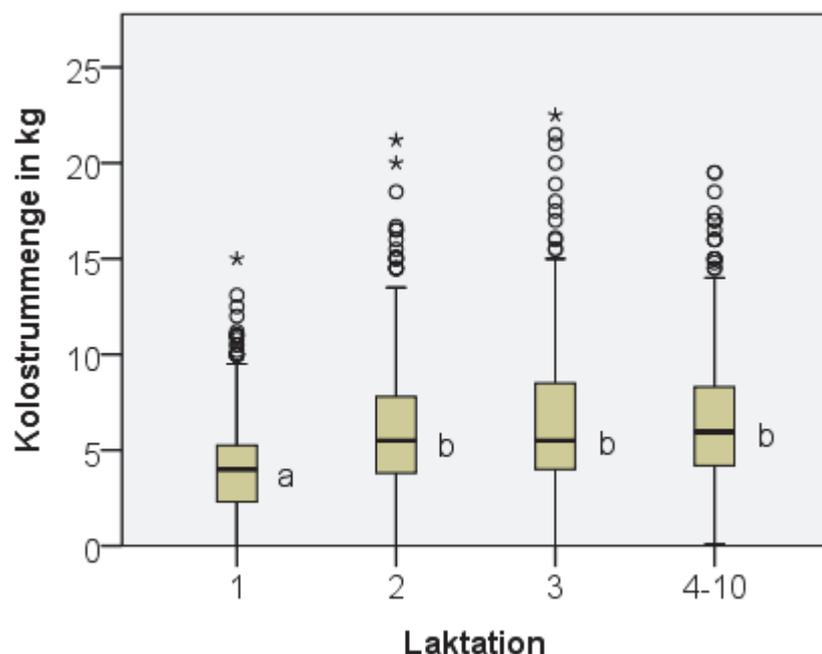


Abbildung 5: Vergleich der Kolostrummenge in den Laktationen

### 6.2.2 Geburtsverlauf

Im Untersuchungszeitraum kam es zu einer Kalbung durch Kaiserschnitt, für die auch Kolostrumdaten vorliegen. Diese Daten wurden nicht für die Berechnung berücksichtigt.

Es besteht keine signifikante Korrelation zwischen der Kolostrummenge und dem Geburtsverlauf (Tabelle 23). Zwischen den Mittelwerten der Kolostrummenge, abhängig vom Geburtsverlauf, gibt es keinen signifikanten Unterschied (Tabelle 22). Der Geburtsverlauf hat keinen Einfluss auf die Menge des Kolostrums.

Tabelle 22: Vergleich der Kolostrummenge in Abhängigkeit vom Geburtsverlauf

Geburtsverlauf	n	$\bar{x}$	s	$s_y$
ohne Beobachtung	238	5,8 <sup>a</sup>	3,45	0,22
mit Beobachtung	1232	5,6 <sup>a</sup>	3,41	0,10
leichte Geburtshilfe	491	5,6 <sup>a</sup>	3,35	0,15
Schweregeburt	185	5,7 <sup>a</sup>	3,58	0,26
gesamt	2146	5,6	3,41	0,07

a und b: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test LSD

## Ergebnisse

Tabelle 23: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Kolostrummenge in Abhängigkeit von dem Geburtsverlauf

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
0,621	0,601	Ja	0,888	0,212	- 0,011	0,621

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.2.3 Lebend-/ Totgeburten

Tabelle 24 zeigt die Mittelwerte der Kolostrummengen von Tieren, die entweder ein totes oder ein lebendes Kalb geboren haben. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten (Tabelle 25). Kühe, die lebende Kälber zur Welt bringen, geben im Durchschnitt 1,8 kg mehr Kolostrum als Kühe, die Totgeburten haben. Eine Lebend- oder Totgeburt erklärt 1,5 % der Streuung der Kolostrummenge.

Tabelle 24: Vergleich der Kolostrummenge in Abhängigkeit von einer Lebend- oder Totgeburt

	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
Lebend	2050	5,7 <sup>a</sup>	3,42	0,08
Tot	94	3,9 <sup>b</sup>	2,55	0,26
gesamt	2144	5,6	3,41	0,07

a und b: signifikante (p = <0,05) Unterschiede

Tabelle 25: Statistische Kennzahlen T-Test Kolostrummenge in Abhängigkeit von einer Lebend- oder Totgeburt

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	T	p	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
9,898	0,002	Nein	6,723	0,000	- 0,123	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.2.4 Kälberanzahl

Während des Untersuchungszeitraums kam es zu einer Drillingsgeburt, zu der aber keine Kolostrumdaten vorliegen.

Es besteht keine signifikante Korrelation zwischen der Kolostrummenge und der Kälberanzahl (Tabelle 27). Zwischen den Mittelwerten der Kolostrummenge, abhängig von der Kälberanzahl, gibt es keinen signifikanten Unterschied (Tabelle 26). Ob das Muttertier eine Einlings- oder Zwillingsgeburt hatte, hat keinen Einfluss auf die Menge des Kolostrums.

## Ergebnisse

Tabelle 26: Vergleich der Kolostrummenge in Abhängigkeit von der Kälberanzahl

Kälberanzahl	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
Einlinge	2038	5,6 <sup>a</sup>	3,38	0,08
Zwillinge	111	6,1 <sup>a</sup>	3,98	0,38
gesamt	2149	5,6	3,41	0,07

a und b: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede

Tabelle 27 Statistische Kennzahlen T-Test Kolostrummenge in Abhängigkeit von der Kälberanzahl

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	T	p	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
5,844	0,016	Nein	- 1,263	0,209	0,023	0,288

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.2.5 Kälbergeschlecht

Gleichgeschlechtliche wie auch verschiedengeschlechtliche Zwillinge wurden für die Berechnung nicht berücksichtigt.

Der Unterschied zwischen den Kolostrummengen von Tieren mit weiblichen oder männlichen Kälbern ist hochsignifikant (Tabelle 29). Die Geburt eines Bullenkalbes ist mit einer 0,7 kg höheren Kolostrummenge verbunden (Tabelle 28).

Die Streuung der Kolostrummenge wird mit 1,2 % über das Geschlecht des Kalbes bestimmt.

Tabelle 28: Vergleich der Kolostrummenge in Abhängigkeit von dem Kälbergeschlecht

Kälbergeschlecht	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
Männlich	1090	6,0 <sup>a</sup>	3,46	0,10
Weiblich	1006	5,3 <sup>b</sup>	3,32	0,10
gesamt	2096	5,6	3,41	0,07

a und b: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede

Tabelle 29: Statistische Kennzahlen T-Test Kolostrummenge in Abhängigkeit vom Kälbergeschlecht

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	T	p	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
5,195	0,023	Nein	4,650	0,000	- 0,109	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.2.6 Kälbergewicht

Es gibt eine signifikante Korrelation zwischen der Kolostrummenge und dem Geburtsgewicht des Kalbes (Tabelle 30).

7,6 % der Streuung der Kolostrummenge wird über das Gewicht erklärt. Es besteht ein linearer Zusammenhang. Eine Zunahme des Kälbergewichtes um ein Kilogramm, bewirkt eine Zunahme der Kolostrummenge um 0,15 kg (Abbildung 6).

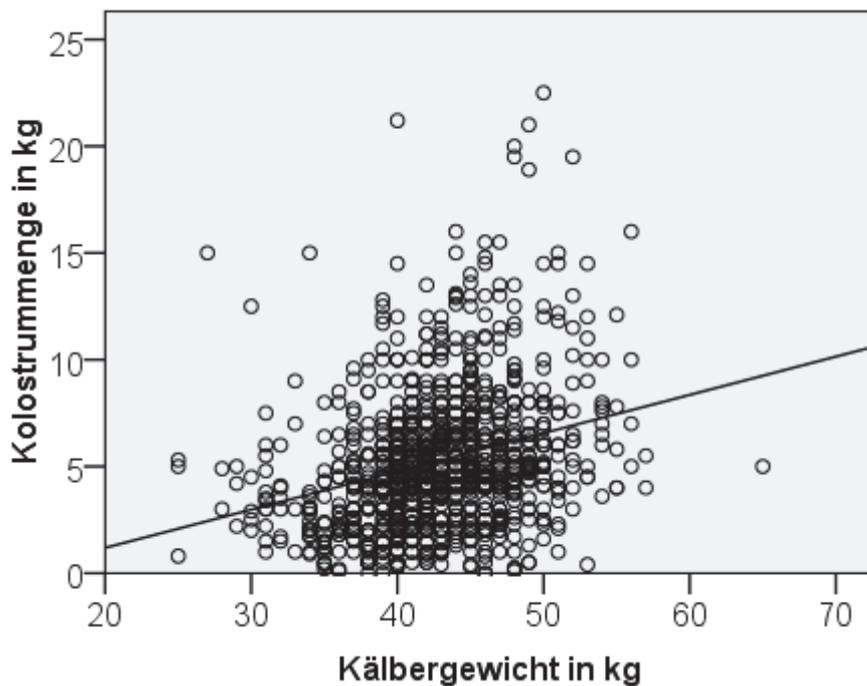


Abbildung 6: Zusammenhang zwischen dem Kälbergewicht und der Kolostrummenge  
 $\text{Kolostrummenge} = - 1,264 + 0,155 * \text{Kälbergewicht}$

Tabelle 30: Statistische Kennzahlen des Einflusses des Kälbergewichtes auf die Kolostrummenge

n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
2325	0,076	0,000	0,155	172,858	0,275	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.2.7 Erstkalbealter für Tiere der ersten Laktation

Es besteht keine signifikante Korrelation zwischen dem Erstkalbealter und der Kolostrummenge (Tabelle 31). Das Erstkalbealter bei primiparen Tieren hat keinen Einfluss auf die Kolostrummenge (Abbildung 7).

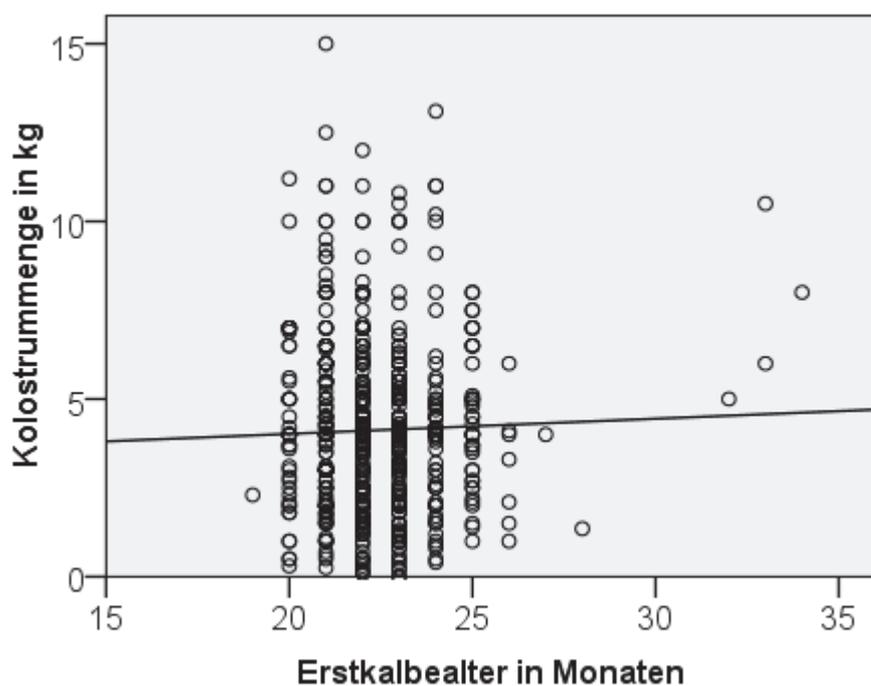


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen dem Erstkalbealter bei Färsen und der Kolostrummenge  
 $Kolostrummenge = 3,167 + 0,043 * \text{Erstkalbealter}$

Tabelle 31: Statistische Kennzahlen des Einflusses des Erstkalbealters auf die Kolostrummenge

n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
659	0,001	0,475	0,043	0,510	0,029	0,475

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.2.8 Trächtigkeitsdauer

Die Trächtigkeitsdauer korreliert signifikant mit der Kolostrummenge und erklärt 1,3 % der Streuung (Tabelle 32). Verlängert sich die Tragezeit um einen Tag, nimmt die Kolostrummenge um 0,07 kg zu (Abbildung 8).

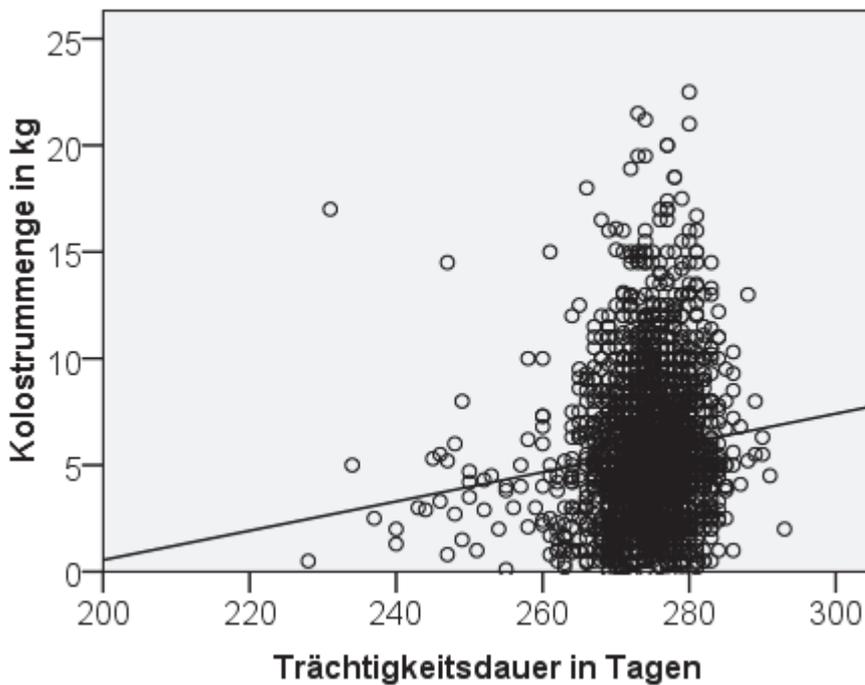


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen der Trächtigkeitsdauer und der Kolostrummenge  
 $Kolostrummenge = - 13,174 + 0,069 * Td$

Tabelle 32: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Trächtigkeitsdauer auf die Kolostrummenge

n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
2325	0,013	0,000	0,069	29,320	0,116	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.2.9 Uhrzeit der Abkalbung

Die Uhrzeiten der Abkalbungen wurden im 2-Stunden-Intervall gruppiert. 1/3 aller Abkalbungen fanden im Zeitraum von 10-16 Uhr statt.

Es besteht weder eine Korrelation zwischen der Uhrzeit der Abkalbung und der Kolostrummenge, noch konnte mittels Varianzanalyse und LSD bzw. Bonferroni als Post-hoc Test ein Einfluss der Uhrzeit auf die Kolostrummenge nachgewiesen werden (Tabelle 33).

## Ergebnisse

Tabelle 33: Vergleich der Kolostrummenge in Abhängigkeit von der Uhrzeit der Abkalbung

Uhrzeit Abkalbung	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
0-2 Uhr	157	5,6 <sup>a</sup>	2,87	0,23
2-4 Uhr	147	5,4 <sup>a</sup>	3,30	0,27
4-6 Uhr	161	5,6 <sup>a</sup>	3,66	0,29
6-8 Uhr	138	5,4 <sup>a</sup>	3,33	0,28
8-10 Uhr	195	5,9 <sup>a</sup>	3,38	0,24
10-12 Uhr	214	5,6 <sup>a</sup>	3,12	0,21
12-14 Uhr	235	5,8 <sup>a</sup>	3,66	0,24
14-16 Uhr	242	5,7 <sup>a</sup>	3,59	0,23
16-18 Uhr	196	5,7 <sup>a</sup>	3,58	0,26
18-20 Uhr	154	5,5 <sup>a</sup>	3,34	0,27
20-22 Uhr	177	5,8 <sup>a</sup>	3,26	0,25
22-24 Uhr	131	5,6 <sup>a</sup>	3,72	0,33
gesamt	2147	5,6	3,41	0,07

a und b: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test LSD und Bonferroni

Tabelle 34: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Kolostrummenge in Abhängigkeit von der Uhrzeit der Abkalbung

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
0,975	0,467	Ja	0,991	0,270	0,005	0,832

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.2.10 Jahreszeit

Die Einteilung der Kalbedaten erfolgte anhand des kalendarischen Jahreszeitenwechsels.

Frühling 2012: 20.03. - 21.06.2012

Sommer 2012: 21.06. – 22.09.2012

Herbst 2012: 22.09. – 21.12.2012

Sommer 2012: 21.12.1012 – 19.03.2013

Frühling 2013: 20.03. – 27.03.2013 (Ende der Datensammlung)

Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen der mittleren Kolostrummenge im Sommer und Herbst 2012. Im Sommer geben die Kühe 0,8 kg mehr Kolostrum als im Herbst.

0,2 % der Variabilität der Kolostrummenge wird über die Jahreszeit erklärt.

## Ergebnisse

Tabelle 35: Vergleich der Kolostrummenge in den Jahreszeiten

Jahreszeit	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
Frühling 2012 <sup>b</sup>	414	5,7 <sup>a, b, c</sup>	3,39	0,17
Sommer 2012 <sup>a</sup>	566	6,1 <sup>a, b</sup>	3,71	0,16
Herbst 2012 <sup>c</sup>	599	5,3 <sup>b, c</sup>	3,41	0,14
Winter 2012 <sup>b</sup>	530	5,5 <sup>a, b, c</sup>	3,08	0,13
Frühling 2013 <sup>b</sup>	40	5,6 <sup>a, b, c</sup>	3,76	0,44
gesamt	2149	5,6	3,41	0,07

a -c: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test Tamhane

Tabelle 36: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Kolostrummenge in Abhängigkeit von der Jahreszeit

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	Welch-Test	p (Welch)	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
3,013	0,017	Nein	3,932	0,004	-0,042	0,054

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.2.11 Kalbemonat

Die Kolostrummenge in den Monaten ist nicht gleich (Tabelle 38). Der Juli 2012 unterscheidet sich signifikant vom September und Oktober 2012 (Abbildung 9). Im Juli gaben die Tiere 1,4 kg mehr Kolostrum als im September (Tabelle 37)

0,2 % der Variabilität der Kolostrummenge wird von dem Monat der Kalbung erklärt.

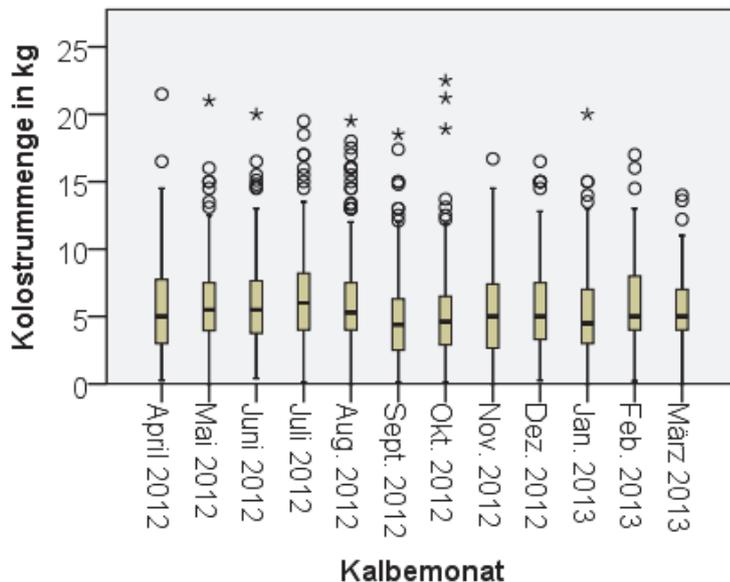


Abbildung 9: Vergleich der Kolostrummenge in den Monaten des Untersuchungszeitraumes

## Ergebnisse

Tabelle 37: Vergleich der Kolostrummenge in den Kalbemonaten

Kalbemonat	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
April 2012 <sup>d</sup>	120	5,6 <sup>a, b, c, d, e, f</sup>	3,57	0,33
Mai 2012 <sup>c</sup>	175	5,9 <sup>a, b, c, d, e, f</sup>	3,42	0,26
Juni 2012 <sup>c</sup>	164	6,1 <sup>a, b, c, d, e, f</sup>	3,50	0,27
Juli 2012 <sup>a</sup>	162	6,4 <sup>a, b, c, d</sup>	3,83	0,30
August 2012 <sup>b</sup>	198	6,1 <sup>a, b, c, d, e</sup>	3,74	0,27
September 2012 <sup>g</sup>	233	5,0 <sup>d, e, f, g</sup>	3,38	0,22
Oktober 2012 <sup>g</sup>	195	5,1 <sup>d, e, f, g</sup>	3,37	0,24
November 2012 <sup>e</sup>	179	5,5 <sup>b, c, d, e, f, g</sup>	3,45	0,26
Dezember 2012 <sup>e</sup>	208	5,6 <sup>b, c, d, e, f, g</sup>	3,25	0,23
Januar 2013 <sup>f</sup>	205	5,4 <sup>c, d, e, f, g</sup>	3,14	0,22
Februar 2013 <sup>c</sup>	168	5,9 <sup>a, b, c, d, e, f, g</sup>	3,19	0,25
März 2013 <sup>e</sup>	142	5,4 <sup>b, c, d, e, f, g</sup>	2,84	0,24
gesamt	2149	5,6	3,41	0,07

a -g: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test LSD

Tabelle 38: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Kolostrummenge in Abhängigkeit von dem Kalbemonat

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
1,292	0,222	Ja	0,001	2,852	- 0,039	0,071

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.2.12 Väter

Untersucht wurde der Einfluss der Väter auf die Kolostrummenge der Töchter.

Nur die Väter wurden in die Untersuchung einbezogen, die mehr als 20 Mal vorkamen. Insgesamt waren dies 27 Väter. In der folgenden Liste sind die Väter aufsteigend nach der Kolostrummenge der Töchter sortiert.

## Ergebnisse

1: Jeeves	10: Mrsam	19: Dictator
2: Fokus	11: Eleve	20: Armstead
3: Dayton	12: January	21: Baxter2
4: Hayden	13: Wildmann	22: Dominato
5: Boliver	14: Myron	23: Augusta
6: Todd	15: Oman	24: Zar
7: Geneva	16: ToyStory	25: Socrates
8: Morrie	17: Aramis	26: Zesty
9: Matevo	18: Bolton	27: Icefyre

Die durchschnittliche Kolostrummenge von Tieren verschiedener Väter unterscheidet sich signifikant (Tabelle 40). Das wenigste Kolostrum gaben Tiere mit dem Vater Jeeves, mit durchschnittlich 3,2 kg. Die höchste durchschnittliche Kolostrummenge mit 8,1 kg hatten Kühe mit dem Vater Icefyre. Um den Zusammenhang zur Laktationszahl darzustellen, ist in Tabelle 39 in der letzten Spalte die Anzahl der Primipara vermerkt. Besonders unter den Töchtern der ersten 6 Väter waren sehr viele Färsen.

In Abbildung 10 ist mit Hilfe von Boxplots die Kolostrummenge veranschaulicht. Die Töchter von Icefyre haben, neben der höchsten Kolostrummenge, auch die weiteste Streuung.

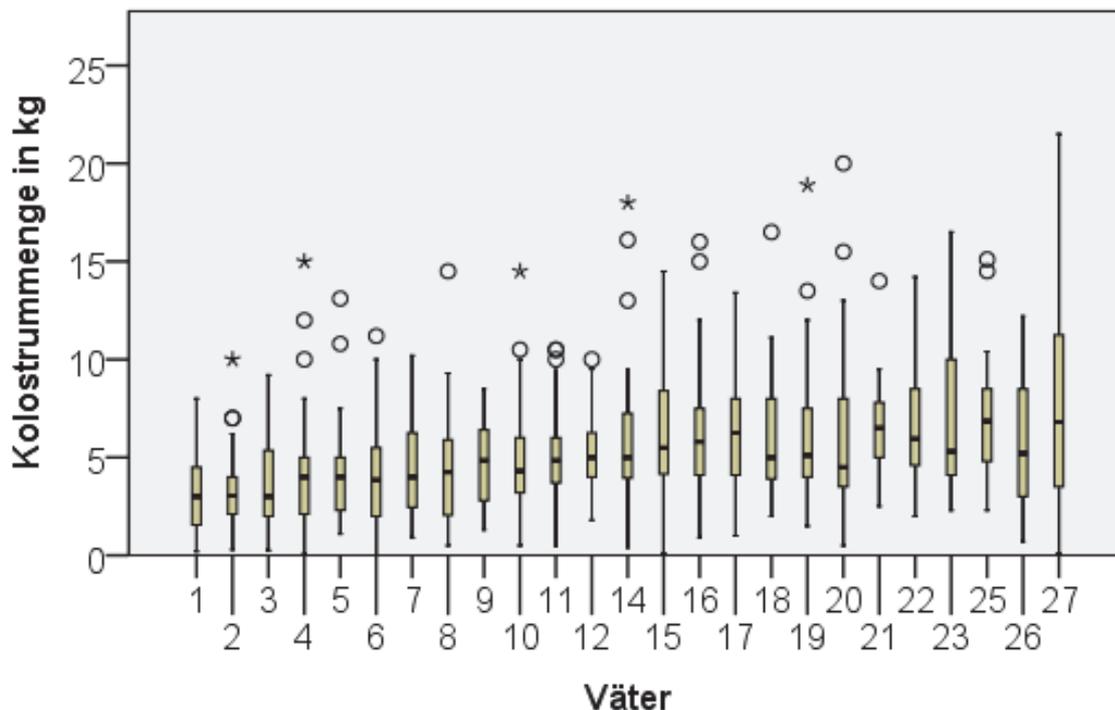


Abbildung 10: Vergleich der Kolostrummenge von Töchtern unterschiedlicher Väter

## Ergebnisse

Tabelle 39: Vergleich der Kolostrummenge in Abhängigkeit vom Vater

Väter	n	$\bar{x}$	s	$s_y$	n LZ = 1
1 <sup>a</sup>	39	3,2 <sup>a, b, c, d, e, g</sup>	2,15	0,34	38
2 <sup>b</sup>	62	3,3 <sup>a, b, c, d, e</sup>	1,77	0,22	59
3 <sup>c</sup>	28	3,6 <sup>a, b, c, d, e, f, g</sup>	2,14	0,4	28
4 <sup>c</sup>	66	4,1 <sup>a, b, c, d, e, f, g</sup>	2,67	0,33	64
5 <sup>d</sup>	28	4,3 <sup>a, b, c, d, e, f, g, h</sup>	2,7	0,51	28
6 <sup>d</sup>	18	4,3 <sup>a, b, c, d, e, f, g, h</sup>	3,23	0,76	18
7 <sup>d</sup>	41	4,5 <sup>a, b, c, d, e, f, g, h</sup>	2,59	0,4	41
8 <sup>d</sup>	26	4,5 <sup>a, b, c, d, e, f, g, h</sup>	3,11	0,61	10
9 <sup>e</sup>	20	4,7 <sup>a, b, c, d, e, f, g, h, i</sup>	2,04	0,46	1
10 <sup>e</sup>	42	5 <sup>a, b, c, d, e, f, g, h</sup>	2,65	0,41	0
11 <sup>e</sup>	37	5,1 <sup>a, b, c, d, e, f, g, h, i</sup>	2,58	0,42	0
12 <sup>e</sup>	23	5,3 <sup>a, b, c, d, e, f, g, h, i</sup>	2,15	0,45	23
13 <sup>e</sup>	25	5,8 <sup>a, b, c, d, e, f, g, h, i</sup>	3,31	0,66	0
14 <sup>e</sup>	27	6 <sup>a, b, c, d, e, f, g, h, i</sup>	4,23	0,82	3
15 <sup>f</sup>	64	6 <sup>c, d, e, f, g, h, i</sup>	3,47	0,43	0
16 <sup>f</sup>	49	6,2 <sup>c, d, e, f, g, h, i</sup>	3,24	0,46	0
17 <sup>f</sup>	36	6,4 <sup>c, d, e, f, g, h, i</sup>	3,03	0,51	0
18 <sup>e</sup>	18	6,4 <sup>a, b, c, d, e, f, g, h, i</sup>	3,7	0,87	7
19 <sup>g</sup>	21	6,4 <sup>a, c, d, e, f, g, h, i</sup>	4,3	0,94	0
20 <sup>f</sup>	26	6,6 <sup>c, d, e, f, g, h, i</sup>	4,62	0,91	2
21 <sup>f</sup>	22	6,7 <sup>c, d, e, f, g, h, i</sup>	2,44	0,52	0
22 <sup>h</sup>	30	6,9 <sup>d, e, f, g, h, i</sup>	3,27	0,6	0
23 <sup>h</sup>	27	7,1 <sup>d, e, f, g, h, i</sup>	3,86	0,74	10
24 <sup>h</sup>	23	7,1 <sup>d, e, f, g, h, i</sup>	4,98	1,04	0
25 <sup>h</sup>	23	7,3 <sup>d, e, f, g, h, i</sup>	3,43	0,71	1
26 <sup>e</sup>	47	7,7 <sup>a, b, c, d, e, f, g, h, i</sup>	4,45	0,65	0
27 <sup>i</sup>	29	8,1 <sup>e, f, g, h, i</sup>	5,65	1,05	0
gesamt	897	5,5	3,54	0,12	333

a-i: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test Bonferroni,

## Ergebnisse

Tabelle 40: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Kolostrummenge in Abhängigkeit vom Vater

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	Welch-Test	p (Welch)
4,267	0,000	Nein	7,640	0,000

p: Signifikanzniveau

### 6.2.13 Gützeit

Die Gützeit (GZ) ist der Zeitraum zwischen der Abkalbung und dem erstem Trächtigkeitstag. Sie setzt sich aus der Rastzeit und der Verzögerungszeit zusammen. Es handelt sich um die vorherigen Gützeiten und nicht die der folgenden Laktation.

Es besteht eine enge Korrelation zur Kolostrummenge (Tabelle 41). Der Einfluss der Gützeit auf die Kolostrummenge erklärt im quadratischen Modell 1% der Variabilität der Kolostrummenge. Bei einer langen Gützeit (> 180-200 Tage) nimmt die Kolostrummenge in der folgenden Laktation ab (Abbildung 11).

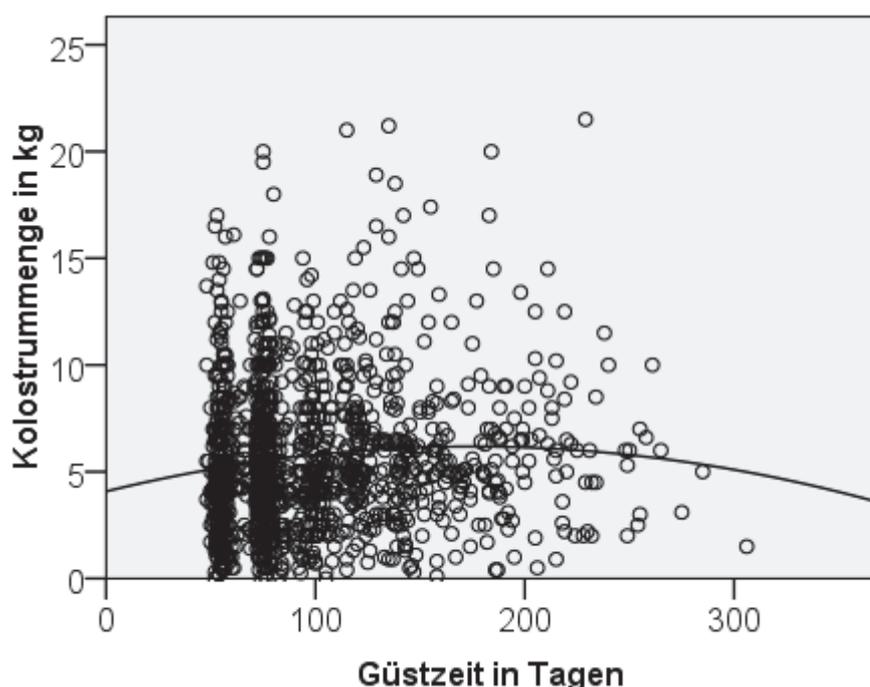


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen der Gützeit und der Kolostrummenge  

$$\text{Kolostrummenge} = 4,081 + 0,024 * \text{GZ} - 0,000069 * \text{GZ}^2$$

Tabelle 41: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Gützeit auf die Kolostrummenge

n	R <sup>2</sup> -quadratisch	p	B	F	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
1338	0,010	0,002	0,024 - 0,000069	6,454	0,090	0,001

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.2.14 Anzahl der Besamungen

Zwischen der Anzahl der Besamungen und der Kolostrummenge gibt es eine signifikante Korrelation (Tabelle 43). 0,3 % der Variabilität der Kolostrummenge kann über die Anzahl der Besamungen erklärt werden.

Tiere die 6-10 Besamungen für eine Trächtigkeit benötigen, geben in der Folgelaktation mehr Kolostrum. Dieser Unterschied ist signifikant zu Tieren, die lediglich eine Besamung benötigen. Tieren mit 2-5 Besamungen unterscheiden sich nicht hinsichtlich der Kolostrummenge von Tieren mit einer oder mehr als 6 Besamungen (Tabelle 42).

Tabelle 42: Vergleich der Kolostrummenge in Abhängigkeit von der Anzahl der Besamungen

Anzahl Besamungen	n	$\bar{x}$	s	$S_y$
1 <sup>c</sup>	593	5,4 <sup>b, c</sup>	3,34	0,14
2 <sup>b</sup>	356	5,6 <sup>a, b, c</sup>	3,39	0,18
3 <sup>b</sup>	182	5,8 <sup>a, b, c</sup>	3,49	0,26
4 <sup>b</sup>	110	6,1 <sup>a, b, c</sup>	3,86	0,37
5 <sup>b</sup>	55	5,5 <sup>a, b, c</sup>	3,06	0,41
6-10 <sup>a</sup>	42	6,5 <sup>a, b</sup>	4,5	0,70
gesamt	1338	5,6	3,45	0,09

a-c: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test LSD

Tabelle 43: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Kolostrummenge in Abhängigkeit von der Anzahl der Besamungen

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F	$r_s$	p $r_s$
1,569	0,166	Ja	0,212	1,426	0,058	0,035

p: Signifikanzniveau,  $r_s$ : Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho

p  $r_s$ : Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

In Tabelle 44 sind die Anzahl der benötigten Besamungen in den Laktationen dargestellt. Primipare Tiere benötigen für eine erfolgreiche Konzeption im Durchschnitt 1,8 Besamungen. Kühe der 4.-10. Laktation benötigen 2,4 Besamungen. Ein signifikanter Unterschied besteht zwischen der ersten Laktation und den übrigen. Aus dem Korrelationskoeffizienten nach Spearman-Rho ergibt sich ein  $R^2$  von 0,015 (Tabelle 45). Demnach können 1,5 % der Variabilität der Besamungsanzahl von der Laktationszahl erklärt werden.

## Ergebnisse

Tabelle 44: Vergleich der Anzahl der Besamungen in den Laktationen

Laktationszahl	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
1	451	1,8 <sup>a</sup>	1,15	0,05
2	411	2,3 <sup>b</sup>	1,50	0,07
3	301	2,1 <sup>b</sup>	1,35	0,08
4-10	245	2,4 <sup>b</sup>	1,67	0,11
gesamt	1408	2,1	1,42	0,04

a und b: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test Tamhane

Tabelle 45: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Anzahl der Besamungen in Abhängigkeit von der Laktationszahl

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	Welch-Test	p (Welch)	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
15,292	0,000	Nein	14,402	0,000	0,121	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.2.15 Rückenfettdicke

Die engste Korrelation besteht zwischen der Kolostrummenge und der Rückenfettdicke zur Umstallung und zur Kalbung. Zur Kondition 6 Wochen post partum gibt es keine statistische Korrelation (Tabelle 46). Die Konditionsdaten zur Einstallung (RFD 1) stammen ausschließlich von Kühen, da es sich um Messungen zum Zeitpunkt des Trockenstellens handelt. RFD 2 stammt vom Zeitpunkt des Umstallens von Kühen und Färsen in die Vorbereitergruppe. RFD 3-5 stammt von Kühen und Jungkühen.

Die Regressionsgleichungen und –geraden der RFD 1, 3 (für Färsen und Kühe) 4 und 5 befinden sich im Anhang (Abbildung 58-Abbildung 62)

Tabelle 46: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Rückenfettdicke auf die Kolostrummenge

RFD	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
RFD 1	1148	0,006	0,011	0,037	6,423	0,075	0,011
RFD 2	1718	0,037	0,000	0,099	65,912	0,192	0,000
RFD 3	2045	0,026	0,000	0,085	54,976	0,162	0,000
RFD 4	1628	0,012	0,000	0,065	20,442	0,111	0,000
RFD 5	1655	0,000	0,718	0,008	0,130	0,009	0,718

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

3,7 % der Variabilität der Kolostrummengung wird über die Rückenfettdicke zur Umstallung erklärt. Nimmt diese um einen Millimeter zu nimmt die Kolostrummengung um 0,1 kg zu (Abbildung 12).

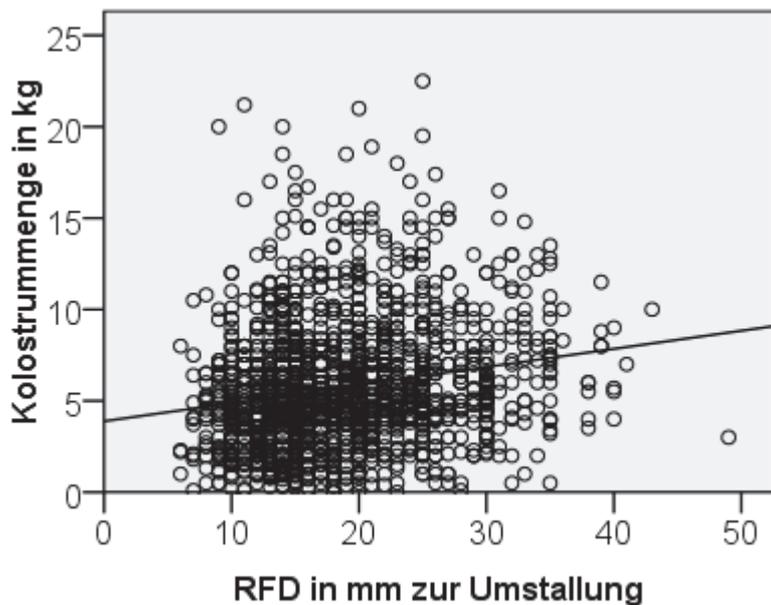


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Umstallung und der Kolostrummengung  
 $\text{Kolostrummengung} = 3,886 + 0,099 * \text{RFD } 2$

2,6 % der Variabilität der Kolostrummengung wird über die Rückenfettdicke zur Kalbung erklärt. Nimmt diese um einen Millimeter zu nimmt die Kolostrummengung um 0,09 kg zu (Abbildung 13).

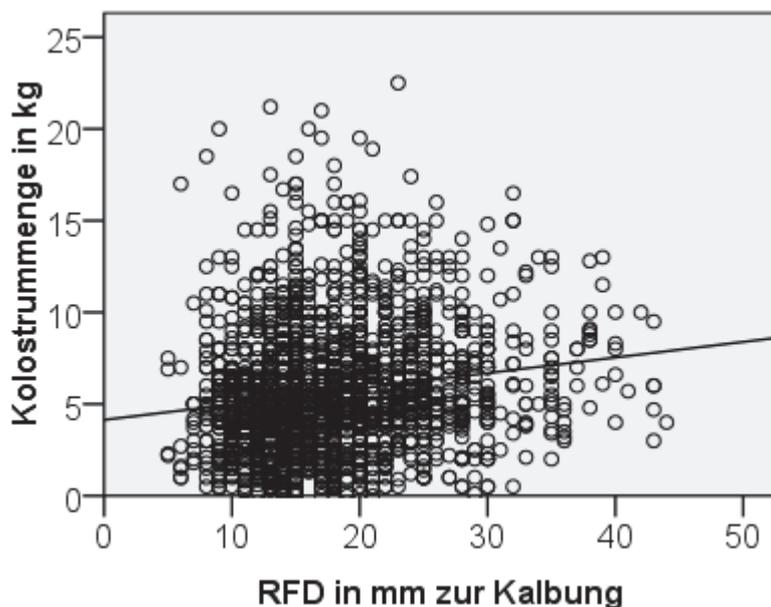


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Kalbung und der Kolostrummengung  
 $\text{Kolostrummengung} = 4,139 + 0,085 * \text{RFD } 3$

## 6.2.16 Trockenstehdauer Kühe

Die Trockenstehdauer (TS ges.) von Kühen ergibt sich aus der Zeitspanne von der Einstallung bis zur Umstallung in die Vorbereitergruppe (TS 1) und die dortige Aufenthaltsdauer bis zur Kalbung (TS 2).

Eine enge Korrelation besteht zwischen der Kolostrummenge und der Dauer der ersten wie auch der gesamten Trockenstehzeit. Die Dauer der Vorbereitungszeit (TS 2) hat keine statistische Korrelation mit der Kolostrummenge (Tabelle 47).

Tabelle 47: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Trockenstehdauer auf die Kolostrummenge

TS	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
TS 1	1497	0,030	0,000	0,029	46,033	0,193	0,000
TS 2	1504	0,002	0,116	0,024	2,468	0,041	0,116
TS ges.	1535	0,035	0,000	0,031	56,420	0,188	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

3 % der Variabilität der Kolostrummenge wird über die Länge der Trockenstehdauer 1 erklärt. Ist die Trockenstehdauer um einen Tag länger, erhöht sich die Kolostrummenge um 0,03 kg (Abbildung 14).

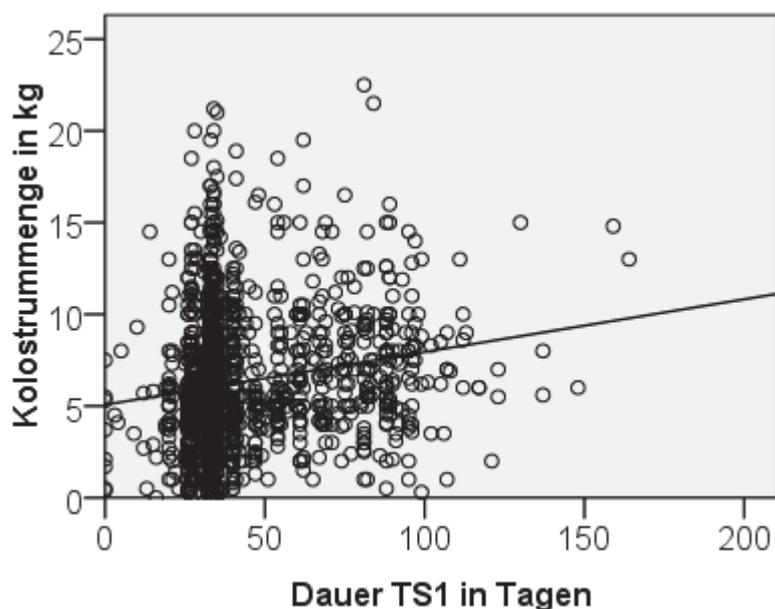


Abbildung 14: Zusammenhang zwischen der Dauer der ersten Trockenstehperiode und der Kolostrummenge  
 Kolostrummenge = 5,073 + 0,029 \* TS 1

Die Dauer der Vorbereitungszeit hat keinen Einfluss auf die Kolostrummenge (Abbildung 63).

3,5 % der Variabilität der Kolostrummenge wird über die Dauer der gesamten Trockenstehdauer erklärt. Verlängert sich die gesamte Trockenstehdauer um einen Tag, erhöht sich die Kolostrummenge um 0,03 kg (Abbildung 15).

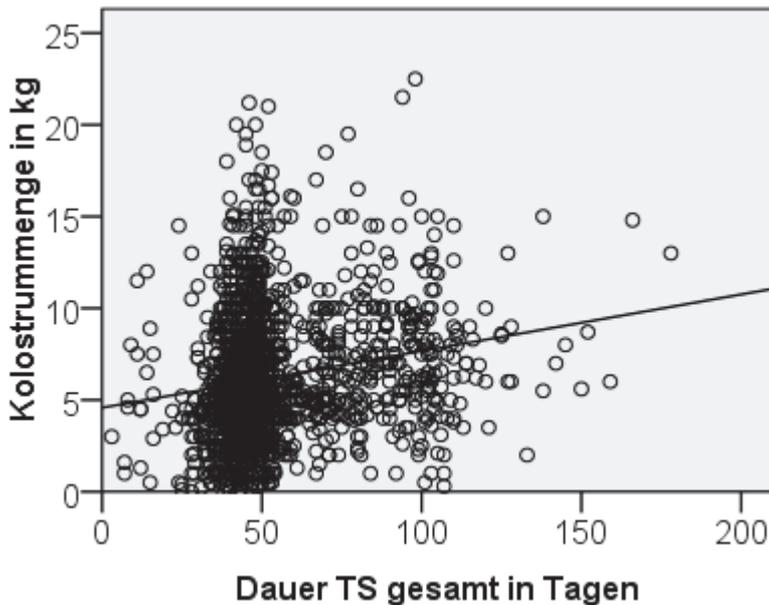


Abbildung 15: Zusammenhang zwischen der gesamten Trockenstehdauer und der Kolostrummenge  
 $Kolostrummenge = 4,597 + 0,031 * TS \text{ ges.}$

### 6.2.17 Dauer der Vorbereitungszeit Färsen

Färsen werden 2 Wochen vor dem errechneten Kalbetermin in die Vorbereitergruppe eingestallt. Dort verbleiben sie bis zur Kalbung.

Die Dauer der Vorbereitungszeit hat keinen Einfluss auf die Kolostrummenge bei Färsen (Tabelle 48 sowie Regressionsgleichung im Anhang Abbildung 64).

