

**Aus der Klinik für Klauentiere
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin**

**Untersuchung von Einflussfaktoren
auf die postpartale Calciumkonzentration
im Blutserum von Holstein-Friesian Kühen**

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

vorgelegt von
Patricia R. H. Crivellaro
Tierärztin aus Berlin

Berlin 2021
Journal-Nr.: 4262

**Aus der Klinik für Klautiere
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin**

**Untersuchung von Einflussfaktoren auf die postpartale Calciumkonzentration im
Blutserum von Holstein-Friesian Kühen**

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

**vorgelegt von
Patricia R. H. Crivellaro
Tierärztin
aus Berlin**

Berlin 2021

Journal-Nr.: 4262

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Uwe Rösler
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenbergel
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Holger Martens
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Johannes Handler

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

holstein friesian, dairy cows, calcium, postnatal development, birth, blood serum,
blood analysis, urine, haematology, body temperature, body condition, animal
nutrition, animal feeding, milk yield

Tag der Promotion: 16.07.2021

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

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

ISBN: 978-3-96729-130-8

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2021

Dissertation, Freie Universität Berlin

D188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

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

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

This document is protected by copyright law.

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

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2021 Choriner Str. 85 - 10119 Berlin
verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Inhalt

Inhalt	I
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
1 Einleitung	1
2 Literatur.....	3
2.1 Calciumstoffwechsel.....	3
2.1.1 Allgemein	3
2.1.2 Resorption.....	3
2.1.3 Ausscheidung	4
2.1.4 Hormonale Steuerung	5
2.1.5 Hypocalcämie	6
2.2 Phosphorstoffwechsel	7
2.2.1 Allgemein	7
2.2.2 Aufnahme.....	7
2.2.3 Ausscheidung	8
2.2.4 Hormonale Steuerung	8
2.3 Gebärparese	9
2.4 Einflussfaktoren auf die postpartale Calciumkonzentration.....	10
2.4.1 Tierindividuelle Indikatoren.....	10
2.4.2 Laktationsnummer.....	10
2.4.3 Körperkondition.....	12
2.4.4 Milchleistung und Genetik	12
2.4.5 Vorerkrankungen.....	13
2.4.6 Körperhaltung, Bewegung.....	13
2.4.7 Körpertemperatur	13
2.4.8 Ohrtemperatur.....	14
2.4.9 Fütterung.....	14
2.4.10 Jahreszeitlicher Einfluss.....	23

2.4.11	Witterung.....	23
2.4.12	Kalbung.....	23
2.4.13	Haltung	23
2.4.14	Serumparameter	24
2.4.15	Prophylaxemaßnahmen	24
3	Material und Methoden.....	28
3.1	Probanden und Untersuchungszeitraum	28
3.2	Therapiemaßnahmen.....	28
3.3	Anamnese.....	29
3.4	Probennahme ante partum.....	30
3.5	Probennahme post partum	32
3.6	Klinische Untersuchung.....	33
3.7	Probenaufbereitung.....	33
3.8	Labordiagnostik.....	34
3.8.1	Serum	34
3.8.2	Hämatologie.....	35
3.8.3	Harn	36
3.9	Statistische Methoden	37
3.9.1	Vollständigkeit des Datensatzes.....	37
3.9.2	Auswertung	37
4	Ergebnisse	39
4.1	Deskriptive Statistik und Korrelationen	39
4.1.1	Tierindividuelle Indikatoren.....	39
4.1.2	Kalbung.....	49
4.1.3	Behandlung.....	51
4.1.4	Witterung.....	53
4.1.5	Fütterung.....	55
4.1.6	Serumparameter	74
4.1.7	Hämatologie.....	84

4.1.8	Harn	86
4.2	Varianzanalyse.....	93
4.2.1	Calcium Tag 0.....	93
4.2.2	Calcium Tag 1 p.p.....	95
4.2.3	Calcium Tag 2 p.p.....	98
4.2.4	Calcium Tag 3 p.p.....	100
5	Diskussion.....	104
5.1	Betrachtung der Untersuchungsmethoden	104
5.2	Tierindividuelle Indikatoren.....	105
5.2.1	Laktationsnummer.....	105
5.2.2	Körperkondition.....	105
5.2.3	Milchleistung	106
5.2.4	Erkrankung.....	107
5.2.5	Bewegung.....	108
5.2.6	Körpertemperatur	108
5.2.7	Ohrtemperatur.....	109
5.2.8	Pansen.....	109
5.3	Kalbung.....	110
5.4	Behandlung.....	110
5.5	Witterung.....	111
5.6	Fütterung.....	111
5.6.1	DCAB.....	112
5.6.2	Calcium	113
5.6.3	Phosphor.....	114
5.6.4	Magnesium	114
5.6.5	Kalium.....	114
5.6.6	Schwefel	115
5.7	Serumparameter	115
5.7.1	Calcium.....	115

5.7.2	Phosphor.....	115
5.7.3	Magnesium	116
5.7.4	NEFA	116
5.7.5	BHB	117
5.7.6	Kalium.....	117
5.7.7	Weitere Serumparameter	118
5.8	Hämatologie.....	121
5.9	Harn	122
5.9.1	Calcium	122
5.9.2	Phosphor.....	122
5.9.3	Magnesium	122
5.9.4	pH-Wert.....	122
5.9.5	NSBA	123
5.9.6	Kalium.....	123
5.9.7	Weitere Harnparameter	123
5.10	Varianzanalyse.....	124
5.10.1	Calcium Tag 0.....	124
5.10.2	Calcium Tag 1 p.p.	124
5.10.3	Calcium Tag 2 p.p.	125
5.10.4	Calcium Tag 3 p.p.	126
6	Schlussfolgerungen.....	127
7	Zusammenfassung.....	129
8	Summary.....	131
9	Literaturverzeichnis	133
10	Anhang.....	147
10.1	Übersicht über die DCAB Wirkung ausgewählter Futtermittel.....	147
10.2	Studienvergleich verschiedener DCAB-Werte	148
10.1	Futterzusammensetzung	150
10.2	Pansenfüllung	154

10.3	Codierung der Parameter der allgemeinen Untersuchung.....	155
10.4	Serumprofile.....	157
10.5	Analysemethoden der Serumparameter.....	158
10.6	Analysemethoden rotes Blutbild.....	160
10.7	Analysemethoden Harnparameter.....	161
10.8	Korrelation Milchmenge.....	162
10.9	Korrelation Erkrankung.....	163
10.10	Korrelation Rektaltemperatur.....	164
10.11	Korrelation Ohrtemperatur.....	165
10.12	Korrelation Pansenfüllung.....	166
10.13	Korrelation Witterung.....	168
10.13.1	Lufttemperatur.....	168
10.13.2	Niederschlag.....	169
10.14	Korrelation Fütterung.....	170
10.14.1	Kalium.....	170
10.14.2	Schwefel.....	172
10.15	Serumparameter.....	174
10.15.1	Häufigkeitsverteilung.....	174
10.15.2	Korrelation.....	176
10.16	Harnparameter.....	183
10.16.1	Häufigkeitsverteilung.....	183
10.16.2	Korrelation.....	184
11	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis.....	187
11.1	Tabellen.....	187
11.2	Abbildungen.....	191
12	Danksagung.....	192
13	Selbständigkeitserklärung.....	193

Abkürzungsverzeichnis

a.p.	ante partum
ADP	Adenosindiphosphat
AMP	Adenosinmonophosphat
AST	Aspartataminotransferase
ATP	Adenosintriphosphat
BCS	Body Condition Score
BHB	Beta-Hydroxybutyrat
BSQ	Basen-Säuren-Quotient
Ca	Calcium
Chol	Cholesterin
CK	Creatinkinase
Cl	Chlorid
DCAB	Dietary Cation-Anion Balance
d	Tag
dl	Deziliter
FM	Frischmasse
g	Gramm
G	Giga
ggr	geringgradig
GGT	γ -Glutamyl-Transferase
GLDH	Glutamatdehydrogenase
h	Stunde
HB	Handbreit
hgr	hochgradig
HN	Harnstoff
K	Kalium
kg	Kilogramm
KM	Körpermasse
l	Liter
LM	Lebendmasse
IU	international Unit
i.v.	intravenös
max	Maximum
MCH	Mean Corpuscular Hemoglobin
MCHC	Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration

MCV	Mean Corpuscular Volume
meq	Milligrammäquivalent
Mg	Magnesium
mgr	mittelgradig
MHz	Megahertz
min	Minimum
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
mm	Millimeter
MM	Milchmenge
mmol	Millimol
n	Anzahl
Na	Natrium
NEFA	freie Fettsäuren
NEL	Netto-Energie-Laktation
NH ₃	Ammoniak
nmol	Nanomol
NSBA	Netto-Säure-Basen-Ausscheidung
nXP	nutzbares Rohprotein
obB	ohne besonderen Befund
OS	Originalsubstanz
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
P	Phosphor
pg	Pikogramm
p.p.	post partum
PTH	Parathormon
QF	Querfortsätze
r	Korrelationskoeffizient
Rfa	Rohfaser
RFD	Rückenfettdicke
Rfe	Rohfett
RNB	ruminale Stickstoffbilanz
RP	Rohprotein
S	Schwefel
s.c.	subcutan
SD	Standardabweichung
SEM	Standarderror of the mean (Standardfehler)

Sig	Signifikanzniveau
T	Tera
TM	Trockenmasse
TMR	Totale-Mischration
TP	Totalprotein
TS	Trockensubstanz
X ₂₅	25 % Perzentil
X ₇₅	75 % Perzentil
µm ³	Kubikmikrometer
µm	Mikromol
°C	Grad Celsius
€	Euro
\$	US-Dollar
%	Prozent

1 Einleitung

Die Transitperiode umfasst die Zeit 3 Wochen vor bis 3 Wochen nach der Kalbung und ist für die Gesundheit, die Milchproduktion und die Rentabilität von Milchkühen von entscheidender Bedeutung. In dieser Zeit ist das Risiko für Erkrankungen deutlich erhöht (Drackley 1999, DeGaris et al. 2008). Stoffwechselerkrankungen machen ca. 73 % aller Behandlungen bei Kühen aus (Mahlkow-Nerge et al. 2002). Stoffwechselstörungen in der postpartalen Phase werden häufig durch Fütterungs- und Haltungsfehler vor der Kalbung beeinflusst (Mahlkow-Nerge et al. 2002).