Tabelle 48: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Vorbereitungszeit auf die Kolostrummenge

	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
Vz	602	0,000	0,955	0,001	0,003	0,002	0,955

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

## 6.2.18 Erkrankungen

### 6.2.18.1 Erkrankungen in der Trockenstehzeit

Als Erkrankung in der Trockenstehzeit wurde erfasst, ob ein Tier eine Lahmheit gezeigt hat.

Die Kolostrummenge unterscheidet sich nicht bei Tieren mit oder ohne Lahmheit in der Trockenstehzeit (Tabelle 49, Tabelle 50).

Tabelle 49: Vergleich der Kolostrummenge in Abhängigkeit von einer Erkrankung in der Trockenstehzeit.

	n	$\bar{x}$	s	Sy
Lahmheit	27	5,2 <sup>a</sup>	3,26	0,63
keine Erkrankung	2122	5,7 <sup>a</sup>	2,42	0,07
gesamt	2149	5,6	3,41	0,07

a und b: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede

Tabelle 50: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Kolostrummenge in Abhängigkeit von einer Erkrankung in der Trockenstehzeit

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F
0,013	0,908	Ja	0,490	0,478

p: Signifikanzniveau,

### 6.2.18.2 Erkrankungen innerhalb der ersten 3 Tage post partum

Da die Häufigkeit von Erkrankungen vom Alter des Tieres abhängig ist, wurde der Zusammenhang zwischen der Kolostrummenge und das Auftreten von Erkrankungen gesondert nach Jung- und Altkühen betrachtet (Tabelle 52, Tabelle 53).

Eine Gebärparesse kam bei Tieren der ersten Laktation nicht vor und es gab nur vereinzelte Fälle von Ketose und Mastitis, weswegen kein Post-hoc Test angewendet werden konnte. Die Mittelwerte unterscheiden sich nicht signifikant. Das Auftreten von Erkrankungen hat bei Jungkühen keinen Einfluss auf die Kolostrummenge (Tabelle 51).

Tabelle 51: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Kolostrummenge in Abhängigkeit von Erkrankungen innerhalb der ersten 3 Tage post partum bei Primipara

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F
1,182	0,318	Ja	0,071	2,04

p : Signifikanzniveau

## Ergebnisse

Tabelle 52: Vergleich der Kolostrummenge in Abhängigkeit von Erkrankungen innerhalb der ersten 3 Tage post partum bei Primipara

Erkrankungen 3 d p.p.	n	%	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
keine Erkrankung	550	90,6	4,1	2,41	0,10
Gebärparese	0	0	-	-	-
Nachgeburtverhalten	16	2,6	3,3	1,31	0,33
Metritis	18	3	4,0	1,94	0,46
Ketose	1	0,2	3,8	-	-
Mastitis	2	0,3	8,4	2,26	1,6
Lahmheit	20	3,3	4,8	2,46	0,55
gesamt	607	100	4,1	2,39	0,10

Bei Kühen unterscheiden sich die Mittelwerte signifikant (Tabelle 54). In Tabelle 53 ist ersichtlich, dass Kühe mit Ketose und Metritis das meiste Kolostrum geben, wobei Tiere mit Ketose tendenziell mehr geben als Tiere mit Metritis. Es gibt keinen Unterschied zwischen Kühen ohne Erkrankung und Tieren mit Gebärparese, Nachgeburtverhalten, Mastitis und Lahmheit.

Tabelle 53: Vergleich der Kolostrummenge in Abhängigkeit von Erkrankungen innerhalb der ersten 3 Tage post partum bei Pluripara

Erkrankungen 3 d p.p.	n	%	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
keine Erkrankung <sup>c</sup>	1347	87,4	6,2 <sup>b, c</sup>	3,48	0,09
Gebärparese <sup>c</sup>	132	8,6	6,3 <sup>b, c</sup>	3,96	0,34
Nachgeburtverhalten <sup>c</sup>	19	1,2	5,1 <sup>b, c</sup>	4,44	1,01
Metritis <sup>b</sup>	13	0,8	7,0 <sup>a, b, c</sup>	4,85	1,34
Ketose <sup>a</sup>	9	0,6	10,0 <sup>a, b</sup>	3,81	1,27
Mastitis <sup>c</sup>	9	0,6	6,0 <sup>b, c</sup>	3,41	1,14
Lahmheit <sup>c</sup>	12	0,8	6,1 <sup>b, c</sup>	4,00	1,15
gesamt	1541	100	6,3	3,56	0,09

a-c: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test LSD

Tabelle 54: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Kolostrummenge in Abhängigkeit von Erkrankungen innerhalb der ersten 3 Tage post partum bei Pluripara

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F
1,194	0,306	Ja	0,049	2,115

p: Signifikanzniveau

### 6.2.19 Blutcalciumgehalt

Die Calciumkonzentration am Tag der Kalbung und einen Tag post partum korreliert negativ mit der Kolostrummenge (Tabelle 55). Im Unterschied dazu hat die Calciumkonzentration 7 Tage post partum keinen signifikanten Zusammenhang zur Kolostrummenge. Die Regressionsgleichungen und –geraden der Calciumkonzentration zur Kalbung und 7 Tage p.p. befinden sich im Anhang (Abbildung 65 und Abbildung 66).

Tabelle 55: Statistische Kennzahlen des Zusammenhangs der Calciumkonzentration im Serum auf die Kolostrummenge

Ca	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
Ca 0	2045	0,013	0,000	- 1,107	26,826	- 0,114	0,000
Ca 1	2088	0,013	0,000	- 1,243	27,186	- 0,113	0,000
Ca 7	2019	0,001	0,124	- 0,515	2,368	- 0,034	0,124

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

1,3 % der Variabilität der Kolostrummenge wird über die Calciumkonzentration im Blut einen Tag post partum erklärt. Eine Zunahme der Kolostrummenge um 1,24 kg steht im Zusammenhang mit einer Abnahme der Calciumkonzentration um 1 mmol/l (Abbildung 16).

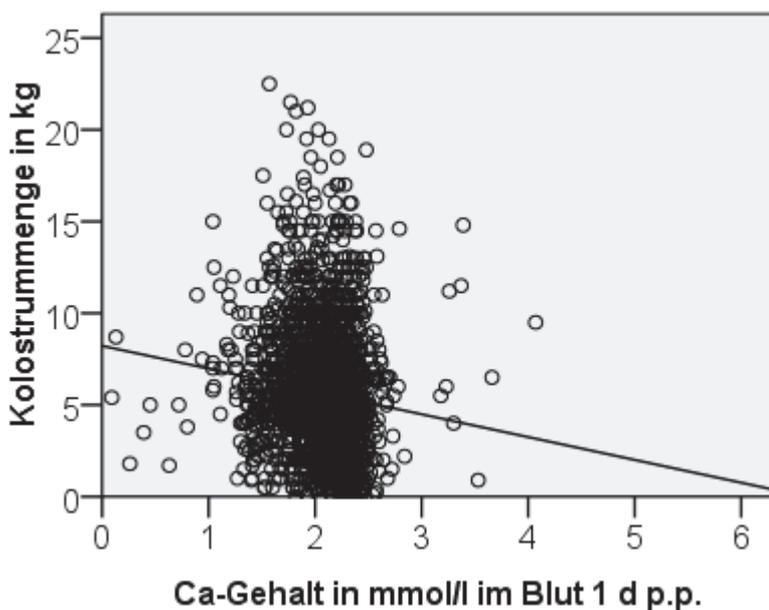


Abbildung 16: Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt im Serum einen Tag post partum und der Kolostrummenge

$$\text{Kolostrummenge} = 8,219 - 1,243 * \text{Ca 1}$$

### 6.2.20 Blutphosphorgehalt

Die Phosphorkonzentration im Blut einen Tag post partum hat die engste Korrelation zur Kolostrummenge, gefolgt von der Konzentration am Tag der Kalbung (Tabelle 56). Die Regressionsgleichungen und –geraden der Phosphorkonzentration einen Tag und 7 Tage p.p. befinden sich im Anhang (Abbildung 67 und Abbildung 68).

Tabelle 56: Statistische Kennzahlen des Zusammenhangs der Phosphorkonzentration im Serum auf die Kolostrummenge

P	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
P 0	2011	0,027	0,000	- 1,402	54,850	- 0,163	0,000
P 1	2058	0,035	0,000	- 1,280	74,686	- 0,187	0,000
P 7	1996	0,006	0,000	- 0,704	12,499	- 0,079	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson  
 p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

2,7 % der Variabilität der Kolostrummenge wird über die Phosphorkonzentration zur Geburt erklärt. Eine Zunahme der Kolostrummenge um 1,4 kg steht im Zusammenhang mit einer Abnahme der Phosphorkonzentration um 1 mmol/l (Abbildung 17).

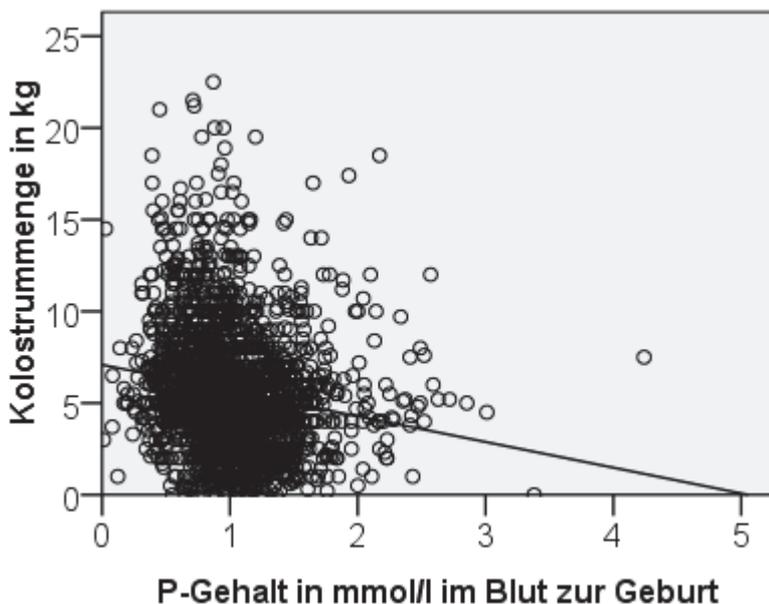


Abbildung 17: Zusammenhang zwischen dem P-Gehalt im Serum am Tag der Kalbung und der Kolostrummenge  
 Kolostrummenge = 7,086 – 1,402 \* P 0

### 6.2.21 Blut-NEFA-Gehalt

Die Kolostrummenge korreliert mit allen drei NEFA Werten signifikant, am engsten mit der NEFA-Konzentration einen Tag post partum (Tabelle 57). Die Regressionsgleichungen und –geraden der NEFA-Konzentration zur Geburt und 7 Tage p.p. befinden sich im Anhang (Abbildung 69 und Abbildung 70).

Tabelle 57: Statistische Kennzahlen des Zusammenhangs der NEFA-Konzentration im Serum auf die Kolostrummenge

NEFA	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
NEFA 0	2010	0,030	0,000	1,841	62,347	0,174	0,000
NEFA 1	2060	0,043	0,000	1,928	93,333	0,208	0,000
NEFA 7	2000	0,033	0,000	1,619	67,868	0,181	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

4,3 % der Variabilität der Kolostrummenge wird über die NEFA-Konzentration einen Tag post partum erklärt. Eine Zunahme der Kolostrummenge um 1,9 kg ist mit einer um 1 mmol/l höheren Konzentration an freien Fettsäuren im Blut einen Tag post partum verbunden (Abbildung 18).

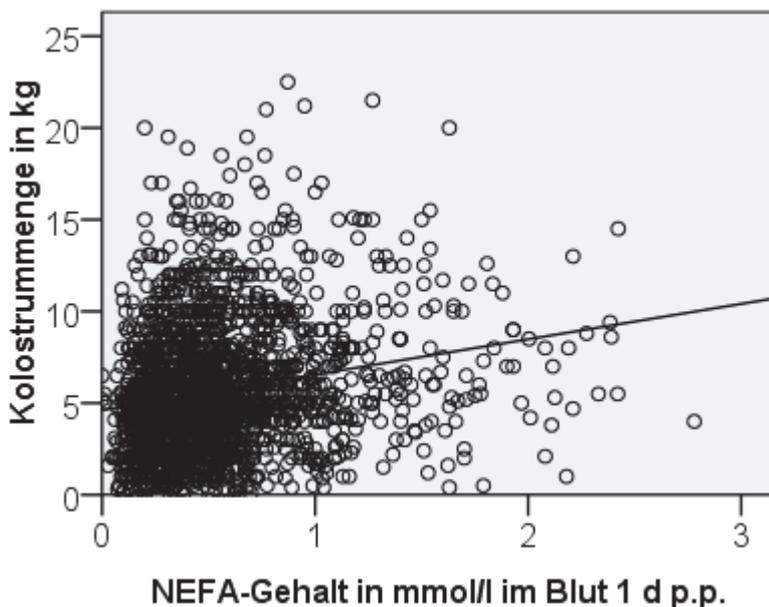


Abbildung 18: Zusammenhang zwischen dem NEFA-Gehalt im Serum einen Tag post partum und der Kolostrummenge

$$\text{Kolostrummenge} = 4,626 + 1,928 * \text{NEFA 1}$$

### 6.2.22 Blut-BHB-Gehalt

Die engste Korrelation zu der Kolostrummenge hat die Serumkonzentration von  $\beta$ -Hydroxybuttersäure am Tag 7 nach der Kalbung. Die Regressionsgleichungen und –geraden der BHB-Konzentration zur Geburt und 7 Tage p.p. befinden sich im Anhang (Abbildung 71 und Abbildung 72).

Tabelle 58: Statistische Kennzahlen des Zusammenhangs der BHB-Konzentration im Serum auf die Kolostrummenge

BHB	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
BHB 0	2007	0,022	0,000	3,364	44,283	0,147	0,000
BHB 1	2055	0,032	0,000	3,497	68,068	0,179	0,000
BHB 7	1993	0,048	0,000	2,381	99,440	0,218	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

4,8 % der Variabilität der Kolostrummenge wird über die BHB-Konzentration 7 Tage post partum erklärt. Eine Zunahme der Kolostrummenge um 2,4 kg ist mit einer um 1 mmol/l höheren Konzentration an Beta-hydroxybutyrat im Serum 7 Tage post partum verbunden.

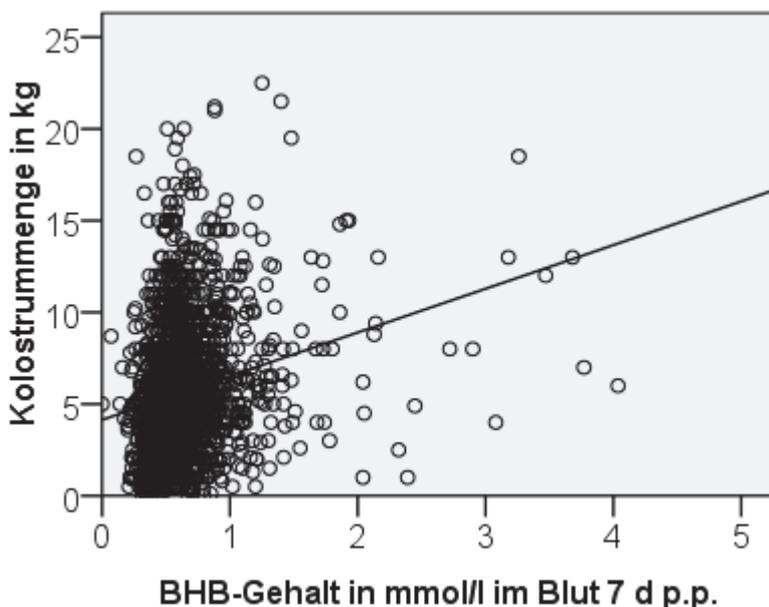


Abbildung 19: Zusammenhang zwischen dem BHB-Gehalts im Serum 7 Tage post partum und der Kolostrummenge

$$\text{Kolostrummenge} = 4,143 + 2,381 * \text{BHB 7}$$

### 6.2.23 Milchmenge

Es besteht zu allen Milchmengendaten eine enge Korrelation. Die 100-Tage-Leistung, die Milchmenge am Tag 2 und am Tag 3 erklären am meisten die Variabilität der Kolostrummenge (Tabelle 126).

11,5 % der Variabilität der Kolostrummenge wird über die Milchmenge am Tag 2 erklärt. Nimmt diese um einen Liter zu, nimmt die Kolostrummenge um 0,13 kg zu (Abbildung 20).

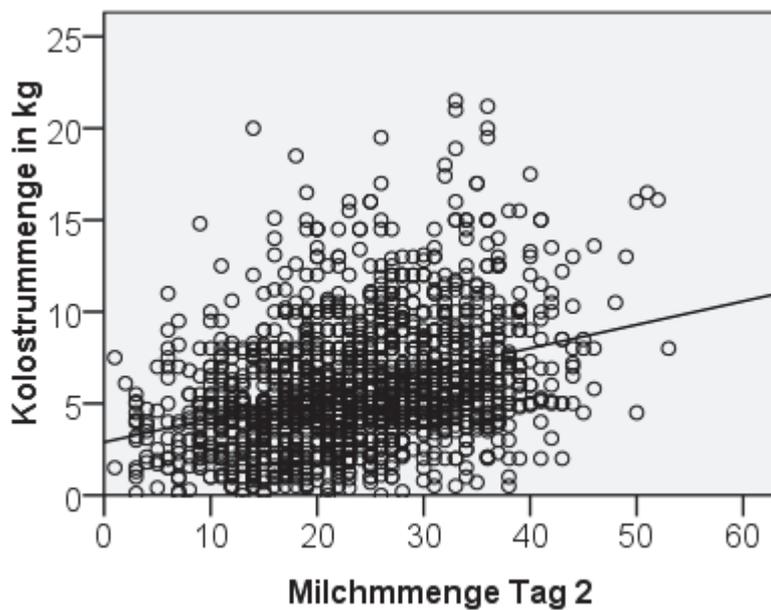


Abbildung 20: Zusammenhang zwischen der Milchmenge am Tag 2 und der Kolostrummenge  
 $\text{Kolostrummenge} = 2,892 + 0,128 * \text{MM} 2$

12,5 % der Variabilität der Kolostrummenge wird über die Milchmenge am Tag 3 erklärt. Nimmt diese um einen Liter zu, nimmt die Kolostrummenge um 0,13 kg zu (Abbildung 21).

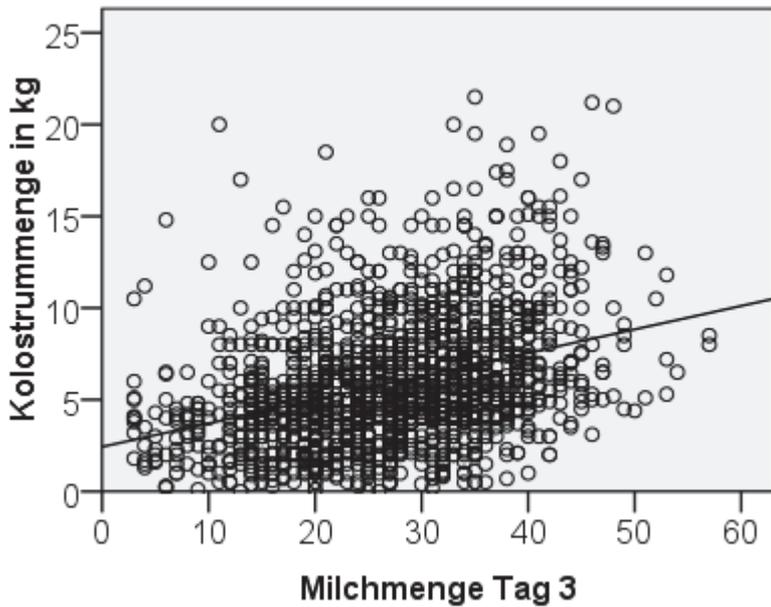


Abbildung 21: Zusammenhang zwischen der Milchmenge am Tag 3 und der Kolostrummenge  
 $\text{Kolostrummenge} = 2,434 + 0,128 * \text{MM 3}$

13,9 % der Variabilität der Kolostrummenge wird über die 100-Tage-Leistung erklärt. Nimmt diese um 100 Liter zu, nimmt die Kolostrummenge um 0,2 kg zu (Abbildung 22).

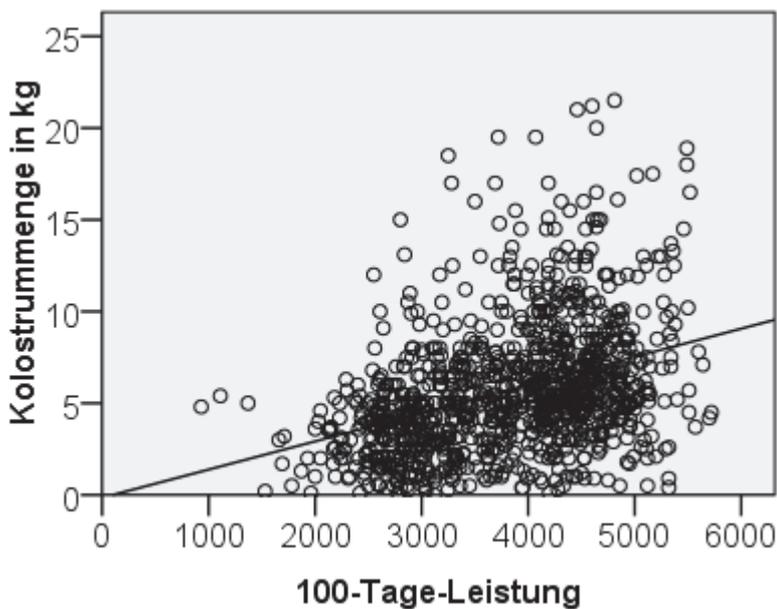


Abbildung 22: Zusammenhang zwischen der 100-Tage-Leistung und der Kolostrummenge  
 $\text{Kolostrummenge} = - 0,149 + 0,002 * \text{MM 3}$

### 6.2.24 Calciumgehalt im Kolostrum

Es besteht keine signifikante Korrelation des Calciumgehalts im Kolostrum mit der Kolostrummenge (Tabelle 59). Es konnte kein Einfluss des Calciumgehalts auf die Kolostrummenge nachgewiesen werden (Abbildung 23). Der Calciumgehalt des Kolostrums hat keinen Einfluss auf die Kolostrummenge.

Tabelle 59: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Calciumkonzentration des Kolostrums auf die Kolostrummenge

n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
205	0,000	0,859	-0,000078	0,032	- 0,013	0,859

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

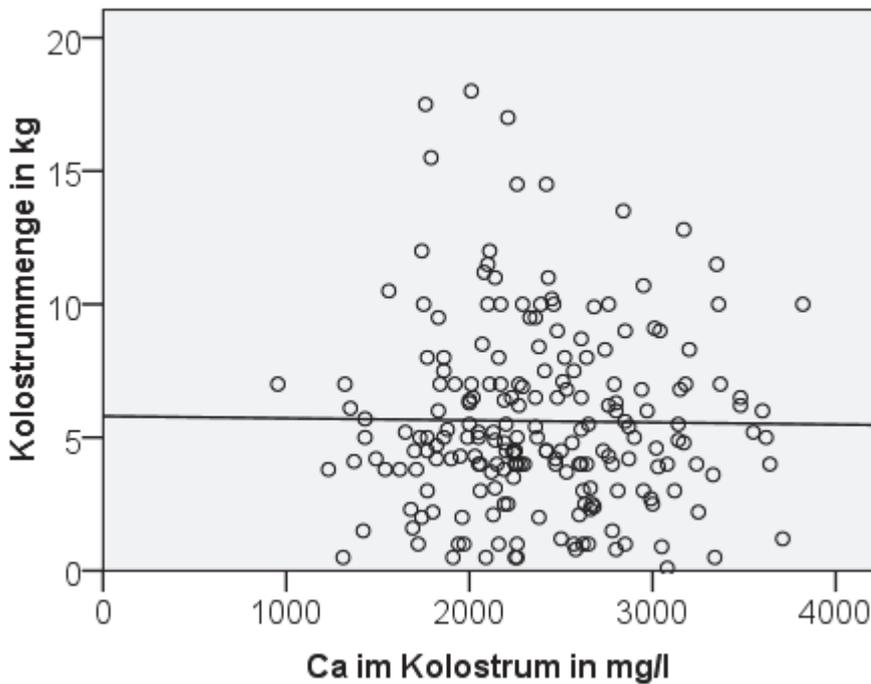


Abbildung 23: Zusammenhang zwischen der Calciumkonzentration im Kolostrum in mg/l und der Kolostrummenge

$$\text{Kolostrummenge} = 5,799 - 0,000078 * \text{Ca}$$

## 6.2.25 Multiple Regressionsanalyse

Die ausgewerteten Einflussfaktoren stehen sachlich untereinander in Beziehung, was auf einen relevanten Effekt von Autokorrelationen schließen lässt. Diese Vermutung wird in der stufenweise durchgeführten multiplen Regressionsanalyse bestätigt.

### 6.2.25.1 Antepartale Einflussvariablen

Bei der schrittweisen linearen Regression mit denen in Tabelle 60 genannten Einflussvariablen bleibt die Dauer der ersten Trockenstehperiode als einzige signifikante Variable und wird in die Regressionsgleichung aufgenommen.

Diese Untersuchung zeigt, dass nicht die Dauer der gesamten Trockenstehzeit den größten Einfluss hat (6.2.16), sondern die Dauer der ersten Trockenstehperiode. Kommt es zu einer Verlängerung der ersten Trockenstehperiode um einen Tag, gibt die Kuh in der darauffolgenden Laktation 0,04 kg mehr Kolostrum.

Das Modell erklärt 2,6 % der Variabilität der Kolostrummenge.

Tabelle 60: Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse über die Variable Kolostrummenge und antepartalen Einflussvariablen

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	TS 1	4,897 (0,000)	0,038 (0,000)	0,161	14,401 (0,000)	0,026	540

a: Konstante, Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau,  
Abhängige Variable: Kolostrummenge

Einflussvariablen: GZ, Anzahl der Besamungen, RFD 1, RFD 2, TS1, TS gesamt

Werden nun in die Regressionsanalyse die Kuhväter mit einbezogen, bleibt dieser Faktor als einziger signifikant. Da es unter den Vätern Bullen gibt, deren Sperma hauptsächlich für die Besamung von Färsen verwendet wurde, wurden die Väter von primiparen Tieren aus der Berechnung ausgeschlossen, um eine Beeinflussung durch die Laktationszahl auszuschließen. Das Modell erklärt 1,8 % der Variabilität der Kolostrummenge (Tabelle 61).

## Ergebnisse

Tabelle 61: Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse über die Variable Kolostrummenge und antepartalen Einflussvariablen

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	Väter	4,696 (0,000)	0,084 (0,049)	0,135	3,915 (0,049)	0,018	212

a: Konstante, Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau,

Abhängige Variable: Kolostrummenge

Einflussvariablen: Väter, GZ, Anzahl der Besamungen, RFD 1, RFD 2, TS1, TS gesamt

### 6.2.25.2 Partale Einflussvariablen

Bei der schrittweisen linearen Regression über die Kolostrummenge ergeben sich bei Verwendung der in Tabelle 62 aufgeführten Einflussvariablen zwei Modelle.

Das Gewicht des Kalbes hat den größten Einfluss auf die Kolostrummenge. Ein um 1 kg schwereres Kalb lässt die Kuh im ersten Modell 0,15 kg und im 2. Modell 0,12 kg mehr Kolostrum geben. Diese Untersuchung zeigt, dass das Gewicht und nicht das Geschlecht oder die Tragedauer entscheidend sind. Mit steigender Laktationszahl und damit auch mit steigendem Alter gibt die Kuh 0,64 kg mehr Kolostrum.

Mit Hilfe des 2. Modells lassen sich 11,3 % der Variabilität der Kolostrummenge erklären.

Tabelle 62: Schrittweise multiple lineare Regression über die Variable Kolostrummenge in kg und partalen Einflussvariablen

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	Kälbergewicht	- 1,202 (0,028)	0,154 (0,000)	0,273	160,669 (0,000)	0,074	2004
2	Kälbergewicht	- 1,175 (0,028)	0,120 (0,000)	0,212	126,881 (0,000)	0,113	
	LZ		0,637 (0,000)	0,205			

a: Konstante, Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau

Abhängige Variable: Kolostrummenge

Einflussvariablen: LZ, Lebend- Totgeburten, Kälbergeschlecht, Kälbergewicht, Trächtigkeitsdauer, Kalbemonat, RFD 3

## Ergebnisse

Aufgrund des sachlichen Zusammenhangs von Trächtigkeitsdauer und Trockenstehdauer wurde eine lineare Regressionsanalyse mit beiden Variablen durchgeführt.

Die Dauer der ersten Trockenstehperiode hat den größeren Einfluss. Nimmt die Länge der ersten Trockenstehphase um einen Tag zu, nimmt die Kolostrummenge um 0,03 kg zu. Nimmt die Trächtigkeitsdauer um einen Tag zu, nimmt die Kolostrummenge um 0,06 kg zu.

Beide Faktoren zusammen erklären 3,8 % der Variabilität der Kolostrummenge.

Tabelle 63: Schrittweise multiple lineare Regression über die Variable Kolostrummenge in kg und Trächtigkeitsdauer sowie Trockenstehdauer

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	TS 1	5,073 (0,000)	0,029 (0,000)	0,173	46,033 (0,000)	0,030	1497
2	TS 1	- 11,988 (0,013)	0,029 (0,000)	0,174	29,407 (0,000)	0,038	
	Td		0,062 (0,000)	0,089			

a: Konstante, Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau

Abhängige Variable: Kolostrummenge

Einflussvariablen: Trächtigkeitsdauer, TS 1

### 6.2.25.3 Postpartale Einflussvariablen

Bei der schrittweisen linearen Regression mit denen in Tabelle 64 aufgenommenen postpartalen Einflussvariablen ergeben sich folgende signifikante Koeffizienten.

Die Milchmenge am Tag 2 sowie das Mittel der Milchmenge der ersten 7 Tage haben den größten Zusammenhang zur Kolostrummenge. Eine höhere Milchleistung bewirkt auch eine größere Menge an Kolostrum. Nimmt die mittlere Milchleistung am Tag 2 p.p. um einen Liter zu, nimmt auch die Kolostrummenge um 0,1 kg zu. Erkrankungen bei Kühen in den ersten 3 Tagen nach der Geburt haben einen negativen Zusammenhang zu der Kolostrummenge. Das Auftreten von Erkrankungen bewirkt eine Minderleistung von 0,26 kg.

Das 1. Modell beschreibt 13,5 % und das 2. Modell 15,2 % der Variabilität der Kolostrummenge.

## Ergebnisse

Tabelle 64: Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse über die Variable Kolostrummenge und postpartalen Einflussvariablen

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	MM 2	0,472 (0,640)	0,099 (0,001)	0,216	24,910 (0,000)	0,135	321
	MM 7 a		0,118 (0,005)	0,192			
2	MM 2	1,272 (0,228)	0,106 (0,001)	0,232	18,877 (0,000)	0,152	
	MM 7 a		0,147 (0,001)	0,237			
	Erkrank. 3 d		- 0,257 (0,015)	- 0,139			

a: Konstante, Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau

Abhängige Variable: Kolostrummenge

Einflussvariablen: RFD 4, 5; Erkrankungen 3 Tage Pluripara; MM 2-7, Mm 7a, 14a, 21a, 28a, 35a, 42a, 100-TL

### 6.2.25.4 Labordaten als Einflussvariablen

Die schrittweise lineare Regression ergibt die in Tabelle 65 aufgeführten relevanten Einflussfaktoren.

Eine größere Kolostrummenge geht einher mit einer niedrigeren Konzentration an Phosphor und einer höheren Konzentration von NEFA und BHB im Serum. Nimmt die Phosphorkonzentration um 1 mmol/l zu, nimmt die Kolostrummenge um 1,34 kg ab. Die Konzentration an nicht veresterten Fettsäuren im Serum hat einen positiven Zusammenhang zu der Kolostrummenge, wobei die Werte vom Tag der Kalbung und 7 Tage p.p. signifikant sind. Eine Erhöhung um 1 mmol/l ergibt im Falle von NEFA 0 eine Erhöhung der Kolostrummenge um 2,08 kg und im Falle von NEFA 7 um 1,78 kg. Wird die Konzentration von  $\beta$ -Hydroxybuttersäure hinzugezogen, erklärt das Modell 17,9 % der Variabilität der Kolostrummenge. Eine Erhöhung der BHB-Konzentration um 1 mmol/l im Serum ergibt 3,82 kg mehr Kolostrum.

## Ergebnisse

Tabelle 65: Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse über die Variable Kolostrummenge und Einflussvariablen aus Labordaten

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	P 1	5,014 (0,000)	- 1,339 (0,005)	- 0,200	11,070 (0,000)	0,155	185
	NEFA 0		2,076 (0,006)	0,196			
	NEFA 7		1,784 (0,009)	0,186			
2	P 1	3,184 (0,029)	- 1,202 (0,012)	- 0,180	9,834 (0,000)	0,179	185
	NEFA 0		1,744 (0,021)	0,165			
	NEFA 7		1,727 (0,010)	0,180			
	BHB 1		3,818 (0,022)	0,162			

Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau

Abhängige Variable: Kolostrummenge

Einflussvariablen: Ca, P, BHB, NEFA, Ca im Kolostrum

### 6.2.25.5 Regression der signifikanten Einflussfaktoren

Bei der schrittweisen linearen Regression der Variablen, die sich in der vorherigen Analyse als signifikant herausgestellt haben, ist die mittlere Milchmenge der ersten 7 Tage der stärkste Faktor (Tabelle 66).

Nimmt die mittlere Milchmenge der ersten 7 Tage um einen Liter zu, nimmt auch die Kolostrummenge um 0,13 kg zu. Das Auftreten einer Erkrankung führt zu einer Minderleistung von 0,5 kg. Die Laktationszahl, die Milchmenge 2 Tage p.p., Phosphor einen Tag p.p. sowie die Konzentration von freien Fettsäuren 7 Tage p.p. fallen aus dem Modell heraus.

Das Modell erklärt 25,3 % der Variabilität der Kolostrummenge.

## Ergebnisse

Tabelle 66: Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse über die Variable Kolostrummenge und den signifikanten Einflussvariablen

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	MM 7a	- 4,590 (0,018)	0,134 (0,000)	0,256	15,300 (0,000)	0,253	325
	Erk. 3 d		- 0,539 (0,000)	-0,233			
	TS 1		0,033 (0,002)	0,158			
	Väter		0,090 (0,006)	0,138			
	Kälbergewicht		0,107 (0,002)	0,160			
	BHB 1		3,495 (0,003)	0,144			
	NEFA 0		1,816 (0,007)	0,136			

Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau

Abhängige Variable: Kolostrummenge

Einflussvariablen: TS 1, Väter, Kälbergewicht, Laktationszahl, MM2, MM 7a, Erkrankungen binnen 3 Tage, P 1, NEFA 0 und 7, BHB 1

## 6.3 Einflussfaktoren auf die Immunglobulinkonzentration des Kolostrums

### 6.3.1 Laktationszahl

Im untersuchten Betrieb waren Tiere mit den Laktationszahlen 1-10 vorhanden. Tiere der Laktationszahlen 4-10 wurden zu einer Gruppe zusammengefasst, weil weniger als 50 Tiere eine Laktationszahl von 7 oder höher besaßen.

Außer der 1. und 3. Laktation unterscheiden sich alle Laktationen in ihrer Ig-Konzentration signifikant (Tabelle 67, Abbildung 24). Kühe der Laktationen 4-10 haben durchschnittlich 8,1 g/l mehr Immunglobuline im Kolostrum als Kühe der 2. Laktation. Im Durchschnitt haben Kühe der Laktationen 2-10 65,5 g/l Immunglobuline im Kolostrum.

Aus dem Korrelationskoeffizienten von 0,162 ergibt sich, dass die Laktationszahl 2,6 % der Variabilität der Ig-Konzentration im Kolostrum erklärt (Tabelle 68).

Tabelle 67: Vergleich der Ig-Konzentration in Abhängigkeit von der Laktationszahl

	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
1	546	65,9 <sup>b</sup>	9,32	0,40
2	512	61,6 <sup>c</sup>	11,08	0,49
3	461	66,3 <sup>b</sup>	10,35	0,49
4-10	388	69,7 <sup>a</sup>	10,51	0,53
gesamt	1907	65,6	10,67	0,24

a-c: signifikante ( $p < 0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test Tamhane,

Tabelle 68: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Ig-Konzentration in Abhängigkeit von der Laktationszahl

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	Welch-Test	p (Welch)	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
5,202	0,001	Nein	42,696	0,000	0,162	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

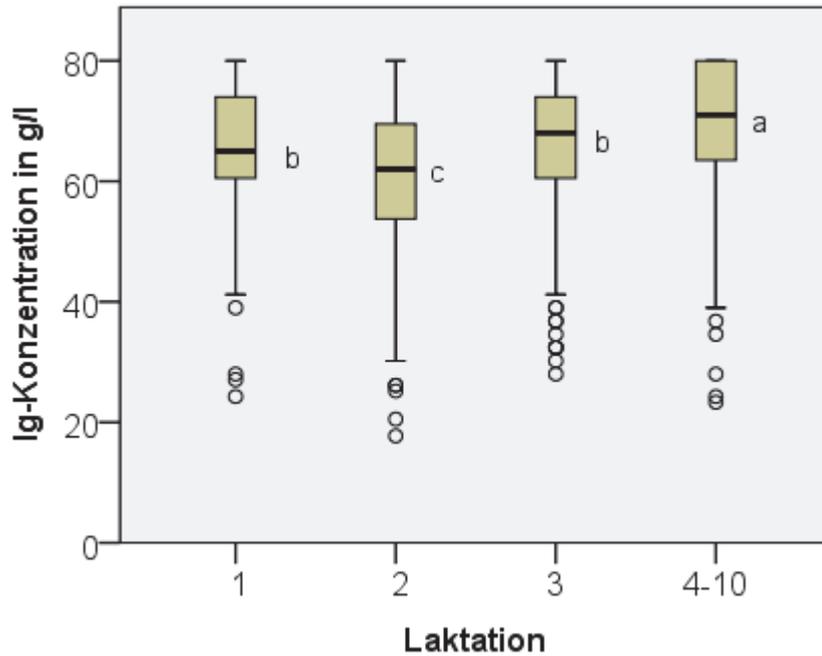


Abbildung 24: Vergleich der Ig-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Laktationszahl

### 6.3.2 Kolostrummenge

Die Kolostrummenge korreliert negativ mit der Ig-Konzentration im Kolostrum (Abbildung 25).

5,6 % der Variabilität der Ig-Konzentration wird über die Kolostrummenge erklärt. Für jeden Liter, die die Kuh mehr Kolostrum gibt, nimmt die Ig-Konzentration um 0,75 g/l ab (Tabelle 69).

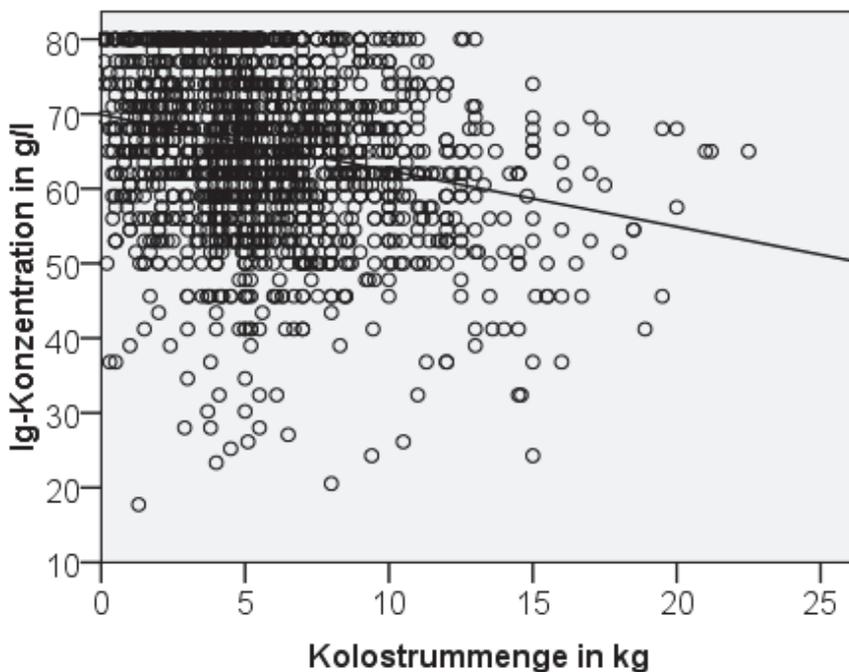


Abbildung 25: Zusammenhang der Kolostrummenge mit der Ig-Konzentration im Kolostrum  
 $Ig\text{-Konzentration} = 69,982 - 0,749 * \text{Kolostrummenge}$

## Ergebnisse

Tabelle 69: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Kolostrummenge auf die Ig-Konzentration

n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
1862	0,056	0,000	- 0,749	111,349	- 0,238	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.3.3 Geburtsverlauf

Im Beobachtungszeitraum kam es zu einer Kalbung durch Kaiserschnitt, für die Daten zur Ig-Konzentration des Kolostrums vorliegen. Diese Daten wurden nicht für die Berechnung berücksichtigt.

Es besteht keine signifikante Korrelation zwischen der Ig-Konzentration und dem Geburtsverlauf (Tabelle 71). Zwischen den Mittelwerten der Ig-Konzentrationen, abhängig vom Geburtsverlauf, gibt es keinen signifikanten Unterschied (Tabelle 70). Der Geburtsverlauf hat keinen Einfluss auf die Ig-Konzentration im Kolostrum.

Tabelle 70: Vergleich der Ig-Konzentration in Abhängigkeit vom Geburtsverlauf

Geburtsverlauf	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
ohne Beobachtung	209	66,5 <sup>a</sup>	10,51	0,73
mit Beobachtung	1079	65,6 <sup>a</sup>	10,56	0,32
leichte Geburtshilfe	447	65,5 <sup>a</sup>	10,84	0,51
Schwergeburt	169	65,1 <sup>a</sup>	11,08	0,85
gesamt	1904	65,6	10,67	0,24

a und b: signifikante (p = <0,05) Unterschiede im Post-hoc-Test LSD,

Tabelle 71: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Ig-Konzentration in Abhängigkeit von dem Geburtsverlauf

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
0,667	0,573	Ja	0,460	0,905	- 0,029	0,202

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.3.4 Lebend- /Totgeburten

Die mittleren Immunglobulin-Konzentrationen unterscheiden sich bei Kühen mit Lebend- oder Totgeburten (Tabelle 73). Durchschnittlich hat das Kolostrum von Kühen die lebende Kälber geboren haben 2,9 g/l mehr Immunglobuline als Tiere mit Totgeburten (Tabelle 72). Dies erklärt 0,2 % der Variabilität der Ig-Konzentration.

Tabelle 72: Vergleich der Ig-Mittelwerte in Abhängigkeit von einer Lebend-/Totgeburt

	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
Lebend	1818	65,8 <sup>a</sup>	10,53	0,25
Tot	86	62,9 <sup>b</sup>	13,03	1,40
gesamt	1904	65,65	10,67	0,24

a und b: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede

Tabelle 73: Statistische Kennzahlen T-Test Ig-Konzentration in Abhängigkeit von einer Lebend-/Totgeburt

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	T	p	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
5,856	0,016	Nein	2,019	0,046	- 0,048	0,037

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.3.5 Kälberanzahl

Während des Untersuchungszeitraums kam es zu einer Drillingsgeburt, zu der aber keine Daten zur Ig-Konzentration im Kolostrum vorliegen.

Weder besteht eine signifikante Korrelation zwischen der Ig-Konzentration und der Kälberanzahl (Tabelle 75) noch gibt es einen Unterschied zwischen den Mittelwerten der Ig-Konzentration, abhängig von der Kälberanzahl (Tabelle 74). Ob das Muttertier eine Einlings- oder Zwillingsgeburt hatte, hat keinen Einfluss auf die Immunglobulinkonzentration des Kolostrums.

Tabelle 74: Vergleich der Ig-Konzentration in Abhängigkeit von der Kälberanzahl

Kälberanzahl	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
Einlinge	1811	65,6 <sup>a</sup>	10,65	0,25
Zwillinge	97	67,0 <sup>a</sup>	10,94	1,11
Gesamt	1908	65,6	10,67	0,24

a und b: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede

## Ergebnisse

Tabelle 75: Statistische Kennzahlen T-Test Ig-Konzentration in Abhängigkeit von der Kälberanzahl

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	T	p	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
0,674	0,412	Ja	-1,293	0,196	0,030	0,190

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.3.6 Kälbergeschlecht

Gleichgeschlechtliche wie auch verschiedengeschlechtliche Zwillinge wurden für die Berechnung nicht berücksichtigt.

Die Mittelwerte der Ig-Konzentration, bei männlichen und weiblichen Kälbern, unterscheiden sich nicht signifikant (Tabelle 76, Tabelle 77). Das Geschlecht des Kalbes hat keinen Einfluss auf die Ig-Konzentration im Kolostrum.

Tabelle 76: Vergleich der Ig-Konzentration in Abhängigkeit von dem Kälbergeschlecht

Kälbergeschlecht	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
Männlich	960	65,5 <sup>a</sup>	10,97	0,35
Weiblich	898	65,7 <sup>a</sup>	10,31	0,34
Gesamt	1858	65,6	10,66	0,25

a und b: signifikante (p = <0,05) Unterschiede

Tabelle 77: Statistische Kennzahlen T-Test Ig-Konzentration in Abhängigkeit von dem Kälbergeschlecht

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	T	p	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
2,897	0,089	Ja	- 0,582	0,560	0,006	0,806

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.3.7 Kälbergewicht

Es gibt keine signifikante Korrelation zwischen der Immunglobulinkonzentration und dem Kälbergewicht (Tabelle 78). Das Geburtsgewicht des Kalbes hat keinen Einfluss auf die Immunglobulinkonzentration im Kolostrum (Abbildung 26).