4 bis 10% der Milchkühe haben eine klinische Hypocalcämie oder Gebärparese. Jedoch tritt bei der Hälfte der multiparen Kühe eine subklinische Hypocalcämie auf (Martens et al. 2003, Dirksen et al. 2006, DeGaris et al. 2008, Goff et al. 2014). Husband (2005) errechnete pro klinisch relevantem Fall einer klinischen Hypocalcämie Kosten von 200 £ (Britische Pfund, ~228 €) und in der Umfrage von Perruchoud et al. (2017) gab die Mehrheit der befragten Tierärzte Kosten von 200-400 CHF (Schweizer Franken, ~177-353 €) pro Fall an. Die subklinische Hypocalcämie birgt für den Milchproduzenten noch höhere Kosten (Mahlkow-Nerge et al. 2002, Oetzel 2013). Denn die betroffenen Kühe sind, obwohl klinisch unauffällig, anfälliger für andere Krankheiten, wie Nachgeburtsverhaltung, Fruchtbarkeitsstörungen, Mastitiden, Stoffwechselstörungen und Labmagenverlagerungen (Pichon 2008, Reinhardt et al. 2011, Martinez et al. 2012, Winkler 2014) und zeigen eine erhöhte Merzungsrate (DeGaris et al. 2008). Des Weiteren kann die Milchleistung durch die geringere Futterraufnahme gemindert werden und so zu weiteren finanziellen Verlusten führen (Goff 2006). Die Prävention von hypocalcämischen Zuständen ist von großer Relevanz für das Tierwohl, die Leistungsfähigkeit der Kühe und der finanziellen Situation der Landwirte.

Die Mehrzahl der durchgeführten Studien beschäftigen sich bei der Betrachtung antepartaler Risikofaktoren nur auf die Zusammensetzung und Beeinflussung durch die Fütterung, das Alter, die Leistung und die Körperkondition auf die Serumcalciumkonzentration postpartal. Weiterhin wurden in bisher durchgeführten Untersuchungen die Veränderungen, welche parallel zur postpartalen Hypocalcämie nach der Kalbung entstehen, betrachtet. Hier wurden dann vor allem neben den tierindividuellen Indikatoren auch die Laborparameter analysiert.

Um mögliche antepartale und postpartale Risikofaktoren ab 3 Wochen a.p. bis Tag 3 p.p. für eine Hypocalcämie nach der Kalbung aufzuzeigen und die Zusammenhänge zwischen Calcium Tag 0 bis zum Tag 3 p.p. mit den tierindividuellen Faktoren sowie den Laborparametern darzustellen, werden in der vorliegenden Arbeit folgende Fragestellungen untersucht:

- Gibt es einen Zusammenhang zwischen antepartalen und postpartalen äußeren Faktoren, wie Alter, Gesundheit, Fütterung und Haltung, mit der postpartalen Calciumkonzentration im Serum?
- Welchen Einfluss hat die Kalbung und die Witterung auf die postpartale Serumcalciumkonzentration?
- Hat die Vitamin D3 Injektion, die subcutane Calciuminjektion p.p. und die p.p. Gabe eines Calciumbolus einen Effekt auf die postpartale Serumcalciumkonzentration?
- Wie ist die Wechselwirkung zwischen der postpartalen Serumcalciumkonzentration und den Parametern in der Serologie, in der Hämatologie und im Harn?
- Welches sind die Haupteinflussfaktoren für die postpartale Calciumkonzentration im Blutserum?

Dabei sollen die Zusammenhänge der betrachteten Faktoren mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 0, Tag 1 p.p., Tag 2 p.p. und am Tag 3 p.p. jeweils einzeln betrachtet werden.

2 Literatur

2.1 Calciumstoffwechsel

2.1.1 Allgemein

Calcium ist ein Kation (Martín-Tereso et al. 2014) und liegt in drei Formen im Körper der Kuh vor: proteingebunden, komplexgebunden mit organischen oder anorganischen Säuren und ionisiert (Goff 1999, Larsen et al. 2001). Es ist zu 99 % im Knochen und zu 1 % extraossär gelagert, wovon nur 0,1 % in der extrazellulären Flüssigkeit enthalten ist (Hartmann et al. 2000, von Engelhardt et al. 2010). Im Körper einer 600 kg Kuh sind 3 g Calcium im Plasmapool und 8-9 g in der extrazellulären Flüssigkeit, des Weiteren sind 6-15 g in der Flüssigkeit der Knochenkanäle enthalten. Insgesamt sind damit 15-20 g rasch verfügbares Calcium vorhanden (Goff 2004, Dirksen et al. 2006). Dies ist abhängig von der metabolischen Stoffwechsellage (Goff 2004). Calcium ist bei der Muskelkontraktion, der Nervenimpulsübertragung, der Reizschwellenkopplung, der Blutgerinnung, der Knochenformation und als Second Messenger bei vielen Hormonvorgängen beteiligt (Horst et al. 2003, Suzuki et al. 2008, Christakos 2012).

Die physiologische Serumcalciumkonzentration liegt zwischen 2,1 und 2,7 mmol/l (Dirksen et al. 2006, Goff 2006). Bei der Messung des Calciums werden alle drei Zustandsformen (proteingebunden, komplexgebunden und ionisiert) gemeinsam analysiert. Jedoch ist nur das freie, ionisierte Calcium für Nerven und Muskeln nutzbar. Dabei steht die Gesamtcalciumkonzentration und das freie Calcium in einer engen linearen Korrelation (Larsen et al. 2001, Dirksen et al. 2006). Das ionisierte Calcium macht circa 50 % des Gesamtcalciums im Serum aus (Houe et al. 2001).

2.1.2 Resorption

Die Resorption von Calcium ist abhängig vom Gehalt im Futter, der Löslichkeit im Substrat und der Aufnahmekapazität des Gastrointestinaltrakts (Bouillon et al. 2003). Im Darmlumen beträgt die Konzentration an Calcium ~2-6 mmol/l und in der Extrazellulärflüssigkeit ~1,25 mmol/l (Wasserman 2004).

Der Hauptresorptionsweg ist über den Transport im Duodenum und im Colon. Außerdem wird Calcium im Jejunum und im Rektum über den parazellulären Transport resorbiert (Hartmann et al. 2000, Wasserman 2004, Wilkens et al. 2011, Christakos 2012). Der passive, parazelluläre Weg wird hauptsächlich bei geringen Calciumaufnahmen verwendet, der aktive, intrazelluläre Weg vor allem bei hohen Aufnahmen, da hier die Transportrate sehr viel höher ist (Bronner 2003, Suzuki et al. 2008). Der passive Weg verläuft durch die Tight junctions zwischen den intestinalen Epithelzellen hindurch (Goff 2014). Im aktiven Transport (Abbildung 1) gelangt Calcium durch das Konzentrationsgefälle und einen steilen elektrischen Gradienten

durch die Calcium-Kanäle (TRPV-Kanäle) der Bürstensaummembran in das Cytoplasma des Zottenepitels (Bouillon et al. 2003, Wasserman 2004), wo die Konzentration an Calcium 50-100 nmol/l beträgt (Bronner 2003). Mittels des hochaffinen Proteins Calbindin wird Calcium reversibel gebunden und zur basolateralen Membran transportiert (Wasserman 2004). Calcium wird durch die Calciumpumpe (Ca-ATPase) (Bouillon et al. 2003, Suzuki et al. 2008) sowie dem, durch den transmembranen Natriumgradienten angetriebenen, Natrium / Calciumaustauscher (Suzuki et al. 2008, von Engelhardt et al. 2010) aus der Zelle in das Blut transportiert.

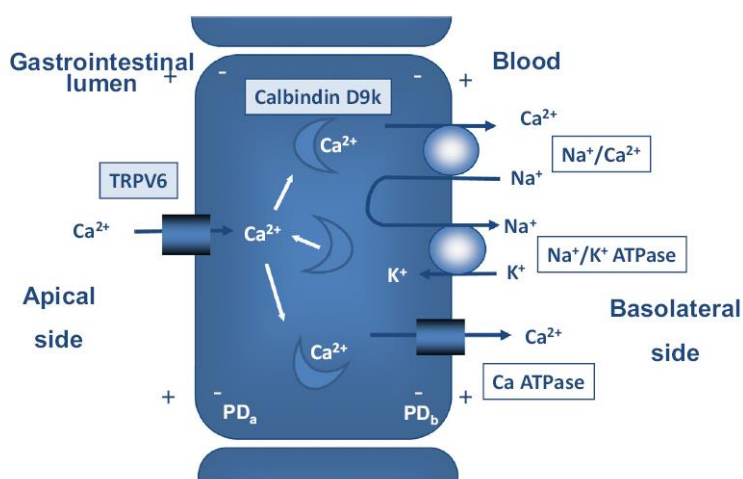


Abbildung 1: Intestinaler transepithelialer Transport von Calcium (Martín-Tereso et al. 2014)

Die Knochen stellen den Hauptspeicherort für Calcium dar, wo es als Salz ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$) eingelagert ist. In einer Mangelsituation wird das Calcium in das Blut freigesetzt. Durch den osteoklastenvermittelten Knochenabbau kann Calcium gelöst werden. Proteolytische Enzyme lösen die Bestandteile des Knochens auf und das Calcium wird in das Blut aufgenommen (Hall 2016).

2.1.3 Ausscheidung

Über den Kot und die Nieren werden pro Tag 8 g des metabolischen Calciums ausgeschieden (Abbildung 2) (Riond 2001, Dirksen et al. 2006). Im Jejunum und Ileum wird Calcium parazellulär durch die paraepitheliale Potentialkraft sezerniert (von Engelhardt et al. 2010). Im Ultrafiltrat der Niere sind 10 g Calcium pro Tag enthalten (Bouillon et al. 2003), wovon 98% wieder reabsorbiert werden. Dabei finden die gleichen epithelialen Transportmechanismen (Abbildung 3) wie im Darm Anwendung (Hartmann et al. 2000, Bouillon et al. 2003). Der Hauptteil wird im proximalen Tubulus reabsorbiert, ein geringer Teil im distalen Tubulus (Bouillon et al. 2003).

Während der Trächtigkeit werden weiterhin 2-7 g Calcium pro Tag zum Aufbau des fetalen Skelettes verwendet. Mit Beginn der Laktation wird für die Bildung von Kolostrum 1,8-2,5 g Calcium je Liter und für die Produktion von Milch 1,1-1,25 g Calcium je Liter benötigt (Mahlkowner et al. 2002, Goff 2004, Dirksen et al. 2006).