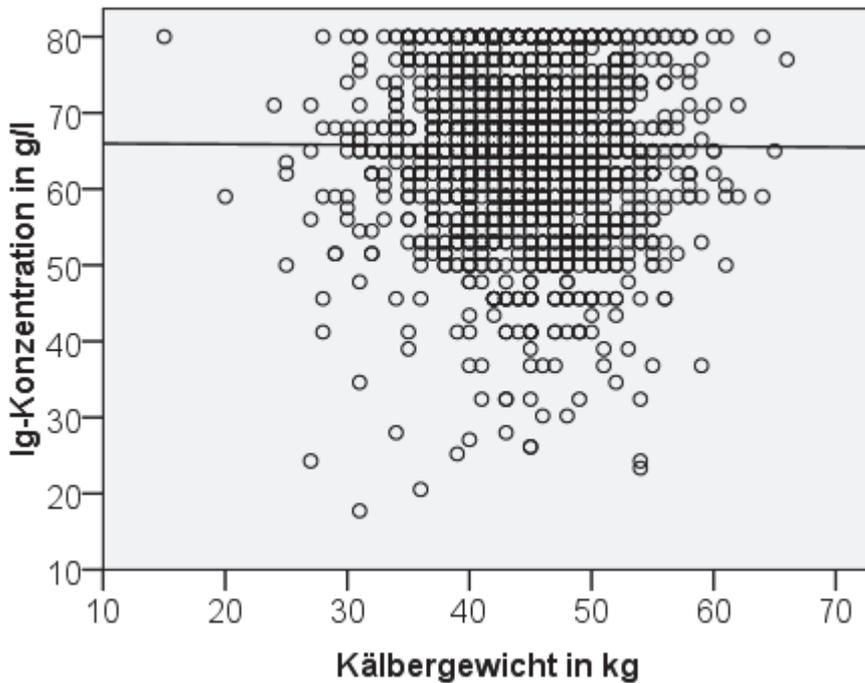


Abbildung 26: Zusammenhang zwischen dem Kälbergewicht und der Ig-Konzentration  
 Kolostrummenge =  $66,046 - 0,008 * \text{Kälbergewicht}$

Tabelle 78: Statistische Kennzahlen des Einflusses des Kälbergewichtes auf die Ig-Konzentration

n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
1870	0,000	0,847	- 0,008	0,037	- 0,004	0,847

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.3.8 Erstkalbealter für Tiere der ersten Laktation

Es gibt keine signifikante Korrelation zwischen der Ig-Konzentration und dem Erstkalbealter (Tabelle 79). Das Erstkalbealter hat bei primiparen Tieren keinen Einfluss auf die Immunglobulinkonzentration im Kolostrum (Abbildung 27).

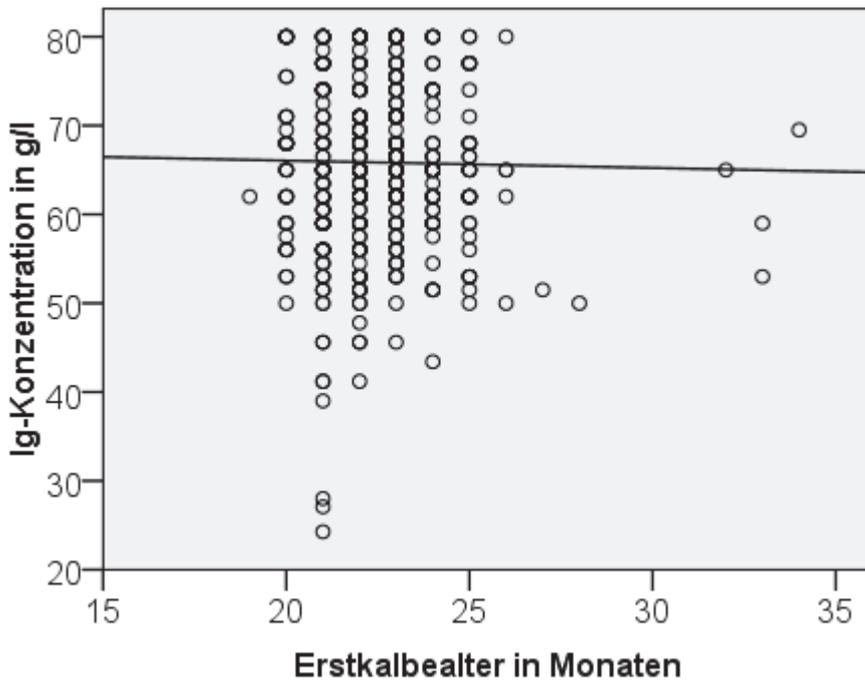


Abbildung 27: Zusammenhang des Erstkalbealters und der Ig-Konzentration  
 $Ig\text{-Konzentration} = 67,698 - 0,082 * \text{Erstkalbealter}$

Tabelle 79: Statistische Kennzahlen des Einflusses des Erstkalbealters auf die Ig-Konzentration

n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
536	0,000	0,734	- 0,082	0,116	- 0,015	0,734

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.3.9 Trächtigkeitsdauer

Es gibt einen signifikanten quadratischen Zusammenhang zwischen der Ig-Konzentration im Kolostrum und der Trächtigkeitsdauer. 0,4% der Variabilität der Ig-Konzentration wird über die Tragezeit erklärt (Tabelle 80). Hat die Kuh eine Frühgeburt bzw. einen Abort oder überträgt sie, enthält das Kolostrum weniger Immunglobuline (Abbildung 28).

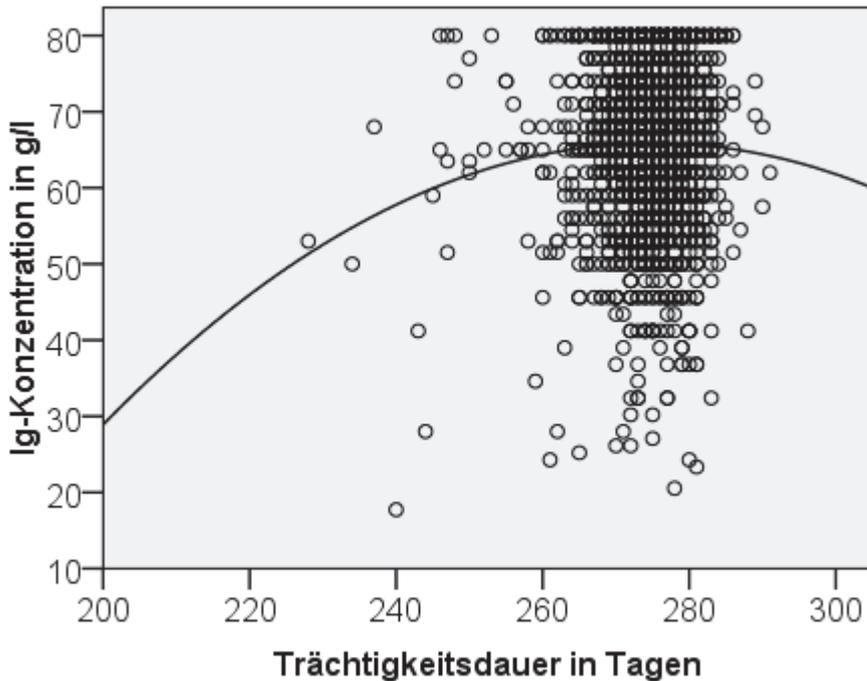


Abbildung 28: Zusammenhang zwischen der Trächtigkeitsdauer und der Ig-Konzentration  

$$\text{Ig-Konzentration} = - 430,265 + 3,607 * \text{Td} - 0,007 * \text{Td}^2$$

Tabelle 80: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Trächtigkeitsdauer auf die Ig-Konzentration

n	R <sup>2</sup> -quadratisch	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
1907	0,004	0,014	3,607 - 0,007	4,253	0,039	0,087

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.3.10 Uhrzeit der Abkalbung

Die Uhrzeiten der Abkalbungen wurden im 2-Stunden-Intervall gruppiert. Aus Tabelle 81 ist ersichtlich, dass  $\frac{1}{3}$  aller Abkalbungen im Zeitraum zwischen 10-16 Uhr stattfanden.

Laut der Rangkorrelation nach Spearman gibt es keine signifikante Korrelation zwischen der Uhrzeit der Abkalbung und der Ig-Konzentration (Tabelle 82). Bei dem Vergleich der Mittelwerte zeigt sich, dass Kühe, die zwischen 22 und 24 Uhr kalbten, signifikant weniger Immunglobuline im Kolostrum haben, als Kühe die zu anderen Uhrzeiten gekalbt haben (Tabelle 81).

Tabelle 81: Vergleich der Ig-Konzentration in Abhängigkeit von der Uhrzeit der Abkalbung

Uhrzeit Abkalbung	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
0-2 Uhr <sup>b</sup>	134	65,3 <sup>a, b, c</sup>	10,38	0,90
2-4 Uhr <sup>a</sup>	135	66,6 <sup>a, b</sup>	9,97	0,86
4-6 Uhr <sup>a</sup>	147	66,3 <sup>a, b</sup>	10,66	0,88
6-8 Uhr <sup>b</sup>	121	65,3 <sup>a, b, c</sup>	10,27	0,93
8-10 Uhr <sup>a</sup>	175	65,5 <sup>a, b</sup>	11,17	0,84
10-12 Uhr <sup>a</sup>	187	65,9 <sup>a, b</sup>	10,47	0,77
12-14 Uhr <sup>a</sup>	208	65,7 <sup>a, b</sup>	10,67	0,74
14-16 Uhr <sup>a</sup>	208	65,7 <sup>a, b</sup>	11,59	0,80
16-18 Uhr <sup>a</sup>	179	66,6 <sup>a, b</sup>	9,62	0,72
18-20 Uhr <sup>b</sup>	140	65,3 <sup>a, b, c</sup>	11,02	0,93
20-22 Uhr <sup>a</sup>	155	65,7 <sup>a, b</sup>	9,33	0,75
22-24 Uhr <sup>c</sup>	117	62,7 <sup>b, c</sup>	12,60	1,17
gesamt	1906	65,6	10,67	0,24

a-c: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test LSD

Tabelle 82: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Ig-Konzentration in Abhängigkeit von der Uhrzeit der Abkalbung

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
1,247	0,250	Ja	0,335	1,128	- 0,026	0,256

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.3.11 Kalbemonat

Es besteht keine signifikante Korrelation zwischen der Ig-Konzentration im Kolostrum und dem Monat der Kalbung (Tabelle 84). Betrachtet man die Ig-Konzentration in den einzelnen Monaten, ist diese im Oktober am höchsten und im April am niedrigsten. Der Unterschied beträgt 6,5 g/l. Im Spätsommer/Herbst (August-Oktober) sind die Immunglobulinkonzentrationen am höchsten (Tabelle 83).

Tabelle 83: Vergleich der Ig-Konzentration in den Kalbemonaten

Kalbemonat	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
April 2012 <sup>g</sup>	37	61,8 <sup>e, f, g</sup>	10,28	1,69
Mai 2012 <sup>f</sup>	165	64,5 <sup>c, d, e, f, g</sup>	10,90	0,85
Juni 2012 <sup>f</sup>	162	64,4 <sup>c, d, e, f, g</sup>	10,31	0,81
Juli 2012 <sup>f</sup>	163	64,5 <sup>c, d, e, f, g</sup>	12,23	0,96
August 2012 <sup>e</sup>	197	65,5 <sup>b, c, d, e, f, g</sup>	11,08	0,79
September 2012 <sup>b</sup>	221	66,9 <sup>a, b, c, d</sup>	10,96	0,74
Oktober 2012 <sup>a</sup>	192	68,3 <sup>a, b, c, d</sup>	9,92	0,72
November 2012 <sup>c</sup>	177	66,2 <sup>a, b, c, d, e, f</sup>	10,60	0,80
Dezember 2012 <sup>b</sup>	175	67,1 <sup>a, b, c, d, e</sup>	8,90	0,67
Januar 2013 <sup>f</sup>	164	63,8 <sup>d, e, f, g</sup>	10,30	0,80
Februar 2013 <sup>f</sup>	184	64,3 <sup>d, e, f, g</sup>	10,93	0,90
März 2013 <sup>d</sup>	107	66,1 <sup>a, b, c, d, e, f</sup>	9,92	0,96
gesamt	1908	65,6	10,67	0,24

a-g: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test Bonferroni,

Tabelle 84: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Ig-Konzentration in Abhängigkeit vom Kalbemonat

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
1,473	0,135	Ja	0,000	3,454	0,027	0,247

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.3.12 Väter

Untersucht wurde der Einfluss der Väter auf die Ig-Konzentration des Kolostrums der Töchter.

Es wurden nur die Väter in die Untersuchung einbezogen, die mehr als 20 Mal als Vater vorkamen.

Insgesamt waren dies 27 Väter. In der folgenden Liste sind die Väter aufsteigend nach Ig-Konzentration sortiert.

1: Socrates	10: Wildmann	19: Geneva
2: Myron	11: Dayton	20: ToyStory
3: Todd	12: Hayden	21: Zesty
4: Matevo	13: Dominato	22: Dictator
5: January	14: Eleve	23: Mrsam
6: Icefyre	15: Baxter2	24: Boliver
7: Armstead	16: Zar	25: Oman
8: Augusta	17: Fokus	26: Morrie
9: Bolton	18: Aramis	27: Jeeves

Die durchschnittliche Ig-Konzentration im Kolostrum von Tieren verschiedener Väter unterscheidet sich signifikant (Tabelle 86) zwischen Kühen mit dem Vater Socrates, Myron und Hayden zu Jeeves. Kühe mit dem Vater Jeeves gaben Kolostrum mit der höchsten Ig-Konzentration und mit dem Vater Socrates die geringste. Die Beziehung zur Laktationszahl ist in der letzten Spalte der Tabelle 85 die Anzahl der Töchter mit der Laktationszahl 1 dargestellt. In Abbildung 29 ist mit Hilfe von Boxplots die durchschnittliche Ig-Konzentration im Kolostrum in Abhängigkeit vom Vater veranschaulicht.

## Ergebnisse

Tabelle 85: Vergleich der Ig-Konzentration in Abhängigkeit vom Vater

Väter	n	$\bar{x}$	s	$s_y$	n LZ = 1
1 <sup>a</sup>	21	59,7 <sup>a, b</sup>	10,83	2,36	1
2 <sup>a</sup>	21	60,7 <sup>a, b</sup>	8,67	1,89	1
3 <sup>b</sup>	14	60,9 <sup>a, b, c</sup>	7,62	2,04	14
4 <sup>b</sup>	20	61,9 <sup>a, b, c</sup>	12,41	2,77	1
5 <sup>b</sup>	23	62,1 <sup>a, b, c</sup>	10,37	2,16	23
6 <sup>b</sup>	26	62,2 <sup>a, b, c</sup>	10,67	2,09	0
7 <sup>b</sup>	20	62,6 <sup>a, b, c</sup>	8,35	1,87	1
8 <sup>b</sup>	24	63,3 <sup>a, b, c</sup>	10,06	2,05	1
9 <sup>b</sup>	17	63,3 <sup>a, b, c</sup>	8,53	2,07	10
10 <sup>b</sup>	25	63,3 <sup>a, b, c</sup>	8,66	1,73	7
11 <sup>b</sup>	25	63,5 <sup>a, b, c</sup>	9,19	1,84	0
12 <sup>a</sup>	66	63,7 <sup>a, b</sup>	9,9	1,22	25
13 <sup>b</sup>	26	64,1 <sup>a, b, c</sup>	8,84	1,73	0
14 <sup>b</sup>	33	64,8 <sup>a, b, c</sup>	9,62	1,68	0
15 <sup>b</sup>	22	65,7 <sup>a, b, c</sup>	8,69	1,85	0
16 <sup>b</sup>	21	66,1 <sup>a, b, c</sup>	7,6	1,66	0
17 <sup>b</sup>	57	66,8 <sup>a, b, c</sup>	8,03	1,06	54
18 <sup>b</sup>	32	66,9 <sup>a, b, c</sup>	8,81	1,56	0
19 <sup>b</sup>	35	67,3 <sup>a, b, c</sup>	9,15	1,55	35
20 <sup>b</sup>	45	67,5 <sup>a, b, c</sup>	11,6	1,73	0
21 <sup>b</sup>	43	68,6 <sup>a, b, c</sup>	10,36	1,58	0
22 <sup>b</sup>	17	68,7 <sup>a, b, c</sup>	10,86	2,63	0
23 <sup>b</sup>	31	69,1 <sup>a, b, c</sup>	9,96	1,79	0
24 <sup>b</sup>	26	69,2 <sup>a, b, c</sup>	11,97	2,35	26
25 <sup>b</sup>	62	69,5 <sup>a, b, c</sup>	8,61	1,09	0
26 <sup>b</sup>	26	70,2 <sup>a, b, c</sup>	10,2	2	11
27 <sup>c</sup>	33	71,6 <sup>b, c</sup>	7,08	1,23	32
gesamt	811	65,9	9,91	0,35	306

a-c: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test Bonferroni

## Ergebnisse

Tabelle 86: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Ig-Konzentration in Abhängigkeit von den Vätern

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F
0,798	0,753	Ja	0,000	3,219

p: Signifikanzniveau,  $r_s$ : Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

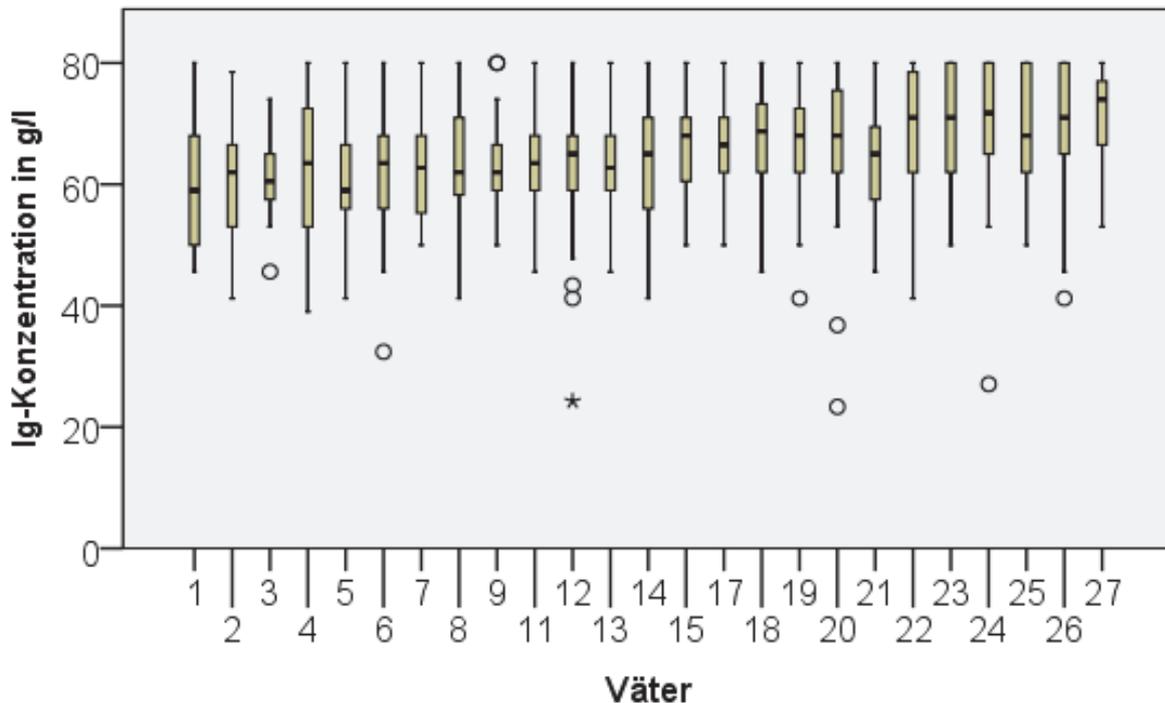


Abbildung 29: Vergleich der Ig-Konzentration von Töchtern verschiedener Väter

### 6.3.13 Gützeit

Es besteht keine signifikante Korrelation der Immunglobulinkonzentration mit der Gützeit (Tabelle 87). Es konnte kein Einfluss der Gützeit auf die Ig-Konzentration im Kolostrum nachgewiesen werden. Regressionsgleichung und –gerade befinden sich im Anhang Abbildung 84.

Tabelle 87: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Gützeit auf die Kolostrummenge

n	R <sup>2</sup> - linear	p	B	F	$r_s$	p $r_s$
1190	0,000	0,784	0,002	0,075	0,001	0,967

p: Signifikanzniveau,  $r_s$ : Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p  $r_s$ : Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.3.14 Anzahl der Besamungen

Die Anzahl der Besamungen hat keine signifikante Korrelation zu der Konzentration an Immunglobulinen im Kolostrum (Tabelle 89). Die Mittelwerte unterscheiden sich nicht signifikant (Tabelle 88).

Tabelle 88: Vergleich der Ig-Konzentration in Abhängigkeit von der Anzahl der Besamungen

Anzahl Besamungen	n	$\bar{x}$	s	$S_y$
1	522	65,7 <sup>a</sup>	10,47	0,46
2	314	66,3 <sup>a</sup>	9,36	0,53
3	155	64,9 <sup>a</sup>	11,26	0,90
4	105	66,5 <sup>a</sup>	11,90	1,16
5	55	66,3 <sup>a</sup>	12,39	1,67
6	39	66,6 <sup>a</sup>	9,98	1,60
gesamt	1338	65,9	3,45	0,30

a und b: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test Tamhane

Tabelle 89: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Ig-Konzentration in Abhängigkeit von der Anzahl der Besamungen

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	Welch-Test	p (Welch)	$r_s$	p $r_s$
3,071	0,009	Nein	0,470	0,798	0,018	0,527

p: Signifikanzniveau,  $r_s$ : Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho

p  $r_s$ : Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.3.15 Rückenfettdicke

Die engste Korrelation besteht zwischen der Immunglobulin-Konzentration im Kolostrum und der Rückenfettdicke zur Einstellung und die geringste Korrelation zur Rückenfettdicke 6 Wochen post partum (Tabelle 90). Die Konditionsdaten zur Einstellung (RFD 1) stammen ausschließlich von Kühen, da es sich um Messungen zum Zeitpunkt des Trockenstellens handelt. RFD 2 stammt vom Zeitpunkt des Umstellens von Kühen und Färsen in die Vorbereitergruppe. RFD 3 wurde außerdem gesondert nach Färsen und Kühen untersucht. RFD 4 und 5 stammt von Kühen und Jungkühen.

Die Regressionsgleichungen und –geraden der RFD 2-5 befinden sich im Anhang Abbildung 73-Abbildung 76.

## Ergebnisse

Tabelle 90: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Rückenfettdicke auf die Ig-Konzentration

RFD	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
RFD 1	1048	0,009	0,002	0,150	9,974	0,097	0,002
RFD 2	1565	0,006	0,002	0,123	9,650	0,078	0,002
RFD 3 <sup>1</sup>	1885	0,005	0,002	0,117	9,603	0,071	0,002
RFD 4	1481	0,006	0,004	0,134	8,433	0,075	0,004
RFD 5	1489	0,004	0,019	0,164	5,553	0,061	0,019

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson, <sup>1</sup> Kühe und Färsen

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

0,9 % der Variabilität der Ig-Konzentration wird von der Rückenfettdicke zur Einstallung erklärt. In Abbildung 30 ist der lineare Zusammenhang ersichtlich. Nimmt die Rückenfettdicke zur Einstallung um einen Millimeter zu, nimmt die Ig-Konzentration um 0,15 g/l zu.

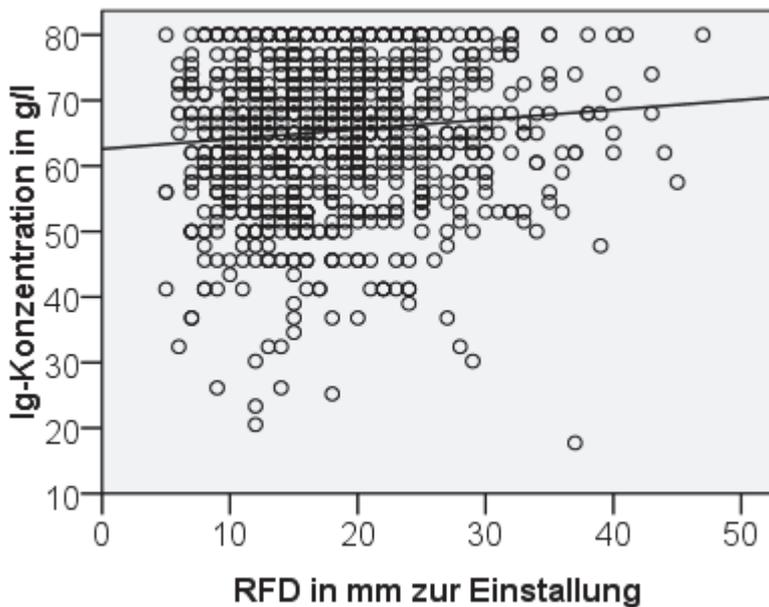


Abbildung 30: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Einstallung und der Ig-Konzentration im Kolostrum

$$\text{Ig-Konzentration} = 62,589 + 0,150 * \text{RFD 1}$$

In Abbildung 31 und Abbildung 32 ist der Zusammenhang zur Rückenfettdicke am Tag der Kalbung dargestellt. Bei Färsen gibt es im Unterschied zu Kühen einen negativen Zusammenhang zur Ig-Konzentration im Kolostrum.

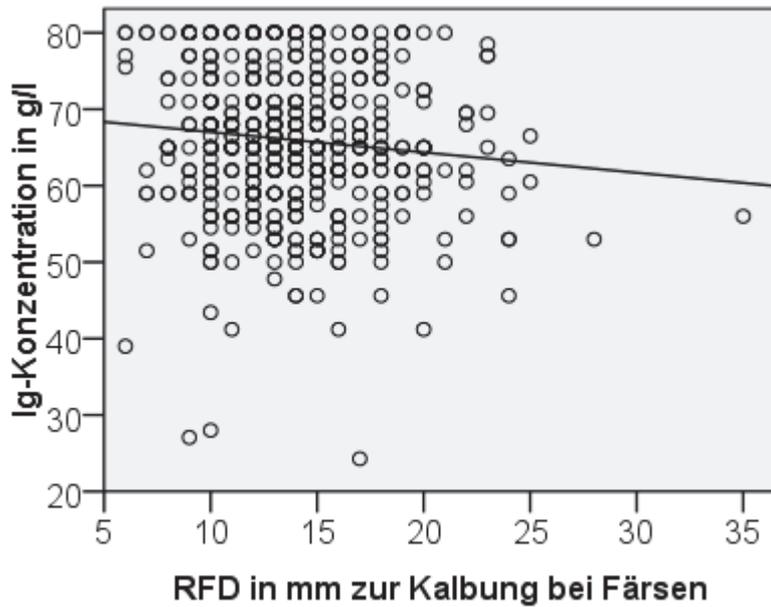


Abbildung 31: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Kalbung und der Ig-Konzentration im Kolostrum bei Färsen

$$\text{Ig-Konzentration} = 69,669 - 0,266 * \text{RFD} \quad 3$$

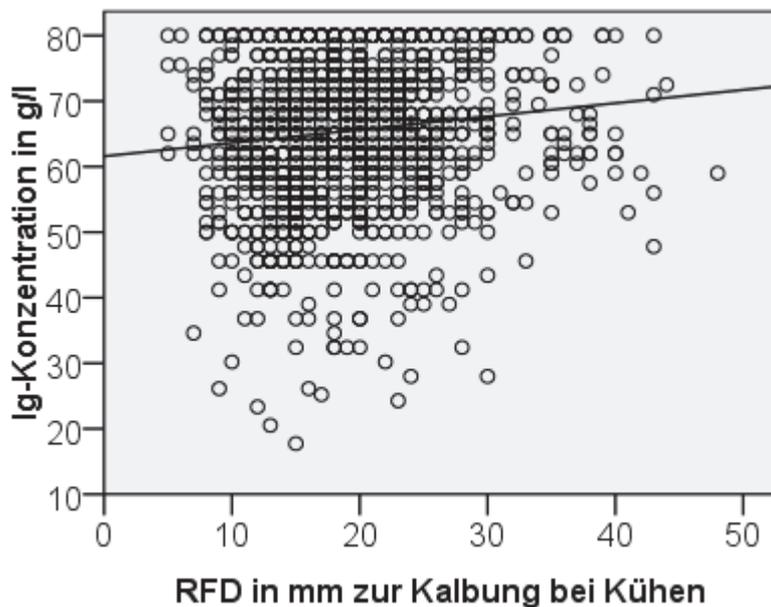


Abbildung 32: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Kalbung und der Ig-Konzentration im Kolostrum bei Kühen

$$\text{Ig-Konzentration} = 61,589 + 0,202 * \text{RFD} \quad 3$$

### 6.3.16 Trockenstehdauer Kühe

Die Trockenstehdauer (TS ges.) von Kühen ergibt sich aus der Zeitspanne von der Einstallung bis zur Umstallung in die Vorbereitergruppe (TS 1) und die dortige Aufenthaltsdauer bis zu Kalbung (TS 2).

Die engste Korrelation besteht zwischen der Immunglobulinkonzentration und der Dauer der gesamten Trockenstehperiode (Tabelle 91). Regressionsgleichungen und –Geraden zu TS1 und 2 befinden sich im Anhang Abbildung 77 und Abbildung 78. Die Dauer der Vorbereitungszeit hat keinen Einfluss auf die Ig-Konzentration im Kolostrum.

Tabelle 91: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Trockenstehdauer auf die Ig-Konzentration

TS	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
TS 1	1323	0,018	0,000	0,068	23,586	0,115	0,000
TS 2	1329	0,000	0,537	0,046	0,381	0,017	0,537
TS ges.	1358	0,018	0,000	0,069	25,403	0,136	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

1,8 % der Variabilität der Ig-Konzentration wird über die Länge der gesamten Trockenstehdauer erklärt. Eine Verlängerung um einen Tag zu bewirkt eine Ig-Konzentrationserhöhung um 0,07 g/l.

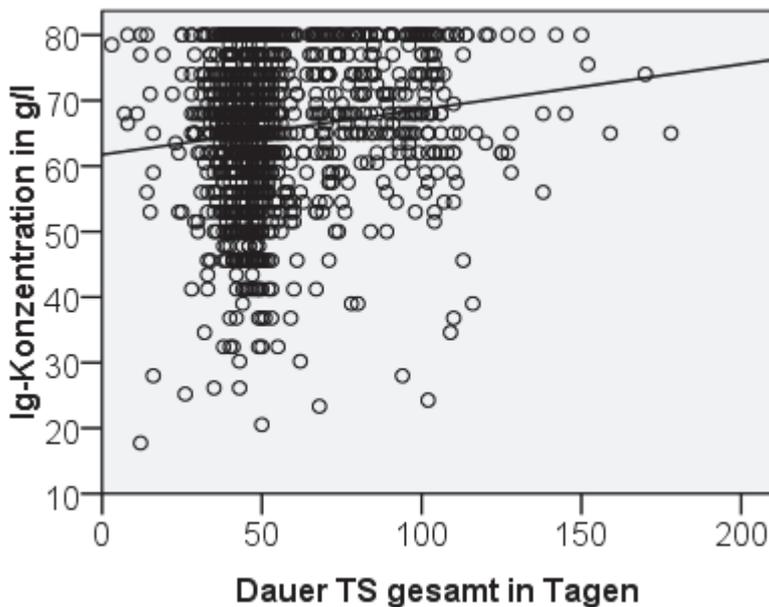


Abbildung 33: Zusammenhang zwischen der gesamten Trockenstehdauer und der Ig-Konzentration  
 Ig-Konzentration = 61,750 + 0,069 \* TS ges.

### 6.3.17 Dauer Vorbereitungszeit bei Färsen

Färsen werden 2 Wochen vor dem errechneten Kalbungstermin in die Vorbereitergruppe eingestallt. Dort verbleiben sie bis zur Kalbung.

Die Dauer der Vorbereitungszeit hat keinen Einfluss auf die Ig-Konzentration (Tabelle 92, Abbildung 79).

Tabelle 92: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Vorbereitungszeit auf die Ig-Konzentration

	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
Vz	541	0,006	0,063	0,106	3,458	0,080	0,063

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.3.18 Erkrankungen

#### 6.3.18.1 Erkrankungen in der Trockenstezeit

Als Erkrankungen in der Trockenstezeit wurde erfasst, ob ein Tier eine Lahmheit gezeigt hat.

Der Unterschied zwischen den Mittelwerten ist signifikant. 0,7 % der Variabilität der Ig-Konzentration kann über das Vorkommen einer Lahmheit in der Trockenstezeit erklärt werden (Tabelle 94). Tiere mit Lahmheit hatten in der Folgelaktation 7,8 g mehr Immunglobuline pro Liter Kolostrum als Tiere ohne Lahmheit in der Trockenstezeit (Tabelle 93).

Tabelle 93: Vergleich der Ig-Konzentration in Abhängigkeit von einer Erkrankung in der Trockenstezeit

	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
Lahmheit	21	73,4 <sup>a</sup>	8,19	1,79
keine Erkrankung	1887	65,6 <sup>b</sup>	10,66	0,25
gesamt	1908	65,6	10,67	0,24

a und b: signifikante (p = <0,05) Unterschiede

Tabelle 94: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Ig-Konzentrationen in Abhängigkeit von einer Erkrankung in der Trockenstezeit

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
1,585	0,208	Ja	0,001	11,378	- 0,082	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

6.3.18.2 Erkrankungen innerhalb der ersten 3 Tage post partum

Weil sich das Auftreten von Erkrankungen zwischen Primipara und Pluripara unterscheidet, wurden beide in Gruppen in Tabelle 95 und Tabelle 97 analysiert. Bei Erstkalbinnen tritt Gebärparese nicht auf und Ketose und Mastitis nur vereinzelt. Deswegen wurden diese Erkrankungen von dem Post-hoc Test ausgeschlossen. Die höchsten Konzentrationen haben Tiere mit Metritis mit 1,6 g/l mehr als bei Tieren ohne Erkrankung und 10,1 g/l mehr als bei Tieren mit Nachgeburtverhalten. Die Konzentrationen von Tieren mit Nachgeburtverhalten und Lahmheit unterscheiden sich tendenziell.

Tabelle 95: Vergleich der Ig-Konzentration in Abhängigkeit von Erkrankungen innerhalb der ersten 3 Tage post partum bei Primipara

Erkrankungen 3 d p.p.	n	%	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
keine Erkrankung <sup>a</sup>	498	91,2	66,2 <sup>a, b</sup>	9,16	0,41
Gebärparese	0	0	-	-	-
Nachgeburtverhalten <sup>c</sup>	15	2,7	57,7 <sup>b, c</sup>	10,84	2,80
Metritis <sup>a</sup>	16	2,9	67,8	10,65	2,66
Ketose	1	0,2	65,0	-	-
Mastitis	2	0,4	59,0	4,24	3,0
Lahmheit <sup>b</sup>	14	2,6	64,1 <sup>a, b, c</sup>	8,98	2,40
gesamt	546	100	65,9	9,32	0,40

a-c: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test LSD

Tabelle 96: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Ig-Konzentration in Abhängigkeit von Erkrankungen innerhalb der ersten 3 Tage post partum bei Primipara

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F
1,084	0,364	Ja	0,013	2,916

p: Signifikanzniveau

Die Ig-Konzentrationen unterscheiden sich bei Pluripara signifikant (Tabelle 97). Kühe, bei denen eine Gebärparese auftrat, hatten die höchsten Ig-Konzentrationen mit 3,9 g/l mehr als bei Tieren ohne Erkrankung und 13 g/l mehr als bei Tieren mit Ketose (Tabelle 97). Die Konzentration von Tieren mit Metritis unterscheidet sich tendenziell zu Tieren ohne Erkrankung und mit Nachgeburtverhalten.

## Ergebnisse

Tabelle 97: Vergleich der Ig-Konzentration in Abhängigkeit von Erkrankungen innerhalb der ersten 3 Tage post partum bei Pluripara

Erkrankungen 3 d p.p.	n	%	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
keine Erkrankung <sup>c</sup>	1181	86,7	65,3 <sup>b, c, d, e</sup>	11,01	0,32
Gebärparese <sup>a</sup>	123	9,0	69,2 <sup>a, b, d</sup>	11,07	1,00
Nachgeburtverhalten <sup>b</sup>	17	1,2	66,9 <sup>a, b, c, d, e</sup>	9,38	2,27
Metritis <sup>e</sup>	13	1,0	59,3 <sup>b, c, d, e, f</sup>	14,95	4,15
Ketose <sup>f</sup>	8	0,6	56,2 <sup>d, e, f</sup>	9,91	3,50
Mastitis <sup>d</sup>	8	0,6	63,0 <sup>a, b, c, d, e, f</sup>	14,53	5,14
Lahmheit <sup>d</sup>	11	0,8	63,3 <sup>a, b, c, d, e, f</sup>	14,94	4,51
gesamt	1361	100	65,5	11,17	0,30

a-e: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test LSD

Tabelle 98: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Ig-Konzentration in Abhängigkeit von Erkrankungen innerhalb der ersten 3 Tage post partum bei Pluripara

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F
1,148	0,332	Ja	0,000	4,191

p: Signifikanzniveau

### 6.3.19 Blutcalciumgehalt

Die Calciumkonzentration einen Tag post partum im Serum hat eine enge negative Korrelation zum Immunglobulingehalt im Kolostrum (Tabelle 99). Die Konzentration 7 Tage p.p. hat keinen Einfluss auf die Ig-Konzentration. Die Regressionsgleichungen und –geraden der Calciumkonzentration zur Geburt und 7 Tage p.p. befinden sich im Anhang (Abbildung 80 und Abbildung 81).

Tabelle 99: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Calciumkonzentration im Serum auf die Ig-Konzentration

Ca	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
Ca 0	1850	0,004	0,010	- 1,854	6,725	- 0,060	0,010
Ca 1	1878	0,013	0,000	- 3,778	24,928	- 0,115	0,000
Ca 7	1807	0,001	0,203	- 1,387	1,620	- 0,030	0,203

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

1,3 % der Variabilität der Ig-Konzentration im Kolostrum wird über die Calciumkonzentration im Blut einen Tag post partum erklärt. Eine Zunahme der Calciumkonzentration bewirkt eine Abnahme der Ig-Konzentration um 3,8 g/l (Abbildung 34).

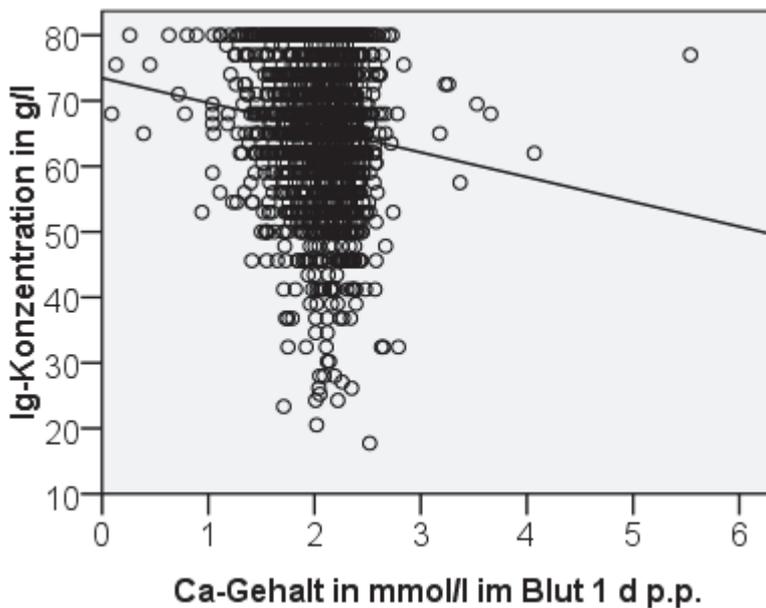


Abbildung 34: Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt im Serum einen Tag post partum und der Ig-Konzentration

$$\text{Ig-Konzentration} = 73,457 - 3,778 * \text{Ca 1}$$

### 6.3.20 Blutphosphorgehalt

Die Phosphorkonzentration im Serum einen Tag post partum hat eine geringe Korrelation zur Ig-Konzentration (Tabelle 100). P 0 und 7 haben keinen Einfluss auf die Ig-Konzentration. Die Regressionsgleichungen und –geraden der Phosphorkonzentration zur Geburt und 7 Tage p.p. befinden sich im Anhang (Abbildung 82 und Abbildung 83).

Tabelle 100: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Phosphorkonzentration im Serum auf die Ig-Konzentration

P	n	R <sup>2</sup>	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
P 0	1833	0,000 <sup>1</sup>	0,590	- 0,339	0,291	- 0,013	0,590
P 1	1861	0,007 <sup>2</sup>	0,001	- 7,606 1,997	6,567	- 0,044	0,056
P 7	1798	0,000 <sup>1</sup>	0,571	- 0,372	0,321	- 0,013	0,571

<sup>1</sup> linear, <sup>2</sup> quadratisch, p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson  
p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

Im quadratischen Modell (Abbildung 35) wird 0,7 % der Variabilität der Ig-Konzentration über die Phosphorkonzentration im Blut einen Tag post partum erklärt.

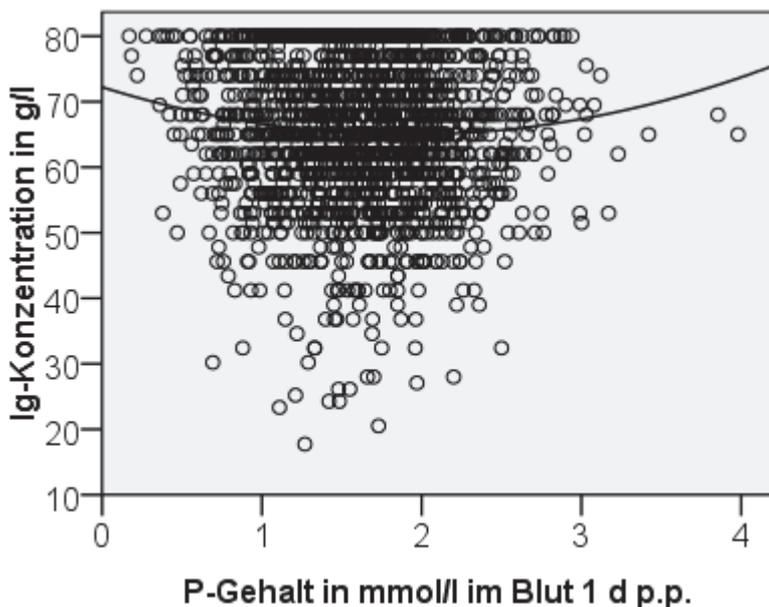


Abbildung 35: Zusammenhang zwischen dem Phosphorgehalt im Serum einen Tag post partum und der Ig-Konzentration

$$\text{Ig-Konzentration} = 72,213 - 7,606 * P 1 + 1,997 * P 1^2$$

### 6.3.21 Blut-NEFA-Gehalt

Es besteht keine signifikante Korrelation der NEFA-Konzentration zur Immunglobulinkonzentration im Kolostrum (Tabelle 101).

Tabelle 101: Korrelation der NEFA-Konzentration im Serum und der Ig-Konzentration

NEFA	n	$r_p$	$p r_p$
NEFA 0	1832	- 0,033	0,157
NEFA 1	1863	0,004	0,855
NEFA 7	1803	0,009	0,706

p: Signifikanzniveau,  $r_p$ : Korrelationskoeffizient Pearson

$p r_p$ : Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.3.22 Blut-BHB-Gehalt

Es besteht keine signifikante Korrelation der BHB-Konzentration zur Immunglobulinkonzentration im Kolostrum (Tabelle 102).

Tabelle 102: Korrelation der BHB-Konzentration im Serum und der Ig-Konzentration

BHB	n	$r_p$	$p r_p$
BHB 0	1830	- 0,027	0,248
BHB 1	1859	- 0,043	0,066
BHB 7	1797	0,005	0,846

p: Signifikanzniveau,  $r_p$ : Korrelationskoeffizient Pearson

$p r_p$ : Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.3.23 Milchmenge

Es bestehen signifikante Korrelationen zwischen der Ig-Konzentration und der Milchmenge 2, 7 und dem Milchmengenmittel der ersten 14 und 35 Tage sowie der 100-Tage-Leistung (Tabelle 127).

0,3 % der Variabilität der Ig-Konzentration wird über die Milchmenge am Tag 2 erklärt. Eine Zunahme der Milchmenge um einen Liter bewirkt eine Ig-Konzentrationserniedrigung um 0,06 g/l (Abbildung 36).

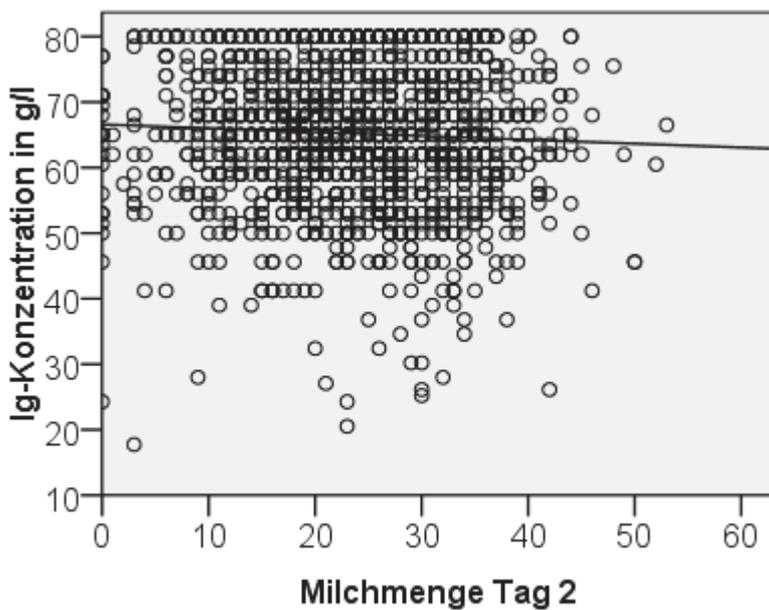


Abbildung 36: Zusammenhang zwischen der Milchmenge am Tag 2 und der Ig-Konzentration  
 $\text{Ig-Konzentration} = 66,593 - 0,059 * \text{MM}_2$

0,5 % der Variabilität der Ig-Konzentration wird über die Milchmenge am Tag 7 erklärt. Eine Zunahme der Milchmenge um einen Liter bewirkt eine Ig-Konzentrationserniedrigung um 0,07 g/l (Abbildung 37).