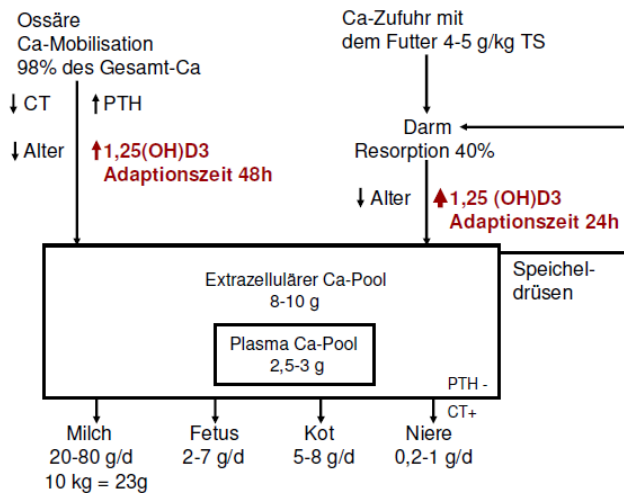


Abbildung 2: Calciumhomeostase einer Kuh (Staufenbiel 2011)

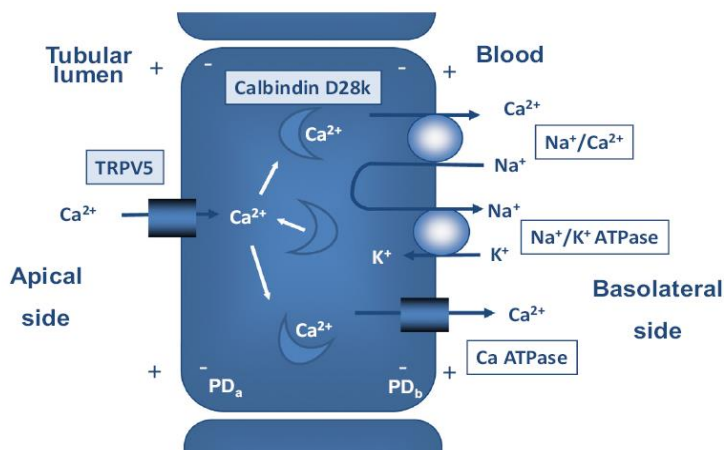


Abbildung 3: Renaler transepithelialer Transport von Calcium (Martín-Tereso et al. 2014)

2.1.4 Hormonale Steuerung

Die Calciumhomöostase (Abbildung 4) wird hauptsächlich durch das Parathormon (PTH) gesteuert (Schröder et al. 2006, von Engelhardt et al. 2010, Goff 2014). Weiterhin an der Homöostase sind 1,25-Dihydroxycholekalziferol ($1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, Calcitriol) und Thyreocalcitonin (TC) beteiligt (Dirksen et al. 2006, Schroder et al. 2006, Suzuki et al. 2008).

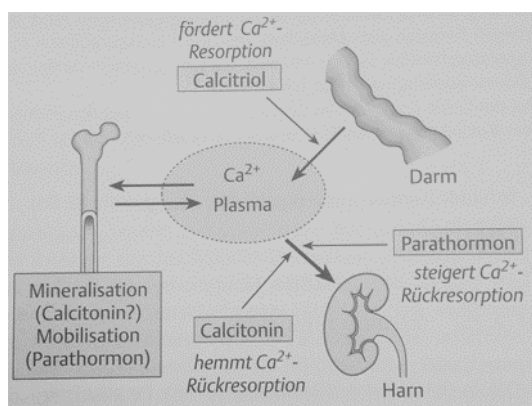


Abbildung 4: Einfluss der verschiedenen Hormone auf den Calciumhaushalt (von Engelhardt et al. 2010)

Calcium wird ständig durch einen Calciumsensor in der Nebenschilddrüse gemessen (Suzuki et al. 2008). Fällt die Plasmakonzentration unter 10 mg/dl (2,5 mmol/l), kommt es zu einer Ausschüttung von Parathormon aus der Nebenschilddrüse ins Blut (Horst et al. 2003). Es induziert direkt eine vermehrte Rückresorption aus dem Harn und eine verstärkte Mobilisation aus dem Knochen sowie indirekt eine vermehrte Calciumresorption im Dünndarm (Goff 2004, von Engelhardt et al. 2010).

Durch die vermehrte Ausschüttung von Parathormon kommt es zu einer Umwandlung in der Niere von 25-Hydroxy-Vitamin D in 1,25-Dihydroxycholecalciferol, dem aktiven Stoffwechselprodukt des Vitamin D (Horst et al. 2003, Dirksen et al. 2006, Goff 2014, Goff et al. 2014). Calcitriol fördert die beiden Resorptionsmechanismen von Calcium aus dem Darm (Suzuki et al. 2008, von Engelhardt et al. 2010, Christakos 2012) und ist an allen Transportschritten im Cytosol beteiligt (Bouillon et al. 2003, Wasserman 2004). Des Weiteren fördert Calcitriol die renale Rückresorption von Calcium (Schroder et al. 2006, Suzuki et al. 2008, von Engelhardt et al. 2010). Calcitriol hemmt gemeinsam mit Parathormon die renale Ausscheidung (Dirksen et al. 2006) sowie aktiviert die Osteoklasten und bewirkt dadurch eine Calciummobilisation aus dem Knochen (von Engelhardt et al. 2010, Goff et al. 2014). Die osteoklastischen Resorptionsmechanismen werden dabei direkt durch das Parathormon kontrolliert (Goff 2014).

2.1.5 Hypocalcämie

Der Bedarf an frei verfügbarem Calcium nimmt mit der Kalbung sprunghaft um ein Vielfaches zu und übersteigt das durch die Nahrung aufgenommene und aus dem Knochen mobilisierte Calcium. Daraus resultiert eine negative Calciumbilanz (Goff 2004, von Engelhardt et al. 2010, Kocabagli 2018). Durch eine zu langsame Adaptation des Stoffwechsels kommt es zu Hypocalcämien bei den Kühen. Die Verbesserung der aktiven Calciumresorption aus dem Darm durch die Zunahme der Vitamin-D- und Parathormonrezeptoranzahl benötigt 24 Stunden, aus dem Knochen 48 Stunden (Dirksen et al. 2006, Winkler 2014). Auch der Anstieg der Produktion von 1,25-Dihydroxycholecalciferol benötigt 24 bis 48 Stunden, wobei jedoch sehr

hohe PTH-Konzentrationen gemessen werden. Es wird vermutet, dass die Sensibilität der Rezeptoren bei Kühen mit Milchfieber reduziert ist (Horst et al. 1997).

Im Zustand einer metabolischen Alkalose reagieren Nieren und Knochen auf durch Hypocalcämie ausgeschüttete Parathormon nicht oder nur verzögert (Dirksen et al. 2006).

Bei Festliegern mit Hypocalcämie ist die Parathormonausschüttung gleich einer normocalcämischen Kuh, jedoch reagieren der Darm und die Knochen ungenügend oder verspätet auf den hormonellen Stimulus (Dirksen et al. 2006). Mit zunehmendem Alter nimmt die Anzahl der spezifischen Vitamin D₃-Rezeptoren ab (Dirksen et al. 2006).

2.2 Phosphorstoffwechsel

2.2.1 Allgemein

Phosphor liegt in seiner biologisch aktiven Form als anorganischer Phosphor vor. Es ist in Phosphorlipiden, -proteinen, Nukleinsäuren und den Energietransfermolekülen (AMP, ADP, ATP) und vielen Enzymen enthalten. Des Weiteren spielt es eine große Rolle bei den Pufferungssystemen (Goff 2004, Kirchgeßner 2004).

Die physiologische Serumkonzentration von Phosphor liegt bei 1,3 bis 2,6 mmol/l (Goff 2004) und ist starken Schwankungen unterworfen, da es vom alimentären Angebot abhängt (Goff 2004). Etwa 80% des Phosphors sind im Knochen gebunden (Reinhardt et al. 1988, Breves 2002).

2.2.2 Aufnahme

Der im Futter in Phytinsäuren und -salzen gebundene Phosphor muss erst durch bakterielle bzw. mit dem Futter aufgenommene Phytasen gelöst und kann dann resorbiert werden. Pansenbakterien setzen 35-70% des gebundenen Phosphors frei (Goff 2004, von Engelhardt et al. 2010).

Anorganischer Phosphor wird mit der Nahrung aufgenommen. Im Pansen erfolgt die Resorption mittels passiver Diffusion, unterstützt durch den elektrochemischen Gradienten (Breves 1991).

Im Dünndarm wird Phosphor vor allem im Jejunum transzellulär durch aktiven Transport resorbiert (Breves 2002, Goff 2004). Das primäre und sekundäre Phosphat (H_2PO_4^- und HPO_4^{2-}) wird durch Natriumcotransport durch die Bürstensaummembran in das Zottenepithel aufgenommen (Breves 2002, von Engelhardt et al. 2010). Die Treibkraft für den gegen den elektrischen Gradienten erfolgenden Phosphortransport wird durch den transmembranen Natriumgradienten geliefert. Der Austritt von Phosphor durch die Basolateralmembran scheint durch carriervermittelte erleichterte Diffusion zu erfolgen (von Engelhardt et al. 2010).

Im Duodenum wird Phosphor mithilfe eines protonenabhängigen Systems resorbiert (Breves 2002).

2.2.3 Ausscheidung

Phosphor wird vor allem durch Speichel, Milch und Urin (Abbildung 5) ausgeschieden und wird zum Muskel- und Knochenwachstum benötigt (Goff 2004). Im Speichel ist 10-mal mehr Phosphor enthalten als im Serum (Pfeffer 2002). Ein Großteil des Phosphors im Speichels wird abgeschluckt und steht damit der Kuh wieder zur Aufnahme zur Verfügung (Reinhardt et al. 1988, Goff 2000). In Phosphormangelsituationen kann die Phosphorausscheidung im Harn gegen Null gehen, im Kot ist sie jedoch stoffwechselunabhängig. Die Elimination über den Kot entspricht dabei 1,2 g Phosphor pro Kilogramm verdauter organischer Substanz. Die Ausscheidung über die Milch ist ebenfalls unabhängig von der Stoffwechsellage und entspricht etwa 1 g Phosphor pro Kilogramm Milch (Goff 2000, Pfeffer 2002).

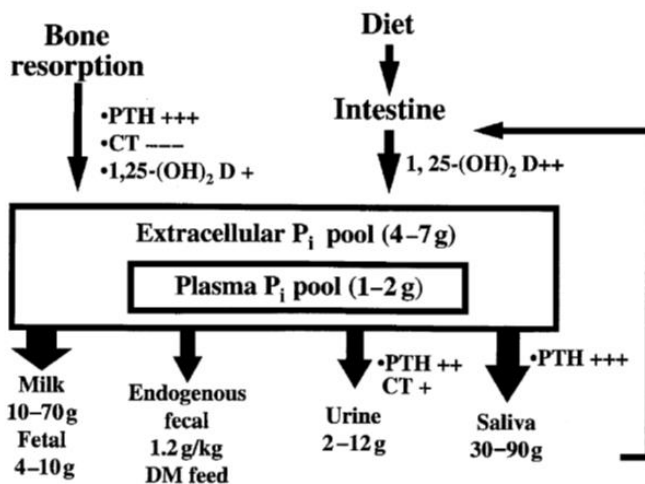


Abbildung 5: Phosphorhomeostase einer 500kg Kuh (Goff 2000)

2.2.4 Hormonale Steuerung

Eine Phosphatdepression im Blut post partum kann auf eine hohe Phosphorausscheidung mit der Kolostralmilch, einer PTH-bedingte Phosphatdiurese, einem Vitamin-D-Mangel, einer nicht bedarfsgerechte Phosphorversorgung ante partum oder einem verstärkten Abfluss von Phosphor ins Weichteilgewebe zurückzuführen sein (Rossow et al. 1984).

Parathormon stimuliert die Mobilisation von Phosphor aus dem Knochen, die Effektivität der intestinalen Resorption und hemmt in der Niere die Rückresorption (Goff 2000). Calcitriol stimuliert bei Monogastriern die Resorption. Es erfolgt ein vermehrter Einbau von Natrium - Phosphat - Cotransporter in die Basalmembran (von Engelhardt et al. 2010). Bei Wiederkäuern muss die Phosphorkonzentration im Blut sehr niedrige Bereiche erlangen, um durch 1,25 Dihydroxyvitamin D zu stimuliert zu werden (Goff 2004). Des Weiteren steigt bei

einem alimentären Mangel die Konzentration von Calcitriol nicht an (Breves 2002). Der Einfluss von Calcitriol ist daher beim Wiederkäuer sehr umstritten (Breves 1991, Pfeffer 2002).

Die Plasmaphosphorkonzentration und die Calciumkonzentration im Plasma stehen in einer engen Korrelation (Larsen et al. 2001, Metzner et al. 2005, Zebeli et al. 2013). Bei einer erniedrigten Calciumkonzentration im Blut kommt es durch Parathormoneinfluss zu einer vermehrten Phosphatexkretion im distalen Tubulus (Goff 2004, von Engelhardt et al. 2010) und zu einer verminderten Rückresorption (Dirksen et al. 2006) sowie zu einer vermehrten Ausscheidung über den Speichel (Goff 2004).

2.3 Gebärparese

Die Gebärparese ist eine unmittelbar nach dem Kalben auftretende Störung des Calciumstoffwechsels von Milchkühen und führt je nach Schweregrad vom Festliegen über Koma bis zum Tod (Dirksen et al. 2006). Die Erstbeschreibung der Erkrankung erfolgte im Jahre 1793 durch Eberhard (Rosenberger et al. 1978). Die meisten Kühe liegen in den ersten 24 Stunden bis maximal 72 Stunden post partum fest (Gelfert et al. 2007, Tietze 2010). Die ökonomische Relevanz der Erkrankung liegt meist weniger in den relativ überschaubaren Behandlungskosten als in den Folgeerscheinungen. Diese reichen von Milchleistungsdepressionen über Begleiterkrankungen am Skelett- und Muskelsystem bis zum totalen Verlust der Milchkuh (Dirksen et al. 2006).

Bei dieser Erkrankung erreicht die Serumcalciumkonzentration, ebenso wie die Phosphorkonzentration im Serum unphysiologisch niedrige Bereiche (Tietze 2010, Zebeli et al. 2013). Daher wird die Ursache der Erkrankung im Calciumstoffwechsel beschrieben, mit einer möglichen Beteiligung von Phosphor (Staufenbiel et al. 2002, Zebeli et al. 2013). Es existiert ein höchst signifikanter Unterschied bei den Serumcalciumkonzentrationen zwischen der Diagnose Gebärparese (Mittelwert 1,22 mmol/l) und Gebärkoma (Mittelwert 0,76 mmol/l) sowie dem Festliegen mit unbekannter Genese (Mittelwert 2,40 mmol/l) (Tietze 2010). Die Calciumkonzentrationen im Serum von Gebärparese und Gebärkoma liegen deutlich im hypocalcämischen Bereich. So ist festzustellen, dass eine mittel- bis hochgradig ausgeprägte Hypocalcämie die Hauptursache für das Festliegen von Milchkühen im peripartalen Zeitraum ist (Gelfert et al. 2007, Tietze 2010).

Zwischen dem zum Zeitpunkt der Erkrankung aktuellen Calciumkonzentration im Serum und dem Schweregrad der Symptome der Erkrankungen besteht eine sehr enge Korrelation (Lesch 2005, Dirksen et al. 2006, Tietze 2010). Wird das klinische Bild des Gebärkomas vorgefunden, ist eine entsprechend hochgradig ausgeprägter Hypocalcämie nachzuweisen. Tiere mit der Diagnose Gebärparese weisen mittelgradig bis hochgradig ausgeprägte Hypocalcämie auf (Tietze 2010).

Im deutschsprachigen Raum wird in die klassische (Hypocalcämie) und die atypische (Hypophosphatämie) Gebärparese unterschieden (Gelfert 2011). Hypophosphatämisches Festliegen ist gekennzeichnet durch starke Depression der Plasmaphosphatkonzentration bei mäßiger Hypocalcämie (Rossow et al. 1984). Jedoch bestehen in neuerer Zeit Zweifel an dieser Unterteilung und der Phosphatabfall wird nur als Begleiterscheinung beschrieben (Gelfert 2011). Hypocalcämie wird hierfür häufig als Hauptursache genannt (Gelfert et al. 2007, Tietze 2010). Durch das niedrige Calcium steigt das Parathormon an, was zu einer vermehrten Phosphorausscheidung über die Nieren und den Speichel führt (Braun et al. 2006). Es kann auf kein Zusammenhang zwischen alleinigen niedrigen Phosphatkonzentrationen und Störung der Motorik bis zum Festliegen geschlossen werden (Metzner et al. 2005, Grabherr et al. 2008). Des Weiteren steigt bei der Gabe von alleiniger Calciuminfusion häufig die Phosphatkonzentration im Serum mit an (Zepperitz 1992, Goff 2004). Auch unterliegt die Serumphosphatkonzentration in der Laktation Schwankungen mit einem Tiefpunkt zur Kalbung und zeigt sich bei vielen Krankheiten erniedrigt. Daher ist es obsolet von atypischer Gebärparese zu sprechen (Staufenbiel et al. 2002).

2.4 Einflussfaktoren auf die postpartale Calciumkonzentration

2.4.1 Tierindividuelle Indikatoren

Bestimmte tierindividuelle Indikatoren können eine Risikoprädisposition anzuzeigen. Dabei ist die enge zeitliche Abhängigkeit zwischen der Indikatorerfassung und dem Diagnosezeitpunkt zu beachten. Somit ist die Sensitivität der Indikatoren vergleichsweise höher für Diagnosen mit einem engen zeitlichen Bezug als für entferntere Diagnosezeitpunkte. Es lässt sich auch durch eine intensive Tierbeobachtung nicht jedes risikoprädisponierte Tier erfassen und deshalb ist auch keine 100%ige Identifikation von gefährdeten Kühen möglich. Es scheint aber, dass die Identifizierung eines Teils risikoprädisponierter Tiere durch die Kombinationen von Indikatoren möglich ist (Jäschke 2007).

2.4.2 Laktationsnummer

Das Alter der Kuh hat einen hohen Einfluss auf das Auftreten von Gebärparese, Hypocalcämie und Hypophosphatämie.

Kühe mit einem höheren Alter und einer höheren Laktationszahl erkranken mit einer höheren Wahrscheinlichkeit an Gebärparese und zeigen geringere Calciumkonzentrationen (Abbildung 6) (Gelfert et al. 2005, Metzner et al. 2005, Pichon 2008, Oetzel 2013). So konnte ein deutlicher Anstieg der Fallzahlen ab der 3. Laktation gezeigt werden, welcher nach der 5. Laktation wieder abnahm (Lesch 2005, Metzner et al. 2005, Dallmeyer 2007, Gelfert et al. 2007). DeGaris et al. (2008) beschrieb eine Steigerung des Risikos mit jeder Laktation um 9 %.

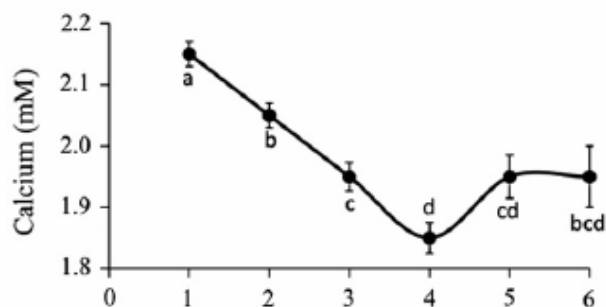


Abbildung 6: Die Serumcalciumkonzentration in Abhängigkeit von der Laktationszahl (Reinhardt et al. 2011)

Die mittleren Serumcalciumkonzentrationen sind bei Kühen der vierten und fünften Laktation signifikant niedriger als bei Kühen der ersten und zweiten Laktation (Jessen 2010). Eine mögliche Ursache kann in der höheren Milchleistung und damit dem höheren Calciumbedarf liegen. Des Weiteren scheint die Fähigkeit in Knochen gespeichertes Calcium zu mobilisieren und die Konzentration von $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ im Blut durch geringere Produktion und vermehrten Abbau mit zunehmendem Alter zu sinken (Horst et al. 1997). Durch eine verminderte Expression von Calciumtransportproteinen kommt es zu einer verminderten Absorption und Reabsorption im Darm und in der Niere (van Abel et al. 2006). Auch ist der Anteil des im Knochen gespeichertem Calciums mit zunehmendem Alter geringer (Reinhardt et al. 1988, Piatkowski et al. 1995). Unterstrichen wird dieses durch die Beobachtungen von Wilkens et al. (2015), welcher bei den jüngeren Versuchsschafen höhere Serumcalciumkonzentrationen im Serum feststellte, als bei den älteren Tieren.