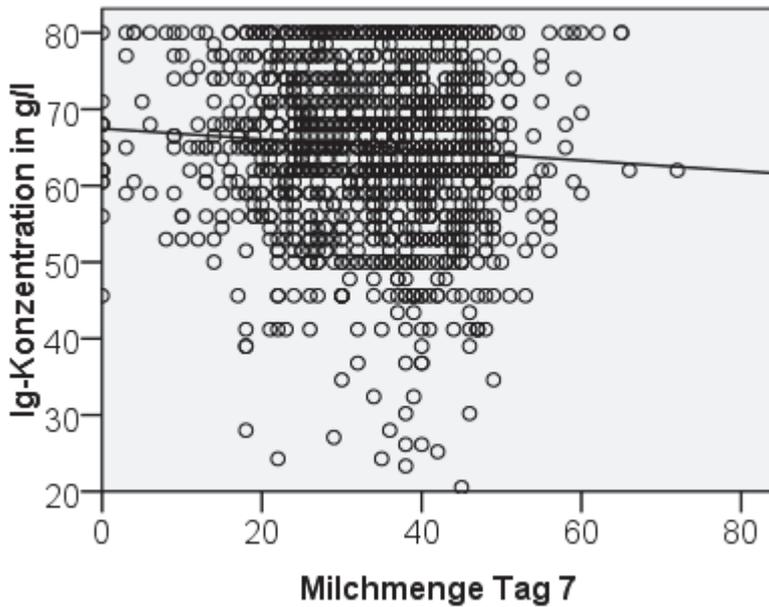


Abbildung 37: Zusammenhang zwischen der Milchmenge am Tag 7 und der Ig-Konzentration  
 $\text{Ig-Konzentration} = 67,463 - 0,069 * \text{MM } 7$

0,8 % der Variabilität der Ig-Konzentration wird über die 100-Tage-Leistung erklärt. Eine Zunahme der Milchmenge um 100 Liter bewirkt eine Ig-Konzentrationserniedrigung um 0,1 g/l (Abbildung 38).

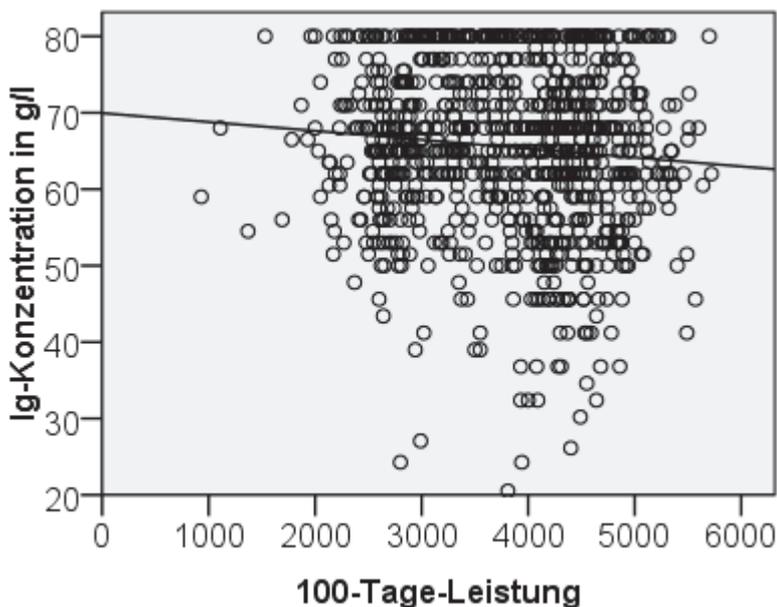


Abbildung 38: Zusammenhang zwischen der 100-Tage-Leistung und der Ig-Konzentration  
 $\text{Ig-Konzentration} = 69,955 - 0,001 * 100 \text{ TL}$

### 6.3.24 Calciumgehalt im Kolostrum

Es besteht eine enge Korrelation zwischen dem Calcium- und dem Immunglobulingehalt im Kolostrum. 15,9 % der Variabilität der Ig-Konzentration kann die Calciumkonzentration erklären (Tabelle 103). Nimmt die Calciumkonzentration um 100 mg/l zu, nimmt auch der Ig-Konzentration um 0,9 g/l zu (Abbildung 39).

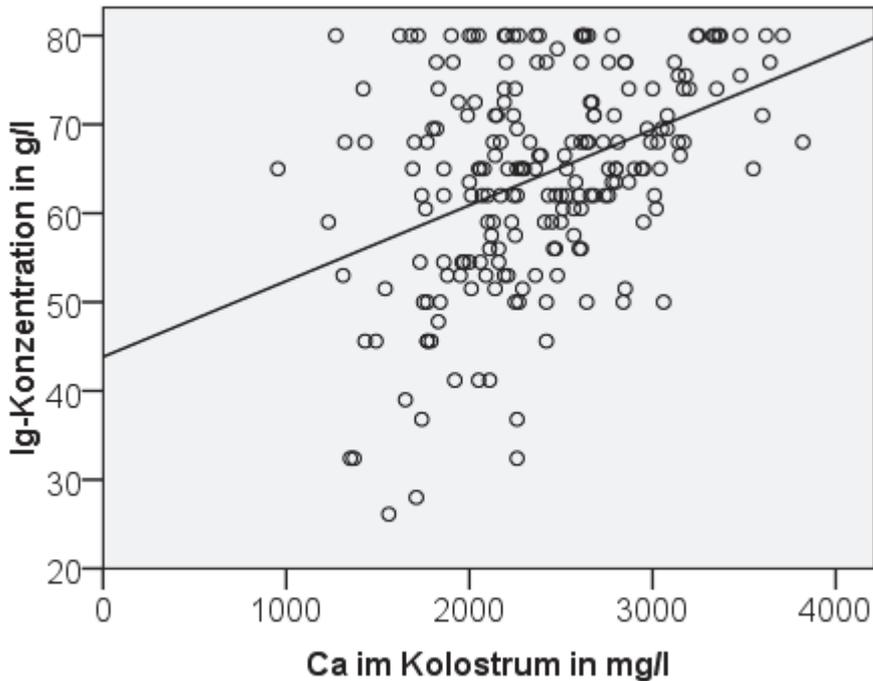


Abbildung 39: Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt im Kolostrum und der Ig-Konzentration  
 $\text{Ig-Konzentration} = 43,834 + 0,009 * \text{Ca}$

Tabelle 103: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Calciumkonzentration des Kolostrums auf die Ig-Konzentration

n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
209	0,159	0,000	0,009	39,124	0,399	0,000

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.3.25 Multiple Regressionsanalyse

Die ausgewerteten Einflussfaktoren stehen sachlich untereinander in Beziehung, was auf einen relevanten Effekt von Autokorrelationen schließen lässt. Diese Vermutung wird in der stufenweise durchgeführten multiplen Regressionsanalyse bestätigt.

#### 6.3.25.1 Antepartale Einflussfaktoren

Bei der schrittweisen linearen Regression mit den in Tabelle 104 verwendeten Einflussvariablen bleiben die Rückenfettdicke zur Umstallung in die Vorbereitergruppe und die Dauer der gesamten Trockenstehperiode als signifikante Variablen erhalten.

Eine höhere Rückenfettdicke steht im Zusammenhang mit einem höheren Gehalt an Immunglobulinen im Kolostrum. Nimmt die RFD um einen Millimeter zu, nimmt die Ig-Konzentration um 0,17 g/l zu. Die Verlängerung der Trockenstehperiode um einen Tag bewirkt eine Konzentrationserhöhung um 0,051 g/l.

Die Kondition des Tieres sowie die Möglichkeit der Regeneration des Euters haben einen Einfluss auf die Kolostrumqualität. Das Modell erklärt 2,5 % der Variabilität der Ig-Konzentration.

Tabelle 104: Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse über die Variable Kolostrumqualität und antepartalen Einflussvariablen

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	RFD 2	61,213 (0,000)	0,218 (0,000)	0,138	16,863 (0,000)	0,019	866
2	RFD 2	59,587 (0,000)	0,171 (0,003)	0,109	10,877 (0,000)	0,025	
	TS gesamt		0,050 (0,028)	0,079			

a: Konstante, Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau,  
Abhängige Variable: Kolostrumqualität  
Einflussvariablen: RFD 1, RFD 2, TS1, TS gesamt, Erkrankungen TS

Werden nun noch die Väter der Kühe und Färsen in die Berechnung mit einbezogen, bleiben die Väter und die Dauer der Trockenstehzeit als signifikante Variablen erhalten. Das Modell erklärt 7,8 % der Variabilität der Kolostrumqualität (Tabelle 105).

## Ergebnisse

Tabelle 105: Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse über die Variable Kolostrumqualität und antepartalen Einflussvariablen

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	Väter	60,468 (0,000)	0,318 (0,000)	0,250	20,211 (0,000)	0,063	304
2	Väter	56,721 (0,000)	0,302 (0,000)	0,238	12,690 (0,000)	0,078	
	TS gesamt		0,080 (0,027)				

a: Konstante, Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau,

Abhängige Variable: Kolostrumqualität

Einflussvariablen: Väter, RFD 1, RFD 2, TS1, TS gesamt, Erkrankungen TS

### 6.3.25.2 Partale Einflussfaktoren

Bei der schrittweisen linearen Regression der partalen Einflussvariablen in Tabelle 106 zeigen sich die Kolostrummenge und die Laktationszahl als signifikante Einflussfaktoren auf die Kolostrumqualität.

Der Zusammenhang der Kolostrumqualität und der Kolostrummenge ist negativ. Eine Erhöhung der Kolostrummenge um einen Liter bewirkt eine Verringerung der Ig-Konzentration um 0,93 g/l. Eine höhere Laktationszahl und damit ein höheres Alter bewirkt hingegen eine bessere Kolostrumqualität. Pro Laktationszahl steigt die Konzentration von Immunglobulinen um 2,14 g/l.

Das Modell erklärt 10,1 % der Variabilität der Kolostrumqualität.

Tabelle 106: Schrittweise multiple lineare Regression über die Variable Kolostrumqualität und partalen Einflussvariablen

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	Kolostrummenge	69,869 (0,000)	- 0,749 (0,000)	- 0,237	109,362 (0,000)	0,056	1836
2	Kolostrummenge	65,866 (0,000)	- 0,932 (0,000)	- 0,295	102,582 (0,000)	0,101	
	Laktationszahl		2,137 (0,000)				

a: Konstante, Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau

Abhängige Variable: Kolostrummenge

Einflussvariablen: LZ, Kolostrummenge, lebend/tot, TD, Kalbemonat, RFD 3, Uhrzeit Abkalbung

### 6.3.25.3 Postpartale Einflussfaktoren

Bei der schrittweisen linearen Regression unter Verwendung der in Tabelle 107 verwendeten postpartalen Einflussfaktoren ergeben sich die Rückenfettdicke 6 Wochen post partum und die Milchmenge am Tag 2 als signifikante Koeffizienten.

Eine höhere Kondition bewirkt eine bessere Kolostrumqualität. Nimmt die Rückenfettdicke um einen Millimeter zu, kommt es zu einer Konzentrationserhöhung an Immunglobulinen um 0,39 g/l. Eine hohe Milchmenge geht mit einer niedrigeren Ig-Konzentration einher. Eine Erhöhung der Milchmenge am Tag 2 bewirkt eine Abnahme der Ig-Konzentration um 0,14 g/l.

Das Modell beschreibt 3,3 % der Variabilität der Kolostrumqualität.

Tabelle 107: Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse über die Variable Kolostrumqualität und postpartalen Einflussvariablen

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	RFD 5	59,411 (0,000)	0,485 (0,001)	0,188	11,492 (0,001)	0,036	393
2	RFD 5	64,472 (0,000)	0,457 (0,001)	0,178	9,177 (0,000)	0,056	
	MM 2		- 0,182 (0,010)	- 0,143			

a: Konstante, Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau

Abhängige Variable: Kolostrummenge

Einflussvariablen: RFD 4, 5; Erkrankungen 3 Tage Primi- und Pluripara; MM 2, 7, 14a, 35a, 100-TL

### 6.3.25.4 Labordaten als Einflussfaktoren

Bei der schrittweisen linearen Regression mit den Labordaten als Einflussfaktoren auf die Kolostrumqualität bleiben die Calciumkonzentration im Kolostrum und die Konzentration von Calcium im Serum einen Tag p.p. als signifikante Einflussfaktoren (Tabelle 108).

## Ergebnisse

Eine höhere Konzentration an Calcium im Kolostrum steht in Zusammenhang mit einer hohen Ig-Konzentration. Nimmt die Calciumkonzentration um 100 mg/l zu, nimmt die Ig-Konzentration um 0,8 g/l zu. Der Zusammenhang von Kolostrumqualität und der Calciumkonzentration im Serum ist negativ. Eine Erhöhung der Serumkonzentration um einen mmol/l bewirkt eine Erniedrigung der Ig-Konzentration um 5,8 g/l.

Das zweite Modell erklärt 18 % der Variabilität der Kolostrumqualität, wobei die Calciumkonzentration im Kolostrum den größten Einfluss hat.

Tabelle 108: Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse über die Variable Kolostrumqualität und Einflussvariablen aus Labordaten

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	Ca	44,403 (0,000)	0,008 (0,000)	0,394	37,056 (0,000)	0,155	204
2	Ca	56,745 (0,000)	0,008 (0,000)	0,386	22,122 (0,000)	0,180	
	Ca 1		- 5,823 (0,013)	- 0,160			

Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau

Abhängige Variable: Kolostrummenge

Einflussvariablen: Ca 0, 1; Ca im Kolostrum

### 6.3.25.5 Regression der signifikanten Einflussfaktoren

Tabelle 109 zeigt die schrittweise lineare Regression der Variablen, die sich in der vorherigen Analyse als signifikant herausgestellt haben. Der Faktor Kuhvater ist der stärkste Faktor, gefolgt von der Kolostrummenge und der Trockenstehdauer.

Eine Zunahme der Kolostrummenge um einen Liter mindert die Kolostrumqualität um 1,37 g/l. Eine Verlängerung der Trockenstehperiode um einen Tag verbessert die Kolostrumqualität um 0,22 g/l.

Das Modell erklärt 46,5 % der Variabilität der Kolostrumqualität.

## Ergebnisse

Tabelle 109: Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse über die Variable Kolostrumqualität in g/l und den signifikanten Einflussvariablen

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	Väter	56,020 (0,000)	0,407 (0,042)	0,302	8,973 (0,000)	0,465	35
	Kolostrummenge		- 1,365 (0,003)	-0,469			
	TS gesamt		0,219 (0,024)	0,338			

Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau

Abhängige Variable: Kolostrumqualität

Einflussvariablen: TS gesamt, Väter, Laktationszahl, MM 2, Kolostrummenge, RFD 5, Ca im Kolostrum, Ca 1

Der vorher stark korrelierende Faktor Calciumkonzentration im Kolostrum entfällt in diesem Modell. Wird die Regressionsanalyse ohne die Väter durchgeführt, ist die Laktationszahl der wichtigste Einflussfaktor, gefolgt von der Kolostrummenge und der Calciumkonzentration im Kolostrum (Tabelle 110). Dieses Modell würde 31,2 % der Variabilität der Kolostrummenge erklären. Es zeigt sich, dass die Genetik die Calciumkonzentration und die Laktationszahl eliminiert.

Tabelle 110: Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse über die Variable Kolostrumqualität in g/l und den signifikanten Einflussvariablen ausgenommen der Väter

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	LZ	42,160 (0,000)	4,976 (0,000)	0,345	14,827 (0,000)	0,312	102
	Kolostrummenge		- 1,203 (0,000)	-0,359			
	Ca im Kolostrum		0,006 (0,001)	0,282			

Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau

Abhängige Variable: Kolostrumqualität

Einflussvariablen: TS gesamt, Laktationszahl, MM 2, Kolostrummenge, RFD 5, Ca im Kolostrum, Ca 1

## **6.4 Einflussfaktoren auf die Calciumkonzentration im Kolostrum**

Die Einflussfaktoren wurden hinsichtlich ihrer Korrelation zur Calciumkonzentration getestet (Tabelle 128 und Tabelle 129).

Es gibt eine signifikante Korrelation nach Pearson zwischen der Calciumkonzentration und RFD 1, Milchmengenmittel 7-42, NEFA 1 und 7, TS 1 und TS gesamt und eine signifikante Korrelation nach Spearman zwischen der Calciumkonzentration und dem Kalbemonat. Auch zwischen der Calciumkonzentration und der Konzentration an Immunglobulinen sowie der Kolostrummenge gibt es einen Zusammenhang. Die Untersuchungsergebnisse sind unter den Punkten 6.2.24 und 6.3.24 zu finden.

Bei den Erkrankungen binnen 3 Tagen und den Vätern gibt es zwar Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Calciumkonzentrationen, da aber nur zwischen 1-7 Tieren in den Gruppen sind, sind die Ergebnisse nicht auf die Grundgesamtheit übertragbar.

### **6.4.1 Laktationszahl**

Im untersuchten Betrieb waren Tiere mit den Laktationszahlen 1-10 vorhanden. Tiere der Laktationszahlen 4-10 wurden zu einer Gruppe zusammengefasst, weil weniger als 50 Tiere eine Laktationszahl von 7 oder höher besitzen.

Tabelle 112 zeigt, dass es zwischen der Calciumkonzentration und der Laktationszahl keine signifikante Korrelation gibt. Die Mittelwerte in den Laktationen unterscheiden sich. Die größte Calciumkonzentration im Kolostrum haben Tiere der ersten Laktation und die niedrigste mit durchschnittlich 227 mg/l weniger Calcium die der zweiten Laktation (Tabelle 111). Tiere in der 2.-10. Laktation haben eine durchschnittliche Konzentration von 2.347 mg/l.

0,3 % der Variabilität der Calciumkonzentration im Kolostrum kann über die Laktationszahl erklärt werden

## Ergebnisse

Tabelle 111: Vergleich der Ca-Konzentration in den Laktationen

	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
1 <sup>a</sup>	55	2495,5 <sup>a, b</sup>	532,34	71,78
2 <sup>c</sup>	62	2268,4 <sup>b, c</sup>	508,04	64,52
3 <sup>b</sup>	54	2389,8 <sup>a, b, c</sup>	505,21	68,75
4-10 <sup>b</sup>	38	2415,3 <sup>a, b, c</sup>	672,29	109,06
gesamt	209	2386,2	549,69	38,02

a-c: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test Tamhane

Tabelle 112: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Ca-Konzentration in Abhängigkeit von der Laktationszahl

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
2,279	0,081	Ja	0,162	1,729	- 0,054	0,436

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

### 6.4.2 Rückenfettdicke Einstellung

5,6 % der Variabilität wird über die Rückenfettdicke zur Einstellung erklärt (Tabelle 113). Nimmt diese um einen Millimeter zu, nimmt die Calciumkonzentration im Kolostrum um 17,4 mg/l zu (Abbildung 40).

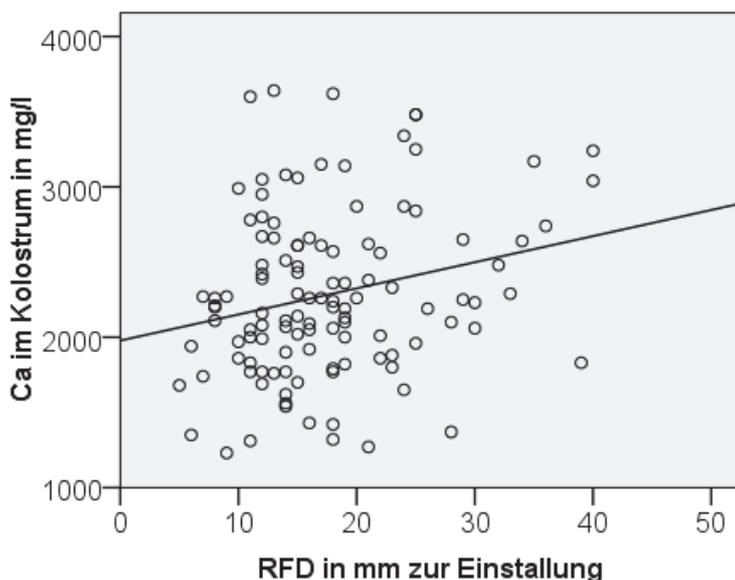


Abbildung 40: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Einstellung und der Calciumkonzentration im Kolostrum

$$Ca = 1977,786 + 17,370 * RFD \ 1$$

## Ergebnisse

Tabelle 113: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Rückenfettdicke auf die Ca-Konzentration im Kolostrum

RFD	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
RFD 1	115	0,056	0,011	17,370	6,742	0,237	0,011

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.4.3 Milchmengenmittel

Die höchste Korrelation besteht zur mittleren Milchmenge der ersten 7 und 14 Tage (Tabelle 114).

Tabelle 114: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Milchmenge auf die Ca-Konzentration im Kolostrum

MM	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
MM 7a	172	0,039	0,009	- 12,009	6,904	- 0,198	0,009
MM 14a	170	0,034	0,016	- 10,537	5,966	- 0,185	0,016
MM 21a	170	0,032	0,019	- 10,063	5,601	- 0,180	0,019
MM 28a	170	0,026	0,037	- 8,579	4,403	- 0,160	0,037
MM 35a	170	0,030	0,024	- 9,810	5,221	- 0,174	0,024
MM 42a	170	0,033	0,018	- 9,959	5,670	- 0,181	0,018

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

3,9 % der Variabilität der Ca-Konzentration im Kolostrum wird über das Milchmengenmittel der ersten 7 Tage erklärt. Kommt es zur Zunahme der Milchmenge um einen Liter, bewirkt das eine Ca-Konzentrationserniedrigung im Kolostrum um 12 mg/l (Abbildung 41).

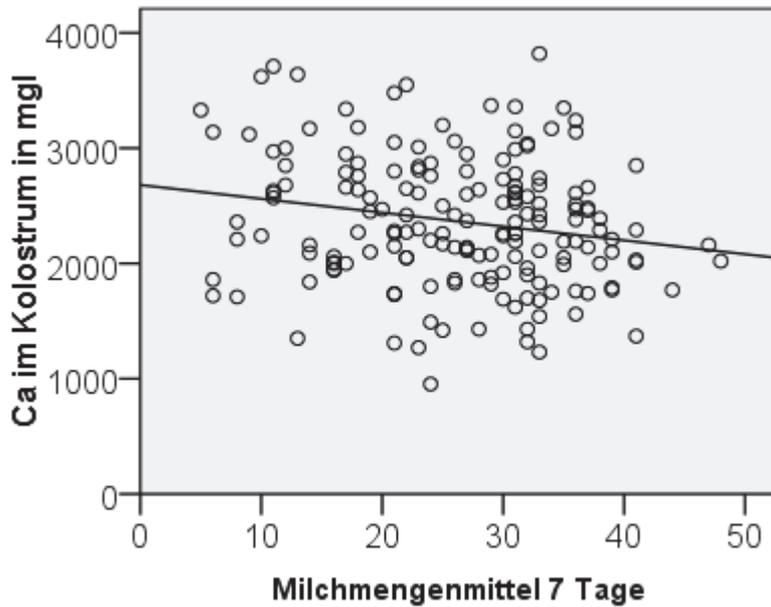


Abbildung 41: Zusammenhang zwischen dem Milchmengenmittel der ersten 7 Tage und der Calciumkonzentration im Kolostrum  
 $Ca = 2680,747 - 12,009 * MM\ 7a$

3,4 % der Variabilität der Ca-Konzentration im Kolostrum wird über das Milchmengenmittel der ersten 14 Tage erklärt. Eine Zunahme der Milchmenge um einen Liter, bewirkt eine Abnahme der Ca-Konzentration im Kolostrum um 10,5 mg/l (Abbildung 42).

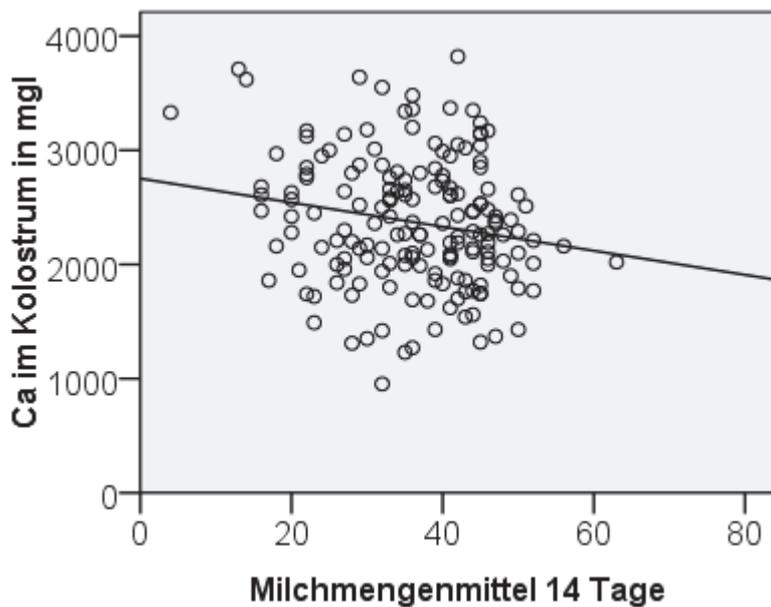


Abbildung 42: Zusammenhang zwischen dem Milchmengenmittel der ersten 14 Tage und der Ca-Konzentration im Kolostrum  
 $Ca = 2751,998 - 10,537 * MM\ 14a$

### 6.4.4 Blut-NEFA-Gehalt

Der Calciumgehalt im Kolostrum hat die engste Korrelation zu der NEFA-Konzentration 7 Tage post partum (Tabelle 115). Die Regressionsgleichung und –gerade der NEFA-Konzentration einen Tag p.p. befindet sich im Anhang (Abbildung 85).

Tabelle 115: Statistische Kennzahlen des Einflusses der NEFA-Konzentration im Serum auf die Ca-Konzentration im Kolostrum

NEFA	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
NEFA 1	207	0,030	0,013	242,495	6,312	0,173	0,013
NEFA 7	204	0,053	0,001	341,116	11,325	0,230	0,001

p: Signifikanzniveau, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

5,3 % der Variabilität der Calciumkonzentration im Kolostrum wird über die NEFA-Konzentration 7 Tage post partum im Blut erklärt. Nimmt diese um einen mmol/l zu, nimmt die Calciumkonzentration um 341,1 mg/l zu (Abbildung 43).

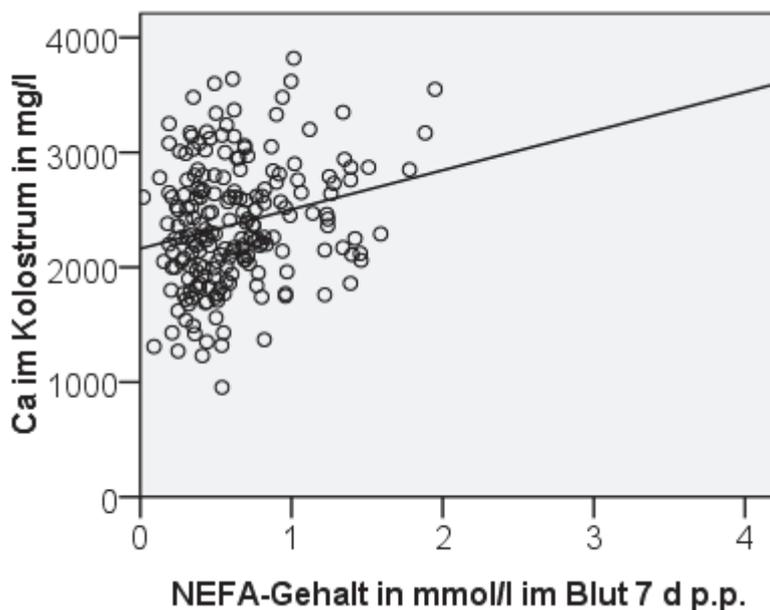


Abbildung 43: Zusammenhang zwischen dem NEFA-Gehalt im Serum und der Ca-Konzentration  
 $Ca = 2162,254 + 341,116 * NEFA 7$

### 6.4.5 Trockenstehdauer Kühe

Im Unterschied zur Dauer der Vorbereitungszeit (Tabelle 128) haben die Dauer der ersten Trockenstehperiode und die gesamte Trockenstehperiode bei Kühen eine signifikante Korrelation zur Ca-Konzentration im Kolostrum (Tabelle 116).

Tabelle 116: Statistische Kennzahlen des Einflusses der Trockenstehdauer auf die Ca-Konzentration im Kolostrum

TS	n	R <sup>2</sup> linear	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
TS 1	148	0,029	0,037	4,258	4,430	0,172	0,037
TS ges.	154	0,049	0,006	5,677	7,803	0,221	0,006

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

2,9 % der Variabilität der Calciumkonzentration im Kolostrum wird über die Dauer der ersten Trockenstehphase erklärt. Nimmt diese um einen Tag zu, nimmt die Calciumkonzentration um 4,3 mg/l zu (Abbildung 44).

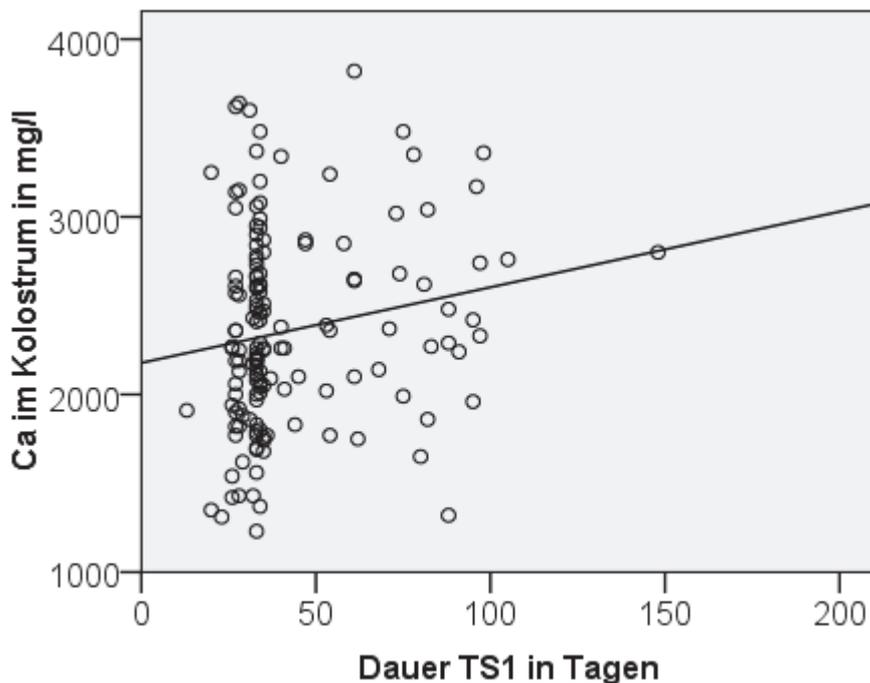


Abbildung 44: Zusammenhang zwischen der Dauer der ersten Trockenstehperiode und der Ca-Konzentration  
 $Ca = 2177,986 + 4,258 * TS1$

4,9 % der Calciumkonzentration im Kolostrum kann über die Dauer der gesamten Trockenstehperiode erklärt werden. Verlängert sich diese um einen Tag, nimmt die Ca-Konzentration um 5,6 mg/l zu (Abbildung 45).

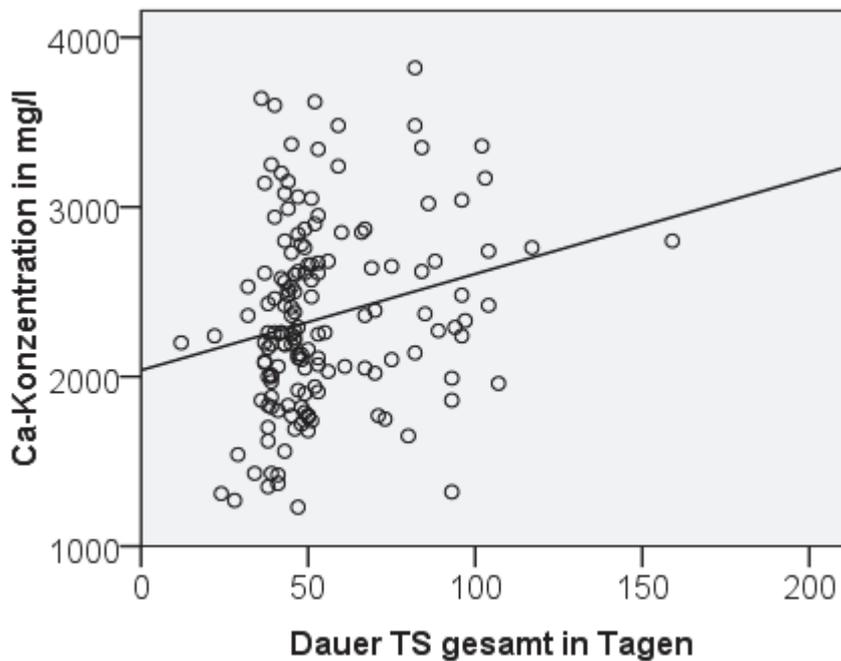


Abbildung 45: Zusammenhang zwischen der Dauer der gesamten Trockenstehperiode und der Ca-Konzentration

$$Ca = 2037,633 + 5,677 * TS \text{ ges.}$$

#### 6.4.6 Kalbemonat

Die Calciumkonzentration im Kolostrum unterscheidet sich nach dem Monat der Kalbung (Tabelle 118).

Die niedrigste Calciumkonzentration im Kolostrum hatten Kühe, die im Februar gekalbt haben.

In den Monaten Mai, Juli und Dezember hatte das Kolostrum eine durchschnittliche Calciumkonzentration von 2600 mg/l und damit 712,5 mg/l mehr als im Februar (Tabelle 117).

3,1 % der Variabilität der Calciumkonzentration im Kolostrum wird über den Kalbemonat erklärt.

## Ergebnisse

Tabelle 117: Vergleich der Ca-Konzentration in den Kalbemonaten

Kalbemonat	n	$\bar{x}$	s	S <sub>y</sub>
April 2012 <sup>d</sup>	10	2463,0 <sup>a, b, c, d, e, f, g</sup>	451,00	142,62
Mai 2012 <sup>a</sup>	20	2605,5 <sup>a, b, c, d</sup>	422,53	94,48
Juni 2012 <sup>g</sup>	10	2121,4 <sup>d, e, f, g, h</sup>	643,42	203,47
Juli 2012 <sup>a</sup>	19	2602,6 <sup>a, b, c, d</sup>	512,44	117,56
August 2012 <sup>g</sup>	20	2175,0 <sup>d, e, f, g, h</sup>	533,57	119,31
September 2012 <sup>d</sup>	20	2481,0 <sup>a, b, c, d, e, f, g</sup>	556,20	124,37
Oktober 2012 <sup>c</sup>	20	2525,0 <sup>a, b, c, d, e, f</sup>	491,37	109,87
November 2012 <sup>f</sup>	20	2266,5 <sup>b, c, d, e, f, g</sup>	588,90	131,68
Dezember 2012 <sup>b</sup>	20	2591,0 <sup>a, b, c, d, f</sup>	649,93	145,33
Januar 2013 <sup>e</sup>	30	2279,0 <sup>c, d, e, f, g</sup>	503,97	92,01
Februar 2013 <sup>h</sup>	12	1887,5 <sup>g, h</sup>	243,09	70,17
März 2013 <sup>d</sup>	8	2443,8 <sup>a, b, c, d, e, f, g</sup>	550,66	194,69
gesamt	209	2386,2	549,69	38,02

a-h: signifikante ( $p = <0,05$ ) Unterschiede im Post-hoc-Test Bonferroni

Tabelle 118: Statistische Kennzahlen der Varianzanalyse Ca-Konzentration in Abhängigkeit vom Kalbemonat

Levene-Test	p (Levene)	Varianzgleichheit	p	F	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
1,243	0,261	Ja	0,002	2,818	- 0,176	0,011

p: Signifikanzniveau, r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient Spearman-Rho

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

### 6.4.7 Multiple Regressionsanalyse

Bei der schrittweisen linearen Regressionsanalyse der Einflussfaktoren aus Tabelle 119 stellen sich das Milchmengenmittel der ersten 7 Tage und die Rückenfettdicke zur Einstallung als signifikant heraus.

Die Milchmenge und die Calciumkonzentration haben einen negativen Zusammenhang. Eine Erhöhung der mittleren Milchmenge der ersten 7 Tage um einen Liter bewirkt eine Erniedrigung der Calciumkonzentration um 34,7 mg/l.

Eine höhere Rückenfettdicke zur Einstallung bewirkt eine höhere Konzentration an Calcium im Kolostrum. Ein Millimeter Rückenfettdicke mehr bewirkt 18 mg/l mehr Calcium im Kolostrum. Die Kondition zu einem späteren Zeitpunkt, wie zur Umstallung und Kalbung hat keinen Zusammenhang.

Das Modell erklärt 24,9 % der Variabilität der Calciumkonzentration im Kolostrum.

Tabelle 119: Schrittweise multiple lineare Regressionsanalyse über die Variable Calciumkonzentration im Kolostrum

Modell	Variablen	a (p)	B (p)	Beta	F (p)	R <sup>2</sup>	n
1	MM 7a	3090,205 (0,000)	- 34,698 (0,001)	- 0,421	9,291 (0,000)	0,249	59
	RFD 1		18,085 (0,032)	0,254			

a: Konstante, Beta: standardisiertes B, p: Signifikanzniveau,

Abhängige Variable: Calciumkonzentration im Kolostrum

Einflussvariablen: LZ; Kolostrummenge; Ig; RFD 1, 2, 3, 4, 5; TS 1, 2, gesamt; Kalbemonat; MM 7a, 14a, 21a, 28a, 35a, 42a; Ca, P, NEFA, BHB 0, 1, 7

## 7 Diskussion

### 7.1 Bewertung der Daten

Eine aussagekräftige Statistik verfügt über eine zufällige Auswahl von Daten bzw. Untersuchungsobjekten und einen gewissen Datenumfang. Außerdem sind für zahlreiche statistische Testverfahren die Normalverteilung der Daten Voraussetzung (Brosius, 2012).

Die Auswahl der Untersuchungsobjekte war eingeschränkt, da die Beobachtungsstudie auf einem einzigen Betrieb stattfand. Es handelt sich um einen Milchviehbetrieb mit einer großen Tieranzahl und im Verlauf von einem Jahr wurden alle Abkalbungen in die Auswertung aufgenommen. Daher kann von einer Gültigkeit für die Grundgesamtheit ausgegangen werden. Auch eine Normalverteilung liegt für einen Großteil der untersuchten Variablen vor (Abschnitt 12.3).

Die Messung der Immunglobuline erfolgte mit einem Refraktometer. Die im wissenschaftlichen Bereich als Goldstandard genutzte sRID stand nicht zur Verfügung.

Um einen Einfluss des Entnahmezeitpunktes auf die Blutproben auszuschließen, wurden die Proben gleichbleibend vormittags zum Zeitpunkt der Fütterung entnommen. Dies ist besonders bei den NEFA- und BHB-Werten wichtig, da diese, im Unterschied zu Calcium und Phosphor (Thurmann und Staufenbiel, 2012), über eine ausgeprägte Tagesdynamik verfügen und besonders von der Fütterung abhängen. Die Konzentration der NEFA hat ihren Peak unmittelbar vor der ersten Futtervorlage und BHB ca. 4 Stunden danach. Die Tagesdynamik ist umso ausgeprägter, je diskontinuierlicher die Fütterung stattfindet (Borchardt, 2010). Da die Fütterung im untersuchten Betrieb über eine TMR zu festen Zeiten stattfindet, ist davon auszugehen, dass diese Tagesdynamik gering ausgeprägt ist.

Die Messung der Rückenfettdicke erfolgte mit einem Ultraschallgerät an einer definierten Stelle des Körpers. Von einem größtmöglichen Ausschluss subjektiver Beeinflussung kann ausgegangen werden. Die tatsächlichen Messzeitpunkte variierten zwischen den Tieren. Ursache hierfür ist das betriebliche Management, die Ein- und Umstellungen einmal die Woche durchzuführen. Außerdem variiert die Tragezeit individuell im physiologischen Rahmen und durch pathologische Ursachen wie Aborten. Dadurch war die Verweildauer in den Trockenstehgruppen bzw. Vorbereitergruppen unterschiedlich. Der Messzeitpunkt 2 Wochen p.p. (TS 4) war zeitlich am variabelsten, da er sich nicht primär an der Aufenthaltsdauer orientierte, sondern an dem Gesundheitsstatus und der Milchleistung des Tieres. Waren beide Parameter zufriedenstellend, wurden die Tiere in die Leistungsgruppen ausgestallt.

## 7.2 Einflussfaktoren auf die Kolostrummenge

Die durchschnittliche Kolostrummenge belief sich auf 5,6 kg mit einer Standardabweichung von 3,4 kg. Die Tiere gaben zwischen 0,1-22,5 kg Kolostrum. Dieses breite Spektrum zeigt sich auch in anderen Studien (Morin *et al.*, 2010).

Eine Vielzahl von Faktoren hat Einfluss auf die Menge des Erstkolostrums. Im Weiteren werden die Variablen diskutiert, bei denen ein signifikanter, statistischer Zusammenhang nachgewiesen werden konnte. Der Schwerpunkt wird auf den Zusammenhang ohne Wirkrichtung gesetzt, in dem die Kolostrummenge immer als abhängige Variable eingestuft wird.

In Tabelle 120 sind die Einflussfaktoren absteigend nach dem Bestimmtheitsmaß aufgeführt. Die 100-Tage-Leistung hat den engsten Zusammenhang zur Kolostrummenge. Sie kann 13,9 % der Variabilität erklären. Alle Bestimmtheitsmaße addiert würden 199,9 % der Variabilität der Kolostrummenge erklären. Wahrscheinlich ist der Effekt der Autokorrelation dafür verantwortlich und muss mittels der multiplen Regressionsanalyse überprüft werden.

Tabelle 120: Einflussfaktoren auf die Kolostrummenge

Variable	R <sup>2</sup> in %
100 TL	13,9
MM 3	12,5
MM 2	11,5
MM 7a	11,3
MM 14a	10,9
MM 4	9,8
MM 1	9,3
MM 5	9
MM 21a	8,7
MM 6	8,3
MM 35a	7,7
Kälbergewicht	7,6
MM 7	7,3
MM 28a	7,3
Laktationszahl	7,2
MM 42a	7,1
BHB 7	4,8
NEFA 1	4,3
RFD 2	3,7
TS ges.	3,5

P 1	3,5
NEFA 7	3,3
BHB 1	3,2
TS 1	3
NEFA 0	3
P 0	2,7
RFD 3	2,6
BHB 0	2,2
Lebend-/ Tot	1,5
Td	1,3
Ca 0	1,3
Ca 1	1,3
Kälbergeschlecht	1,2
RFD 4	1,2
GZ	1
RFD 1	0,6
P 7	0,6
Anzahl Besamungen	0,3
Jahreszeit	0,2
Kalbmemonat	0,2

Σ = 199,9 %

## 7.2.1 Antepartale Einflussfaktoren

### 7.2.1.1 Trockenstehdauer

Die Länge der ersten Phase der Trockenstehperiode (TS1) sowie der gesamten Trockenstehperiode bei Kühen haben im Unterschied zur Vorbereitungszeit einen signifikanten Einfluss auf die Kolostrummenge. Nimmt die Dauer der Trockenstehzeit zu, gibt die Kuh in der nachfolgenden Laktation mehr Kolostrum.

Ursachen für eine geringere Kolostrummenge bei kurzer oder fehlender Trockenstehphase können die fehlende Ruhe und Regenerationsphase des Euters sein. Außerdem kann es bei Tieren mit einer kurzen Trockenstehdauer zu einem Abort oder einer Frühgeburt gekommen sein. Durch den schlechteren Gesundheitsstatus der Tiere sowie der frühzeitig einsetzenden Laktation gibt die Kuh weniger Kolostrum als Tiere, die nach einer physiologischen Tragezeit kalben.

Huth (1995) empfiehlt für eine optimale Regeneration und damit gute Qualität und Quantität des Kolostrums eine Trockenstehlänge von 6 Wochen. Eine Mindestdauer von 4 Wochen ist einzuhalten, um nach erfolgter Euterinvolution ausreichend Zeit für die Neubildung des Eutergewebes und die Akkumulation von Immunglobulinen im Kolostrum zu haben (Losand, 2012). Losand (2012) befürwortet jedoch auch die häufig angewendete Trockenstehdauer von 8 Wochen, um den Verdauungstrakt, insbesondere dem Pansen eine ausreichend Regenerationszeit zu geben. Mit durchschnittlich 54 Tagen liegt die Dauer im Untersuchungszeitraum in der Empfehlung.

Eine 10 Tage längere Trockenstehdauer wäre mit einer Erhöhung der Kolostrummenge um 0,3 kg verbunden. Tendenziell geben Tiere ab einer Dauer von 125 Tagen weniger Kolostrum. Die Ursachen für eine lange Trockenstehperiode können u.a. ein vorzeitiges Trockenstellen durch Erkrankungen wie Mastitiden sein, was auch eine tendenziell geringere Kolostrummenge erklären könnte.

Auch bei Kratochvil und Veris (1978) und Pritchett *et al.* (1991) gibt es eine positive Korrelation zwischen der Kolostrummenge der ersten 3 Tage und der Dauer der Trockenstehperiode. Laut Losand (2010) und Hosse (2012) verringert sich die Kolostrummenge, wenn die Trockenstehlänge verkürzt ist (35-42 Tage bzw. 21-35 Tage). Bei Andersen *et al.* (2005) war die Milchmenge in den ersten 5 Tagen p.p. bei trockengestellten Kühen 22 % höher als bei Durchgemolkenen.