Die Konzentration von ionisiertem Phosphor im Serum korreliert bei einigen Autoren signifikant und positiv mit dem Lebensalter. Die Anfälligkeit für eine Hypophosphatämie nimmt so mit dem steigenden Lebensalter ab (Dallmeyer 2007, Bäuml 2014). Andere Autoren beschreiben eine signifikante Zunahme des Risikos einer Hypophosphatämie mit steigendem Alter (Metzner et al. 2005, Pichon 2008). Nach Grabherr et al. (2009) erhöht sich bei jungen Kühen die Phosphorkonzentration im Serum ab dem 2. Tag p.p., bei älteren jedoch erst ab dem 7. Tag p.p. Mit zunehmendem Alter sinkt auch der Anteil des im Knochen gespeicherten Phosphors (Reinhardt et al. 1988).

Bei jüngeren Tieren tritt häufiger ein alleiniger Calcium- oder Phosphormangel auf; dagegen tritt bei älteren Tieren häufiger eine Kombination beider auf. Mit zunehmendem Alter nimmt die Verknüpfung der Calcium- und Phosphorhomöostase zu (Dallmeyer 2007).

2.4.3 Körperkondition

Durch die Bildung von Mittelwerten der Herde kann die Konditionsbeurteilung und -entwicklung des Einzeltieres bei größeren Tierzahlen an Bedeutung verlieren. Sie ist aber auf Herdenebene im Rahmen des Managements und der Betreuung eine effiziente Methode zur Beurteilung der Tiergesundheit (Schröder 2000).

Die Rückenfettdickenmessung ist eine Methode, um über die Zeit die Lipogeneserate und damit den Energiestoffwechsel einer Kuh zu bestimmen (Staufenbiel 1992). Die Nettoenergiebilanz der Kühe steuert das Maß des Umbaus des Körperfettes (Schröder 2000).

Kühe, die im BCS überkonditioniert beurteilt werden, erkrankten häufiger an Gebärparese (Alpers 2007, Tietze 2010). So steigt das Milchfiebrisiko von 2,7 % auf 4,5 %, wenn die Kühe anstatt mit der Note kleiner gleich 3,0 mit der Note größer gleich 3,25 beurteilt werden (Contreras et al. 2004). Ein hoher BCS ist auch mit einem erhöhtem Risiko für Muskelschäden als Begleiterkrankung verbunden (Gelfert et al. 2007). Der Verlauf des BCS und die Wahrscheinlichkeit der Erkrankung an Gebärparese verhalten sich proportional zueinander (Jäschke 2007).

Dagegen spricht, dass bei anderen Autoren kein Zusammenhang zwischen Rückenfettdicke und Gebärparese gefunden wird (Dallmeyer 2007, Bäuml 2014). Dallmeyer (2007) gab aber auch an, dass die betrachteten Betriebe vor allem normal bis gering unterkonditionierte Tiere besitzen.

2.4.4 Milchleistung und Genetik

Beim Vergleich von Holstein- und Fleckviehkühen zeigt sich, dass Kühe mit einer höheren Milchleistung eine stärker ausgeprägte Hypocalcämie und –phosphatämie aufweisen (Lesch 2005). Diese Beobachtung wird durch andere Autoren (Dirksen et al. 2006, Pichon 2008, Tietze 2010) bestätigt. Auch bei Fleischer et al. (2001), der nur Holsteins betrachtete, zeigte sich dieser Zusammenhang zwischen der Leistung und der Erkrankungshäufigkeit, sowohl bei der 305-Tage Vorlaktationsleistung, als auch bei der Leistung der aktuellen Laktation.

Beim Vergleich von Jersey mit Holstein Kühen zeigen die Jersey Kühe eine deutlich höhere Inzidenz an Hypocalcämie zu erkranken. Auch in der Milch und im Kolostrum ist die Konzentration von Calcium bei Jerseys höher, zudem zeigen sie im Darm 15 % weniger Vitamin D Rezeptoren (Goff 2000).

Düring et al. (1989) verglich Angler und Schwarzbunte Milchkühe miteinander. Dabei stellte er fest, dass Angler häufiger an Hypocalcämie erkrankten als Schwarzbunte und dabei auch im Gegensatz zu den Schwarzbunten bei steigender Milchleistung immer anfälliger wurden.

In schwedischen Untersuchungen zeigen die Rotbunten Kühe ein höheres Risiko zu erkranken als Schwedische Holsteins. Bei der Betrachtung aller schwedischer Kühe gibt es eine positive Korrelation zwischen der Leistung und der Erkrankungsprävalenz (Dyrendahl et al. 1972, Bendixen et al. 1987)

In den Arbeiten von Metzner et al. (2005) und Aeberhard et al. (2001) hatten jedoch die Kühe mit einer hohen Leistung kein erhöhtes Risiko festzuliegen.

2.4.5 Vorerkrankungen

Pichon (2008) stellte fest, dass festliegende Kühe mit einer Hypocalcämie oder einer Hypophosphatämie tendenziell häufiger vorerkrankt waren. Als Vorerkrankungen gaben die Besitzer Mastitis, Bronchitis, Diarrhoe, Prolaps vaginae und/oder uteri und Klauenprobleme an. Auch haben 11 % der Kühe schon in der letzten Laktation festgelegt. Auch Lesch et al. (2006) zeigte in ihrer Untersuchung, dass ein Großteil der an Gebärpause erkrankten Kühe eine Vorerkrankung hatten.

2.4.6 Körperhaltung, Bewegung

Es wird kein Unterschied in der Anzahl des Aufstehens in den 7 Tagen vor und nach der Kalbung festgestellt, jedoch stehen Kühe mit subklinischer Hypocalcämie 2,6 Stunden länger in den 24 Stunden ante partum. Dies ist auf ein vermutlich erhöhtes Unbehagen der Tiere zurückzuführen (Jawor et al. 2012).

2.4.7 Körpertemperatur

Im Gegensatz zur Ohrtemperatur ist die innere Körpertemperatur weitgehend unabhängig von Lufttemperatur, -feuchtigkeit und Windstärke sowie auch vom Laktationsalter und ist damit ein empfehlenswertes Instrument zur Gesundheitskontrolle (Jäschke 2007). Jedoch ist die Messung der Körpertemperatur abhängig von der Penetrationstiefe und vom verwendeten Thermometer (Jäschke 2007, Burfeind et al. 2010, Burfeind 2011).

Bei einem Großteil der Tiere wird eine niedrigere Körpertemperatur festgestellt, wenn die Serumcalciumkonzentration niedriger war (Tietze 2010). Patienten mit einer hypothermen Körperinnentemperatur zeigen die niedrigsten Calcium- und Phosphorkonzentrationen im Serum, allerdings kann nur zwischen der Körpertemperaturmessung und der Phosphorkonzentration ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Letztere liegt bei Kühen mit einer Hyperthermie deutlich höher als bei Tieren mit einer physiologischen Körperinnentemperatur (Lesch 2005).

2.4.8 Ohrtemperatur

In verschiedenen Untersuchungen kann ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Grad der Hypokalzämie und der Hypophosphatämie und dem Grad der Absenkung der Oberflächentemperatur der Ohren gezeigt werden (Lesch 2005, Bäuml 2014). Die Oberflächentemperatur der Ohren hat eine signifikante Korrelation mit der Körpertemperatur, aber auch mit der Lufttemperatur und einer schlechten Pansenfüllung (Jäschke 2007).

2.4.9 Fütterung

Über die Fütterung kann man sehr stark auf die Calciumkonzentration im Blutserum nach der Kalbung einwirken.

Kurz vor der Kalbung sollte keine Fütterungsumstellung erfolgen, da dies einen negativen Einfluss auf die Calcium- und Phosphorhomöostase hat (Pichon 2008). Die Länge der Gabe der Vorbereitration hat einen sehr geringen Einfluss auf das Risiko für Gebärparese. So steigt das Risiko einer Erkrankung bei einer 60-tägigen Gabe anstatt einer 21-tägigen Gabe von 3,5 auf 5,1 % (Contreras et al. 2004).

Auch Verdauungsstörungen, welche schon a.p. beginnen, hängen signifikant mit Hypocalcämien zusammen (Pichon 2008).

2.4.9.1 Futteraufnahme, Pansenfüllung

Bereits 6 Wochen ante partum beginnt eine Depression der Futteraufnahme. Es kann eine bis zu 10 % ige Reduktion der Futteraufnahme entstehn (Drackley 2002). Am Tag der Kalbung ist die Futteraufnahme am geringsten (Jäschke 2007, Grabherr et al. 2009).

Die Trockenmasseaufnahme während der zwei Wochen vor der Kalbung ist bei Kühen mit einer subklinischen Hypocalcämie im Durchschnitt 1,7 kg/d höher als bei den anderen Kühen. Es kann keine Erklärung für dieses Phänomen gegeben werden, da die Kühe noch keine Milch geben. Es ist auch zu bedenken, dass die Aufnahmemenge auch immer mit dem Rang der Kuh in der Herde und mit ihrer Chance am Futtertisch einen Platz zu bekommen, zusammenhängt (Jawor et al. 2012).

Die Pansenfüllung ist eine relativ objektive Beobachtungsgröße. So ist sie unabhängig von Umweltfaktoren (Jäschke 2007) und hat eine moderate Wiederholbarkeit zwischen einem und mehreren Untersuchern und eine moderate Korrelation mit objektiver Messung der linken Hungergrube (Burfeind et al. 2010, Burfeind 2011). Beim Vergleich von Tag und Nacht, zweier Intervalle mit bedeutsamen Unterschieden in der Trockenmasseaufnahme, kann eine annehmbare Beziehung zwischen Unterschieden in der Trockenmasseaufnahme und Unterschieden der Pansennote innerhalb einer Kuh nachgewiesen werden. Unter diesem Aspekt ist

eine Bewertung der Pansennote nur zum zeitlichen Vergleich innerhalb eines Tieres zu nutzen (Burfeind 2011).

2.4.9.2 Mineralstoffgehalt des Futters

Eine Überversorgung mit Calcium, Phosphor, Natrium oder Kalium in der Trockenstehperiode begünstigt die Entwicklung von Hypocalcämie und- phosphatämie (Pichon 2008).

Erhöhte Phosphorkonzentrationen in der Fütterung a.p. steigern das Risiko von Milchfieber (Reinhardt et al. 1988, Lean et al. 2006, DeGaris et al. 2008). Eine Erhöhung von 0,3 % auf 0,4 % von Phosphor im Futter steigert das Risiko an einer Hypocalcämie zu erkranken um 18 % (Lean et al. 2006). Durch die hohen Phosphorkonzentrationen im Blut wird die Umwandlung von Vitamin D in Calciferol inhibiert und dadurch die Calciumaufnahme im Darm reduziert (Reinhardt et al. 1988).

Hohe ruminale Konzentrationen von Magnesium können mit hoher gastrointestinaler Calciumabsorption assoziiert werden (Wilkins et al. 2015). Höhere Magnesiumkonzentrationen vor der Kalbung haben den größten Effekt auf die Reduzierung der Milchfieberinzidenz. Eine Steigerung von 0,3 % auf 0,4 % von Magnesium in der täglichen Trockenmasseaufnahme senkt das Risiko für eine Hypocalcämieerkrankung um 62 % (Lean et al. 2006).

Ein hoher Kaliumgehalt im Futter erhöht das Risiko von Hypocalcämien (Lean et al. 2006), da eine erhöhte Kaliumaufnahme mit den Pflanzen den Anstieg des pH-Wertes verursacht bzw. im Hinblick auf den Säure-Basen-Haushalt eine metabolische Alkalose auslöst, welche die Regulation des Calciumhaushaltes beeinflusst (Martens et al. 2003, Schmutzer 2010).

Der Schwefelgehalt im Futter korreliert positiv mit der Calciumausscheidung (Schmutzer 2010) und damit führen höhere Gehalte zu einer Steigerung des Gebärpareserisikos (Lean et al. 2006).

Die Fütterung von Natriumbikarbonat steigert das Risiko für Gebärparese (Lean et al. 2006).

2.4.9.3 Calciumreduzierte Fütterung

Die reduzierte Calciumverfügbarkeit in der Vorbereiterration soll Hypocalcämien vorbeugen (Martín-Tereso et al. 2014).

Die Aufnahme von Calcium über das Futter und die Calciumkonzentration im Plasma korrespondieren miteinander (Block 1984). Bei reichlichem, alimentärem Angebot von Calcium am Ende des Trockenstehens deckt die Kuh ihren Bedarf nur mit passiv resorbiertem Calcium, da die aktive Resorption nicht beansprucht wird. Damit wird die Sekretion von Parathormon und die Bildung von 1,25-Dihydroxycholekalziferol unterdrückt und es nimmt die Zahl der Vitamin

D Rezeptoren ab (Dirksen et al. 2006). Als Folge daraus kann die Kuh zum Zeitpunkt der Geburt das im Knochen gespeicherte Calcium nicht aktivieren und den aktiven Transport im Darm nicht nutzen. Die Aktivierung dieser Prozesse benötigt im Allgemeinen mehrere Tage (Reinhardt et al. 1988).

Bei einem Gehalt von 1,6 % Calcium in der Trockenmasse ist die Inzidenz für Gebärparese am Größten (Oetzel 1991). Die Calciumaufnahme muss unter 20 g/d (0,15 % der Ration) liegen, um die Calciumhomöostase durch die negative Calciumbilanz zu stimulieren (Reinhardt et al. 1988, Houe et al. 2001, Thilsing-Hansen et al. 2002a, Wilkens et al. 2011). Die Aktivierung der Regulationsmechanismen wird durch den Abfall von Calcium und den Anstieg von Phosphor und Calciferol angezeigt (Wilkens et al. 2011). Es ist jedoch schwierig, diese Konzentrationen mit der Fütterung zu erreichen (Goff 2000, Thilsing-Hansen et al. 2002a).

Durch den Abfall der Calciumkonzentration im Blut kommt es zur Aktivierung von Parathormon, wodurch die Mobilisation von Calcium im Knochen und die Produktion von Calciferol stimuliert werden (Horst et al. 1994, Goff 2004). Auch wird die intestinale Aufnahme von Calcium stimuliert (van de Braak et al. 1986, Goff 2000). Zur Geburt werden dadurch die Regulationsmechanismen schneller und effektiver aktiviert. Wichtig ist aber auch, dass nach der Kalbung eine calciumreiche Ration gefüttert wird (Goff 2004).

Eine Erhöhung der Calciumkonzentration von 0,5 % auf 1 % erhöht das Risiko eine Hypocalcämie zu erleiden um 327 % und alleine bei Steigerung der Konzentration von Calcium im Futter von 0,5 % auf 0,6 % kommt es zu einer Risikoanstieg von 37 % (Lean et al. 2006). Der Calciumgehalt im Futter zeigt eine positive Korrelation zur Calciumausscheidung über den Harn (Schmutzer 2010). Je höher die DCAB - Konzentration in der Ration ist, umso mehr muss der Calciumgehalt im Futter gesenkt werden, um Gebärparesen und subklinische Hypocalcämien zu vermeiden. Die Calciumkonzentration der Ration weist eine positive Korrelation bezüglich der Calciumausscheidung im Harn auf (Schmutzer 2010).

Dagegen spricht, dass in verschiedenen Untersuchungen keine Beeinflussung von verminderter Calciummenge im Futter vor der Kalbung auf die Calciumkonzentration im Blut zur Geburt festgestellt werden kann (Chan et al. 2006, Kronqvist et al. 2011, Kronqvist et al. 2012).

Bei nicht tragenden und nicht laktierenden Kühen konnte nur eine sehr geringe bis keine Beeinflussung der Konzentration von Calcium im Futter auf die Blutserumkonzentration von Calcium festgestellt werden (Hartmann et al. 2000).

Das Milchfiebrisrisiko sinkt nach Ansicht mancher Autoren nur bei sehr niedrigen und sehr hohen Calciumkonzentrationen (Oetzel 1991, Lean et al. 2006).

2.4.9.4 DCAB und Saure Salze

Die DCAB hat Einfluss auf die Höhe und die Zeitdauer der Plasmacalciumkonzentrationänderung nach der Geburt. Die Fütterung von sauren Salzen ist eine praktisch anwendbare Methode zur Änderung der DCAB und damit zur Prophylaxe von peripartalen klinischen und subklinischen Hypocalcämien und Festliegen durch Gebärpause (Abbildung 7).

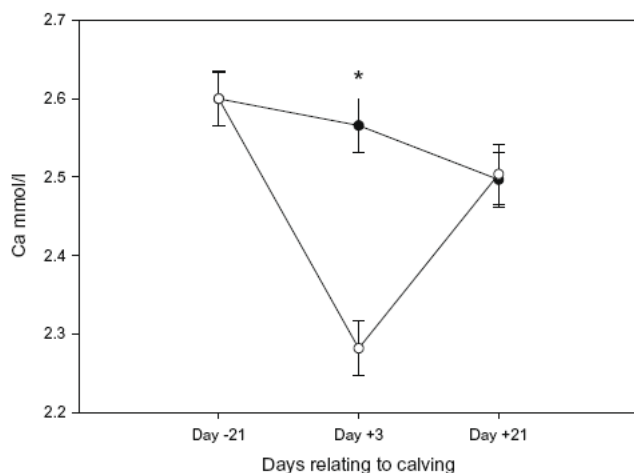


Abbildung 7: Serum Calciumkonzentration mit (●) und ohne (○) anionische Salze (Seifi et al. 2010)

Die DCAB beeinflusst die Struktur und darüber die Funktion des Parathormons sowie die Menge an ionisiertem Calcium im Knochen (Winkler 2014). Dieses Verfahren funktioniert besser als calciumreduzierte Fütterung (Gelfert et al. 2007, Jessen 2010). Die DCAB berechnet sich als $DCAB = (\text{meq Na}^+ + \text{meq K}^+) - (\text{meq Cl}^- + \text{meq S}^-)$ (Goff 2004). Die DCAB kann durch eine Verringerung von Kalium und Natrium oder durch eine Erhöhung von Chlorid und Schwefel in Futter gesenkt werden (Horst et al. 1997, Goff et al. 2007). Eine Übersicht über die DCAB-Konzentration ausgewählter Futtermittelkomponenten ist in Tabelle 88 im Anhang aufgelistet.

Die Fütterung von einer niedrigen DCAB und sauren Salzen erzeugt eine metabolische Azidose und wirkt damit positiv auf die Aufrechterhaltung der Calcium-Homöostase, der Mobilisation von Calcium aus dem Knochen und die Resorption aus dem Darm (Goff et al. 1991, Espino et al. 2005, Frömer 2005, Gelfert et al. 2007, Gelfert 2011). Des Weiteren wirkt es positiv auf die Bildung von 1,25-Dihydroxycholekalziferol (Horst et al. 1997). So steigt mit fallender DCAB-Konzentration die Serumcalciumkonzentration vor und bei der Kalbung an (Goff et al. 1991, Charbonneau et al. 2006).

Die DCAB sollte unter 100 meq/kg Trockensubstanz liegen, jedoch auch keine extrem negativen Konzentration annehmen, um eine klinische Azidose zu vermeiden (Gelfert et al. 2007). Schon ab einer DCAB-Konzentration von unter 160 mEq/kg Trockensubstanz wird ein Effekt auf das Säure-Basen-Gleichgewicht und auf die Mobilisation von Calcium erzielt (Gelfert et al. 2007). Aktuelle Untersuchungen streben eine Zielregion von dem Bereich um 0 meq/kg Trockensubstanz (-50 meq/kg Trockensubstanz bis +50 meq/kg Trockensubstanz) an, welche für eine Prophylaxewirkung ausreichend und für die Tiergesundheit mit einem geringen Risiko für Komplikationen gut verträglich ist (Jessen 2010). In dem Bereich von 50-100 meq/kg Trockensubstanz sind subklinische Hypocalcämien nicht auszuschließen. Weiterhin ist es wichtig, den Calciumgehalt im Futter der DCAB-Konzentration anzupassen, um eine Entgleisung in eine Über- oder Unterversorgung zu vermeiden (Jessen 2010, Schmutzer 2010). Dabei ist auf den Calciumgehalt und die Bioverfügbarkeit von Calcium in den Futtermitteln zu achten (Jessen 2010). Gelfert et al. (2008) empfiehlt, dass der Gehalt nicht unter dem Bedarf für Transitzühe liegen sollte, aber er muss auch nicht unnötig erhöht werden. Er empfiehlt einen Gehalt von 9 bis 12 g Calcium / kg Trockensubstanz.

Der Abfall des Milchfiebriskos ist linear mit der DCAB korreliert (Abbildung 8) (DeGaris et al. 2008). Ein Anstieg von -250 auf +250 meq/kg Trockensubstanz führt zu einem Anstieg des Risikos um 110 % (Lean et al. 2006) und bei einem Anstieg von 0 auf +300 meq/kg Trockensubstanz erhöht sich das Risiko für eine Hypocalcämie nach der Kalbung von 3,25 % auf 16,4 % (Charbonneau et al. 2006). Die Tabelle 89 im Anhang zeigt eine Übersicht ausgewählter Studien über den Einfluss verschiedener DCAB-Konzentrationen auf die Kuh.