### 7.2.1.2 *Kondition in der Trockenstehzeit*

Eine optimale Kondition zur Einstallung und Umstallung begünstigt eine höhere Kolostrumproduktion. Im Durchschnitt hatten die Tiere zur Einstallung eine RFD von 18,1 mm und 18,4 mm zur Umstallung. Für eine hohe Milchleistung sowie stabile Fruchtbarkeit ist eine Rückenfettdicke von 20-25 mm in der Trockenstehphase anzustreben (Daetz, 2009, Schröder und Staufenbiel, 2003, Schröder, 2000). Damit waren die Tiere im Hinblick auf eine hohe Milchleistung und gute Fruchtbarkeit leicht unterkonditioniert. Hätten die Tiere eine RFD von 23 mm gehabt, wäre laut Regressionsgleichung (Abbildung 12) eine Kolostrummenge von 6 kg zu erwarten, fast ein halbes Kilogramm mehr.

Trotz eines linearen Zusammenhangs nimmt die Kolostrummenge ab einer Rückenfettdicke von 30-35 mm ab. Auch Schröder (2000) rät von einer RFD über 35 mm ab, da sich das Abgangsrisiko bei sinkender Milchmenge drastisch erhöht. Gleichzeitig sind überdurchschnittliche Fettreserven mit verlängerten Rastzeiten verbunden. Schröder (2000) gibt ein konditionelles Tief von 13 mm an. Unter dieser Rückenfettdicke ist das Risiko von Abgängen erhöht, die Milchleistung nimmt ab und die Fruchtbarkeit verschlechtert sich. 23,4 % der Tiere hatten zur Umstallung eine Rückenfettdicke von 13 mm oder weniger.

Für eine gute Kolostrummenge ist eine Rückenfettdicke in der Trockenstehzeit von 20 mm für Pluripara zu empfehlen. Der Einfluss der Kondition in der Trockenstehzeit auf die Kolostrummenge scheint jedoch eher eine untergeordnete Rolle zu spielen. Dafür sprechen die niedrigen Werte des Bestimmtheitsmaßes (Tabelle 120).

### 7.2.1.3 *Güstzeit, Anzahl der Besamungen*

Die Güstzeit sollte zwischen 85 und 115 Tagen betragen, damit eine ZKZ von 12 bis 13 Monaten erreicht wird. Einfluss auf die Länge der Güstzeit haben die Rastzeit, die Brunstbeobachtung und der Besamungserfolg (Intervet Deutschland 2014).

Im Untersuchungszeitraum hatten die Kühe eine durchschnittliche Güstzeit von 98 Tagen in der vorangegangenen Laktation und liegen damit im empfohlenen Bereich. Der Zusammenhang zur Kolostrummenge ist quadratisch. Nimmt die Länge der Güstzeit zu, nimmt auch die Kolostrummenge zu. Ab einer Güstzeit von 180-200 Tagen nimmt die Kolostrummenge ab. Trotzdem wirkt sich eine längere Güstzeit positiv auf die Kolostrummenge aus. Im Vergleich zu Tieren mit 85 Tagen gaben Tiere mit 95 Tagen 0,12 kg mehr Kolostrum (5,62 kg vs. 5,74 kg).

Die Güstzeit wie auch die Anzahl der Besamungen sind Fruchtbarkeitsparameter. Benötigt das Tier mehrere Besamungen für eine erfolgreiche Konzeption, ist auch die Güstzeit länger. Dadurch ergibt

sich ein sachlicher Zusammenhang zur Laktationszahl. Mit steigender Laktationszahl und damit steigendem Alter benötigen Kühe mehr Besamungen für eine Trächtigkeit (Tabelle 44). Kühe mit einer höheren Laktationszahl geben außerdem mehr Kolostrum. Mit Hilfe der multiplen linearen Regression kann ermittelt werden, ob die Günstzeit, die Anzahl der Besamungen oder die Laktationszahl die stärkeren Faktoren sind.

### *7.2.1.4 Väter*

Die Genetik der Väter hat einen signifikanten Einfluss auf die Kolostrummenge. Kühe mit dem Vater Jeeves gaben das wenigste und Kühe mit dem Vater Icefyre das meiste Kolostrum. Der Unterschied beträgt 4,9 kg. Eine Ursache für die niedrigen Kolostrummengen der Töchter der Bullen 1-6 ist der hohe Anteil an Färsen (97,5 %). Diese geben weniger Kolostrum als Kühe (Tabelle 20). Um eine Beeinflussung über die Laktationszahl auszuschließen wurde für die folgende Regressionsanalyse die Väter von primiparen Tieren ausgeschlossen.

### *7.2.1.5 Multiple Regressionsanalyse*

Im Abschnitt 7.2.1.3 ist die Hypothese aufgestellt worden, dass die Laktationszahl und die Anzahl der Besamungen in einem sachlichen Zusammenhang stehen. Bei einer multiplen Regression mit den Variablen Laktationszahl und Anzahl der Besamungen ist die Laktationszahl der signifikante Faktor. Mit steigender Laktationszahl ist auch die Anzahl der benötigten Besamungen höher (Tabelle 44). Der Zusammenhang zur Kolostrummenge ist demnach eine Scheinkorrelation.

Bei Anwendung der schrittweisen linearen Regressionsanalyse der antepartalen Einflussfaktoren werden, außer der ersten Phase der Trockenstehperiode, alle anderen Faktoren aus dem Modell eliminiert. Damit ist die Dauer der TS 1 der wichtigste Faktor ante partum. Für die Produktion von Kolostrum ist die Dauer der ersten Trockenstehperiode (bis zwei Wochen ante partum) wichtiger als die Dauer der Vorbereitungszeit. Das lässt vermuten, dass ein Großteil der Ansammlung des Präkolostrums mindestens 2 Wochen a.p. stattfindet.

Wird nun der Kuhvater bei pluriparen Tieren hinzugezogen, bleibt dieser als einziger signifikanter Faktor erhalten. Die Genetik hat demnach einen großen Einfluss auf die Kolostrummenge der Kuh.

## 7.2.2 Partale Einflussfaktoren

### 7.2.2.1 Laktationszahl

Im Untersuchungszeitraum waren Tiere der ersten drei Laktationen mit Abstand am häufigsten vertreten (Tabelle 20). Die Laktationen 4-10 wurden in eine Gruppe zusammengefasst, um eine repräsentative Gruppengröße zu erreichen.

Mit steigender Laktationszahl steigt auch die Kolostrummenge, wobei nur die Unterschiede zwischen der 1. Laktation zu den übrigen signifikant sind. Im Vergleich zur 4.-10. Laktation geben Tiere der 1. Laktation im Durchschnitt 2,36 kg weniger Kolostrum. In der Literatur ist wiederholt postuliert worden, dass Tiere der ersten Laktation die geringste Kolostrummenge besitzen (Devery-Pocius und Larson, 1983, Kruse, 1970, Kume *et al.*, 2003, Levieux und Ollier, 1999). Die absoluten Mengen unterscheiden sich in den Veröffentlichungen und sind darauf zurückzuführen, dass die Kolostrummenge von vielen Faktoren beeinflusst wird (Morin *et al.*, 2010). Eine Ursache für die geringere Kolostrummenge bei Färsen könnte die geringere Milchmenge in der gesamten Laktation sein (Conneely *et al.*, 2013).

### 7.2.2.2 Trächtigkeitsdauer, Totgeburten, Kälbergeschlecht, Kälbergewicht

Eine verkürzte Trächtigkeitsdauer führt zu einer geringeren Kolostrummenge. Ein Tier mit einer normalen Trächtigkeitsdauer von 275 Tagen gibt im Durchschnitt 5,8 kg Kolostrum und damit 2,4 kg mehr als ein Tier mit einer verkürzten Trächtigkeitsdauer von beispielsweise 240 Tagen. Die Ursache dafür könnte mit dem Zeitpunkt der Kolostrumbildung zusammenhängen. Laut Gürtler und Schweigert (2005) kommt es eine Woche a.p. zur Synthese von Laktose. Durch den osmotischen Effekt wird Wasser in das Euter gezogen, es kommt somit zur Bildung des Präkolostrums. Eine verkürzte Trächtigkeitsdauer und eine damit verbundene verkürzte Trockenstehdauer bewirken dadurch eine geringere Kolostrummenge.

In einem Review von Fourichon *et al.* (1999) kamen mehr als die Hälfte der untersuchten Studien zu dem Schluss, dass das Auftreten einer Totgeburt mit einer verringerten Milchmenge verbunden ist. Dies bestätigt sich auch in der eigenen Untersuchung, in der die Kolostrummenge bei Kühen mit Totgeburten verringert ist.

Im Unterschied zu Kume und Tanabe (1993) hatte das Geschlecht einen Einfluss auf die Kolostrummenge. Die Geburt eines Bullenkalbes ist mit 0,68 kg mehr Kolostrum verbunden als die Geburt eines Kuhkalbes. Betrachtet man jedoch das Gewicht des Kalbes in Abhängigkeit vom Geschlecht, geben Kühe mit Kuhkälbern je Kilogramm, dass das weibliche Kalb schwerer ist, 0,18

kg mehr Milch. Bei männlichen Kälbern geben die Kühe pro Kilogramm Kälbergewicht 0,15 kg mehr Milch.

Zwischen dem Kälbergewicht und der Kolostrummenge besteht ein positiver Zusammenhang. Eine Zunahme des Kälbergewichtes um 1 kg ist mit einer Zunahme der Kolostrummenge von 0,15 kg verbunden. Es gibt einen genetischen Zusammenhang zwischen großen Kühen und hoher Milchmenge sowie großen bzw. schweren Kälbern (Berry *et al.*, 2004). Das könnte auch bedeuten, dass schwere Kälber im Zusammenhang stehen zu einer hohen Kolostrummenge (Conneely *et al.*, 2013). Da bei der Datensammlung das Gewicht der Tiere nicht erfasst wurde, kann dies in der eigenen Untersuchung nicht überprüft werden. Das Kälbergewicht steht jedoch auch in Zusammenhang zu der Trächtigkeitsdauer, zum Kälbergeschlecht und dem Vorkommen von Totgeburten. Weibliche Kälber wiegen im Durchschnitt weniger als männliche, außerdem ist davon auszugehen, dass ein Abort oder eine Frühgeburt ein geringeres Geburtsgewicht aufweisen. Weiterhin besteht ein sachlicher Zusammenhang zwischen der Trächtigkeitsdauer und der Dauer der Trockenstehperiode. Mit Hilfe der multiplen Regressionsanalyse können die Effekte der Autokorrelation gezeigt und die signifikanten Einflussfaktoren ermittelt werden.

### 7.2.2.3 Jahreszeit, Kalbemonat

Im Sommer geben die Tiere im Durchschnitt 0,8 kg mehr Kolostrum als im Herbst. Das bestätigt sich auch, wenn man die einzelnen Monate betrachtet. Im September und Oktober geben die Kühe das wenigste Kolostrum mit 5 kg. Im Juli gaben die Tiere das meiste Kolostrum mit 6,4 kg.

Laut Nardone *et al.* (1997) hat die Jahreszeit keinen Einfluss auf die Kolostrummenge. Auch wenn der Einfluss nicht sehr groß ist, konnte dies nicht bestätigt werden. Bei Nardone *et al.* (1997) handelte es sich zudem um eine Untersuchung an Färsen.

Der Einfluss der Jahreszeit ist schwierig zu bewerten, da es viele Parameter gibt, die zu beachten sind. So unterscheiden sich nicht nur die Temperatur, sondern auch die Luftfeuchtigkeit und die Dauer der Lichtexposition. Morin *et al.* (2010) sind der Meinung, dass die Dauer der Photoperiode in der Trockenstehzeit keinen Einfluss auf die Kolostrummenge hat. Im Unterschied dazu kamen Dahl *et al.* (2000) zu dem Schluss, dass eine kurze Lichtexposition in der Trockenstehperiode zu mehr Kolostrum führt.

Dazu kommt der Einfluss der Haltungsform, saisonale Fütterung, geografische Begebenheiten, Rasse und Leistungsniveau der Tiere, die Vergleiche zwischen Studien über den Einfluss der Jahreszeit schwierig machen.

### 7.2.2.4 *Kondition zur Kalbung*

Mit steigender Rückenfettdicke zur Kalbung nimmt die Kolostrummenge zu. Die durchschnittliche Rückenfettdicke lag im untersuchten Betrieb bei 17,6 mm (Kühe: 19,2 mm, Färsen: 13,8 mm) und liegt damit unter dem in der Literatur angegebenen optimalen Bereich für Holstein Friesian. Laut Schröder (2000) sollten Kühe zur Abkalbung einen Wert von 20-25 mm haben, bei hoher angestrebter Milchleistung bis 30 mm. Hochtragende Färsen sollten am unteren Optimalbereich angesiedelt werden, da sie noch nicht die gleiche Menge an Trockensubstanz aufnehmen können wie Adulte (Staufenbiel und Schröder, 2004a). Hätten Kühe eine empfohlene Rückenfettdicke von 25 mm gehabt, wäre rechnerisch eine Kolostrummenge von 6,4 kg anstatt 6,3 kg möglich. Damit ist die Rückenfettdicke im untersuchten Betrieb bei Kühen zufriedenstellend. Färsen mit einer Rückenfettdicke von 20 mm würden mit 4,5 kg anstatt 4,1 kg fast ein halbes Kilogramm mehr Kolostrum geben als Färsen mit 13,8 mm. Damit ließe sich bei Färsen die Kolostrummenge über die Kondition verbessern.

### 7.2.2.5 *Multiple Regressionsanalyse*

Bei der multiplen Regression ist der Kalbemonat zwar ein signifikanter Faktor, andere Variablen wie Kälbergewicht oder Laktationszahl sind jedoch stärker. Ein Hinzuziehen des Kalbemonats verbessert das Modell nur unwesentlich. Die Kondition zur Kalbung entfällt auf einer frühen Stufe. Bei einer multiplen Regression mit den Faktoren Trächtigkeitsdauer und Trockenstehperiode ist der Einfluss der Trockenstehperiode der stärkere.

Sowohl der Einfluss der Totgeburten, des Geschlechts als auch der Trächtigkeitsdauer konnte in der multiplen Regressionsanalyse nicht bestätigt werden. Alle drei Faktoren werden aus allen Modellen eliminiert. Das Kälbergewicht und die Laktationszahl sind beide starke, selbständige Faktoren der partalen Einflussfaktoren. Pro Kilogramm, welches das Kalb schwerer ist, gibt die Kuh 0,12 kg mehr Kolostrum. Pro Laktation nimmt die Kolostrummenge um 0,64 kg zu.

## 7.2.3 **Postpartale Einflussfaktoren**

### 7.2.3.1 *Milchmenge*

Es gibt einen engen, linearen Zusammenhang zwischen der Kolostrummenge und der Milchleistung, insbesondere der Einstiegsleistung. Nimmt die Milchmenge am 2. Tag um einen Liter zu, nimmt die Kolostrummenge um 0,13 kg zu.

Obwohl die Kolostragenese durch den Transfer von Immunglobulinen einen eigenständigen Prozess der Euterdrüse darstellt (Barrington *et al.*, 2001), scheint eine Selektion auf größere Milchmengen ebenso eine Begünstigung für eine größere Menge des Erstkolostrums mit sich zu bringen.

### 7.2.3.2 Erkrankungen binnen 3 Tagen

Aufgrund des Einflusses des Alters wurde das Auftreten von Erkrankungen bei Jung- und Altkühen getrennt betrachtet. Dabei fällt auf, dass der Anteil von Tieren ohne Erkrankung bei Färsen größer ist (90,6 % vs. 87,4). Das ist aber hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass die bei Kühen mit Abstand am häufigsten auftretende Krankheit Gebärparese bei Färsen nicht vorkommt. Vergleicht man die übrigen Erkrankungen so treten Lahmheiten, Metritis und Nachgeburtverhalten bei Färsen häufiger auf als bei Kühen. Bei Erstkalbinnen hat das Auftreten von Erkrankungen keinen Einfluss auf die Kolostrummenge. Kühe mit Ketose hingegen geben deutlich mehr Kolostrum als Tiere ohne Erkrankung (3,8 kg mehr) und als Tiere mit Nachgeburtverhalten (4,9 kg mehr). Ursache könnte eine hohe Milchleistung sein. Tiere die viel Milch geben, können in Folge einer Adaptationsstörung in eine negative Energiebilanz kommen, wie es bei der Ketose der Fall ist (Littledike *et al.*, 1981).

Das Auftreten von Gebärparese, Nachgeburtverhalten, Mastitis und Lahmheiten in den ersten 3 Tagen p.p. war nicht mit einer signifikant verringerten Kolostrummenge vergesellschaftet. Auch bei Maunsell *et al.* (1998) hat das einmalige Vorkommen einer Mastitis keinen Einfluss auf die Milchmenge. Kommt es aber zu einer persistierenden Infektion der Milchdrüse in der Trockenstehzeit, ist eine verringerte Kolostrumquantität und Qualität die Folge.

### 7.2.3.3 Kondition nach der Geburt

Die durchschnittliche Rückenfettdicke 2 Wochen p.p. (RFD 4) lag im Untersuchungszeitraum bei 15,6 mm (Kühe: 16,9 mm, Färsen: 12,3 mm). Damit haben sowohl Kühe als auch Färsen an Kondition abgebaut. Nach Staufenbiel (1993) entspricht eine Änderung der Rückenfettdicke um 1 mm eine Zu- bzw. Abnahme des Körperfettes um 5 kg. Vom Zeitpunkt des Trockenstellens bis zum Zeitpunkt der Ausstellung in die Leistungsgruppen haben die Tiere 2,5 mm an Rückenfettdicke verloren. Das entspricht einem Körperfettverlust von 12,5 kg. Laut Schröder (2000) sollte der Konditionsabbau bis 4 Wochen p.p. nicht mehr als 0,14 mm pro Tag betragen. Bei Kühen lag er bei 0,16 mm pro Tag. Damit ist ein höheres Risiko für Fruchtbarkeitsprobleme verbunden. Eine starke Abnahme der Körperkondition bis 28 Tage p.p. kann aber auch bei gesunden Tieren vorkommen und muss nicht mit dem Auftreten von Erkrankungen verbunden sein (Hädrich, 2006).

Pro Millimeter Rückenfettdicke, nimmt die Kolostrummenge um 0,07 kg zu. Im Streudiagramm (Abbildung 61) ist jedoch auch ersichtlich, dass ab einer Rückenfettdicke von 30-35 mm die Kolostrummenge wieder abnimmt. Eine Überkonditionierung um die Geburt kann zu einer Stoffwechsellage post partum führen, die mit erhöhten freien Fettsäuren im Blut und stärker ausgeprägten Verlusten an Körpergewicht vergesellschaftet ist (Fronk *et al.*, 1980). Eine geringere Kolostrummenge wäre dadurch denkbar. Nach Fronk *et al.* (1980) unterscheidet sich jedoch die Milchmenge nicht zwischen über- und normalkonditionierten Tieren.

### 7.2.3.4 Multiple Regressionsanalyse

Bei der multiplen Regressionsanalyse sind die wichtigsten Einflussfaktoren die Milchmenge am Tag 2 und die mittlere Milchmengentagesleistung der ersten Woche post partum. Eine Zunahme der mittleren Milchmenge der ersten 7 Tage um einen Liter hat eine Vergrößerung der Kolostrummenge um 0,15 kg zur Folge. Eine enge Beziehung von Milch und Kolostrummenge liegt aufgrund des Einflusses der Genetik nahe. Dafür spricht auch die enge Korrelation und Beziehung zur Milchmenge am Tag 2 post partum.

Weiterhin ist das Auftreten einer Erkrankung im Durchschnitt mit einer Minderleistung von 0,26 kg verbunden. Dieser Wert ist vorsichtig zu betrachten, da dort alle Erkrankungen einfließen, die in die Datenanalyse aufgenommen wurden. So ist eine Ketose mit einer höheren und Nachgeburtverhalten tendenziell mit einer niedrigeren Kolostrummenge verbunden.

## 7.2.4 Laboranalysedaten

### 7.2.4.1 Calcium

Die durchschnittliche Calciumkonzentration im Serum am Tag der Kalbung (Ca 0) lag im Untersuchungszeitraum bei 2,1 mmol/l. In Abbildung 1 ist die Verteilung der Calciumkonzentrationen und der Referenzbereich abgebildet. 29,4 % der untersuchten Tiere hatten mit 1,4-2 mmol/l eine subklinische Hypokalzämie und 1,6 % mit unter 1,4 mmol/l eine ausgeprägte Hypokalzämie. Damit waren 31 % der Tiere nicht im Referenzbereich von mindestens 2 mmol/l 1 Tag a.p. bis 2 Tage p.p. (Kraft und Dürr, 2005).

Eine Verringerung der Kolostrummenge am Tag der Kalbung um 1 kg steht im Zusammenhang mit einem Anstieg der Calciumkonzentration im Serum um 1 mmol/l. Auch Tveit *et al.* (1991) fanden einen Zusammenhang zwischen einer niedrigen Calciumkonzentration post partum und hoher Milchmenge im ersten Monat nach der Geburt. Möglicherweise kommt es durch eine Verringerung

der Kolostrummenge auch zu einer Verringerung des Calciumflusses vom Blut in das Kolostrum. Die Blutcalciumkonzentration bleibt dadurch höher. Für eine genauere Interpretation ist der exakte Transportmechanismus von Calcium in das Kolostrum nötig. Dieser ist jedoch noch nicht hinreichend geklärt (Montalbetti *et al.*, 2014).

### 7.2.4.2 Phosphor

Im Durchschnitt hatten die Tiere einen Tag post partum eine Phosphorkonzentration von 1,6 mmol/l im Serum und liegen damit knapp nicht mehr im Referenzbereich von 1,61-2,3 mmol/l aus der Literatur (Kraft und Dürr, 2005). Demnach hätten 44,3 % der Tiere eine Hypophosphatämie einen Tag p.p. Laut Roder *et al.* (2012) sind subklinische Hypophosphatämie wie auch Hypokalzämie regelmäßige Befunde in den ersten 3 Tagen p.p.. Bei der Untersuchung von Roder *et al.* (2012) kam es zu einem Streuungsbereich bei der Phosphorkonzentration einen Tag p.p. von 0,7-2,6 mmol/l. Die meisten Kühe haben peripartal im Zuge der Anpassung an den erhöhten Bedarf eine Hypokalzämie und Hypophosphatämie. Wenn diese nur kurz anhält und wenn der Organismus allein gegenreguliert, kann dies als physiologisch angesehen werden (DeGaris und Lean, 2008). Auch Kraft und Dürr (2005) geben im Zeitraum einen Tag a.p. bis 2 Tage p.p. 1,25 mmol/l als untere Grenze des Normalbereichs an. Dann hätten 10,5 % der Tiere eine Hypophosphatämie. Wie auch die Calciumkonzentration korreliert die Phosphorkonzentration negativ mit der Kolostrummenge. Eine Zunahme der Kolostrummenge um 1 kg einen Tag p.p. ist mit einer Verringerung der Phosphorkonzentration um 1,3 mmol/l verbunden.

### 7.2.4.3 NEFA und BHB

Die durchschnittliche Konzentration an freien Fettsäuren am Tag der Kalbung (NEFA 0) lag im Betrieb bei 0,8 mmol/l. Die Konzentration von  $\beta$ -Hydroxybutyrat einen Tag p.p. (BHB 1) lag bei 0,5 mmol/l.

Aufgrund der Tagesdynamik und veralteten Referenzbereichen in der Literatur ist es schwierig, einen Referenzbereich anzugeben (Borchardt, 2010). Staufenbiel *et al.* (2008) geben als Grenzwert für die NEFA in der ersten Woche p.p. 0,8 mmol/l und für BHB 1 mmol/l an. Sind beide Werte in der Früh lactation erhöht, spricht das für eine negative Energiebilanz und/oder eine hohe Milchleistung, wobei die NEFA früher reagiert und schon zum Partus die höchste Konzentration zeigt.

Dirksen *et al.* (2006) geben den Grenzwert für BHB für die subklinische Ketose mit 0,7 mmol/l für trockenstehende Kühe und 1,4 mmol/l für frisch abgekalbte Kühe an. Bei Färsen sollte der BHB-Wert unter 0,8 mmol/l liegen (Oehlschlaeger, 2006).

Damit liegen die mittleren Konzentrationen von NEFA und BHB im Referenzbereich. Bei Betrachtung der prozentualen Verteilung (Abbildung 3) der NEFA-Konzentration liegen jedoch 45,7 % der Werte über 0,8 mmol/l und 22,9 % über 1 mmol/l. Erhöhte NEFA-Werte sprechen für Störungen in der antepartalen Transitperiode, insbesondere der Qualität der Vorbereiterfütterung und der metabolischen Bewältigung des Laktationsstartes (Staufenbiel *et al.*, 2008).

In Betrieben mit hoher Milchleistung kann eine erhöhte BHB- Konzentration (0,75 mmol/l) auch bei klinisch gesunden Tieren vorkommen (Hädrich, 2006).

Im Unterschied zu Calcium und Phosphor haben NEFA wie auch BHB auch am Tag 7 p.p. eine positive signifikante Korrelation zur Kolostrummenge. Wie auch bei Calcium und Phosphor wurde der Zusammenhang zu der Kolostrummenge untersucht. Sachlich betrachtet hat die Kolostrummenge eher Einfluss auf die Blutkonzentrationen. Eine Zunahme der Kolostrummenge um 1,8 kg am Tag der Geburt und 1,6 kg 7 Tage p.p. erhöht die Konzentration an freien Fettsäuren im Blut um 1 mmol/l. Eine Erhöhung der Kolostrummenge einen Tag p.p. um 1,25 kg ist mit einer um 0,5 mmol/l höheren  $\beta$ -HBS-Konzentration im Serum verbunden.

Sehr hohe Werte von freien Fettsäuren und  $\beta$ -Hydroxybutyrat sind zwar Folge einer hohen Milch- und damit Kolostrummenge, aufgrund der negativen Auswirkungen auf den Stoffwechsel jedoch nicht anzustreben.

#### 7.2.4.4 *Multiple Regressionsanalyse*

Bei der multiplen linearen Regression werden alle drei Calciumwerte auf einer frühen Stufe des Modells eliminiert. Damit ist die zuvor aufgestellte Hypothese, dass die Kolostrummenge ein ätiologischer Faktor zum Auftreten von Hypocalzämie/Gebärparese ist, widerlegt. Andere Faktoren wie Phosphor und der Gehalt an freien Fettsäuren haben einen engeren Zusammenhang zur Kolostrummenge.

Der stärkste Faktor ist P 1. Eine Zunahme der Phosphorkonzentration um einen mmol/l ist mit einer Abnahme der Kolostrummenge um 1,2 kg verbunden. Weitere signifikante Einflussfaktoren sind die NEFA-Werte zur Geburt und einen Tag p.p. sowie der BHB-Wert einen Tag p.p.. Eine Zunahme der Konzentration an freien Fettsäuren 7 Tage p.p. um einen mmol/l steht im Zusammenhang mit einer um 1,7 kg größere Kolostrummenge. Analog sind es bei BHB 3,8 kg mehr.

### **7.2.5 Multiple Regressionsanalyse aller signifikanten Einflussfaktoren**

Bei der Analyse aller signifikanten Einflussfaktoren stellt sich die mittlere Milchmengentagesleistung der ersten Woche als stärkster Einflussfaktor heraus. Eine Erhöhung der Milchleistung um 10 kg in den ersten 7 Tagen p.p. bewirkt auch eine Erhöhung der Kolostrummenge um 1,3 kg. Der gemeinsame genetische Hintergrund ist hier sicherlich entscheidend. Dafür spricht auch der Einfluss der Kuhväter. Die Genetik des Vaters beeinflusst die Milchmenge der Tochter. Es ist somit auch zu vermuten, dass die Kolostrummenge dadurch beeinflusst wird.

Der in der Arbeitshypothese vermutete starke Zusammenhang der Kolostrummenge und der Laktationszahl konnte nicht bestätigt werden. Die Laktationszahl wird auf einer frühen Stufe eliminiert. Andere starke Faktoren wie die Milchmengentagesleistung der Folgelaktation, Erkrankungen nach der Geburt bei Kühen, die Länge der Trockenstehdauer, die Kuhväter sowie das Kälbergewicht und Konzentrationen an BHB und NEFA nehmen den Effekt der Laktationszahl auf.

Ein Zusammenhang zu Erkrankungen im peripartalen Zeitraum besteht nur bei Kühen und nicht bei Färsen. Das Auftreten einer Ketose ist mit einer höheren Kolostrummenge verbunden.

Das Modell kann 25 % der Variabilität der Kolostrummenge erklären. Dies bestätigt die Vermutung, dass starke Effekte von Autokorrelation vorlagen (7.2. Einflussfaktoren auf die Kolostrummenge).

### 7.3 Einflussfaktoren auf die Immunglobulinkonzentration

Eine Vielzahl von Faktoren hat Einfluss auf die Qualität des Erstkolostrums. Wie auch bei der Kolostrummenge wird die Ig-Konzentration als abhängige Variable eingestuft, um den Zusammenhang und nicht die Wirkrichtung zu untersuchen.

In Tabelle 121 sind die Einflussfaktoren absteigend nach dem Bestimmtheitsmaß sortiert. Die Calciumkonzentration im Kolostrum erklärt mit 15,9 % am meisten die Variabilität der Ig-Konzentration. Insgesamt können die Variablen 37,3 % der Variabilität der Ig-Konzentration erklären. Da Effekte von Autokorrelation möglich sind, ist auf das Ergebnis der multifaktoriellen Regressionsanalyse zu verweisen.

Tabelle 121: Einflussfaktoren auf die Ig-Konzentration

Variable	R <sup>2</sup> in %
Ca	15,9
Menge	5,6
LZ	2,6
TS 1	1,8
TS ges.	1,8
Ca 1	1,3
RFD 1	0,9
100 TL	0,8
Erkr. TS	0,7
P1	0,7
RFD 2	0,6
RFD 4	0,6
RFD 3	0,5
MM 7	0,5
Td	0,4
RFD 5	0,4
Ca 0	0,4
MM 1	0,4
MM 14 a	0,4
MM 2	0,3
MM 35 a	0,3
Lebend-/ tot	0,2

$\Sigma = 37,3 \%$

### 7.3.1 Antepartale Einflussfaktoren

#### 7.3.1.1 Trockenstehdauer

Die durchschnittliche Ig-Konzentration lag im Untersuchungszeitraum bei 65,5 g/l für pluripare Tiere und liegt damit über 50 g/l, der allgemein als Grenzwert für Kolostrum hoher Qualität gilt (Guy *et al.*, 1994b). Eine Verlängerung der gesamten Trockenstehdauer von 10 Tagen würde eine durchschnittliche Ig-Konzentration von 66,2 g/l ergeben. Die Verbesserung der Qualität ist damit nicht so deutlich wie bei der Kolostrummenge. Eine verkürzte Phase des Trockenstellens von 35 Tagen würde eine Ig-Konzentration von 64,2 g/l bedeuten. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem von Losand (2010), bei dem eine verkürzte Phase der Trockenstehzeit von 35-42 Tagen eine geringere Ig-Konzentration bewirkte als bei einer normalen von 56 Tagen. Der Einfluss der Trockenstehperiode auf die Ig-Konzentration ist aber trotzdem nur gering. Laut der Metastudie von Mansfeld *et al.* (2012a) bewirkt der gänzliche Wegfall der Trockenstehzeit einen Verdünnungseffekts der Immunglobuline des Kolostrums. Es kommt somit zu signifikant niedrigeren Immunglobulingehalten im Kolostrum.

#### 7.3.1.2 Kondition in der Trockenstehzeit

Eine gute Kondition ist begünstigend für eine hohe Ig-Konzentration. Den größten Einfluss hat die Rückenfettdicke zur Einstellung in die Trockenstehgruppe. Diese lag im untersuchten Betrieb bei 18,1 mm. Bei einer empfohlenen Rückenfettdicke von 23 mm (Schröder und Staufenbiel, 2003, Schröder, 2000) läge die Ig-Konzentration statt 65,5 g/l bei 66 g/l.

Bei Shearer *et al.* (1992) verbessert sich die Kolostrumqualität, wenn die Tiere während der Trockenstehperiode an Kondition zunehmen. Mit einer Erhöhung der Rückenfettdicke von 18,1 mm zur Einstellung auf 18,4 mm zur Umstallung war dies der Fall. Wie auch bei Stockdale und Smith (2004) ist der Einfluss der Kondition eher gering.

#### 7.3.1.3 Erkrankungen Trockenstehzeit

Sind Kühe in der Trockenstehzeit lahm gewesen, war die Konzentration an Immunglobulinen im Kolostrum größer als bei gesunden Tieren. Tiere ohne Erkrankung hatten durchschnittlich ca. 7,8 g/l weniger Immunglobuline im Kolostrum. In der Literatur gibt es unterschiedliche Ergebnisse. Bei Dardillat *et al.* (1978) produzierten kranke Mütter Kolostrum minderer Qualität. Bei Escher (1979) bewirkten länger bestehende Erkrankungen vor der Geburt eine ca. 20% höhere IgG-Konzentration

im Kolostrum. Möglichweise fließen durch eine erhöhte Konzentration von Immunglobulinen im Serum, hervorgerufen durch eine Infektion und Entzündung im Bereich des Bewegungsapparates, auch mehr Immunglobuline in das Kolostrum.

### 7.3.1.4 Väter

Wie auch bei der Kolostrummenge sind der Vater und damit die Genetik ein wichtiger Einflussfaktor. Im Unterschied zu der Kolostrummenge gibt es nicht die Beeinflussung durch die Laktationszahl. Primipare Tiere wurden deshalb nicht aus der Berechnung ausgeschlossen. Töchter von Jeeves hatten zwar die höchsten Ig-Konzentrationen mit 71,6 g/l, gaben aber auch das wenigste Kolostrum mit 3,2 kg. Töchter von Socrates hatten im Durchschnitt eine Ig-Konzentration von 59,7 g/l und gaben 7,3 kg. Es liegt nahe, dass die Ursache ein Verdünnungseffekt aufgrund der Kolostrummenge ist (siehe 7.3.2.2. Kolostrummenge).

### 7.3.1.5 Multiple Regressionsanalyse

Bei der multiplen Regression verbleiben die Dauer der gesamten Trockenstehzeit und die Väter als signifikante Faktoren. Eine Verlängerung der gesamten Trockenstehzeit bewirkt im Modell eine Verbesserung der Kolostrumqualität um 0,08 g/l pro Tag.

Erkrankungen in der Trockenstehzeit entfallen aus dem Modell auf einer frühen Stufe. Die Rückenfettdicke wird nach Hinzuziehen der Väter aus dem Modell eliminiert.

7,8 % der Variabilität der Ig-Konzentration kann von den antepartalen Einflussfaktoren Trockenstehdauer und Kuhvater erklärt werden.

## 7.3.2 Partale Einflussfaktoren

### 7.3.2.1 Laktationszahl

Die niedrigsten Ig-Konzentration hatten Tiere der 2. Laktation. Tiere der ersten und dritten Laktation unterschieden sich nicht hinsichtlich des Ig-Gehalts des Kolostrums. Das deckt sich mit den Ergebnissen von Pritchett *et al.* (1991). Am größten ist die Konzentration bei den Laktationen 4-10, sie besitzen 8,1 g/l mehr Immunglobuline im Kolostrum als Tiere der 2. Laktation. Im untersuchten Betrieb wäre ein Ausschluss von Kolostrum Zweitlaktierender angesichts der guten Konzentration von > 60 g/l nicht nötig.

In vielen Veröffentlichungen wird vom „Verdünnungseffekt“ gesprochen, wenn die Ig-Konzentration negativ mit der Kolostrummenge korreliert (Mansfeld *et al.*, 2012b, Pritchett *et al.*,

1991). Das lässt sich nur für die 2. Laktation beobachten. Die Kolostrummenge steigt mit steigender Laktationszahl, d.h. Tiere in der 4.-10. Laktation haben sowohl durchschnittlich die größte Kolostrummenge als auch die höchste Ig-Konzentration. Dass die Ig-Konzentration im Kolostrum mit steigender Laktationszahl größer wird, wurde in vielen Quellen beschrieben (Berger, 1979, Lambrecht, 1980, Shearer *et al.*, 1992). Ebenso dass sich Zweitlaktierende bezüglich ihres IgG-Gehalts im Kolostrum zu den anderen Laktationen unterscheiden (Kehoe *et al.*, 2011). Auch die IgG-Konzentration in der Milch steigt mit steigender Laktationszahl. Die Konzentration liegt bei pluriparen Tieren um 1,3-1,6 mal höher als bei primiparen Tieren (Liu *et al.*, 2009). Bei McGee *et al.* (2006) hingegen hatten Primipare die niedrigste Ig-Konzentration als auch das wenigste Kolostrum gegeben. Deswegen empfehlen Selman *et al.* (1971) Kolostrum von Färsen nicht für die Versorgung von Kälber zu verwenden. die Ergebnisse der eigenen Untersuchung und auch durch die anderer Autoren (Conneely *et al.*, 2013) stützen diese Meinung nicht.

### 7.3.2.2 Kolostrummenge

Bei der Betrachtung der Beziehung von Kolostrummenge und Ig-Konzentration zeigt sich der oft beschriebene „Verdünnungseffekt“. Eine Zunahme der Kolostrummenge bewirkt eine Abnahme der Kolostrumqualität. Auch Pritchett *et al.* (1991) machten diese Beobachtung. Nimmt die Kolostrummenge um ein Kilogramm zu, nimmt die Ig-Konzentration um 0,75 g/l ab. Eine Zunahme der Kolostrummenge wird auch bei steigender Laktationszahl beobachtet. Dieser Einfluss scheint bei der eigenen Untersuchung schwerer zu wiegen als der in der Literatur beschriebene Zusammenhang, dass die Ig-Konzentration mit steigender Laktationszahl steigt (7.3.2.1 Laktationszahl). In einigen Veröffentlichungen findet man die Empfehlung, Kolostrum von Tieren mit mehr als 6 Litern Erstgemelk nicht zu verwenden, da die Wahrscheinlichkeit gegeben ist, unter 50 g/l Immunglobuline im Kolostrum zu gelangen (Einerhand, 2012). Bei den vorliegenden Daten müsste das Muttertier ein Erstgemelk von über 25 Liter aufweisen, damit die durchschnittliche Konzentration unter 50 g/l liegt. Bei einem Betrieb mit qualitativ sehr hochwertigem Kolostrum sei ein Ausschluss des Kolostrums abzulehnen.

### 7.3.2.3 Trächtigkeitsdauer, Totgeburten

Die durchschnittliche Trächtigkeitsdauer lag bei 274 Tagen mit einer Ig-Konzentration im Erstkolostrum von 65,6 g/l. Der Zusammenhang zwischen der Trächtigkeitsdauer und der Kolostrumqualität ist quadratisch. Bei einer frühen Kalbung und damit einsetzender Laktation ist die Konzentration verringert. Tiere die z.B. 5 Wochen zu früh kalben, haben ca. 58 g/l

Immunglobuline im Kolostrum. Die Ig-Konzentration wird von einer verkürzten Trächtigkeitsdauer nur wenig beeinflusst. Die Ansammlung von Immunglobulinen muss daher schon relativ früh während der Trockenstehperiode vonstattengehen. Übertragen die Tiere, verringert sich ebenfalls die Konzentration. Bei 290 Tagen liegt die Konzentration bei ca. 62 g/l. Laut Stengel (1998) ist der Einfluss der Trächtigkeitsdauer auf die Ig-Konzentration nicht sehr groß. Aber auch Stengel machte die Beobachtung, dass die Konzentration abnimmt bei Tieren die übertragen. In der Untersuchung hatten Tiere mit einer Tragezeit von mehr als 285 Tagen eine Ig-Konzentration im Kolostrum von 26,2 g/l und lagen damit wesentlich unter 62 g/l von den Tieren in der eigenen Untersuchung, die eine ähnliche Tragezeit gehabt hatten.

Es besteht ein sachlicher Zusammenhang zur Dauer der Trockenstehperiode. Es ist daher zu erwarten, dass ein Faktor den anderen aufhebt.

Kühe, die tote Kälber zur Welt bringen, haben durchschnittlich 2,9 g/l weniger Immunglobuline im Kolostrum. Im Unterschied dazu kam Correa *et al.* (1993) zu dem Ergebnis, dass Totgeburten keinen Einfluss auf die Kolostrumqualität haben. Wie auch bei der Trächtigkeitsdauer besteht hier ein sachlicher Zusammenhang zur Trockenstehdauer, da ein Abort eine verkürzte Trockenstehdauer und Tragezeit mit sich bringt. Demnach könnte die Zeit für die Kolostrrogenese und damit den Transfer von Immunglobulinen ins Kolostrum nicht ausreichend gewesen sein.

### 7.3.2.4 Kalbemonat

Im August und Oktober ist die Konzentration von Immunglobulinen im Kolostrum am größten und im Januar bis April am niedrigsten. Das ähnelt den Ergebnissen von Escher (1979) und Porwollik (1990) die einen deutlichen Abfall der Ig-Konzentration von November bis Februar beobachteten. Auch bei Shearer *et al.* (1992) und Berger (1979) war die Konzentration in den späten Sommermonaten von August bis September am höchsten. Im September und Oktober geben die Tiere auch das wenigste Kolostrum, was wieder für die „Verdünnungseffekt-Hypothese“ spricht. Die Ergebnisse anderer Autoren sind sehr unterschiedlich. Bei Nardone *et al.* (1997) führte Hitzestress im Sommer bei Färsen zu einer verringerten Kolostrumqualität. Eine verkürzte Phase der Lichtexposition im Winter führte bei Geiger (2007) und Lambrecht (1980) zu einer höheren Konzentration von Immunglobulinen. Einige Autoren kamen zu dem Schluss, dass die Jahreszeit (Pritchett *et al.*, 1991) bzw. die Dauer der Lichtexposition (Kruse, 1970, Morin *et al.*, 2010) keinen Einfluss auf die Kolostrumqualität haben.

Allgemein ist der Einfluss des Kalbemonats schwierig zu beurteilen, da er keinen eindeutigen Faktor darstellt. Ursache für den Einfluss auf die Ig-Konzentration könnte die Außentemperatur,

Luftfeuchtigkeit, Witterung, die Dauer der Lichtexposition, geografische Besonderheiten aber auch andere, von der Saison beeinflusste Faktoren wie die Fütterung und Haltung sein. So vermuten Berger (1979) und Gulliksen *et al.* (2008), dass es zu höheren Ig-Werte im Herbst kommt, wenn es sich um eine Milchviehhaltung mit Weidefütterung im Sommer handelt.

### 7.3.2.5 *Kondition zur Kalbung*

Mit steigender Kondition zur Kalbung steigt auch die Ig-Konzentration im Kolostrum. Nimmt die Rückenfettdicke um einen Millimeter zu, nimmt die Konzentration um 0,12 g/l zu. Die durchschnittliche Rückenfettdicke zur Kalbung lag im Betrieb bei Färsen bei 13,8 mm und bei Kühen bei 19,2 mm. Geht man, wie bei der Kolostrummenge (7.2.2.4), von einer empfohlenen Rückenfettdicke von 20 mm für Färsen und von 25 mm für Kühe aus, wäre die Konzentration der Immunglobuline bei Färsen bei 64,4 g/l anstatt 65,9 g/l und bei Kühen bei 66,6 g/l anstatt 65,5 g/l. Bei Färsen hat die Rückenfettdicke zur Kalbung einen negativen Zusammenhang zur Ig-Konzentration. Diese Besonderheit könnte darauf zurückzuführen sein, dass Färsen bei steigender Rückenfettdicke auch mehr Kolostrum geben. Dieser Einfluss scheint bei Färsen größer zu sein und so kommt es zu einem Abfall der Ig-Konzentration bei steigender Kondition.

### 7.3.2.6 *Uhrzeit Kalbung*

Haben die Kühe zwischen 22 und 24 Uhr gekalbt, ist die Ig-Konzentration am niedrigsten mit 62,7 g/l. Am höchsten ist die Konzentration mit 66,6 g/l bei Abkalbungen zwischen 2-4 und 16-18 Uhr. Die Uhrzeit der Abkalbung hat keinen Einfluss auf die Kolostrummenge und auch der Einfluss auf die Ig-Konzentration ist als gering einzuschätzen.

### 7.3.2.7 *Multiple Regressionsanalyse*

Zusammen mit der Laktationszahl ist die Kolostrummenge der wichtigste unter den Einflussfaktoren zum Partus. Hinsichtlich der Kolostrummenge kamen auch Pritchett *et al.* (1991) zu dem gleichen Ergebnis. Sie empfehlen, Kolostrum nur zu verwenden, wenn die Menge des Erstkolostrums 8,5 kg nicht überschreitet. Mit  $-0,24$  ist der Korrelationskoeffizient ähnlich dem vom Pritchett *et al.* (1991) mit  $-0,29$ . Die Empfehlung kann auf Grundlage der eigenen Ergebnisse nicht bestätigt werden, da auch bei hoher Kolostrummenge noch eine zufriedenstellende Ig-Konzentration von  $> 50$  g/l gewährleistet ist. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass der untersuchte Betrieb über eine hohe durchschnittliche Kolostrumqualität verfügte.

Eine Erhöhung der Kolostrummenge geht mit einer Ig-Konzentrationserniedrigung von 0,9 g/l einher. Pro steigende Laktationsstufe erhöht sich die Ig-Konzentration um 2,14 g/l.

Der Kalbemonat, die Trächtigkeitsdauer, die Kondition zur Kalbung, die Uhrzeit der Kalbung und die Totgeburten werden von den starken Faktoren Kolostrummenge und Laktationszahl aufgehoben.

### 7.3.3 Postpartale Einflussfaktoren

#### 7.3.3.1 Milchmenge

Der Zusammenhang zur Milchmenge ist nicht so groß wie zwischen Milch- und Kolostrummenge. Signifikante Korrelationen bestehen zwischen der Milchmenge am Tag 1, 2, 7, Milchmengenmittel 14, 35 und der 100-Tage-Leistung. Bei steigender Milchmenge sinkt die Ig-Konzentration. Zurückzuführen ist dies vermutlich darauf, dass die Kolostrummenge mit der Milchmenge ansteigt. Durch die antagonistische Beziehung zwischen Kolostrummenge und Qualität kommt es zum Abfall der Ig-Konzentration.