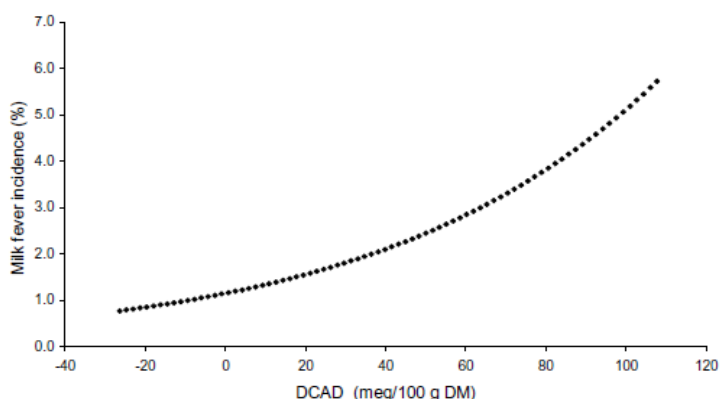


Abbildung 8: Zusammenhang vom Milchfiebrisiko und der DCAB (DeGaris et al. 2008)

Mit sinkenden DCAB-Konzentrationen steigt die Harncalciumkonzentration bei tragenden Kühen an (Frömer 2005, Schmutzer 2010, Goff et al. 2014). Eine erfolgreiche Anwendung von sauren Salzen wird durch eine Hypercalciurie angezeigt (Frömer 2005, Jessen 2010). Die Ausscheidung von Calcium ist unabhängig vom Calciumanteil im Salz. Nach Absetzen des

Salzes fällt die Konzentration in den Ausgangsbereich zurück (Frömer 2005). Gelfert et al. (2007) stellte in seiner Arbeit jedoch fest, dass es sehr wahrscheinlich ist, dass sich die Kühe nach 14 Tagen an die Gabe von sauren Salzen adaptiert haben und nicht weiterhin zusätzliches Calcium mobilisieren. Die Zielgröße einer optimalen Anionenration ist in einem Bereich von 7 – 15 mmol/l Calcium im Harn anzustreben (Frömer 2005, Schmutzer 2010). Der Anstieg der Harncalciumkonzentration ist eine typische Reaktion auf die azidotische Stoffwechsellage (Bender 2002, Frömer 2005). Calcium im Blut wirkt so als Puffer zur Neutralisation von Säuren (Bender 2002).

Der Harn-pH ist mit der DCAB kurvenlinear korreliert (DeGaris et al. 2008) (Abbildung 9) und dient daher auch als Kontrollinstrument für die Ration (Horst et al. 1997). Eine Überprüfung entsprechend der Tabelle 1 sollte erst 48 oder mehr Stunden nach dem Futterwechsel erfolgen (Goff 2004, Jessen 2010).

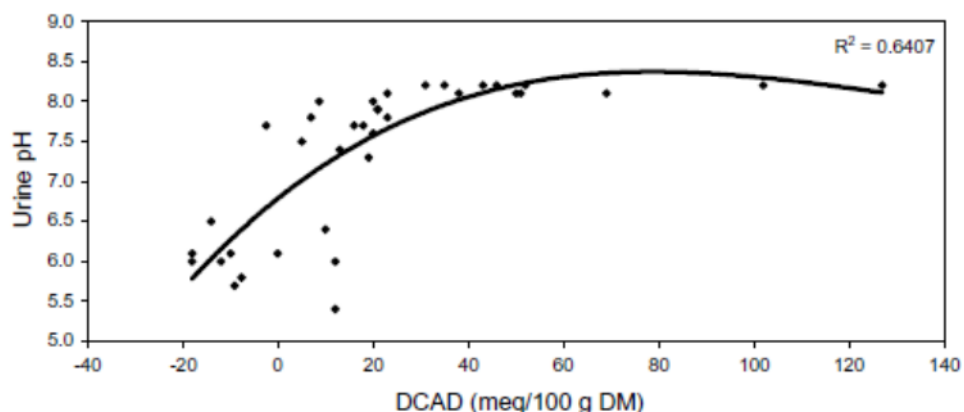


Abbildung 9: Zusammenhang des Harn pH-Wertes und der DCAB (DeGaris et al. 2008)

Tabelle 1: Richtkonzentratione zur Beurteilung des Effektes einer Anionenration über die Harnuntersuchung bei gepoolten Proben (Schmutzer 2010)

	Harn-pH-Konzentration	Harn-NSBA-Konzentration mmol/l	Harn-Ca-Konzentration mmol/l
Zu alkalisch: Kaliumgehalt unter 15g/kg senken; Menge der sauren Salze prüfen	>7,8	>+50	>7
optimal	7,0-7,8	-50-0	7-15
Zu sauer: Menge der sauren Salze prüfen; Einfluss der Pansenazidose prüfen	<7,0	<-50	>15

Eine hohe DCAB senkt weiterhin die Gewebeeempfindlichkeit für das Parathormon (Goff et al. 1991, Goff 2014, Goff et al. 2014). Eine metabolische durch eine hohe DCAB verursachte Alkalose induziert einen Zustand des Pseudoparathyreodismus, was bei Kühen Hypocalcämien und Milchfieber auslösen kann (Goff et al. 2014). So wird am Knochen die effektive Nutzung der Calciumkanäle sowie die Aktivierung von Osteoklasten zur Knochenresorption verhindert und an der Niere sinkt die Rückresorptionsrate ebenso wie die Umwandlungsrate von 1,25 Dihydroxycholekalziferol (Goff 2004, Goff 2006). Die Plasmakonzentration von Calcium und 1,25-Dihydroxycholeferol stiegen nach der Injektion von Parathormon bei Kühen mit einer hohen DCAB signifikant geringer als bei Kühen mit einer niedrigen DCAB. Sie reagieren also weniger sensitiv auf Parathormon (Goff et al. 2014).

Durch den Einsatz verschiedener saurer Salze können unterschiedliche DCAB Bereiche erreicht werden (Tabelle 2). Die Salze CaCl_2 , CaSO_4 , und NH_4Cl haben, betrachtet man die Parameter Harn-pH, NSBA und Harncalciumkonzentration, den größten Einfluss und sollten, unter Beachtung der maximal tolerierbaren Grenzen an Schwefel (0,4 % der TS), erste Wahl sein (Frömer 2005).

Tabelle 2: Differenzierter Einsatz saurer Salze in Abhängigkeit vom DCAB-Bereich in Kombination mit anderen Prophylaxemaßnahmen (Schmutzer 2010)

DCAB-Bereich nach Zugabe saurer Salze meq/kg TS	Auswahl des Sauer Salzes	Calciumgehalt der Ration g/kg TS	Kombination mit anderen Prophylaxemethoden
>200	$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	<4	Calciumarme Fütterung 10 Mio. IE Vitamin D ₃ Enges Ca/P-Verhältnis Pansenfermentation
100-200	$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	4-6	10 Mio. IE Vitamin D ₃ Enges Ca-P-Verhältnis Pansenfermentation
50-100 (unsicherer Bereich)	$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ($\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$)	6-8	Enges Ca-P-Verhältnis Pansenfermentation
-50-50	$\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ($\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$)	9-12	Keine notwendig
<-50	$\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ($\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$)	9-12	Salzmenge reduzieren Prüfung Pansenazidose

Saure Salze haben keine statistisch gesicherte Auswirkung auf anorganischen Phosphor im Serum (Frömer 2005) und auf die Phosphorkonzentration im Harn (Schmutzer 2010). Bei Bender (2002) hatten die Vorbereiter ohne saure Salze die signifikant höchsten Phosphorkonzentrationen im Harn, diese lagen aber deutlich im unteren Referenzbereich. Es wurde vermutet, dass die Ursache in dem häufig hohen Calciumanteil in den sauren Salzen liegt.

Des Weiteren haben zu niedrige DCAB-Konzentrationen auch einen negativen Effekt auf die tägliche Futteraufnahme. Eine Senkung von +300 auf 0 meq/kg Trockensubstanz senkt die Futteraufnahme um 11,3 % (Charbonneau et al. 2006). Beim Einsatz saurer Salze sollte auf geschmacksneutrale und/oder gekapselte anionische Salze geachtet werden, da diese Futteraufnahmepressionen vermeiden (Jessen 2010). Bei einer gleichzeitigen Verabreichung von sauren Salzen und Pansenpuffern bleibt eine Wirkung auf den Stoffwechsel nahezu aus. Deswegen ist bei einem Einsatz von sauren Salzen in der Ration auf Pansenpuffer konsequent zu verzichten, um den Erfolg nicht aufzuheben (Gelfert et al. 2006).

2.4.9.5 Einfluss von Futterzusätze

2.4.9.5.1 Zeolite A

Eine neuere Maßnahme ist der Einsatz von Zeolite A, ein synthetisches Natrium-Aluminium-Silikat Puder ($\text{Na}_{12}\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48} \cdot 27\text{H}_2\text{O}$) (Grabherr et al. 2009). Es ist als Zusatzstoff zugelassen gemäß Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 (Union 2019). Zeolite A soll das über das Futter aufgenommene Calcium im Gastrointestinaltrakt binden und eine Resorption weitgehend verhindern. Die Calciumbindungskapazität beträgt ≥ 110 mg/g aktive Zeolite bei pH 11 (Thilsing-Hansen et al. 2001).

Ziel ist es, eine negative Calciumbilanz ante partum herbeizuführen und somit die Calciumhomöostase um die Geburt zu gewährleisten (Thilsing-Hansen et al. 2001, Grabherr et al. 2008). Aufgrund der negativen Calciumbilanz a.p. werden das Parathormon und Vitamin D₃ schon a.p. aktiviert, was in einer erhöhten Calciummobilisation resultiert. Die renale Calciumausscheidung mit dem Harn ist um die Kalbung erhöht, welche nicht aus einer metabolischen Azidose resultiert (Grabherr et al. 2009). So kommt es bereits kurz vor der Kalbung zu einer Stabilisierung der Calciumkonzentration über 2 mmol/l im Serum (Grabherr et al. 2008) und auch nach der Kalbung zu relevant höheren Calciumkonzentrationen im Serum als bei unbehandelten Kühen (Thilsing-Hansen et al. 2001, Pallesen et al. 2008, Kerwin et al. 2018). Des Weiteren ist die Magnesiumkonzentration signifikant erniedrigt (Grabherr et al. 2008, Kerwin et al. 2018).