Auch Pritchett *et al.* (1991) fanden eine negative Korrelation zur Milchleistung. Der Korrelationskoeffizient war aber sehr klein und die Variable konnte kaum die Variation der IgG<sub>1</sub>-Konzentration erklären. In der Studie von Scholz *et al.* (2011) hatten Tiere mit hoher Milchleistung in der vorherigen Laktation auch die höchsten Konzentrationen von Immunglobulinen im Kolostrum, was zunächst im Widerspruch mit den Ergebnissen der eigenen Untersuchung steht. Jedoch hatten bei Scholz *et al.* (2011) Erst- und Zweitlaktierende die geringste Protein-Konzentration im Kolostrum. Vermutlich ist die Laktationszahl der starke Faktor gewesen, da ältere Tiere auch einen höheren Ig-Gehalt im Kolostrum besitzen und mehr Milch geben als Tiere der 1. und 2. Laktation.

#### 7.3.3.2 Erkrankungen binnen 3 Tagen

Kühe mit einer Ketose haben die niedrigsten Konzentrationen von Immunglobulinen im Kolostrum. Ursache könnten die ebenfalls hohen Kolostrummengen und die damit verbundene Verdünnung der Immunglobuline bei Tieren mit Ketose sein. Bei Klimeš *et al.* (1989) hatte das Auftreten einer Ketose hingegen keine negativen Auswirkungen auf die Kolostrumqualität.

Erstkalbinnen mit Nachgeburtverhalten hatten weniger Immunglobuline im Kolostrum als Gesunde. Dies deckt sich mit dem Ergebnis von Escher (1979), dass Tiere mit Nachgeburtverhalten niedrigere IgG-Konzentrationen aufweisen. Im Unterschied dazu haben

Pluripara mit Nachgeburtverhalten in der eigenen Untersuchung eine tendenziell höhere Konzentration als Tiere ohne Erkrankung.

Eine Mastitis führte zu einer niedrigeren Konzentration als bei Kühen ohne Erkrankung. Laut Maunsell *et al.* (1998) verringert eine persistierende Infektion der Milchdrüse nicht die IgG-Konzentration. Es kommt jedoch zur Verringerung der Kolostrummenge und der absoluten IgG-Menge um 14 %. Die Kolostrummenge war in der eigenen Untersuchung bei Mastitis nicht erniedrigt. Somit könnte es durch eine Verringerung der absoluten Ig-Menge auch zu einer Konzentrationserniedrigung gekommen sein.

Auch bei der Betrachtung der Ergebnisse der Erkrankungen ist wieder auf den Effekt der Kolostrummenge zu verweisen. So haben Kühe mit Ketose und Metritis zwar die niedrigste Ig-Konzentration, jedoch auch die höchste Kolostrummenge. Welcher Faktor der stärkere ist, zeigt die multiple Regressionsanalyse.

Aufgrund der niedrigen Tierzahl ist der Faktor „Erkrankungen binnen 3 Tage“ vorsichtig zu bewerten.

### 7.3.3.3 *Kondition nach der Geburt*

Die Rückenfettdicke zur Ausstallung in die Leistungsgruppen sowie 6 Wochen p.p. haben eine positive Korrelation zur Kolostrumqualität. Zur Ausstallung lag die mittlere Rückenfettdicke bei 15,6 mm (Pluripara: 16,9 mm, Primipara: 12,3 mm) und 6 Wochen post partum bei 10,4 mm (Pluripara: 10,9 mm, Primipara: 9,4 mm). Es fällt auf, dass Pluripara von der Kalbung bis 6 Wochen p.p. mit 8,3 mm (43,3 % der RFD) mehr an Kondition abbauen als Primipara mit 3,8 mm (27,5 % der RFD). Nach Staufenbiel (1993) entspricht das einem Körperfettverlust von 41,5 kg bei Pluripara und 19 kg bei Primipara. Dieser Unterschied kommt dadurch zustande, dass Erstlaktierende in Relation mehr Energie für das Wachstum aufwenden müssen und ältere Tiere mehr Energie für die Milchproduktion investieren (Gallo *et al.*, 1996). Ausgehend von der Kondition als Trockensteller sollten pluri- wie auch primipare Tiere nicht mehr als 10 mm Rückenfettdicke (0,14 mm am Tag) bis 4 Wochen p.p. abbauen (Schröder, 2000). Die Tiere in der Untersuchung haben 0,2 mm pro Tag abgebaut und liegen damit über der Empfehlung.

Nimmt die Rückenfettdicke um einen Millimeter zu, nimmt die Ig-Konzentration im Kolostrum um 0,13 g/l zur Ausstallung und um 0,16 g/l 6 Wochen p.p. zu.

### 7.3.3.4 Multiple Regressionsanalyse

Bei der multiplen Regressionsanalyse der postpartalen Einflussfaktoren ist die Rückenfettdicke 6 Wochen p.p. der stärkste Faktor. Ist die Rückenfettdicke 6 Wochen p.p. um einen Millimeter höher, ist die Ig-Konzentration zur Geburt um 0,5 g/l höher. Eine gute Kondition im Verlauf der Früh lactation wirkt sich positiv auf die Kolostrumqualität aus. Die Produktion von Milch ist aber auch mit dem Abbau von Körperfett verbunden. Eine geringe Milch- und damit auch Kolostrumleistung kann über die Verdünnungseffekt-Hypothese die höhere Ig-Konzentration erklären.

Der zweite signifikante Faktor ist die Milchmenge am Tag 2. Nimmt diese um einen Liter zu, nimmt die Ig-Konzentration um 0,2 g/l ab. Zusammen erklären die beiden Variablen aber nur 5,6 % der Variabilität der Kolostrumqualität. Auch Pritchett *et al.* (1991) kamen zu dem Schluss, dass der Einfluss der Milchmenge zu gering ist, um die Ig-Konzentration zu beeinflussen.

Die Erkrankungen bei Primi- und Pluripara sind aus dem Modell eliminiert worden. Was bedeutet, dass die Kolostrummenge der stärkere Faktor ist. Eine Erkrankung die zu einer Beeinflussung der Kolostrummenge führt beeinflusst indirekt auch die Ig-Konzentration.

## 7.3.4 Laboranalysedaten

### 7.3.4.1 Calcium im Serum

Zwischen der Calcium- und Ig-Konzentration im Blut besteht ein negativer Zusammenhang. Mit steigender Calciumkonzentration sinkt die Ig-Konzentration. Nimmt die Calcium-Konzentration einen Tag p.p. (Ca 1) um einen mmol/l zu, nimmt die Ig-Konzentration um 3,8 g/l ab.

Immunglobuline wie auch Calcium geraten per Endozytose in das Kolostrum. Denkbar wäre ein ähnlicher Transportmechanismus von Beiden. Ein Abfall der Calciumkonzentration im Serum durch den Transport in das Kolostrum ist dementsprechend mit einem Anstieg der Ig-Konzentration im Kolostrum vergesellschaftet. Dagegen spricht, dass für IgG1, welches den Großteil der bovinen kolostralen Immunglobuline ausmacht (Gürtler und Schweigert, 2005), ein spezifischer Fc-Rezeptor vorliegt (Barrington *et al.*, 2001). Auch für Calcium gibt es einen spezifischen Rezeptor, den calcium sensing receptor, lokalisiert an den Euterdrüsenepithelzellen. Es kommt zur Expression des CaR während des Übergangs von Trächtigkeit zur Laktation. Über die sekretorischen Vesikel des Golgi-Apparates wird Calcium durch die Euterzelle in die Milch transportiert (Gürtler und Schweigert, 2005). Trotz intensiver Forschung ist vieles über den genauen Transport von Calcium in die Milch und damit auch in das Kolostrum nicht verstanden (VanHouten *et al.*, 2004). Die

Autoren Reinhardt *et al.* (2004) sind der Meinung, dass eine Plasmamembran  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase für den Großteil des Transports von Calcium aus der Alveolarzelle in die Milch zuständig ist. Bei Experimenten mit transgenen Mäusen, bei denen das Gen für die Expression der ATPase ausgeschaltet wurde, kam es zu einer Erniedrigung der Calciumkonzentration im Kolostrum um 60 %. Weiterhin waren die Proteinkonzentration und die Milchmenge erniedrigt. Über den genauen Zusammenhang zwischen Calcium- und Immunglobulinkonzentration im Blut sind weitere Forschungsarbeiten notwendig.

### 7.3.4.2 Calcium im Kolostrum

Die durchschnittliche Calciumkonzentration im Kolostrum lag im Untersuchungszeitraum bei 2.386 mg/l. Es gibt einen starken Zusammenhang zwischen der Calcium- und der Ig-Konzentration. Nimmt die Calciumkonzentration um 100 mg/l zu, nimmt auch der Ig-Gehalt um 0,9 g/l zu.

Wie oben beschrieben, ist ein gemeinsamer Transportmechanismus als Ursache auszuschließen. In Betracht zu ziehen wäre noch eine gleiche Regulierung beider Transportsysteme z.B. auf hormoneller Basis. Laut Boyd und Hogg (1981) gibt es hingegen keine Korrelation zwischen der Calciumkonzentration im Kolostrum und der Immunglobulinkonzentration.

### 7.3.4.3 Multiple Regressionsanalyse

Im Modell der multiplen Regressionsanalyse ist die Calciumkonzentration im Kolostrum der stärkere Faktor der Labordaten. Eine Erhöhung der Calciumkonzentration um 100 mg/l bewirkt eine Erhöhung der Ig-Konzentration um 0,8 g/l. Auch die Serumkonzentration ist ein Einflussfaktor. Eine Erhöhung der Konzentration um einen mmol/l bewirkt eine Erniedrigung der Ig-Konzentration um 5,8 g/l. Allein diese beiden Werte können 18 % der Variation der Kolostrumqualität erklären. Eine mögliche Ursache für diesen Einfluss könnte ein übergeordneter Einflussfaktor sein, wie die genetische Veranlagung und die Kolostrummenge. Der Einfluss der Calciumkonzentration wäre dann eine Scheinkorrelation.

### 7.3.5 Multiple Regressionsanalyse aller signifikanten Einflussfaktoren

Werden alle signifikanten Faktoren mit der multiplen linearen Regression schrittweise analysiert, fallen die Laktationszahl und die Kondition aus dem Modell. Auch der Einfluss der Calciumkonzentrationen im Serum und Kolostrum konnte, wie vermutet, nicht bestätigt werden.

Der wichtigste Einflussfaktor auf die Konzentration von Immunglobulinen ist die Genetik (Kuhvater). Es ist damit möglich, durch gezielte Selektion und Auswahl der Vatertiere die Kolostrumqualität der Töchter zu beeinflussen.

Der zweitwichtigste Faktor ist die Kolostrummenge. Durch die Erhöhung des Kolostrumvolumens kommt es zu einer Verdünnung der Ig-Konzentration, da sich die absolute Menge an Immunglobulinen nicht erhöht (Guy *et al.*, 1994a). Eine Zunahme der Kolostrummenge um einen Liter erniedrigt die Kolostrumqualität um 1,4 g/l. Auch bei Pritchett *et al.* (1991) war die Kolostrummenge der wichtigste Einflussfaktor, um die Qualität des Kolostrums zu klassifizieren. Im Unterschied zu der eigenen Untersuchung war die Laktationszahl jedoch ein signifikanter Faktor.

Einen positiven Zusammenhang hat die Kolostrumqualität mit der Länge der Trockenstehperiode. Eine Verlängerung um 10 Tage erhöht die Kolostrumqualität um 2,2 g/l. Für eine Beeinflussung der Kolostrumqualität in der Praxis ist dieser Zusammenhang wahrscheinlich zu niedrig, da die Dauer der Trockenstehperiode eine Frage des Managements und der Herde ist und die Entscheidung über die Länge nicht allein über die Kolostrumqualität stattfindet. Auch Pritchett *et al.* (1991) fanden zunächst eine positive Korrelation zwischen der Trockenstehlänge und der Ig-Konzentration. Nach Hinzuziehen der Kolostrummenge war die Trockenstehlänge jedoch kein signifikanter Faktor mehr. Durch das Hinzuziehen der Kuhväter kann das Modell 46,5 % der Variation der Ig-Konzentration erklären. Das Ergebnis ist sogar höher als bei den einzeln addierten Werten des Bestimmtheitsmaßes (37,3%).

## 7.4 Einflussfaktoren auf die Calciumkonzentration des Kolostrums

Die durchschnittliche Calciumkonzentration lag im untersuchten Betrieb bei 2386 mg/l (Färsen: 2495,5 mg/l, Kühe: 2347 mg/l) und damit höher als die in der Literatur angegebenen Daten zur Konzentration am ersten Laktationstag (Tabelle 2).

Für die Analyse wurde die Calciumkonzentration immer als abhängige Variable eingestuft.

In Tabelle 122 sind die Einflussfaktoren der Calciumkonzentration absteigend nach Bestimmtheitsmaß geordnet. Im Unterschied zur Kolostrummenge und -qualität haben weniger untersuchte Variablen einen signifikanten Einfluss auf den Calciumgehalt im Kolostrum. Dafür erklären diese 44,5 % der Variabilität der Calciumkonzentration.

Tabelle 122: Einflussfaktoren auf die Calciumkonzentration im Kolostrum

Einflussvariable	R <sup>2</sup> in %		
RFD 1	5,6	MM 21 a	3,2
NEFA 7	5,3	Kalbemonat	3,1
TS ges.	4,9	MM 35 a	3,0
MM 7a	3,9	NEFA 1	3,0
MM 14 a	3,4	TS 1	2,9
MM 42 a	3,3	MM 28 a	2,6
		Laktationszahl	0,3

$\Sigma = 44,5 \%$

### 7.4.1 Antepartale Einflussfaktoren

#### 7.4.1.1 Trockenstehdauer

Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Calciumkonzentration im Kolostrum und der Dauer der gesamten Trockenstehperiode. Nimmt diese um einen Tag zu, nimmt die Calciumkonzentration um 5,7 mg/l zu.

Eine Verlängerung der Trockenstehdauer von 10 Tagen wäre mit einer um 2,4 % höheren Calciumkonzentration verbunden.

#### 7.4.1.2 Kondition in der Trockenstehzeit

Die Rückenfettdicke zur Einstattung hat eine signifikante Korrelation zur Calciumkonzentration. Nimmt diese um einen Millimeter zu, nimmt die Calciumkonzentration um 17,4 mg/l zu.

Bei einer Rückenfettdicke von 23 mm anstatt der 18,1 mm die im Betrieb vorlagen, wäre eine Calciumkonzentration im Kolostrum von 2377,3 mg/l zu erwarten. Das entspricht einer Erhöhung um 1,3 % (30,3 mg/l).

## 7.4.2 Partale Einflussfaktoren

### 7.4.2.1 Laktationszahl

Die Mittelwerte der Calciumkonzentrationen unterscheiden sich signifikant zwischen der 1. und 2. Laktation. In der ersten Laktation ist die Konzentration am höchsten mit 2495,5 mg/l und damit 227 mg/l höher als in der zweiten Laktation. Auch die Ig-Konzentration war in der 2. Laktation am niedrigsten. Dass die Konzentration von Immunglobulinen und Calcium im Kolostrum im Zusammenhang stehen, ist in Absatz 7.3.4.2 erläutert.

Aus Tabelle 123 ist ersichtlich, dass die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen sich mit denen anderer Autoren ähneln. Wie auch bei Kume *et al.* (1998) ist die Konzentration in der 1. Laktation am höchsten. Die Autoren geben zu bedenken, dass aber auch die Menge des Erstkolostrums bei Färsen am niedrigsten ist und dass sich die absoluten Werte von Calcium hingegen nicht unterscheiden. Zweitlaktierende haben die niedrigsten Werte und im weiteren Verlauf der Laktationen steigt die Konzentration wieder an. Das unterscheidet sich zu Kume und Tanabe (1993) und Kume *et al.* (2003) bei denen die Konzentration zunächst abnimmt und erst ab der 4. bzw. 5. Laktation wieder ansteigt. Die Ursache für die höhere Calciumkonzentration bei Primipara könnte im Calciumstoffwechsel zu finden sein. Es ist bekannt, dass die klinische Hypokalzämie bei Erstkalbinnen keine relevante Erkrankung darstellt. Bei Pluripara ist eine Ursache für eine Gebärparese die Abnahme von Vit-D<sub>3</sub>-Rezeptoren im Darm und eine nicht ausreichende Mobilisierung von Calcium aus den Knochen (Horst *et al.*, 1994). Somit kann die Vermutung aufgestellt werden, dass bei Erstkalbinnen Calcium im höheren Maße in das Kolostrum transportiert werden kann, ohne dass sie eine klinische Hypokalzämie entwickeln. Noch dazu verfügen Erstkalbinnen über die niedrigsten Kolostrummengen im Vergleich zu anderen Laktationen (Tabelle 20). Beides könnte eine Erklärung für die höhere Konzentration von Calcium im Kolostrum bei Tieren der ersten Laktation sein. Weitere Studien sind nötig, um diesen Zusammenhang näher zu erläutern.

Bei Rocha *et al.* (2014) unterschied sich die Calciumkonzentration hingegen nicht zwischen den Laktationen. Bei dieser Studie wurde aber nicht das gesamte Kolostrum untersucht, sondern nur die Molke und die Tierzahlen waren zudem sehr gering (<10 Tiere pro Laktationsgruppe).

Tabelle 123: Vergleich der Calciumkonzentration (in mg/dl) im Kolostrum mit anderen Autoren

LZ	eigene Untersuchung (n=209)	Kume und Tanabe (1993) (n=93)	Kume <i>et al.</i> (1998) (n=24)	Kume <i>et al.</i> (2003) (n=65)
1	250	265	255	233
2	227	232	221	231
3	239	203	203 (>3)	218
4	242 (> 4)	191		235 (>4)
5		202 (>5)		

#### 7.4.2.2 Kalbemonat

Die höchste Calciumkonzentration im Kolostrum hatten Kühe die im Mai, Juli und Dezember gekalbt haben. Die Konzentration lag bei 2600 mg/l und war damit 712,5 mg/l höher als im Februar. In der Literatur gibt es nur wenige Angaben über den Einfluss der Jahreszeit. Bei Sugeil *et al.* (1989) war die Konzentration im Sommer höher als im Winter. Bei Klimeš *et al.* (1986) gab es keinen Unterschied zwischen der Calciumkonzentration zwischen Sommer und Winter.

### 7.4.3 Postpartale Einflussfaktoren

#### 7.4.3.1 Milchmenge

Es gibt keine Korrelation zwischen der Kolostrummenge und der Calciumkonzentration. Jedoch hat die Milchmenge, nämlich die mittlere Tagesmilchleistung der ersten 7 und 14 Tage einen Zusammenhang. Eine Zunahme der mittleren Milchmenge um 10 Liter ist mit einem Calcium-Konzentrationsabfall im Kolostrum von 120 mg/l für das Mittel der ersten 7 Tage und 105 mg/l für das Mittel der ersten 14 Tage verbunden. Analog zu der Beziehung von Immunglobulinen und Milchmenge kann ein Verdünnungseffekt die Ursache sein. Möglich ist auch ein Zusammenhang zur Laktationszahl, da Pluripara mehr Milch geben und auch eine niedrigere Calciumkonzentration im Kolostrum besitzen.

### 7.4.4 Laboranalysedaten

#### 7.4.4.1 NEFA

Die Konzentrationen der nicht veresterten Fettsäuren einen Tag und sieben Tage nach der Geburt haben einen Zusammenhang zu der Calciumkonzentration. Eine Zunahme der Konzentration 7 Tage p.p. um einen mmol/l steht im Zusammenhang mit einer Erhöhung der Calciumkonzentration um

341,1 mg/l. Wechselwirkungen zwischen der Milchmenge, NEFA-Werten und der Calciumkonzentration sind denkbar und können über die multiple Regression geklärt werden.

#### **7.4.5 Multiple Regressionsanalyse**

Bei der multiplen Regression verbleibt das Milchmengentagesmittel der ersten 7 Tage als starker Faktor zusammen mit der Rückenfettdicke zur Einstallung.

Nimmt die Milchmenge um einen Liter zu, nimmt die Calciumkonzentration um 35 mg/l ab. Eine Selektion auf hohe Milchleistung kann zu einer Verringerung des Calciumgehalts des Erstkolostrums führen. Inwieweit dieser Zusammenhang ausreicht, um eine Erniedrigung der Calciumkonzentration mit messbaren (negativen) Folgen für die Calciumversorgung des Kalbes hervorzurufen bedarf weiterer Forschung.

Eine Zunahme der Rückenfettdicke zur Einstallung um einem Millimeter ist mit einer Konzentrationserhöhung von 18 mg/l verbunden. Die Rückenfettdicke zum Trockenstellen sollte laut Daetz (2009) und Schröder (2000) bei 20-25 mm liegen, um eine hohe Milchleistung bei optimaler Fruchtbarkeit zu ermöglichen. Die Beeinflussung der Calciumkonzentration im Kolostrum über die Kondition ist aufgrund der niedrigeren Relevanz im Vergleich zur Milchleistung von geringer Bedeutung.

Zusammen erklären diese beiden Faktoren lediglich 24,9 % der Variabilität der Calciumkonzentration. Das sind 20 % weniger als bei der einzelnen Betrachtung der Einflussfaktoren, was auf einen Effekt von Autokorrelation schließen lässt.

Die Laktationszahl entfällt bei der multiplen Regressionsanalyse. Auch Kume *et al.* (2003) und Ostensen *et al.* (1997) kamen zu dem Schluss, dass die Parität keinen Einfluss auf die Calciumkonzentration im Kolostrum hat. Weiterhin konnte sich der Einfluss der Trockenstehdauer, des Kalbemonats und der NEFA-Konzentration nicht bestätigen.

Die Calciumkonzentration lässt sich über die untersuchten Variablen nur schwer beeinflussen und unterliegt zudem einer großen Spannbreite, mit einer Standardabweichung von fast 550 mg/l. Diese Variabilität kann verursacht sein durch physiologische, individuelle Abweichungen (Tsioulpas *et al.*, 2007) oder durch andere Faktoren die in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt wurden.

## 7.5 Vergleich zu Conneely et al. (2013)

Aufgrund der ähnlichen Bedingungen und untersuchten Einflussfaktoren soll im Folgenden ein Vergleich zwischen der eigenen Untersuchung und der von Conneely *et al.* (2013) vorgenommen werden.

Diese Studie fand auf einem irischen Milchviehbetrieb statt. Besonders die statistischen Kennzahlen der Kolostrummenge ähneln sich sehr zwischen den Untersuchungen. Die Immunglobulinkonzentration ist höher und hat eine weitere Spannbreite, was aber unter anderem darauf zurückzuführen ist, dass die Skala des Refraktometers bei der eigenen Untersuchung nur bis 80 g/l reichte. Bei beiden untersuchten Betrieben verfügte das Kolostrum über eine hohe Qualität.

Vergleicht man Material und Methoden, ist die größere Stichprobenanzahl, die Homogenität der Herde durch eine Rasse, die saisonunabhängige Haltung und die größere Anzahl an untersuchten Einflussfaktoren ein Vorteil der eigenen Untersuchung. Für die Studie von Conneely *et al.* (2013) spricht die Bestimmung von IgG mittels ELISA und die genauere Untersuchung der genetischen Faktoren durch Zuchtindizes und Heritabilität. Auch die statistische Auswertung ist vergleichbar. So wurden Kolostrumqualität und -menge als abhängige Variable eingestuft und die Einflussfaktoren zunächst einer Varianzanalyse unterzogen, um sie im Anschluss einer multiplen Regression zu unterziehen.

Tabelle 130 im Anhang zeigt die untersuchten Einflussfaktoren durch beide Studien im Vergleich.

In beiden Studien zeigt sich die Tendenz, dass die Ig-Konzentration mit steigender Laktationszahl ansteigt. Jedoch konnte in der eigenen Untersuchung der Einfluss in der multiplen Regression nicht bestätigt werden. Auch ist in beiden Studien die Konzentration im April am geringsten. Conneely *et al.* (2013) begründet dies durch die Fütterung. Im Herbst sind die Konzentrationen durch die Weidehaltung im Sommer höher.

Bei beiden Untersuchungen zeigt sich die Verdünnung der Immunglobuline bei steigender Kolostrummenge. Pro kg Gewicht, um das die Kolostrummenge zunimmt, nimmt die IgG-Konzentration um 1,7 g/l bei Conneely *et al.* (2013) und 1,6 g/l in der eigenen Untersuchung ab.

Der Einfluss der Genetik wird bei Conneely *et al.* (2013) näher betrachtet. So liegt die Heritabilität der IgG-Konzentration bei 0,10 und bei der Kolostrummenge bei 0,21. Auch kommen die Autoren zu dem Schluss, dass eine Züchtung auf eine höhere Ig-Konzentration möglich ist, die Tiere aber über eine große individuelle Variation verfügen.

Bei beiden Untersuchungen gaben Erstlaktierende die geringste Kolostrummenge und Kühe mit schweren Kälbern mehr Kolostrum.

Conneely *et al.* (2013) beobachteten eine negative Korrelation der IgG-Konzentration und der Zeitspanne von der Kalbung bis zum ersten Melken. Auf dem Betrieb auf dem die Datensammlung für die eigene Untersuchung stattfand, wurden die Tiere unmittelbar nach der Kalbung das erste Mal gemolken. Damit entfällt der Einfluss dieses Faktors.

Conneely *et al.* (2013) kommen zu dem Schluss, dass die höchsten IgG-Konzentrationen bei Tieren zu erwarten sind, die eine höhere Laktationszahl besitzen, früh nach der Kalbung gemolken werden, über eine geringe bis moderate Kolostrummenge verfügen und die im Herbst gekalbt haben. Außerdem beobachteten die Autoren, dass Betriebe mit einem guten Management über Kolostrum mit hoher Qualität verfügen.

Tabelle 124 zeigt den Vergleich von Material und Methoden, der statistischen Kennzahlen und der Einflussfaktoren zwischen beiden Untersuchungen.

## Diskussion

Tabelle 124: Vergleich der Studie von Conneely et al.(2013) mit der eigenen Untersuchung

	Conneely et al. (2013)	eigene Untersuchung
n	704	2277
Rasse	HF, Jersey, Norwegian Red, Montbelliarde und Kreuzungen	HF
Prozentualer Anteil der Laktationen	1: 29, 2: 22, 3: 20, 4: 14, > 5: 15	1: 29, 2: 28, 3: 24, 4-10: 19
Dauer TS in Tagen	60	54
Kälber umgehend von der Mutter getrennt	ja	ja
Haltung	saisonale Weidehaltung	ganzjährig Offenstall
Methode IgG	ELISA	Refraktometer
Normalverteilung	Ja	Ja
IgG		
$\bar{x}$ in g/l	112	65,6
s	51	10,67
min-max	12-256	18-80 <sup>1</sup> -127 <sup>2</sup>
% über 50 g/l	96	91,7
signifikante Einflussfaktoren	LZ, Zeitspanne, Kalbemonat, Kolostrummenge, Herde	LZ, Väter, Kolostrummenge, TS ges.
Kolostrummenge		
$\bar{x}$ in kg	6,7	5,6
s	3,6	3,41
min-max	0,1-24	0,1-22,5
Einflussfaktoren	LZ, Zeitspanne, Kälbergewicht, IgG Konzentration, Herde	MM 7a, Erk. 3d, TS 1, Väter, Kälbergewicht, BHB, NEFA

n: Stichprobenanzahl,  $\bar{x}$ : Mittelwert, s: Standardabweichung, <sup>1</sup> 80 g/l maximaler Wert der Skala des Refraktometers, <sup>2</sup> durch Kolostrometer, LZ: Laktationszahl, Hf: Holstein Friesian

## 8 Schlussfolgerungen

Einflussfaktoren auf Kolostrummenge:

- Eine Vielzahl von Einzelfaktoren hat Einfluss auf die Menge des Erstkolostrums.
- Ein starker Zusammenhang besteht zu der mittleren Milchmenge der ersten 7 Tage und den Kuhvätern. Es kann daraus geschlossen werden, dass die Genetik den größten Einfluss auf die Kolostrummenge hat. Durch den Einsatz von Bullen, deren Töchter eine hohe Milcheinsatzleistung zeigen, ist auch eine Selektion auf hohe Kolostrummengen möglich.
- Erstlaktierende geben das wenigste Erstkolostrum. Der in der Arbeitshypothese dominierende Effekt der Laktationszahl konnte jedoch nicht bestätigt werden.
- Die Dauer der ersten Trockenstehperiode (vom Trockenstellen bis zum Einstellen in die Vorbereitergruppe 2 Wochen a.p.) ist wichtiger für die Kolostrummenge als die Dauer der gesamten Trockenstehperiode. Die Ansammlung des Präkolostrums scheint in dieser Zeit vorstatten zu gehen.
- In Betrieben mit sehr guter durchschnittlicher Kolostrumqualität von deutlich über 50 g/l ist der Effekt der Verdünnung der Immunglobuline durch hohe Kolostrummengen nicht groß genug, damit es zu einer merklichen Verschlechterung der Kolostrumqualität kommt. Ein Ausschluss des Kolostrums aufgrund seiner Menge ist deshalb abzulehnen.
- Eine Erhöhung des Geburtsgewichtes des Kalbes geht einher mit einer Erhöhung der Kolostrummenge. Ob die Größe der Mutterkuh hier ursächlich ist, konnte nicht geklärt werden, da die Lebendmasse vor der Geburt nicht erfasst wurde. Eine Selektion auf ein hohes Geburtsgewicht ist aber in Hinblick auf Risiken des Geburtsverlaufs nicht zu empfehlen.
- Die Kolostrummenge stellt keinen ursächlichen Faktor für die Ausbildung einer Hypokalzämie bzw. Gebärparese dar

### Einflussfaktoren auf Kolostrumqualität:

- Auch bei der Kolostrumqualität hat die Genetik den größten Einfluss. Durch die gezielte Auswahl von Bullen, deren Töchter Kolostrum mit hoher Immunglobulinkonzentration produzieren, kann die durchschnittliche Kolostrumqualität eines Betriebes verbessert werden.
- Wie auch in der Literatur beschrieben, zeigt sich ein Verdünnungseffekt der Immunglobuline. Tiere mit hoher Kolostrummenge haben die geringste Ig-Konzentration im Kolostrum. Die Kolostrumqualität war im untersuchten Betrieb aber trotz teilweiser hoher Mengen an Erstkolostrum von > 15 kg beim Großteil der Tiere noch hoch (> 55 g/l).
- Zweitlaktierende haben zwar die geringste Konzentration von Immunglobulinen im Kolostrum, sie liegt jedoch trotzdem noch im Durchschnitt über 60 g/l. Ein kategorischer Ausschluss von Kolostrum, welches von Tieren einer bestimmten Laktationszahl stammt, ist bei Betrieben mit guter bis sehr guter durchschnittlicher Kolostrumqualität nicht zu unterstützen.
- Die Dauer der Trockenstehperiode steht in einem positiven Zusammenhang zur Kolostrumqualität. Im untersuchten Betrieb wäre aber keine deutliche Beeinflussung der Ig-Konzentration erreichbar.
- In Betrieben mit guten Haltungsbedingungen und Management ist eine hohe Kolostrumqualität zu erwarten. Eine Verbesserung über die oben genannten Einflussfaktoren ist dann jedoch nur geringfügig möglich.

Einflussfaktoren auf den Calciumgehalt des Kolostrums:

- Die Calciumkonzentration im Kolostrum unterliegt einer großen individuellen Spannweite. Die Einschätzung wird noch erschwert, da es keine Referenzwerte in der Literatur gibt.
- Wichtigste Einflussfaktoren sind die mittlere Milchmenge der ersten 7 Tage und die Kondition zum Trockenstellen.
- Hohe Milchleistung in der ersten Laktationswoche steht im Zusammenhang mit niedrigeren Calciumwerten im Kolostrum. Die Zusammenhänge und möglichen Auswirkungen bedürfen weiterer Forschungsarbeit.
- Durch eine Erhöhung der Rückenfettdicke kann die Calciumkonzentration positiv beeinflusst werden. Durch die große Varianz ( $s = 550 \text{ mg/l}$ ) der Calciumkonzentration und aufgrund der niedrigeren Relevanz im Hinblick auf negative Folgen einer Überkonditionierung, ist der Effekt von geringer Bedeutung.
- Erstlaktierenden haben die höchste Calciumkonzentration im Kolostrum und Zweitlaktierende die niedrigste. Ein Einfluss der Laktationszahl auf die Calciumkonzentration konnte in der multiplen, linearen Regression nicht bestätigt werden.
- Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Calciumkonzentration im Kolostrum und dem Auftreten von Gebärparese nachgewiesen werden.
- Da die Transportwege des Calciums in das Kolostrum sehr komplex und noch nicht hinreichend geklärt sind, ist weitere Forschung nötig, auch um Beziehungen und Wechselwirkungen mit anderen Kolostruminhaltsstoffen näher zu beleuchten.

## 9 Zusammenfassung

Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Menge, Qualität und den Calciumgehalt des Erstkolostrums

Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Menge, Qualität und den Calciumgehalt des Erstkolostrums bei Holstein Friesian Kühen mit Schwerpunkt auf dem Zusammenhang und der Wirkstärke. Es sollten die Hypothesen geprüft werden, dass die Laktationszahl der wichtigste Einflussfaktor auf Menge, Qualität und Calciumkonzentration der Kolostrummenge ist und ob die Kolostrummenge ein ätiologischer Faktor bei der Entstehung der Gebärparese darstellt. Weiterhin sollte das Zusammenspiel von Kolostrummenge und Qualität näher beleuchtet und die Möglichkeiten und Grenzen der Beeinflussung aufgezeigt werden.

Dazu wurde von April 2012 bis März 2013 eine Beobachtungsstudie auf einem kommerziellen Milchviehbetrieb (2177 Holstein Friesian, durchschnittliche Jahresmilchleistung ca. 11.300 kg, Fettgehalt 3,9 %, Proteingehalt 3,3 %) durchgeführt.

Die Menge des Erstkolostrums wurde innerhalb einer halben Stunde nach der Kalbung mit einer Kannenmelkanlage bestimmt. Die Immunglobulinkonzentration wurde refraktometrisch geschätzt und die Calciumkonzentration in einem externen Labor gemessen. Für die Bestimmung von Calcium, Phosphor, Freien Fettsäuren (NEFA) und  $\beta$ -Hydroxybutyrat (BHB) wurde am Tag der Kalbung, einen Tag sowie 7 Tage post partum eine Blutprobe an der Vena coccygea entnommen. Zur Konditionsbestimmung wurde die Rückenfettdicke per Ultraschall zum Trockenstellen (6 Wochen a.p.), zum Umstallen in die Vorbereitergruppe (2 Wochen a.p.), einen Tag p.p., zum Ausstallen in die Leistungsgruppen (2 Wochen p.p.) sowie 6 Wochen p.p. gemessen. Darüber hinaus wurden die Tagesmilchmengen an den Melktagen 1 bis 7, die mittleren Milchmengenleistungen an den Melktagen 7, 14, 21, 28, 35, 42 sowie die 100-Tage-Milchleistung erfasst. Es wurden außerdem Daten zur Kalbung (Kälbergeschlecht, -anzahl, -gewicht, Geburtsverlauf, Totgeburten) sowie Laktationszahl, Kuhvater, Trächtigkeitsdauer, Erstkalbealter, Dauer der Trockenstehphase, Fruchtbarkeitskennzahlen der Vorlaktation (Güstzeit, Anzahl der Besamungen) sowie Erkrankungen in der Trockenstehphase und 3 Tage post partum in die Auswertung aufgenommen. Die Daten wurden mit Hilfe der Varianzanalyse, Korrelationsanalyse sowie der multiplen linearen Regressionsanalyse auf Zusammenhänge und Einflussfaktoren stufenweise ausgewertet.

Die durchschnittliche Kolostrummenge lag bei 5,6 kg mit einer Ig-Konzentration von 65,6 g/l und einer Calciumkonzentration von 2386 mg/l.

Die Auswertung ergab, dass eine Vielzahl von Einzelfaktoren Einfluss auf die Menge des Erstkolostrums nehmen. Trotzdem konnte mit Hilfe der untersuchten Einflussfaktoren nur  $\frac{1}{4}$  der Variabilität der Kolostrummenge erklärt werden. Der in der Arbeitshypothese dominierende Einfluss der Laktationszahl wurde nicht bestätigt. Vielmehr wird der Effekt der Laktationszahl durch andere, stärker wirkende Faktoren aufgenommen. Starke Faktoren sind die Milchmengenleistung in der Folgelaktation, Erkrankungen nach der Kalbung, die Dauer der Periode vom Trockenstellen bis zum Einstellen in die Vorbereitergruppe, der Kuhvater (Genetik) und das Gewicht des Kalbes. Es konnte kein Zusammenhang zu der Calciumkonzentration peripartal im Blutserum nachgewiesen werden. Damit kann die Kolostrummenge als ätiologischer Faktor bei der Entstehung einer Hypokalzämie oder Gebärparese ausgeschlossen werden.

Durch Selektion auf eine hohe Milchleistung und durch den Einsatz von Bullen, deren Töchter eine gute Milchleistung besitzen, kann auch auf hohe Kolostrummengen selektiert werden. Bei Betrieben mit guter Kolostrumqualität ist der Effekt der Verdünnung der Immunglobuline nicht groß genug, damit es zu einer merklichen Verschlechterung der Ig-Konzentration kommt. Ein Ausschluss des Kolostrums aufgrund seiner Menge ist deshalb abzulehnen. Eher schwere Kälber bewirken eine Zunahme der Kolostrummenge. Eine Selektion auf ein hohes Geburtsgewicht ist aber in Hinblick auf Risiken des Geburtsverlaufs nicht zu empfehlen.

Die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Kolostrumqualität sind die Genetik und die Kolostrummenge. Zwar kann mit Hilfe der untersuchten Einflussfaktoren fast die Hälfte der Variation der Kolostrumqualität erklärt werden. Die Möglichkeit einer merklichen Verbesserung der Ig-Konzentration über einzelne Faktoren, wie die Trockenstehdauer, ist jedoch gering. Es zeigt sich, dass Zweitlaktierende die niedrigste Ig-Konzentration im Kolostrum aufweisen, der Einfluss der Laktationszahl konnte in der multiplen Regression jedoch nicht bestätigt werden. In Betrieben mit gutem Management ist die Kolostrumqualität bei Holstein Friesian sehr hoch.

Auch die Calciumkonzentration im Kolostrum kann nur zu 25 % von den untersuchten Einflussfaktoren erklärt werden. Die mittlere Milchmenge der ersten Woche post partum und die Kondition zum Trockenstellen haben den stärksten Zusammenhang. Obwohl die Quelle für den Calciumgehalt im Kolostrum der Calciumgehalt im Serum ist, gibt es keine signifikante Korrelation. Die Transportwege von Calcium vom Blut in die Alveolarzelle der Euterdrüse und durch die Zelle in das Kolostrum sind sehr komplex und noch nicht hinreichend geklärt. Beziehungen und Wechselwirkungen zu anderen Kolostruminhaltsstoffen wie der Gehalt von Immunglobulinen müssen noch näher erforscht werden.

## 10 Summary

Investigation of influence factors on yield, quality and calcium content of first colostrum in holstein friesian cows.

The objective of this study was to investigate the factors that affect the quantity, quality, and calcium content of the first colostrum in Holstein Friesian cows, with special emphasis on composition and potency. It should be verify that the lactation number is the main influence factor and that the amount of colostrum is etiologic for the developing of puerperal paresis. Another aim was to obtain more detailed data on the relation between the quantity and quality of colostrum and explore the possibilities and limits of affecting it.

An observational study was conducted from April 2012 to March 2013 at a commercial dairy farm (2177 Holstein Friesians, average annual milk priduction approx. 11,300 kg, fat content 3.9%, protein content 3.3%).

The quantity of the colostrum was determined within a half an hour after calving using a direct-to-can milking machine. The immunoglobulin concentration was estimated by refractometer and the calcium content was measured in an external laboratory. To determine calcium, phosphorus, non-esterified fatty acids (NEFA), and beta hydroxybutyrate (BHB), a blood sample was taken from the coccygeal vein on calving day and on one and seven days postpartum. To determine body condition, the back fat thickness was measured by ultrasound at drying off (6 weeks prepartum), at transfer to the preparatory group (2 weeks prepartum), one day postpartum, at transfer to the production groups (2 weeks postpartum), and 6 weeks postpartum. In addition, the daily milk production on milking days 1 to 7, the mean production on milking days 7, 14, 21, 28, 35, and 42, and the 100-day milk production were documented. Calving data (calf gender, number, weight, calving process, stillbirths) and lactation number, father of the cow, length of gestation, age at first calving, length of the dry period, fertility parameters of prelactation (days open, number of inseminations), and diseases during the dry period and up to 3 days postpartum were included in the analysis. A stepwise analysis of the data for correlations and influencing factors was conducted by means of variance analysis, correlation analysis, and multiple linear regression analysis.

The average colostrum quantity was 5.6 kg with an immunoglobulin concentration of 65.6 g/l and a calcium concentration of 2,386 mg/l.

The analysis showed that there are a number of influencing factors that have an effect on the quantity of colostrum. However, only  $\frac{1}{4}$  of the variability of the colostrum quantity could be

## Summary

---

explained using the influencing factors examined. The dominant effect of the lactation number that was assumed in the working hypothesis was not confirmed. Instead, the effect of the lactation number is attenuated by other, more potent factors. Strong factors were milk production in the following lactation period, diseases after calving, the length of the period from drying off to transfer to the preparatory group, the father of the cow (genetics), and the weight of the calf. There is no relation to the content of calcium in the blood. The amount of calcium is not etiologic for the appearance of hypocalcaemia or milk fever.

Selective breeding for high milk production and using bulls whose daughters have high milk production can also breed for high colostrum quantities. In farms with good colostrum quality, the effect of dilution of immunoglobulins is not large enough to lead to a noticeable decline of the Ig concentration. Colostrum should therefore not be excluded because of its quantity. Heavier calves result in an increase in colostrum quantity. However, breeding for higher birth weight is not recommended due to the risks involved for calving.

The most important influencing factors for colostrum quality are genetics and the colostrum quantity. While almost half of the variation can be explained by the influencing factors examined, there is little possibility of significantly improving the Ig concentration by individual factors such as the length of the dry period. The lowest Ig concentration in colostrum was found in second lactation cows, but the effect of the lactation number was not confirmed in the multiple regression analysis. In well-managed farms, the colostrum quality in Holstein Friesians is very high.

The influencing factors can explain only 25% of the calcium concentration in colostrum. The mean milk quantity in the first week postpartum and body condition at drying off have the strongest correlation. Although the source for the calcium content in colostrum is the calcium content in serum, there is no significant correlation. The transport paths of calcium from blood to the alveolar cell of the udder and through the cell into the colostrum are very complex and not sufficiently understood. Relationships and interactions with other components of colostrum such as immunoglobulins must be investigated in more detail.

## 11 Literaturverzeichnis

- Andersen, J. B., Madsen, T. G., Larsen, T., Ingvarsten, K. L. & Nielsen, M. O. (2005)  
The effects of dry period versus continuous lactation on metabolic status and performance in periparturient cows.  
J. Dairy Sci. 88(10): 3530-3541.
- Banchero, G. E., Quintans, G., Martin, G. B., Lindsay, D. R. & Milton, J. T. B. (2004)  
Nutrition and colostrum production in sheep. 1. Metabolic and hormonal responses to a high-energy supplement in the final stages of pregnancy.  
Reprod Fertil Dev. 16(6): 633-643.
- Barrington, G. M., McFadden, T. B., Huylter, M. T. & Besser, T. E. (2001)  
Regulation of colostrogenesis in cattle.  
Livestock Production Science. 70(1-2): 95-104.
- Baumrucker, C. R., Burkett, A. M., Magliaro-Macrina, A. L. & Dechow, C. D. (2010)  
Colostrogenesis: mass transfer of immunoglobulin G1 into colostrum.  
J. Dairy Sci. 93(7): 3031-3038.
- Berger, W. (1979)  
Vergleichende Untersuchungen über den Gammaglobulingehalt im Kolostrum und Kälberblut unter besonderer Berücksichtigung des Gesundheitszustandes der neugeborenen Kälber und der Jahreszeit.  
Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation, S. 33, 72.
- Berry, D. P., Buckley, R., Dillon, P., Evans, R. D. & Veerkamp, R. R. (2004)  
Genetic relationships among linear type traits, milk yield, body weight, fertility and somatic cell count in primiparous dairy cows.  
Irish Journal of Agricultural & Food Research. 43( ): 161-176.
- Berry, S., Gauglitz, G., Heimberger, J. & Reichert, M., (2013a)  
Atomabsorptionsspektroskopie (AAS)-Anwendung  
<http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/16/anac/aaseinf.vlu.html> Abgerufen am:  
14.09.2013.
- Berry, S., Gauglitz, G., Heimberger, J. & Reichert, M., (2013b)  
Einführung in die Atomabsorptionsspektroskopie  
<http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/16/anac/aaseinf.vlu.html>  
Abgerufen am: 14.09.2013.
- Besser, T. E., Garmedia, A. E., McGuire, T. C. & Gay, C. C. (1985)  
Effect of colostrum immunoglobulin g1 and immunoglobulin m concentrations on immunoglobulin absorption in calves.  
J. Dairy Sci. 68(8): 2033-2037.

- Bielmann, V., Gillan, J., Perkins, N. R., Skidmore, A. L., Godden, S. & 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. & 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.
- Boda, J. M. & Cole, H. H. (1954)  
The influence of dietary calcium and phosphorus on the incidence of milk fever in dairy cattle.  
J. Dairy Sci. 37(4): 360-372.
- Bojkovski, J., Borozan, S., Jozef, I. & Samanc, H. (2005)  
Colostrum composition before and after calving in Holstein-Friesian cows.  
Vet. Rec. 156(23): 744-745.
- Borchardt, S. (2010)  
Untersuchungen zum Einsatz der NEFA und der BHB zur Stoffwechselüberwachung von Transitzühen unter besonderer Berücksichtigung von gepoolten Serumproben.  
Freie Universität Berlin, Dissertation, S. 117.
- Boyd, J. W. & Hogg, R. A. (1981)  
Field investigations on colostrum composition and serum thyroxine, cortisol and immunoglobulin in naturally suckled dairy calves.  
J. Comp. Pathol. 91(2): 193-203.
- Brandon, M. R., Husband, A. J. & Lascelles, A. K. (1975)  
The effect of glucocorticoid on immunoglobulin secretion into colostrum in cows.  
Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci. 53(1): 43-48.
- Brandon, M. R., Watson, D. L. & 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.
- Brosius, F. (2012)  
SPSS für Dummies.  
1. Auflage, S. 173  
Weinheim: Wiley, ISBN: 978-3-527-70865-9.
- Bruckmaier, R. M. (2006a)  
Einflussfaktoren auf Milchleistung und -zusammensetzung.  
In: Kurzes Lehrbuch Milchkunde und Milchhygiene., Hrsg. V. Krömker  
1. Auflage, S. 12,  
Stuttgart: Parey, Georg Thieme, ISBN: 383044155X.

- Bruckmaier, R. M. (2006b)  
Kolostragenese und Laktogenese.  
In: Kurzes Lehrbuch Milchkunde und Milchhygiene., Hrsg. V. Krömker  
1. Auflage, S. 10,  
Stuttgart: Parey, Georg Thieme, 383044155X.
- Bühl, A. (2010)  
PASW 18 - Einführung in die moderne Datenanalyse.  
12. Auflage, S. 408,  
München: Pearson Education, ISBN: 978-3-86894-028-2.
- Bushinsky, D. A. (1996)  
Metabolic alkalosis decreases bone calcium efflux by suppressing osteoclasts and stimulating osteoblasts.  
Am. J. Physiol. Renal. Physiol. 271(1): 216-222.
- Butler, J. E., Kiddy, C. A., Pierce, C. S. & Rock, C. A. (1972)  
Quantitative changes associated with calving in the levels of bovine immunoglobulins in selected body fluids. I. Changes in the levels of IgA, IgG1 and total protein.  
Can. J. Comp. Med. 36(3): 234-242.
- Cabello, G. & Michel, M. C. (1977)  
Composition of blood plasma (Calcium, Phosphorus, Magnesium, Proteins) during the neonatal period in the calf. Influence of the state of health.  
Ann. Rech. Vet. 8(3): 203-211.
- Castro, N., Capote, J., Bruckmaier, R. M. & Argüello, A. (2011)  
Management effects on colostragenesis in small ruminants: a review.  
Journal of Applied Animal Research. 39(2): 85-93.
- Cerbulis, J. & Farrell Jr, H. M. (1976)  
Composition of the milks of dairy cattle. II. ash, calcium, magnesium, and phosphorus.  
J. Dairy Sci. 59(4): 589-593.
- Chan, P. S., West, J. W. & Bernard, J. K. (2006)  
Effect of prepartum dietary calcium on intake and serum and urinary mineral concentrations of cows.  
J. Dairy Sci. 89(2): 704-713.
- Chapinal, N. *et al.* (2011)  
The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period.  
J. Dairy Sci. 94(10): 4897-4903.
- Chigerwe, M., Tyler, J. W., Middleton, J. R., Spain, J. N., Dill, J. S. & Steevens, B. J. (2008)  
Comparison of four methods to assess colostral IgG concentration in dairy cows.  
J. Am. Vet. Med. Assoc. 233(5): 761-766.

- Conneely, M. *et al.* (2013)  
Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows.  
*animal*. 7(11): 1824-1832.
- Correa, M. T., Erb, H. & Scarlett, J. (1993)  
Path analysis for seven postpartum disorders of holstein cows.  
*J. Dairy Sci.* 76(5): 1305-1312.
- Curtis, C. R. *et al.* (1983)  
Association of parturient hypocalcemia with eight periparturient disorders in holstein cows.  
*J. Am. Vet. Med. Assoc.* 183(5): 559-561.
- Daetz, C. (2009)  
Untersuchungen zur Konditinsentwicklung bei Milchkühen in der Trockenstehperiode mittels  
ultrasonographischer Messung der Rückenfettdicke und deren Einfluss auf Leistung, Fruchtbarkeit  
und Tiergesundheit in der Folgelaktation.  
Freie Universität Berlin, Dissertation, S. 182.
- Dahl, G. E., Buchanan, B. A. & Tucker, H. A. (2000)  
Photoperiodic effects on dairy cattle: a review.  
*J. Dairy Sci.* 83(4): 885-893.
- Dardillat, J., Trillat, G. & Larvor, P. (1978)  
Colostrum immunoglobulin concentration in cows: relationship with their calf mortality and with  
the colostrum quality of their female offspring.  
*Ann. Rech. Vet.* 9(2): 375-384.
- DeGaris, P. J. & Lean, I. J. (2008)  
Milk fever in dairy cows: a review of pathophysiology and control principles.  
*Vet. J.* 176(1): 58-69.
- DeLuca, H. F. (2004)  
Overview of general physiologic features and functions of vitamin D.  
*Am. J. Clin. Nutr.* 80(6): 1689-1696.
- Devery-Pocius, J. E. & Larson, B. L. (1983)  
Age and previous lactations as factors in the amount of bovine colostrum immunoglobulins.  
*J. Dairy Sci.* 66(2): 221-226.
- Dirksen, G., Gründer, H. D. & Stöber, M. (2006)  
Innere Medizin und Chirurgie des Rindes.,  
5. Auflage,  
Stuttgart: Parey, Georg Thieme, ISBN: 9783830441694.
- Ducusin, R. J. T. *et al.* (2003)  
Effects of extracellular Ca<sup>2+</sup> on phagocytosis and intracellular Ca<sup>2+</sup> concentrations in  
polymorphonuclear leukocytes of postpartum dairy cows.  
*Res. Vet. Sci.* 75(1): 27-32.

- Duffield, T. F. (2006) Minimizing subclinical metabolic diseases in dairy cows. Minimizing subclinical metabolic diseases in dairy cows. Western Canadian Dairy Seminar, Alberta, S. 43-55,
- Einerhand, J., (2012)  
Mit optimalen Kolostrum-Management zu hochproduktiven Färsen  
<http://web.altagenetics.com/germany/Article/Print/1104>,  
Abgerufen am: 21.06.2014.
- Ender, F., Dishington, I. W. & Helgebostad, A. (1971)  
Calcium balance studies in dairy cows under experimental induction and prevention of hypocalcaemic paresis puerperalis.  
Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkde. 28(1-5): 233-256.
- Erb, H. N. *et al.* (1985)  
Path model of reproductive disorders and performance, milk fever, mastitis, milk yield, and culling in holstein cows.  
J. Dairy Sci. 68(12): 3337-3349.
- Escher, S. (1979)  
Vergleichende Untersuchungen über den IgG- und IgM-Gehalt im Kolostrum und Kälberblut mit Hilfe der einfachen radialen Immunodiffusion.  
Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation, S. 41, 56, 66, 83.
- Ettema, J. F. & Santos, J. E. P. (2004)  
Impact of age at calving on lactation, reproduction, health and income in first-parity holsteins on commercial farms.  
J. Dairy Sci. 87(8): 2730-2742.
- Fahey, J. L. & McKelvey, E. M. (1965)  
Quantitative determination of serum immunoglobulins in antibody-agar plates.  
The Journal of Immunology. 94(1): 84-90.
- Fey, H., Pfister, H., Messerli, J., Sturzenegger, N. & Grolimund, F. (1976)  
Methods of isolation, purification and quantitation of bovine immunoglobulins.  
Zentralbl. Veterinarmed. B. 23(4): 269-300.
- Fleenor, W. A. & Stott, G. H. (1980)  
Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum.  
J. Dairy Sci. 63(6): 973-977.
- Foley, J. A. & Otterby, D. A. (1978)  
Availability, storage, treatment, composition and feeding value of surplus colostrum: a review  
J. Dairy Sci. 61(8): 1033-1066.
- Fourichon, C., Seegers, H., Bareille, N. & Beaudeau, F. (1999)  
Effects of disease on milk production in the dairy cow: a review.  
Prev. Vet. Med. 41(1): 1-35.

- Fronk, T. J., Schultz, L. H. & Hardie, A. R. (1980)  
Effect of dry period overconditioning on subsequent metabolic disorders and performance of dairy cows.  
J. Dairy Sci. 63(7): 1080-1090.
- Gallo, L. *et al.* (1996)  
Change in body condition score of holstein cows as affected by parity and mature equivalent milk yield.  
J. Dairy Sci. 79(6): 1009-1015.
- Ganong, W. F. (1974)  
Nebenschilddrüse, Calciumstoffwechsel und Knochenphysiologie.  
In: Lehrbuch der Medizinischen Physiologie, Hrsg. W. Auerswald  
3. Auflage, Kap. 21, S. 340-347,  
Berlin Heidelberg: Springer, ISBN: 978-3-540-06440-4.
- Garrett, O.F. & Overman, O. R. (1940)  
Mineral composition of colostrum milk.  
J. Dairy Sci. 23(13): 13-17.
- Gasperlin, B., Zadnik, T., Jazbec, I. & Zust, J. (2002)  
Effects of dietary cation-anion differences on serum calcium, phosphorus and magnesium concentrations in periparturient dairy cows.  
Slov. Vet. Zb. 39(3): 215-225.
- Geiger, H. (2007)  
Untersuchungen zum Einfluss eines erhöhten Energie- und/oder Proteingehaltes in der Vorbereitungs- und/oder Fütterung auf die Milchleistung, Fruchtbarkeit, Gesundheit und Überlebensrate von Jungkühen im Verlauf der ersten Laktation.  
Freie Universität Berlin, Dissertation, S. 66, 69, 78.
- Gelfert, C.-C. (2011)  
Untersuchungen zur peripartalen Hypokalzämie und Gebärparese der Milchkuh.  
Freie Universität Berlin, Habil.-Schr., S. 193.
- Godden, S. M. & Hazel, A. (2011)  
Relationship between milking fraction and immunoglobulin G concentration in first milking colostrum from Holstein cows.  
Bovine Practitioner. 45(1): 64-69.
- Goff, J. P. (2008)  
The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows.  
Vet. J. 176(1): 50-57.
- Goff, J. P. & Horst, R. L. (1997)  
Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum rations on milk fever in dairy cows.  
J. Dairy Sci. 80(1): 176-186.

- Grabner, W., Bergner, D., Sailer, D. & Berg, G. (1972)  
Untersuchungen zur Zuverlässigkeit quantitativer Immunglobulinbestimmungen (IgG, IgA IgM) durch einfache radiale Immundiffusion.  
Clin. Chim. Acta. 39(1): 59-70.
- Greilinger, H. & Gressner, M. (1995)  
Quantitative Analyseverfahren in der klinischen Chemie.  
In: Lehrbuch der klinischen Chemie und Pathobiochemie., Hrsg. H. Greilinger & M. Gressner  
3. Auflage, S. 128,  
Stuttgart: Schattauer, ISBN 978-3-7945-1548-6.
- Gueguen, L. (1961)  
La composition minerale du lait et son adaptation aux besoin du jeune.  
Annl. Nutr. Aliment. 25(): 335-381.
- Gulliksen, S. M., Lie, K. I., Sølverød, L. & Østerås, O. (2008)  
Risk factors associated with colostrum quality in norwegian dairy cows.  
J. Dairy Sci. 91(2): 704-712.
- Gürtler, H. & Schweigert, F. J. (2005)  
Physiologie der Laktation.  
In: Physiologie der Haustiere., Hrsg. W. Engelhardt & G. Breves  
2. Auflage, Kap. 20, S. 554, 560, 566-567, 571-573,  
Stuttgart: Enke, ISBN 978-3-8304-1039-3.
- Guy, M. A., McFadden, T. B., Cockrell, D. C. & 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. & Besser, T. E. (1994b)  
Regulation of colostrum formation in beef and dairy cows.  
J. Dairy Sci. 77(10): 3002-3007.
- Habener, J. F., Rosenblatt, M. & Potts, J. T., Jr. (1984)  
Parathyroid hormone: biochemical aspects of biosynthesis, secretion, action, and metabolism.  
Physiological Reviews. 64(3): 985-1053.
- Hädrich, G. (2006)  
Untersuchungen zu der Entwicklung der Körperkondition, dem peripartalen Stoffwechsel und der Morbidität von Hochleistungskühen.  
Universität Leipzig, Dissertation, S. 93.
- Hadsell, D. L., Baumrucker, C. R. & Kensinger, R. S. (1993)  
Effects of elevated blood insulin-like growth factor-I (IGF-I) concentration upon IGF-I in bovine mammary secretions during the colostrum phase.  
Journal of Endocrinology. 137(2): 223-230.

- Hallmann, L. (1980)  
Klinische Chemie und Mikroskopie.  
11. Auflage, S. 232, 601,  
Stuttgart: Thieme, ISBN: 3133407112.
- Harmon, R. J., Schanbacher, F. L., Ferguson, L. C. & Smith, K. L. (1976)  
Changes in lactoferrin, immunoglobulin G, bovine serum albumin, and alpha-lactalbumin during acute experimental and natural coliform mastitis in cows.  
Infection and immunity. 13(2): 533-542.
- Hartmann, P. E. (1973)  
Changes in the composition and yield of the mammary secretion of cows during the initiation of lactation.  
Journal of Endocrinology. 59(2): 231-247.
- Hidioglou, M. & Proulx, J. G. (1982)  
Factors affecting the calcium, magnesium and phosphorus content of beef cow milk.  
Can. J. Comp. Med. 46(2): 212-214.
- Hoenderop, J. G. J., Nilius, B. & Bindels, R. J. M. (2005)  
Calcium absorption across epithelia.  
Physiol. Rev. 85(1): 373-422.
- Horn, J. (2013)  
Konzentrationen der Immunglobuline IgG1, IgG2 und IgM im peripartalen Zeitraum bei Hochleistungsmilchkühen unter Berücksichtigung der Energiebilanz sowie der Fütterung mit konjugierten Linolsäuren.  
Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation, S. 67.
- Horst, R. L. (1986)  
Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in the dairy cow.  
J. Dairy Sci. 69(2): 604-616.
- Horst, R. L., Goff, J. P. & McCluskey, B. J. (2003) Prevalence of subclinical hypocalcemia in U.S. dairy operations.  
Prevalence of subclinical hypocalcemia in U.S. dairy operations.  
Production diseases in farm animals: 12th international conference, East Lansing, Michigan, USA, Wageningen Academic Publishers  
S. 215, ISBN: 9076998574.
- Horst, R. L., Goff, J. P. & Reinhardt, T. A. (1994)  
Calcium and vitamin D metabolism in the dairy cow.  
J. Dairy Sci. 77(7): 1936-1951.
- Horst, R. L., Goff, J. P. & Reinhardt, T. A. (2003)  
Role of vitamin D in calcium homeostasis and its use in prevention of bovine periparturient paresis.  
Acta. Vet. Scand. Suppl. 97(): 35-50.

- Horst, R. L., Goff, J. P., Reinhardt, T. A. & Buxton, D. R. (1997)  
Strategies for Preventing Milk Fever in Dairy Cattle.  
J. Dairy Sci. 80(7): 1269-1280.
- Hosse, Y. (2012)  
Vergleichende Untersuchungen zu den Auswirkungen einer acht- und einer vierwöchigen  
Trockenstehdauer auf die Eutergesundheit bei Milchkühen.  
Freie Universität Berlin, Dissertation, S. 77.
- Huth, F.-W. (1995)  
Die Laktation des Rindes-Analyse, Einfluss, Korrektur.  
1. Auflage,  
Stuttgart: Ulmer, ISBN: 3-8001-4116-7.
- Ingvartsen, K. L., Dewhurst, R. J. & Friggens, N. C. (2003)  
On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance  
that cause production diseases in dairy cattle? A position paper.  
Livest. Prod. Sci. 83(2-3): 277-308.
- Intervet, Intervet Deutschland GmbH (2014)  
Fruchtbarkeitsmanagement-Retrospektive Fruchtbarkeitskennzahlen  
[http://www.fruchtbarkeitsmanagement.de/einfuehrung/retrospektive\\_kennzahlen.asp](http://www.fruchtbarkeitsmanagement.de/einfuehrung/retrospektive_kennzahlen.asp),  
Abgerufen am: 19.06. 2014.
- Ježek, J., Malovrh, T. & Klinkon, M. (2012)  
Serum immunoglobulin (IgG, IgM, IgA) concentration in cows and their calves.  
Acta Agric. Slov. (3): S. 296.
- Kacs Kovics, I., Wu, Z., Simister, N. E., Frenyó, L. V. & Hammarström, L. (2000)  
Cloning and characterization of the bovine MHC class I-like Fc receptor.  
J. Immunol. 164(4): 1889-1897.
- Kehoe, S. I., Heinrichs, A. J., Moody, M. L., Jones, C. M. & Long, M. R. (2011)  
Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrum.  
The Professional Animal Scientist. (27): 176-180.
- Kehoe, S. I., Jayarao, B. M. & 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.
- Kemler, R., Mossmann, H., Strohmaier, U., Kickhöfen, B. & Hammer, D. K. (1975)  
In vitro studies on the selective binding of IgG from different species to tissue sections of the  
bovine mammary gland.  
Eur. J. Immunol. 5(9): 603-608.

- Kichura, T. S., Horst, R. L., Beitz, D. C. & Littledike, E. T. (1982)  
Relationships between prepartal dietary calcium and phosphorus, vitamin D metabolism, and parturient paresis in dairy cows.  
*J. Nutr.* 112(3): 480-487.
- Kimura, K., Reinhardt, T. A. & Goff, J. P. (2006)  
Parturition and hypocalcemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle.  
*J. Dairy Sci.* 89(7): 2588-2595.
- Klimeš, J., Bouska, J., Bouda, J., Dostálová, M. & Toth, J. (1989)  
The effect of subclinical ketosis in dry cows on the composition of the colostrum and on health indicators in newborn calves.  
*Vet. Med. (Praha).* 34(3): S. 129-140.
- Klimeš, J., Jagoš, P., Bouda, J. & Gajdůšek, S. (1986)  
Basic qualitative parameters of cow colostrum and their dependence on season and post partum time.  
*Acta Veterinaria Brno.* 55(1): 23-39.
- Köpf, M. (2013)  
Auswirkungen des Durchmelkens in der Trockenstehphase auf Produktivität, Stoffwechsel und Gesundheit von Milchkühen der Rasse Deutsches Fleckvieh.  
Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation, S. 37, 58.
- Kraft, W. & Dürr, U. M. (2005)  
Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin.  
6. Auflage, S. 268,  
Stuttgart: Schattauer GmbH, ISBN: 3794523083.
- Kratochvil, L. & Veris, J. (1978)  
External effects influencing the amount of colostrum in dairy cows.  
20th International Dairy Congress, Paris,  
S. 11-12.
- Kruse, V. (1970)  
Yield of colostrum and immunoglobulin in cattle at the first milking after parturition.  
*Animal Production* 12(4): 619.
- Kume, S., Nonaka, K. & Oshita, T. (2003)  
Relationship between parity and mineral status in dairy cows during the periparturient period.  
*Animal Science Journal.* 74(3): 211-215.
- Kume, S., Yamamoto, E., Kudo, T., Toharmat, T. & Nonaka, K. (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.

- Kume, S. I. & Tanabe, S. (1993)  
Effect of parity on colostrum mineral concentrations of Holstein cows and value of colostrum as a mineral source for newborn calves.  
J. Dairy Sci. 76(6): 1654-1660.
- Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B. & 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.  
Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation, S. 33, 52, 57, 68.
- Larson, B. L., Heary, H. L., Jr. & Devery, J. E. (1980)  
Immunoglobulin production and transport by the mammary gland.  
J. Dairy Sci. 63(4): 665-671.
- Larson, B. L. & Smith, V. R. (1974)  
Lactation. A comprehensive treatise. Vol. III. Nutrition and biochemistry of milk Maintenance.,  
3. Auflage, S. 217,  
New York: Academic Press, ISBN: 0-12-436703-8.
- Lean, I. J., DeGaris, P. J., McNeil, D. M. & Block, E. (2006)  
Hypocalcemia in dairy cows: meta-analysis and dietary Cation anion difference theory revisited.  
J. Dairy Sci. 89(2): 669-684.
- Levieux, D. & 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(03): 421-430.
- Littledike, E. T. & Goff, J. (1987)  
Interactions of calcium, phosphorus, magnesium and vitamin D that influence their status in domestic meat animals.  
J. Anim. Sci. 65(6): 1727-1743.
- Littledike, E. T., Young, J. W. & Beitz, D. C. (1981)  
Common metabolic diseases of cattle: ketosis, milk fever, grass tetany, and downer cow complex.  
J. Dairy Sci. 64(6): 1465-1482.
- Liu, G. L. *et al.* (2009)  
Factors affecting the transfer of immunoglobulin G1 into the milk of Holstein cows.  
The Veterinary Journal. 182(1): 79-85.

- Logan, E. F. (1977)  
The influence of husbandry on colostrum yield and immunoglobulin concentration in beef cows.  
Br. Vet. J. (133): 120-125.
- Löptien, A. (2005)  
Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Fütterungsfaktoren auf die metabolischen Effekte von Calciumchlorid und Calciumsulfat auf den Mengenelementhaushalt von Milchkühen.  
Freie Universität Berlin, Dissertation, S. 124.
- Losand, B. (2010)  
Auswirkungen einer verkürzten Trockensteherfütterung auf die Stoffwechsellage, Energiebilanz, Abkalbeverhalten, Kolostrumqualität, Milchleistung und Fruchtbarkeitsparameter von Milchkühen.  
Forschungsbericht Mecklenburg Vorpommern, Gut Dummerdorf GmbH, Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, Universität Gießen.
- Losand, B., (2012)  
Verkürzt trocken stellen ist keine Allzweckwaffe für Milchkühe.  
In: Beiträge zur Milchproduktion-Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg Vorpommern, Heft 49: 18-25.
- Mancini, G., Carbonara, A. O. & Heremans, J. F. (1965)  
Immunochemical quantitation of antigens by single radial immunodiffusion.  
Immunochemistry. 2(3): 235-IN236.
- Mansfeld, R., Sauter-Louis, C. & Martin, R. (2012a)  
Auswirkungen der Länge der Trockenstehzeit bei Milchkühen auf Leistung, Gesundheit, Fruchtbarkeit und Kolostrumqualität.  
Tierarztl. Prax. Ausg. G. Grosstiere Nutztiere. 40(4): 239-250.
- Mansfeld, R., Sauter-Louis, C. & Martin, R. (2012b)  
Effects of dry period length on milk production, health, fertility, and quality of colostrum in dairy cows. Invited review.  
Tierarztl. Prax. 40(4): 239-250.
- Martig, J. (2002)  
Hypokalzämische Gebärlähmung.  
In: Innere Medizin und Chirurgie des Rindes., Hrsg. G. Dirksen, H.D. Gründer, & M. Stöber  
4. Aufl., S. 1245-1254,  
Stuttgart: MVS Medizinverlage, ISBN: 978-3-8304-4053-6.
- Maunsell, F. P. *et al.* (1998)  
Effects of mastitis on the volume and composition of colostrum produced by holstein cows.  
J. Dairy Sci. 81(5): 1291-1299.

- McGee, M., Drennan, M. J. & Caffrey, P. J. (2006)  
Effect of age and nutrient restriction pre partum on beef suckler cow serum immunoglobulin concentrations, colostrum yield, composition and immunoglobulin concentration and immune status of their progeny.  
Irish Journal of Agricultural & Food Research. 45(2): 157-171.
- Mechor, G. D., Gröhn, Y. T., McDowell, L. R. & 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. & 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.
- Meinecke, B. (2005)  
Endokrinologie.  
In: Physiologie der Haustiere., Hrsg. W. Engelhardt & G. Breves  
2. Auflage, Kap. 20, S. 482,  
Stuttgart: Enke, ISBN 978-3-8304-1039-3.
- Mellor, D. J. & Murray, L. (1985)  
Effects of maternal nutrition on udder development during late pregnancy and on colostrum production in Scottish Blackface ewes with twin lambs.  
Res. Vet. Sci. 39(2): 230-234.
- Montag, N. (2005)  
Experimentelle Untersuchungen der Effekte verschiedener Salze auf den Säure-Basen-Haushalt bei Milchkühen.  
Freie Universität Berlin, Dissertation, S. 2, 115.
- Montalbetti, N., Dalghi, M., Albrecht, C. & Hediger, M. (2014)  
Nutrient transport in the mammary gland: calcium, trace minerals and water soluble vitamins.  
J. Mammary Gland Biol. Neoplasia. 19(1): 73-90.
- Moore, M., Tyler, J. W., Chigerwe, M., Dawes, M. E. & Middleton, J. R. (2005)  
Effect of delayed colostrum collection on colostral IgG concentration in dairy cows.  
J. Am. Vet. Med. Assoc. 226(8): 1375-1377.
- Morin, D. E., Constable, P. D., Maunsell, F. P. & McCoy, G. C. (2001)  
Factors associated with colostral 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. & Constable, P. D. (2010)  
Effect of colostral volume, interval between calving and first milking, and photoperiod on colostral IgG concentrations in dairy cows.  
J. Am. Vet. Med. Assoc. 237(4): 420-428.

- Muller, L. D. & Ellinger, D. K. (1981)  
Colostrum immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle.  
J. Dairy Sci. 64(8): 1727-1730.
- Nardone, A., Lacetera, N., Bernabucci, U. & 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.
- Neville, M. (2005)  
Calcium secretion into milk.  
J. Mammary Gland. Biol. Neoplasia. 10(2): 119-128.
- Oehlschlaeger, S. (2006)  
Mineralstoff-, Spurenelement- und Vitamingehalte im Blutserum bei erstlaktierenden Kühen (Deutsche Holstein) in Abhängigkeit von deren Versorgungsniveau.  
Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation, S. 124.
- Ostersen, S., Foldager, J. & Hermansen, J. E. (1997)  
Effects of stage of lactation, milk protein genotype and body condition at calving on protein composition and renneting properties of bovine milk.  
J. Dairy Res. 64(02): 207-219.
- Oyeniyi, O. O. & Hunter, A. G. (1978)  
Colostrum Constituents including Immunoglobulins in the First Three Milkings Postpartum.  
J. Dairy Sci. 61(1): 44-48.
- Porwollik, C. (1990)  
Einfluß unterschiedlicher Fütterungsregimes auf die Kolostruminhaltsstoffe und die Gesundheit neugeborener Kälber.  
Freie Universität Berlin, Dissertation, S. 18.
- Pritchett, L. C., Gay, C. C., Besser, T. E. & Hancock, D. D. (1991)  
Management and production factors influencing immunoglobulin G1 concentration in colostrum from Holstein cows  
J. Dairy Sci. 74(7): 2336-2341.
- Quigley, J. D., Martin, K. R., Dowlen, H. H., Wallis, L. B. & Lamar, K. (1994)  
Immunoglobulin concentration, specific gravity, and nitrogen fractions of colostrum from jersey cattle.  
J. Dairy Sci. 77(1): 264-269.
- Rademacher, G., Boehringer Ingelheim Vetmedica GmbH (2014)  
Optimale Kolostrumversorgung ist die Basis für gesunde Kälber.  
[http://www.tiergesundheitundmehr.de/aktuell/r\\_kolostrumversorgung\\_0212.html](http://www.tiergesundheitundmehr.de/aktuell/r_kolostrumversorgung_0212.html) Abgerufen am: 31.07.2014.

- Reinhardt, T. A., Lippolis, J. D., McCluskey, B. J., Goff, J. P. & Horst, R. L. (2011)  
Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds.  
Veterinary journal. 188(1): 122-124.
- Reinhardt, T. A., Lippolis, J. D., Shull, G. E. & Horst, R. L. (2004)  
Null mutation in the gene encoding plasma membrane Ca<sup>2+</sup>-ATPase isoform 2 impairs calcium transport into milk.  
Journal of Biological Chemistry. 279(41): 42369-42373.
- Reusch, M. (1966)  
Papiererelektrophoretische Untersuchungen über die quantitativen Verhältnisse der Serumfraktionen des Blutes von Muttertieren und Kälbern sowie des Kolostrums.  
Tierärztliche Hochschule Hannover, Dissertation, S. 29.
- Robison, J. D., Stott, G. H. & DeNise, S. K. (1988)  
Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer.  
J. Dairy Sci. 71(5): 1283-1287.
- Rocha, T. G., Franciosi, C., Nociti, R. P., Silva, P. C., Sampaio, A. A. M. & Fagliari, J. J. (2014)  
Influence of parity on concentrations of enzymes, proteins, and minerals in the milk of cows.  
Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 66(1): 315-320.
- Rodens, B. (2013)  
Refraktometer erleichtern die Bestimmung der Kolostrumqualität.  
Elite-Magazin für Milcherzeuger,  
<http://www.elite-magazin.de/herdenmanagement/Refraktometer-erleichtern-die-Bestimmung-der-Kolostrumqualitaet-1249163.html>,  
abgerufen am: 08.10.2013.
- Roder, A., Spengler, M., Zabel, P., Möhringer, F. & Staufenbiel, R. (2012)  
Untersuchungen zur postpartalen Kalziumkonzentration im Blutserum von Milchkühen.  
Vortrag, Klinik für Kleintiere an der Freien Universität Berlin.
- Romo, G. A., Kellems, R. O., Powell, K. & Wallentine, M. V. (1991)  
Some blood minerals and hormones in cows fed variable mineral levels and ionic balance.  
J. Dairy Sci. 74(9): 3068-3077.
- Scholz, H., Knutzen, G., Fischer, B. & Wahner, M. (2011)  
Factors of influence on the quality of colostrum from dairy cows.  
Züchtungskunde. 83(6): 396-405.
- Schröder, U. & Staufenbiel, R. (2003)  
Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung Teil 3: Berechnung von Referenzwerten.  
Tierarztl. Prax. 31(6): 300-307.

- Schröder, U. J. (2000)  
Untersuchungen zur Konditionsbeurteilung mittels ultrasonografischer Messung der Rückenfettdicke als Grundlage zur Anwendung in der Bestandsbetreuung von Milchviehherden.  
Freie Universität Berlin, Dissertation, S. 154-157.
- Selman, I., McEwan, A. & Fisher, E. (1971)  
Absorption of immune lactoglobulin by newborn dairy calves. Attempts to produce consistent immune lactoglobulin absorptions in newborn dairy calves using standardised methods of colostrum feeding and management.  
Res. Vet. Sci. 12( ): 205-210.
- Shappell, N. W., Herbein, J. H., Deftos, L. J. & Aiello, R. J. (1987)  
Effects of dietary calcium and age on parathyroid hormone, calcitonin and serum and milk minerals in the periparturient dairy cow.  
J. Nutr. 117(1): 201-207.
- Shearer, J., Mohammed, H. O., Brenneman, J. S. & 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.
- Shell, T. M., Early, R. J., Carpenter, J. R. & Buckley, B. A. (1995)  
Prepartum nutrition and solar radiation in beef cattle: II. Residual effects on postpartum milk yield, immunoglobulin, and calf growth.  
J. Anim. Sci. 73(5): 1303-1309.
- Smith, K. L., Muir, L. A., Ferguson, L. C. & Conrad, H. R. (1971)  
Selective transport of IgG1 into the mammary gland: role of estrogen and progesterone.  
J. Dairy Sci. 54(12): 1886-1894.
- Staufenbiel, R. (1993)  
Energie-und Fettstoffwechsel des Rindes unter besonderer Berücksichtigung der Messung der Rückenfettdicke und der Untersuchung von Fettgewebe.  
Freie Universität Berlin, Habilschr. med. vet.,
- Staufenbiel, R. (1997)  
Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe sonografischer Rückenfettdicke Messung.  
Prakt. Tierarzt coll.vet. XXVII. 87-92.
- Staufenbiel, R., Borchardt, S., Zechner, G. & Martens, H. (2008)  
Untersuchungen zur diagnostischen Aussagekraft der NEFA im Vergleich zu anderen Parametern bei der Bewertung des Energiestoffwechsels der Milchkuh im peripartalen Zeitraum.  
Tagungsband 7. Berlin-Brandenburgischer Rindertag, Berlin,  
S. 200-203.
- Staufenbiel, R. & Schröder, U. (2004a)  
Körperkonditionsbeurteilung durch Ultraschallmessung der Rückenfettdicke-physiologische Grundlagen.  
Veterinärspiegel. 3(-): 227-230.

- Staufenbiel, R. & Schröder, U. (2004b)  
Körperkonditionsbeurteilung durch Ultraschallmessung der Rückenfettdicke.  
Veterinärspiegel. 2149-155.
- Stelwagen, K., Carpenter, E., Haigh, B., Hodgkinson, A. & Wheeler, T. T. (2009)  
Immune components of bovine colostrum and milk.  
J. Anim. Sci. 87(13 Suppl): 3-9.
- Stengel, K. H. (1998)  
Immunglobulin G-Bestimmungen im Blutserum neugeborener Kälber in den ersten zehn  
Lebenstagen sowie im Kolostrum derer Mütter mittels eines neu entwickelten kompetitiven ELISA.  
Universität Gießen, Dissertation, S. 91, 122.
- Stevenson, J. S. & Call, E. P. (1988)  
Reproductive disorders in the periparturient dairy cow.  
J. Dairy Sci. 71(9): 2572-2583.
- Stockdale, C. R. & 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.  
Animal Production in Australia. Proceedings of the Australian Society of Animal Production, S.  
176-179.
- Sugeil, K., Zakharenko, N. & Mel'nikove, N. (1989)  
Seasonal changes in the mineral composition of colostrum and milk whey of cows.  
Ukr. Biokhim. Zh. 61(1): 92-94.
- Thurmann, J.-P. & Staufenbiel, R. (2012)  
Circadiane Veränderungen von klinisch-chemischen Laborparametern.  
Vortrag, Klinik für Klauentiere an der Freien Universität Berlin.
- Tsioulpas, A., Grandison, A. S. & Lewis, M. J. (2007)  
Changes in physical properties of bovine milk from the colostrum period to early lactation.  
J. Dairy Sci. 90(11): 5012-5017.
- Tveit, B., Svendsen, M. & Hove, K. (1991)  
Heritability of hypocalcemia at first parturition in norwegian cattle: genetic correlations with yield  
and weight.  
J. Dairy Sci. 74(10): 3561-3567.
- VanHouten, J. *et al.* (2004)  
The calcium-sensing receptor regulates mammary gland parathyroid hormone-related protein  
production and calcium transport.  
J. Clin. Invest. 113(4): 598-608.
- Vann, R. C., Holloway, J. W., Carstens, G. E., Boyd, M. E. & Randel, R. D. (1995)  
Influence of calf genotype on colostrum immunoglobulins in *Bos taurus* and *Bos indicus* cows and  
serum immunoglobulins in their calves  
Journal of animal science. 73(10): 3044-3050.

- Wallace, J. M., Milne, J. S., Redmer, D. A. & Aitken, R. P. (2006)  
Effect of diet composition on pregnancy outcome in overnourished rapidly growing adolescent sheep.  
Br. J. Nutr. 96(06): 1060-1068.
- Winger, K., Gay, C. C. & Besser, T. E. (1995)  
Immunoglobulin G1 transfer into induced mammary secretions: the effect of dexamethasone.  
J. Dairy Sci. 78(6): 1306-1309.
- Wu, W. X., Liu, J. X., Xu, G. Z. & Ye, J. A. (2008)  
Calcium homeostasis, acid–base balance, and health status in periparturient Holstein cows fed diets with low cation–anion difference.  
Livest. Sci. 117(1): 7-14.
- Yarrington, J. T., Capen, C. C., Black, H. E. & Re, R. (1977)  
Effects of a low calcium prepartal diet on calcium homeostatic mechanisms in the cow: morphologic and biochemical studies.  
Journal of Nutrition. 107(12): 2244-2256.
- Zarcula, S. *et al.* (2010)  
Influence of breed, parity and food intake on chemical composition of first colostrum in cow.  
Animal Science and Biotechnologies 2010. 43(1): 154-157.

## 12 Anhang

### 12.1 Deskriptive Beschreibung des Datensatzes

Tabelle 125: Absolute und relative Tierzahlen bei nominalen/ordinalen Variablen

Variable		n	%
Laktationszahl	1	659	28,9
	2	627	27,5
	3	542	23,8
	4	195	8,6
	5	153	6,7
	6	60	2,6
	7	27	1,2
	8	4	0,2
	9	6	0,3
	10	4	0,2
	gesamt	2277	100
Geburtsverlauf	ohne Beobachtung	259	11,4
	mit Beobachtung	1283	56,4
	leichte Geburtshilfe	522	22,9
	Schwerg Geburt	209	9,2
	Kaiserschnitt	2	0,1
	gesamt	2275	100
Lebend-/Totgeburten	lebende Kälber	2151	94,4
	Totgeburten	121	5,3
	eine Lebens- und eine Totgeburt	6	0,3
	gesamt	2278	100
Anzahl geborener Kälber	Einling	2155	94,6
	Zwilling	122	5,3
	Drilling	1	0,0
	gesamt	2278	100

## Anhang

Variable		n	%
Kälbergeschlecht	männlich	1161	51
	weiblich	1056	46,4
	männlich und weiblich	59	2,6
Jahreszeit	Frühling 2012	159	13,9
	Sommer 2012	211	24,3
	Herbst 2012	628	27,6
	Winter 2012	625	27,4
	Frühling 2013	154	6,8
	gesamt	2149	100
Kalbemonat	April 2012	134	5,9
	Mai 2012	182	8
	Juni 2012	176	7,7
	Juli 2012	176	7,7
	August 2012	203	8,9
	September 2012	239	10,5
	Oktober 2012	201	8,8
	November 2012	188	8,3
	Dezember 2012	235	10,3
	Januar 2013	215	9,4
	Februar 2013	175	7,7
	März 2013	154	6,8
	gesamt	2278	100
Harn pH	0-5,5	46	21
	5,5-6	45	20,5
	6,1-6,5	28	12,8
	6,6-7,5	65	29,7
	7,5-8,5	35	16
	gesamt	219	100

## Anhang

Variable		n	%
Uhrzeit der Abkalbung	0-2 Uhr	164	7,2
	2-4 Uhr	156	6,9
	4-6 Uhr	173	7,6
	6-8 Uhr	149	6,6
	8-10 Uhr	202	8,9
	10-12 Uhr	230	10,1
	12-14 Uhr	249	11,0
	14-16 Uhr	251	11,0
	16-18 Uhr	209	9,2
	18-20 Uhr	163	7,2
	20-22 Uhr	189	8,2
	22-24 Uhr	138	6,1
	gesamt	2273	100
Erkrankungen Trockenstehzeit	keine Erkrankung	2297	98,8
	Lahmheit	28	1,2
	gesamt	2325	100
Erkrankungen innerhalb der ersten 3 Tage p.p.	keine Erkrankung	2054	88,3
	Gebärparese	138	5,9
	Nachgeburtverhalten	38	1,6
	Metritis	38	1,6
	Ketose	10	0,4
	Mastitis	11	0,5
	Lahmheit	36	1,5
	gesamt	2325	100
Anzahl der Besamungen	1	621	44,1
	2	379	26,9
	3	192	13,6
	4	111	7,9
	5	59	4,2
	6	31	2,2
	7	9	0,6
	8	2	0,1
	9	3	0,2
	10	2	0,1
	gesamt	1409	100

## 12.2 Korrelationstabellen

Tabelle 126: Korrelation und Regression der Milchmengen mit der Kolostrummenge

Variable	n	R <sup>2</sup>	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
MM 1 (kg)	1350	0,093	0,000	0,123	137,897	0,305	0,000
MM 2 (kg)	1586	0,115	0,000	0,128	205,176	0,339	0,000
MM 3 (kg)	1611	0,125	0,000	0,128	229,234	0,353	0,000
MM 4 (kg)	1654	0,098	0,000	0,109	180,176	0,314	0,000
MM 5 (kg)	1627	0,090	0,000	0,099	161,418	0,301	0,000
MM 6 (kg)	1597	0,083	0,000	0,095	143,536	0,287	0,000
MM 7 (kg)	1593	0,073	0,000	0,087	126,122	0,271	0,000
MM 7a (kg)	1805	0,113	0,000	0,121	230,540	0,337	0,000
MM 14a (kg)	1803	0,109	0,000	0,112	220,529	0,330	0,000
MM 21a (kg)	1798	0,087	0,000	0,101	170,910	0,295	0,000
MM 28a (kg)	1793	0,073	0,000	0,091	141,002	0,270	0,000
MM 35a (kg)	1787	0,077	0,000	0,092	148,558	0,277	0,000
MM 42a (kg)	1784	0,074	0,000	0,090	143,057	0,273	0,000
100 TL (kg)	1042	0,139	0,000	0,002	168,573	0,373	0,000

a: Milchmengenmittel, p: Signifikanz, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

Tabelle 127: Korrelation und Regression der Milchmengen mit der Kolostrumqualität

Variable	n	R <sup>2</sup>	p	B	F	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
MM 1 (kg)	1212	0,004	0,029	- 0,078	4,768	- 0,063	0,029*
MM 2 (kg)	1421	0,003	0,046	- 0,059	3,982	- 0,053	0,046*
MM 3 (kg)	1440	0,002	0,089	- 0,048	2,903	- 0,007	0,795
MM 4 (kg)	1462	0,002	0,102	- 0,045	2,683	- 0,043	0,102
MM 5 (kg)	1437	0,002	0,134	- 0,040	2,243	- 0,040	0,134
MM 6 (kg)	1411	0,002	0,089	- 0,045	2,902	- 0,045	0,089
MM 7 (kg)	1407	0,005	0,007	- 0,069	7,265	- 0,072	0,007*
MM 7a (kg)	1595	0,001	0,145	- 0,039	2,125	- 0,037	0,145
MM 14a (kg)	1593	0,004	0,016	- 0,062	5,783	- 0,060	0,016*
MM 21a (kg)	1589	0,002	0,074	- 0,047	3,205	- 0,045	0,074
MM 28a (kg)	1585	0,002	0,081	- 0,045	3,043	- 0,044	0,081
MM 35a (kg)	1579	0,003	0,028	- 0,057	4,841	- 0,055	0,028*
MM 42a (kg)	1576	0,002	0,080	- 0,045	3,073	- 0,044	0,080
100 TL (kg)	960	0,008	0,004	- 0,001	8,205	- 0,092	0,004*

a: Milchmengenmittel, p: Signifikanz, r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson,

\* signifikante Korrelation ( p < 0,05)

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

## Anhang

Tabelle 128: Korrelation von normalverteilten, metrischen Variablen mit der Calciumkonzentration im Kolostrum

Variable	n	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
Menge (kg)	205	- 0,013	0,859
Gewicht (kg)	202	0,054	0,442
EKA (m)	55	- 0,160	0,245
Td (d)	208	0,038	0,583
RFD 1 (mm)	115	0,237	0,011*
RFD 2 (mm)	165	0,139	0,074
RFD 3 (mm)	208	0,063	0,365
RFD 4 (mm)	161	0,012	0,876
RFD 5 (mm)	177	- 0,016	0,833
TS 1 (d)	148	0,172	0,037*
TS 2 (d)	147	0,092	0,269
TS ges. (d)	154	0,221	0,006*
VZ (d)	55	0,037	0,788
Ig (g/l)	209	0,399	0,000*
Ca 0	205	- 0,040	0,571
Ca 1	208	- 0,038	0,586
Ca 7	202	- 0,080	0,260
P 0	201	- 0,073	0,304
P 1	206	- 0,087	0,214
P 7	201	- 0,071	0,315
NEFA 0	201	0,038	0,591
NEFA 1	207	0,173	0,013*
NEFA 7	204	0,230	0,001*
BHB 0	201	- 0,011	0,881
BHB 1	206	0,049	0,486
BHB 7	203	0,080	0,255

\* signifikante Korrelation ( p < 0,05) nach Pearson

## Anhang

Variable	n	r <sub>p</sub>	p r <sub>p</sub>
MM 1 (kg)	134	- 0,82	0,345
MM 2 (kg)	161	- 0,125	0,116
MM 3 (kg)	162	- 0,135	0,087
MM 4 (kg)	162	- 0,131	0,096
MM 5 (kg)	159	- 0,153	0,054*
MM 6 (kg)	159	- 0,147	0,065
MM 7 (kg)	159	- 0,126	0,113
MM 7a (kg)	172	- 0,198	0,009*
MM 14a (kg)	170	- 0,185	0,016*
MM 21a (kg)	170	- 0,180	0,019*
MM 28a (kg)	170	- 0,160	0,037*
MM 35a (kg)	170	- 0,174	0,024*
MM 42a (kg)	170	- 0,181	0,018*
100 TL (kg)	107	- 0,150	0,122

r<sub>p</sub>: Korrelationskoeffizient Pearson, p: Signifikanzniveau, \* signifikante Korrelation ( p < 0,05)

p r<sub>p</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Pearson

Tabelle 129: Korrelation von nominalen/ordinalen bzw. nicht normalverteilten metrischen Variablen mit der Calciumkonzentration im Kolostrum

Variable	n	r <sub>s</sub>	p r <sub>s</sub>
Laktationszahl	209	- 0,054	0,436
Geburtsverlauf	209	0,067	0,336
Lebend/tot	209	- 0,055	0,428
Kälberanzahl	209	- 0,069	0,319
Kälbergeschlecht	209	- 0,041	0,560
Kalbemonat	209	- 0,176	0,011*
Uhrzeit Abkalbung	209	0,097	0,162
Erkrankungen TS	209	- 0,007	0,921
Erkrankungen 3 d p.p.	209	- 0,118	0,088
Anzahl Besamungen	127	- 0,057	0,522
Güstzeit	127	- 0,019	0,832

r<sub>s</sub>: Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho, p: Signifikanz, \* signifikante Korrelation ( p < 0,05)

p r<sub>s</sub>: Signifikanzniveau des Korrelationskoeffizienten Spearman-Rho

## Anhang

Tabelle 130: Untersuchte Einflussfaktoren durch Conneely, et al und in der eigenen Untersuchung

untersuchte Einflussfaktoren	Conneely et al. (2013)	eigene Untersuchung
Laktationszahl	x	x
Geburtsverlauf	x	x
Totgeburten	x	x
Kälberanzahl		x
Kälbergeschlecht	x	x
Kälbergewicht	x	x
Erstkalbealter		x
Trächtigkeitsdauer		x
Uhrzeit der Abkalbung	x	x
Zeitspanne bis 1. Melken	x	
Kalbemonat	x	x
Väter		x
Güstzeit		x
Anzahl der Besamungen		x
Kondition	x <sup>1</sup>	x <sup>2</sup>
Körpergewicht	x	
Trockenstehdauer	x	x
Erkrankungen		x
Blutparameter		x
Milchmenge	x	x
Fütterung	x	
Zuchtparameter	x	

<sup>1</sup> BCS, <sup>2</sup> Rückenfettdicke

### 12.3 Prüfung auf Normalverteilung

Tabelle 131: Bewertung der Verteilung der metrischen Variablen

Variable	K-S	Signifikanz	Normalverteilung K-S	Normalvert. neu bewertet
Menge (kg)	0,099	0,000	Nein	Ja
Gewicht (kg)	0,052	0,000	Nein	Ja
EKA (m)	0,171	0,000	Nein	Ja
Td (d)	0,113	0,000	Nein	Ja
RFD 1 (mm)	0,110	0,000	Nein	Ja
RFD 2 (mm)	0,089	0,000	Nein	Ja
RFD 3 (mm)	0,088	0,000	Nein	Ja
RFD 4 (mm)	0,094	0,000	Nein	Ja
RFD 5 (mm)	0,138	0,000	Nein	Ja
TS 1 (d)	0,313	0,000	Nein	Ja
TS 2 (d)	0,089	0,000	Nein	Ja
TS ges. (d)	0,239	0,000	Nein	Ja
VZ (d)	0,075	0,000	Nein	Ja
Cal 0	0,138	0,000	Nein	Ja
Ca 1	0,088	0,000	Nein	Ja
Ca 7	0,095	0,000	Nein	Ja
P 0	0,059	0,000	Nein	Ja
P 1	0,021	0,036	Nein	Ja
P 7	0,048	0,000	Nein	Ja
NEFA 0	0,073	0,000	Nein	Ja
NEFA 1	0,126	0,000	Nein	Ja
NEFA 7	0,108	0,000	Nein	Ja
BHB 0	0,109	0,000	Nein	Ja
BHB 1	0,071	0,000	Nein	Ja
BHB 7	0,171	0,000	Nein	Ja
Ca (mg/l)	0,062	0,047	Nein	Ja
GZ (d)	0,171	0,000	Nein	Nein
Ig (g/l)	0,089	0,000	Nein	Ja

K-S: Kolmogorov-Smirnov-Test

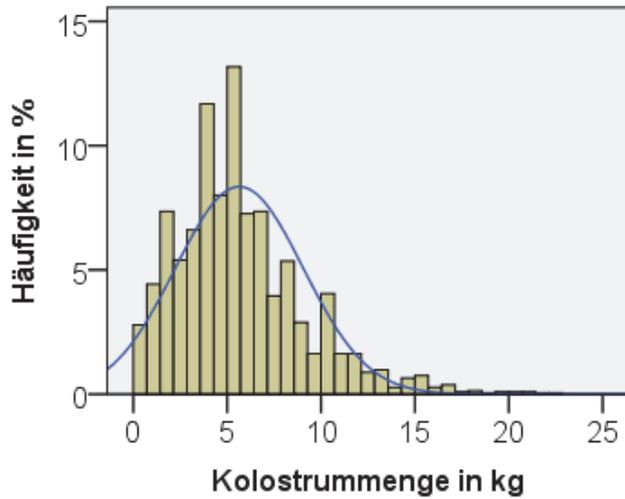


Abbildung 46: Histogramm der Verteilung der Kolostrummenge mit Normalverteilungskurve

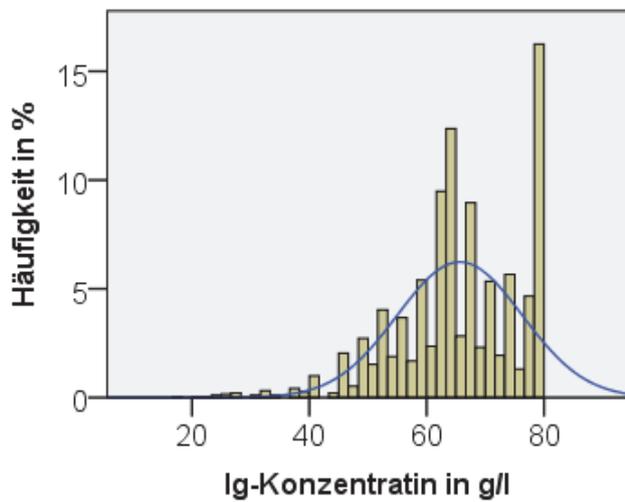


Abbildung 47: Histogramm der Verteilung der Ig-Konzentration mit Normalverteilungskurve

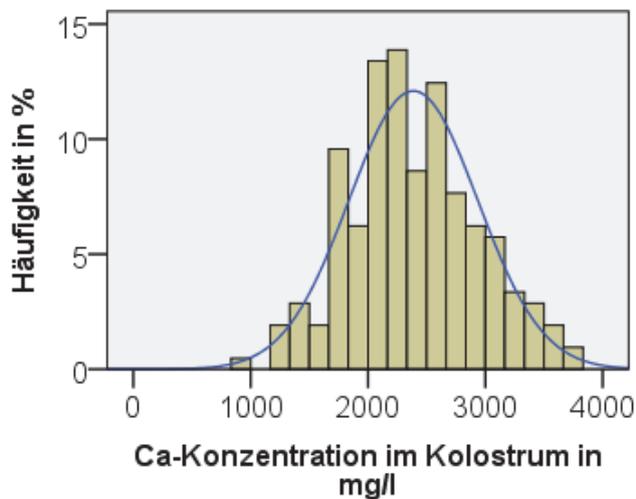


Abbildung 48: Histogramm der Verteilung der Calciumkonzentration mit Normalverteilungskurve

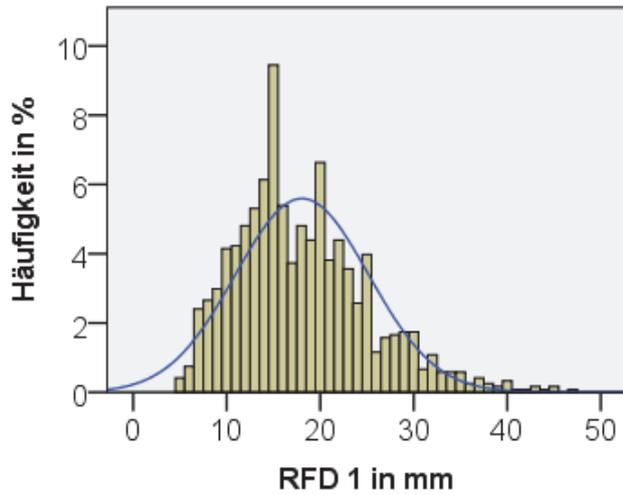


Abbildung 49: Histogramm der Verteilung der Rückenfettdicke zur Einstellung mit Normalverteilungskurve

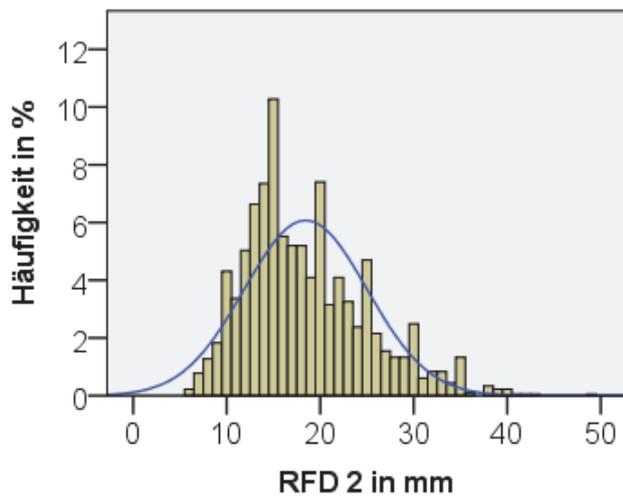


Abbildung 50: Histogramm der Verteilung der Rückenfettdicke zur Umstallung mit Normalverteilungskurve

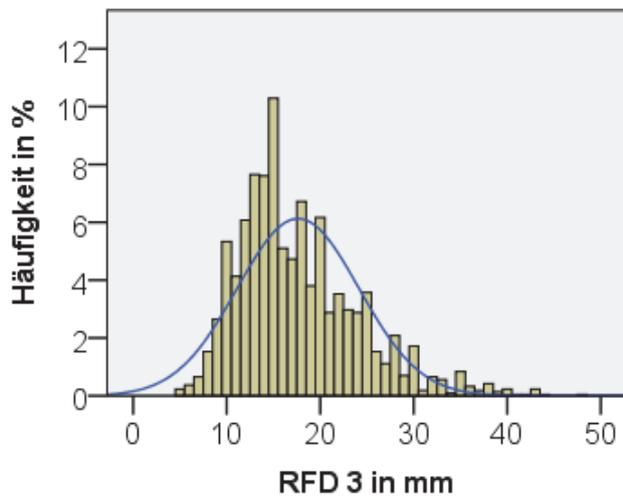


Abbildung 51: Histogramm der Verteilung der Rückenfettdicke zur Kalbung mit Normalverteilungskurve

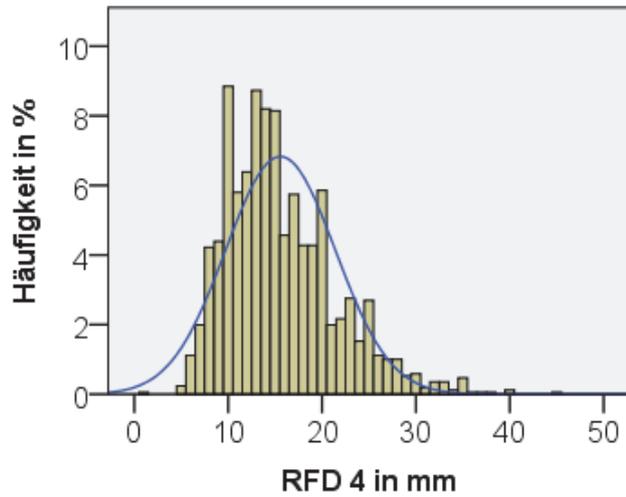


Abbildung 52: Histogramm der Verteilung der Rückenfettdicke zur Ausstellung mit Normalverteilungskurve

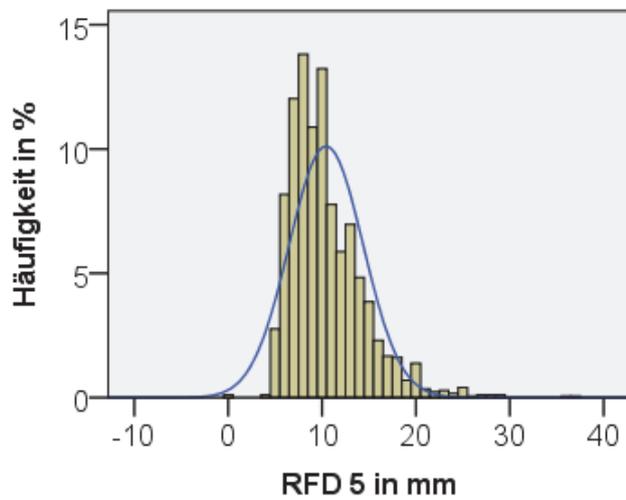


Abbildung 53: Histogramm der Verteilung der Rückenfettdicke 6 Wochen p.p. mit Normalverteilungskurve

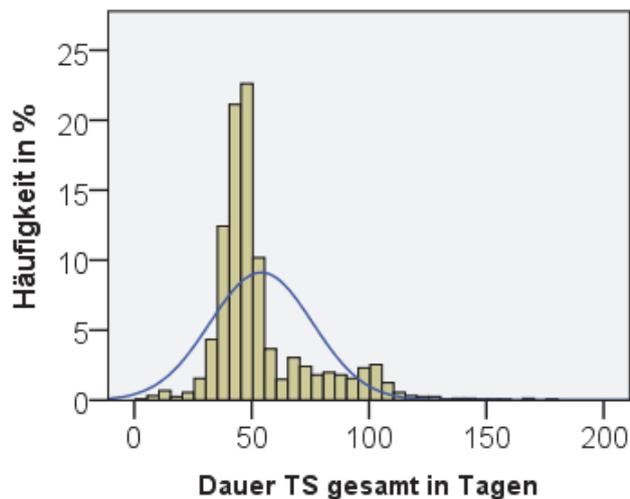


Abbildung 54: Histogramm der Verteilung der Trockenstehdauer bei Kühen mit Normalverteilungskurve

## Anhang

Tabelle 132: Bewertung der Verteilung der Milchmengen

	K-S	Signifikanz	Normalverteilung	Normalverteilung neu bewertet
MM 1 (kg)	0,038	0,000	Nein	Ja
MM 2 (kg)	0,042	0,000	Nein	Ja
MM 3 (kg)	0,049	0,000	Nein	Ja
MM 4 (kg)	0,066	0,000	Nein	Ja
MM 5 (kg)	0,080	0,000	Nein	Ja
MM 6 (kg)	0,060	0,000	Nein	Ja
MM 7 (kg)	0,058	0,000	Nein	Ja
MM 7a (kg)	0,073	0,000	Nein	Ja
MM 14a (kg)	0,085	0,000	Nein	Ja
MM 21a (kg)	0,093	0,000	Nein	Ja
MM 28a (kg)	0,105	0,000	Nein	Ja
MM 35a (kg)	0,098	0,000	Nein	Ja
MM 42a (kg)	0,099	0,000	Nein	Ja
100 TL (kg)	0,078	0,000	Nein	Ja

K-S: Kolmogorov-Smirnov-Test, a: Milchmengenmittelwerte

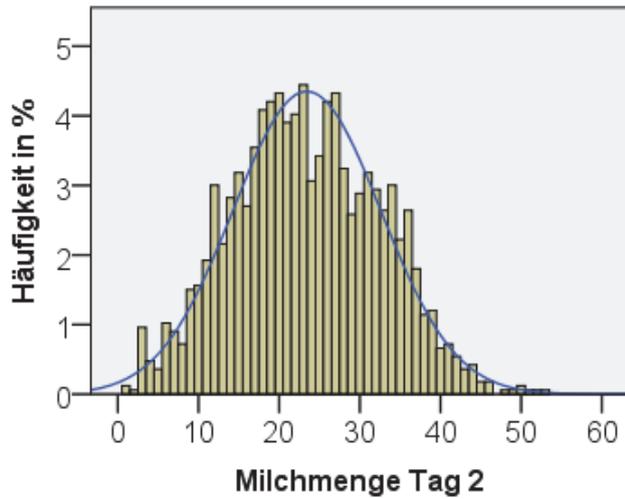


Abbildung 55: Histogramm der Verteilung der Milchmenge am Tag 2 mit Normalverteilungskurve

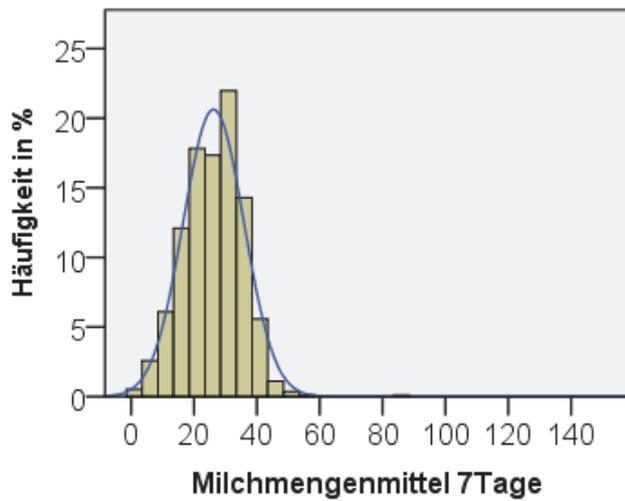


Abbildung 56: Histogramm der Verteilung der mittleren Milchmenge der ersten 7 Tage mit Normalverteilungskurve

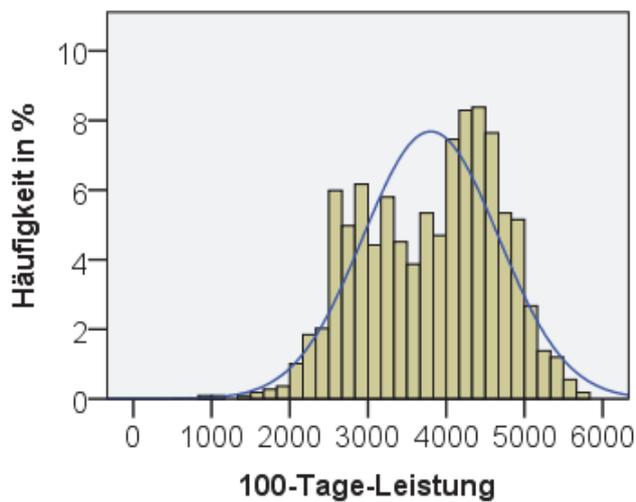


Abbildung 57: Histogramm der Verteilung der 100-Tage-Leistung mit Normalverteilungskurve

## 12.4 Regressionskurven Kolostrummenge

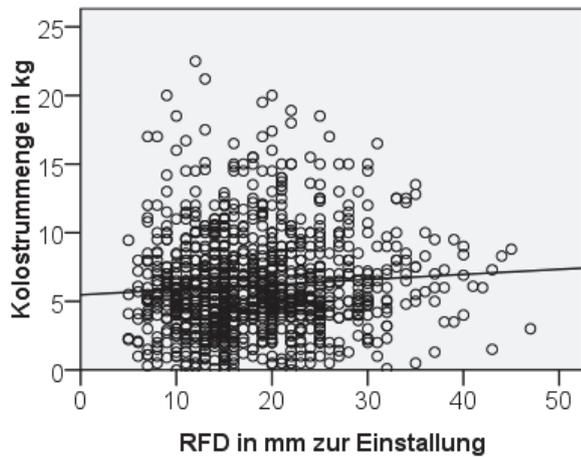


Abbildung 58: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Einstallung und der Kolostrummenge  
 $\text{Kolostrummenge} = 5,475 + 0,037 * \text{RFD } 1$

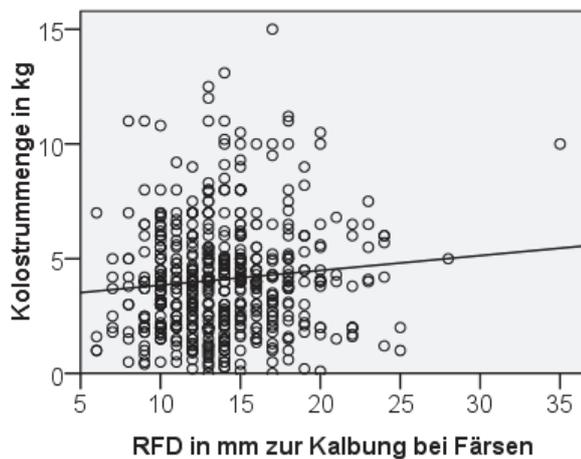


Abbildung 59: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Kalbung und der Kolostrummenge bei Färsen  
 $\text{Kolostrummenge} = 3,2 + 0,065 * \text{RFD } 3$

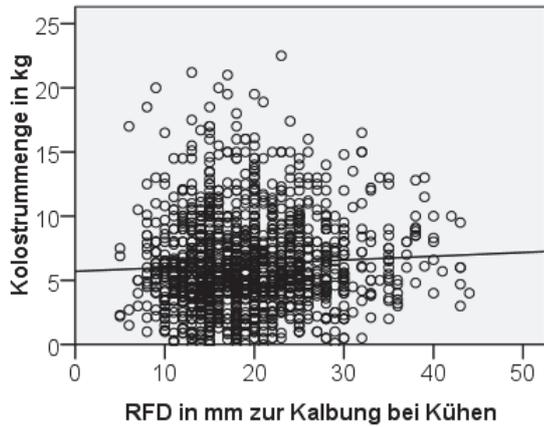


Abbildung 60: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Kalbung und der Kolostrummenge bei Kühen

$$\text{Kolostrummenge} = 5,698 + 0,029 * \text{RFD } 3$$

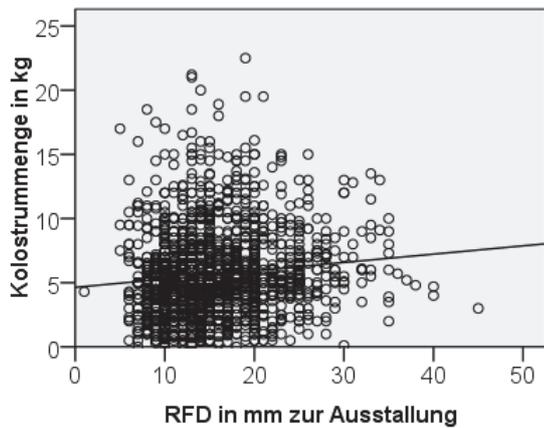


Abbildung 61: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Ausstallung und der Kolostrummenge

$$\text{Kolostrummenge} = 4,639 + 0,065 * \text{RFD } 4$$

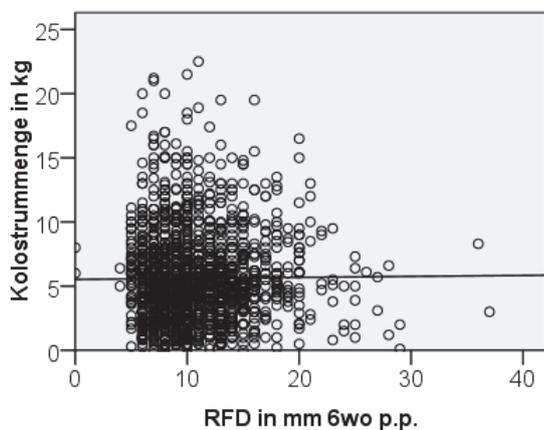


Abbildung 62: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke 6 Wochen p.p. und der Kolostrummenge

$$\text{Kolostrummenge} = 5,526 + 0,008 * \text{RFD } 5$$

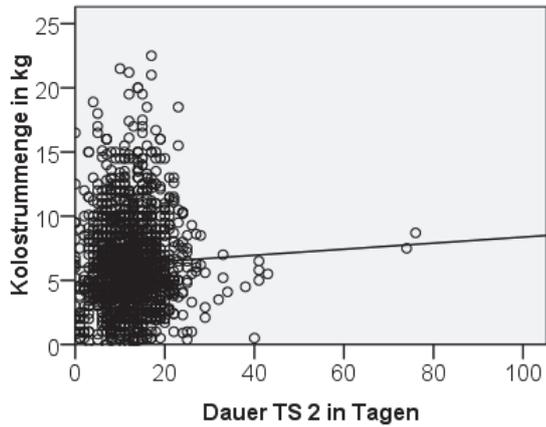


Abbildung 63: Zusammenhang zwischen der Dauer der 2. Trockenstehperiode und der Kolostrummenge  
 $Kolostrummenge = 6,011 + 0,024 * TS\ 2$

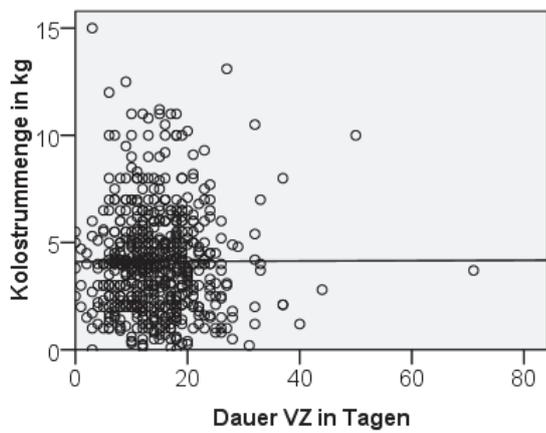


Abbildung 64: Zusammenhang zwischen der Vorbereitungszeit bei Färsen und der Kolostrummenge  
 $Kolostrummenge = 4,107 + 0,01 * VZ$

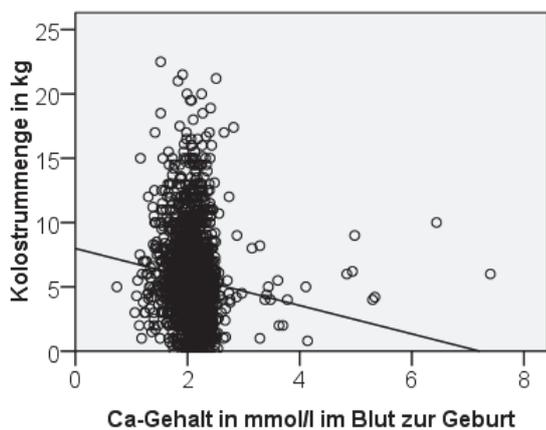


Abbildung 65: Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt im Serum am Tag der Kalbung und der Kolostrummenge  
 $Kolostrummenge = 7,979 - 1,107 * Ca\ 0$

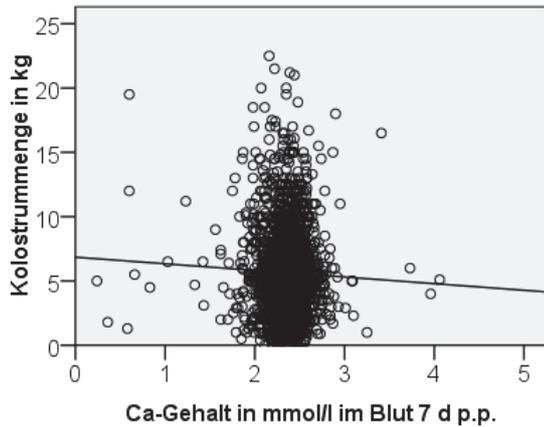


Abbildung 66: Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt im Serum 7 Tage p.p. und der Kolostrummenge  
Kolostrummenge =  $6,850 - 0,515 * Ca_7$

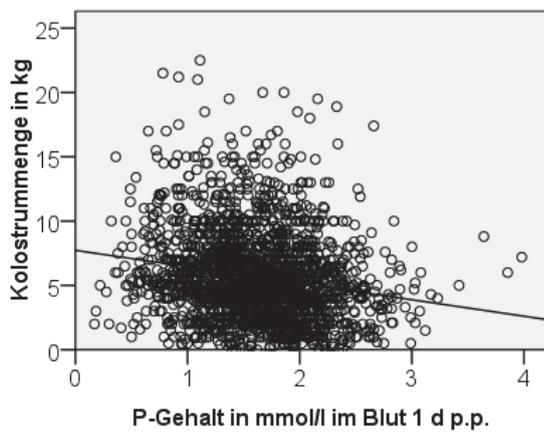


Abbildung 67: Zusammenhang zwischen dem P-Gehalt im Serum einen Tag p.p. und der Kolostrummenge  
Kolostrummenge =  $7,727 - 1,280 * P_1$

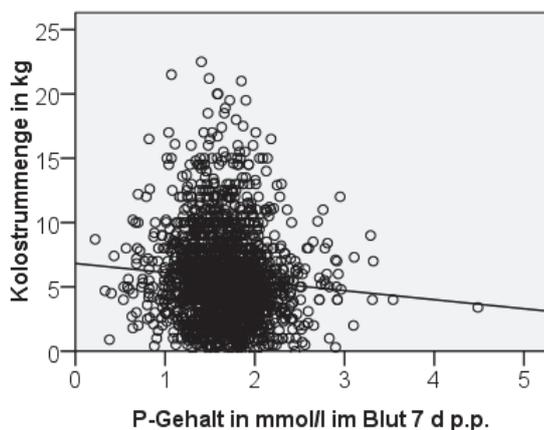


Abbildung 68: Zusammenhang zwischen dem P-Gehalt im Serum 7 Tage p.p. und der Kolostrummenge  
Kolostrummenge =  $6,818 - 0,704 * P_7$

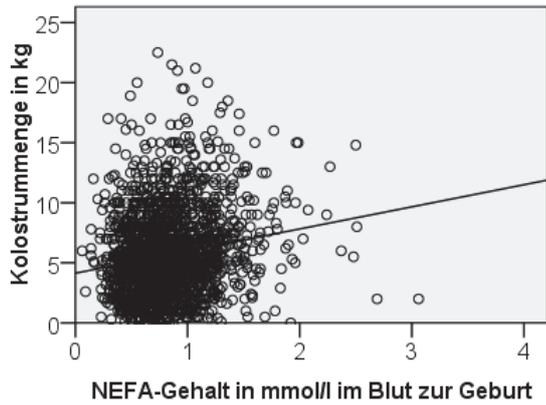


Abbildung 69: Zusammenhang zwischen dem NEFA-Gehalt im Serum am Tag der Kalbung und der Kolostrummenge  
 $\text{Kolostrummenge} = 4,137 + 1,841 * \text{NEFA 0}$

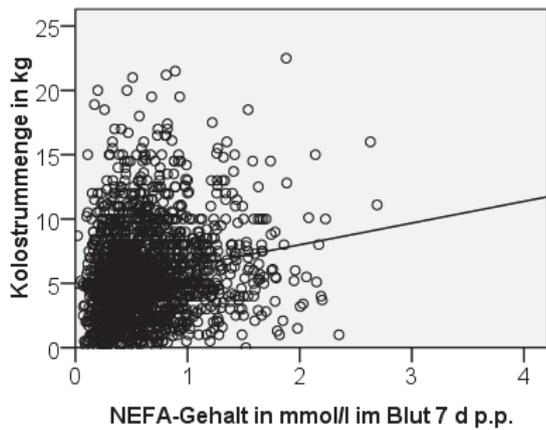


Abbildung 70: Zusammenhang zwischen dem NEFA-Gehalt im Serum 7 Tage p.p. und der Kolostrummenge  
 $\text{Kolostrummenge} = 4,619 + 1,619 * \text{NEFA 7}$

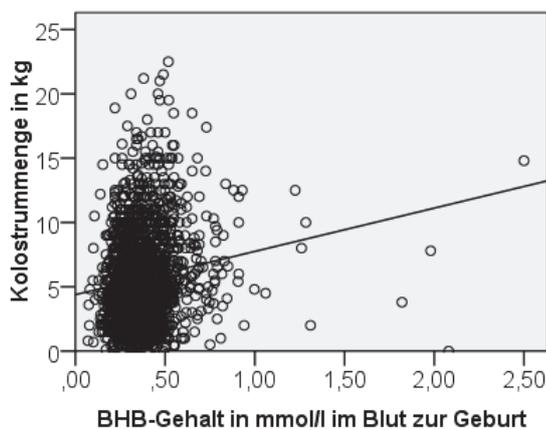


Abbildung 71: Zusammenhang zwischen dem BHB-Gehalt im Serum am Tag der Kalbung und der Kolostrummenge  
 $\text{Kolostrummenge} = 4,388 + 3,364 * \text{BHB 0}$

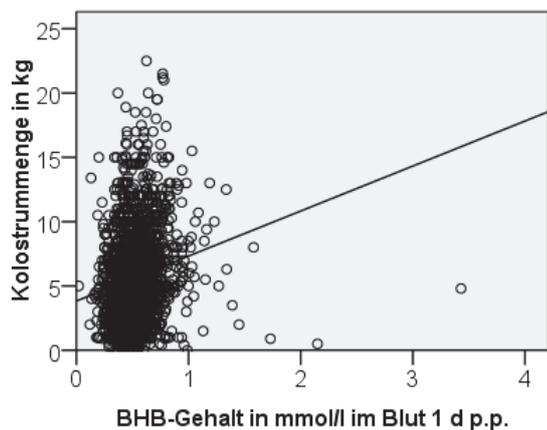


Abbildung 72: Zusammenhang zwischen dem BHB-Gehalt im Serum einen Tag p.p. und der Kolostrummenge

$$\text{Kolostrummenge} = 3,833 + 3,497 * \text{BHB 1}$$

## 12.5 Regressionskurven Kolostrumqualität

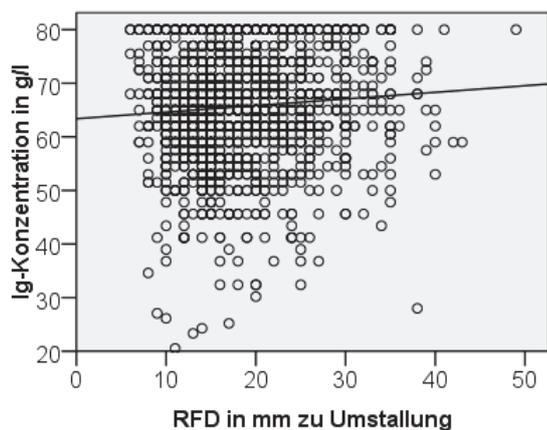


Abbildung 73: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Umstallung und der Ig-Konzentration im Kolostrum

$$\text{Ig-Konzentration} = 63,377 + 0,123 * \text{RFD 2}$$

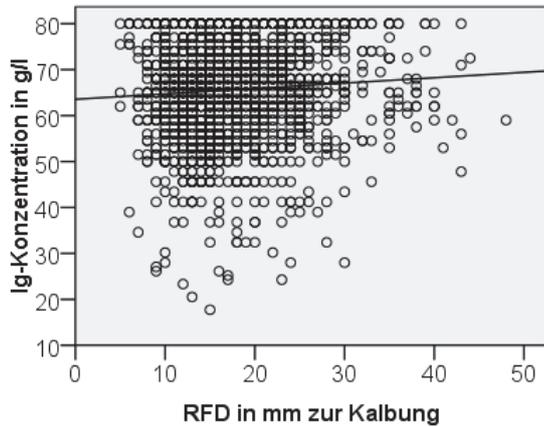


Abbildung 74: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Kalbung und der Ig-Konzentration im Kolostrum

$$\text{Ig-Konzentration} = 63,550 + 0,117 * \text{RFD } 3$$

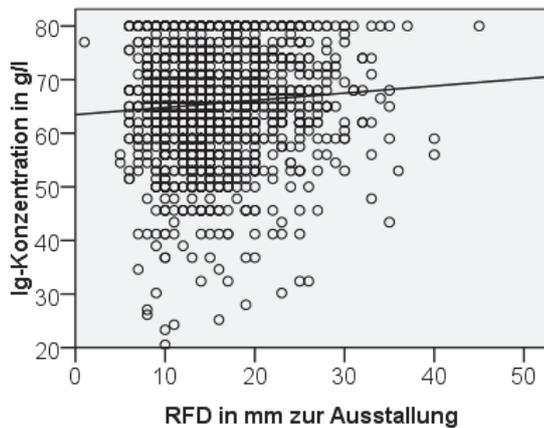


Abbildung 75: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke zur Ausstallung und der Ig-Konzentration im Kolostrum

$$\text{Ig-Konzentration} = 63,468 + 0,124 * \text{RFD } 4$$

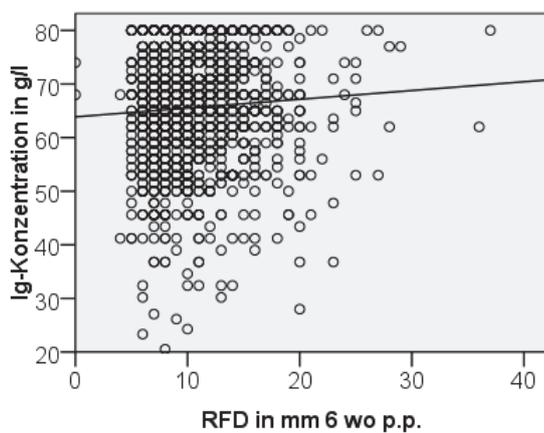


Abbildung 76: Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke 6 Wochen p.p. und der Ig-Konzentration im Kolostrum

$$\text{Ig-Konzentration} = 63,873 + 0,164 * \text{RFD } 5$$

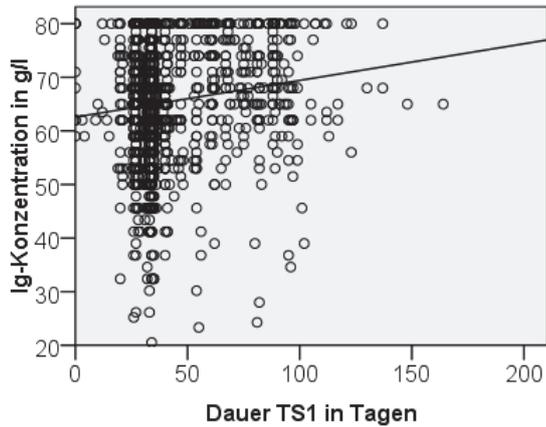


Abbildung 77: Zusammenhang zwischen der Dauer der ersten Trockenstehperiode und der Ig-Konzentration  
 $\text{Ig-Konzentration} = 62,581 + 0,068 * \text{TS 1}$

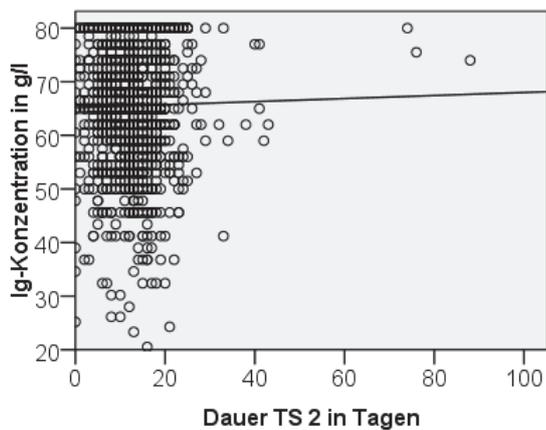


Abbildung 78: Zusammenhang zwischen der Dauer der 2. Trockenstehperiode und der Ig-Konzentration  
 $\text{Ig-Konzentration} = 65,153 + 0,028 * \text{TS 2}$

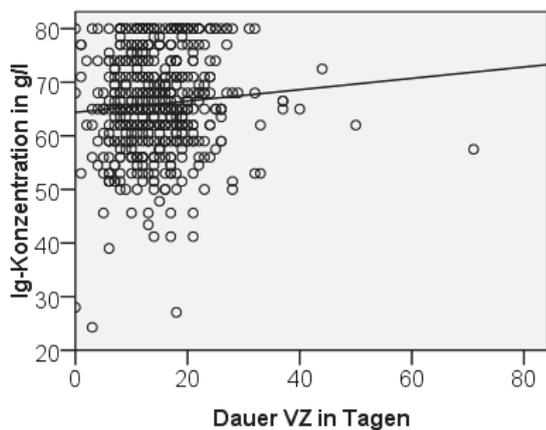


Abbildung 79: Zusammenhang zwischen der Dauer der Vorbereitungszeit bei Färsen und der Ig-Konzentration  
 $\text{Ig-Konzentration} = 64,381 + 0,106 * \text{VZ}$

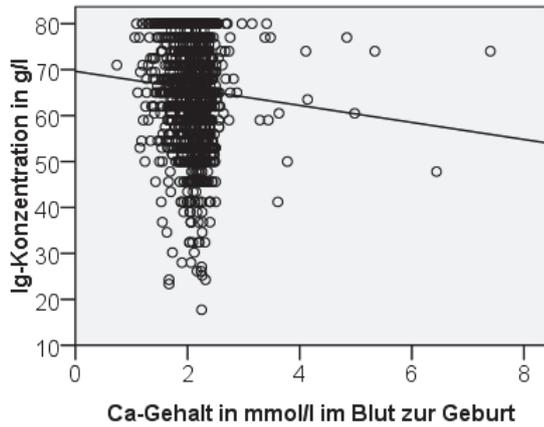


Abbildung 80: Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt im Serum am Tag der Kalbung und der Ig-Konzentration

$$\text{Ig-Konzentration} = 69,626 - 1,854 * \text{Ca } 0$$

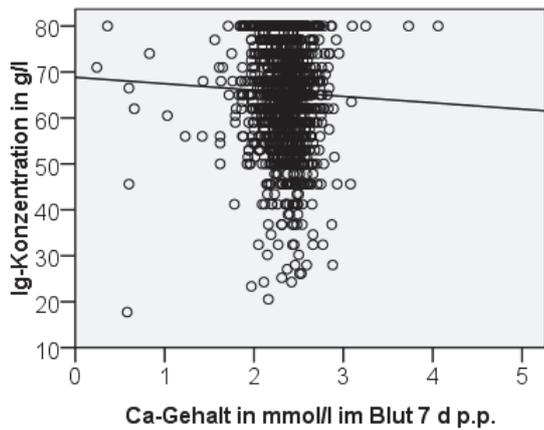


Abbildung 81: Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt im Serum 7 Tage p.p. und der Ig-Konzentration

$$\text{Ig-Konzentration} = 68,835 - 1,387 * \text{Ca } 7$$

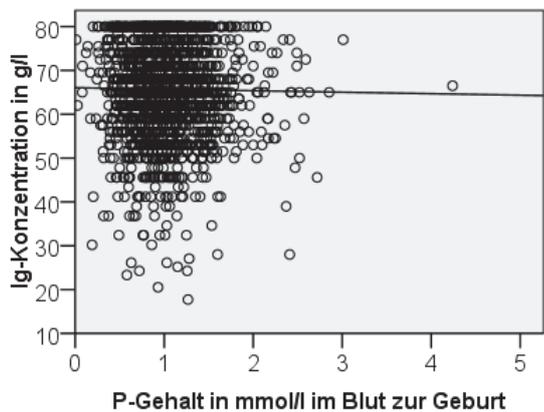


Abbildung 82: Zusammenhang zwischen dem P-Gehalt im Serum am Tag der Kalbung und der Ig-Konzentration

$$\text{Ig-Konzentration} = 66,045 - 0,339 * \text{P } 0$$

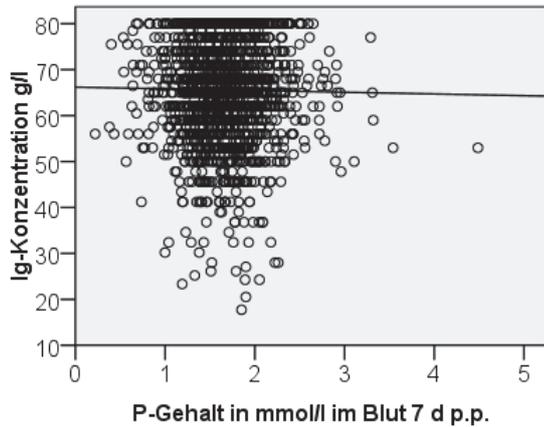


Abbildung 83: Zusammenhang zwischen dem P-Gehalt im Serum 7 Tage p.p. und der Ig-Konzentration  
 $Ig\text{-Konzentration} = 66,193 - 0,372 * P\ 7$



Abbildung 84: Zusammenhang zwischen der Güstzeit und der Ig-Konzentration  
 $Ig\text{-Konzentration} = 65,750 + 0,002 * GZ$

## 12.6 Regressionskurven Calciumkonzentration

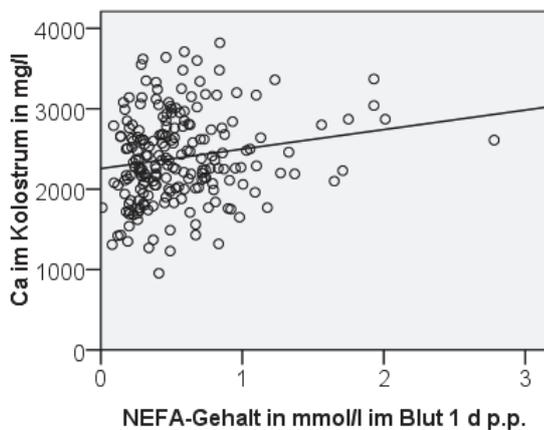


Abbildung 85: Zusammenhang zwischen dem NEFA-Gehalt im Serum und der Ca-Konzentration  
 $Ca\text{. Kol.} = 2255,827 + 242,495 * NEFA\ 1$

## 13 Publikationsverzeichnis

Vortrag, 39. Leipziger Laborfortbildung: Labordiagnostik in der Bestandsbetreuung, Medizinische Tierklinik Leipzig, 20.06.2014

Klingbeil, M., Staufenbiel, R.

„Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums bei Holstein Friesian.“

Poster, 10. Berlin-Brandenburger Rindertag, 02.-04.10.2014

Klingbeil, M., Staufenbiel, R.

„Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Menge des Erstkolostrums bei Holstein Friesian Kühen.“

## 14 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. R. Staufenbiel für die Überlassung des interessanten Themas, die freundliche Unterstützung und das Vertrauen in meine Fähigkeiten.

Bei Dr. Karin Holland und Herrn Jochen Walther möchte ich mich dafür bedanken, dass sie es ermöglicht haben die Probensammlung auf dem Gut Hohen Luckow durchzuführen. Trotz des begrenzten Aufenthaltes von einem Jahr habe ich mich sehr gut aufgehoben gefühlt und möchte die Zeit nicht missen.

Bei meinen Mitstreiterinnen Jenny Adermann, Monique Gumprecht und Nora Weiß bedanke ich mich für die produktive und angenehme Arbeit. Alleine wäre es nicht möglich gewesen die umfangreiche Probensammlung zu bewältigen. Die gemeinsamen Erlebnisse bleiben unvergessen.

Ich bin allen Mitarbeitern des Gutes Hohen Luckow zu großem Dank verpflichtet. Insbesondere Martin Moos und Alexander Schirmer für die Unterstützung und den fachlichen Austausch und Stefan Gabbert für die sehr vergnügliche Zusammenarbeit.

Für die Analyse der Proben möchte ich Dr. Hilmert, Frau Waberowski und den beteiligten Doktoranden meinen Dank aussprechen.

Schließlich gilt mein Dank denen die mir privat zur Seite gestanden haben. Allen voran Stefan, meinen Eltern, Verwandten und Freunden und nicht zuletzt meiner Tochter Theresa, die für einen Motivationsschub auf den letzten Metern gesorgt hat. Ohne euch hätte ich es nicht geschafft.

## **15 Selbständigkeitserklärung**

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

Fredersdorf, den 03.10.2014

Maria Klingbeil