Beim Einsatz ist jedoch sehr stark auf die Dosierung zu achten, da zu hohe Gaben die Futteraufnahme a.p. senken und Hypophosphatämie auslösen können, zu niedrigere Gaben jedoch keine ausreichende Wirkung auf den Calciumstoffwechsel haben (Grabherr et al. 2008,

Grabherr et al. 2009, Kerwin et al. 2018). Es wird eine Gabe von 23 g/kg TM empfohlen (Grabherr et al. 2009). Bei sehr hohen Gaben ist es schwer zu unterscheiden, ob die Stabilisierung des Calciums um die Geburt auf die positiven Effekte der Zeolite herzuführen ist oder auf die verringerte Calciumaufnahme, welche aus der verringerten täglichen Futteraufnahme a.p. resultiert (Grabherr et al. 2009). Bei Kühen der 1. und 2. Laktation hat die Gabe keinen Einfluss auf die Calciumkonzentration im Serum post partum (Grabherr et al. 2009).

Bei Zulage von Zeolite sinkt die Phosphorkonzentration im Blutserum um die Kalbung durch die Aktivierung von PTH und die geringere Bioverfügbarkeit von Phosphor (Grabherr et al. 2008). Jedoch sollte kein Phosphor zusätzlich supplementiert werden, da es die stabilisierenden Effekte der Zeolitegabe teilweise wieder aufhebt und es wieder zu Fällen von Hypocalcämie kommt. Die Ursache dafür ist, dass Zeolite stärker an Phosphor bindet als Calcium (Pallesen et al. 2008).

2.4.9.5.2 Entfettete Reiskleie

Durch die Gabe von 167 g/kg Trockensubstanz entfetteter Reiskleie a.p. soll die Serumcalciumkonzentration und die Serumphosphorkonzentration um die Geburt erhöht werden.

Nach der Kalbung haben die Kühe mit Reiskleiegabe eine höhere Trockenmasseaufnahme als die Tiere mit einer DCAB-Fütterung und die Tiere der Kontrollgruppe. Die Serumcalcium- und Phosphorkonzentration um die Kalbung und 48 h danach ist signifikant erhöht, jedoch hat es keinen Einfluss auf den Tiefpunkt der Calciumkonzentration im Serum, die Gabe von Calcium, die Kalbung und die Kolostrummenge.

Sie fördert die Aufnahme von Calcium p.p. indem es a.p. die Aufnahme und die Verfügbarkeit reduziert. Auch der hohe Gehalt an Phytinsäuren hat einen positiven Einfluss auf den Calciummetabolismus. Die Gabe entfetteter Reiskleie stellt damit eine gute Alternative zu sauren Salzen dar (Martin-Tereso et al. 2014).

2.4.9.5.3 Calci-Cap 75

Calci-Cap 75 ist Calciumchlorid, welches mit einer verdaulichen Fettkapsel ummantelt wird.

Durch die Zugabe wird die DCAB abgesenkt, dabei ist die Akzeptanz durch die Kühe besser als bei der Zugabe unverkapselten saurer Salze. Der Einsatz sollte sich auf die letzten 2-3 Wochen vor der Kalbung beschränken und Calcium durch die erhöhte Mobilisation zugefüttert werden.

Die Versuchstiere zeigten im Zeitraum von einem Tag vor bis zum 3. Tagen nach der Kalbung höhere Calciumkonzentrationen im Blut als die Vergleichstiere und keine Versuchskuh musste prophylaktisch mit einer Kalziuminfusion behandelt werden (Mahlkow-Nerge et al. 2002).

2.4.10 Jahreszeitlicher Einfluss

Über den Einfluss der Jahreszeiten auf das Milchfiebrisiko gibt es unterschiedliche Angaben. Bei Lesch (2005) lagen die meisten Tiere mit jeweils 11,4 % (n = 21) im Februar und im Mai fest. Die geringsten Erkrankungsraten fanden sich dagegen von Oktober bis Dezember. Dallmeyer (2007) beobachtete von September bis November die meisten Fälle. Goff et al. (1991) haben die meisten Erkrankungen im November bis Januar festgestellt. Dabei konnte in keiner Untersuchung ein Zusammenhang zwischen einer höheren Abkalbungs- und einer vermehrten Erkrankungsrate gefunden werden. Dallmeyer (2007) vermutet, dass in seiner Arbeit die Unterschiede auf Fütterungseffekte zurückzuführen sind.

Es konnte kein Einfluss der Jahreszeit auf die Calciumausscheidung im Harn nachgewiesen werden (Bender 2002, Frömer 2005).

2.4.11 Witterung

Milchfieber tritt häufiger bei Wetterwechsel und Tiefdruckgebieten auf (Bäumli 2014). Mit zunehmender Luftfeuchte steigt das Risiko und ist am höchsten bei kaltem, feuchtem Wetter. Wenn in den letzten 48 h a.p. die Regenmenge zwischen 0.950 mm und 3.374 mm beträgt, steigt das Milchfiebrisiko um 82 % im Vergleich zu niederschlagsfreien Zeiträumen. Des Weiteren steigt die Häufigkeit um 60 % an, wenn die Grastemperatur im Minusbereich anstatt um den Gefrierpunkt liegt. Mögliche Einflussfaktoren könnten im veränderten Futteraufnahmeverhalten oder durch Stress ausgelöste Reaktionen liegen (Roche et al. 2006).

2.4.12 Kalbung

Es konnte in mehreren Untersuchungen (Gelfert et al. 2005, Tietze 2010, Bäumli 2014) kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Schweregeburten und peripartalen Festliegen beobachtet werden. Auch ein Zusammenhang von Hypocalcämie mit Wehenschwäche sowie dem Gewicht oder Geschlecht des Kalbes kann nicht nachgewiesen werden, ebenso wie mit dem Auftreten von Zwillingen (Correa et al. 1993, Pichon 2008). Dagegen fanden sich in der Arbeit von Correa et al. (1993) aber ein erhöhtes Risiko bei Totgeburten und bei Benzaquen et al. (2015) fielen die Kühe mit Schweregeburt, Zwillingen oder Totgeburten stärker bei der Calciumkonzentration im Serum auf.

Kühe mit Zwillingen leiden häufiger an einer Hypophosphatämie (Goff 2004).

2.4.13 Haltung

Pichon (2008) stellte fest, dass Kühe, die angebunden gehalten werden, häufiger festlagen oder eine Hypocalcämie zeigten, als Kühe in Laufstallhaltung.

2.4.14 Serumparameter

2.4.14.1 Magnesium

Die Konzentration an Serummagnesium hat eine negative Korrelation zu der Konzentration von Serumcalcium (Abbildung 10) (Larsen et al. 2001, Riond 2001, Kronqvist et al. 2011, Zebeli et al. 2013).

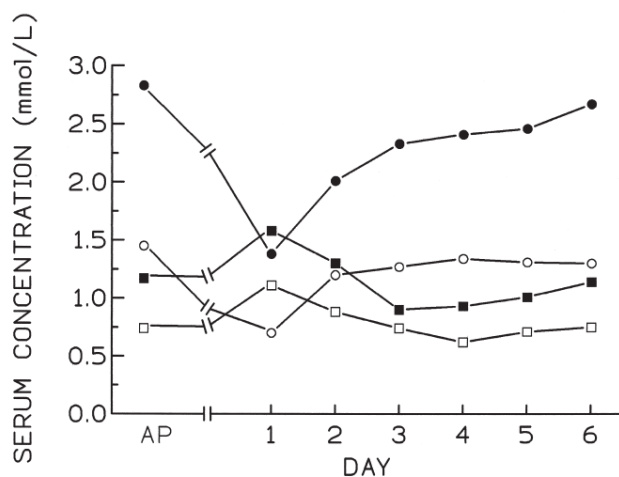


Abbildung 10: Serumkonzentration von Ca (●), Ca²⁺(○), Mg(■) und Mg²⁺(□) während der Transitperiode (Riond 2001)

Bei Goff (2014) hatte eine Hypomagnesieämie zur Folge, dass bei einer Hypocalcämie weniger Parathormon ausgeschüttet wurde und die Gewebereaktion auf das Parathormon reduziert wurde. Daher erhöht eine niedrige Plasma Magnesiumkonzentration das Risiko von Hypocalcämien.

2.4.14.2 Kalium

Kalium hat eine enge positive Korrelation mit Calcium (Larsen et al. 2001). Hingegen zeigte sich bei Metzner et al. (2005) kein signifikanter Unterschied zwischen Festliegern und gesunden Tieren.

2.4.15 Prophylaxemaßnahmen

Es wurden im Laufe der Zeit verschiedene Prophylaxemaßnahmen entwickelt. Die Prophylaxe über calciumreduzierte Fütterung, saure Salze, das DCAB-Konzept und Futterzusatzstoffen wird gesondert im Fütterungsabschnitt behandelt.

2.4.15.1 Vitamin D₃ Injektion

Im Blut einer hochtragenden Kuh befinden sich 20-50 pg Vitamin D₃ pro Milliliter Blut. Mit Beginn der Laktation kommt es zu einem plötzlichen Anstieg auf 100 pg/ml. In Phasen einer

Hypocalcämie kann die Konzentration pro Milliliter Blut auf 300 pg ansteigen. Ist der Calciumstoffwechsel ausgeglichen und die Laktation etabliert, fällt die Konzentration wieder auf 20-50 pg/ml (Reinhardt et al. 1988). Die Ausbildung der Calciumkanäle und die Bildung von Calbindin ist sehr stark Calcitriol abhängig (Bouillon et al. 2003).

Durch die Injektion von Vitamin D₃ 2-7 Tage ante partum wird ein starker Abfall der Serumcalciumkonzentration verhindert und ist damit in den kritischen 48 Stunden nach der Kalbung die Konzentration von Calcium im Serum höher (Frey et al. 2002, Dirksen et al. 2006, Jessen 2010). Die Injektion von Vitamin D₃ erhöht die Fähigkeit Calcium aus dem Darm und aus dem Knochen aufzunehmen (Dirksen et al. 2006, Goff 2008). Durch das erhöhte Angebot an Vitamin D₃ erfolgt die Umwandlung durch Hydroxilierung in 1,25-(OH)₂D₃ in gewissen Umfang ohne Parathormon. Die Wirkung beginnt 24 Stunden nach der Injektion und dauert 4-6 Tage an (Zepperitz 1992). Nach einer anfänglichen Erhöhung der Serumcalciumkonzentration durch die Injektion von Vitamin D₃ entsteht später ein Abfall derselben bis zu einer Hypocalcämie, wodurch es bei zuzeitigem Injizieren zu einer erhöhten Gebärpauseprädisposition kommen kann (Frey et al. 2002, Thilsing-Hansen et al. 2002a).

Bei der Vitamin D₃ Injektion werden 500.000 bis 1 Mio. IU Colecalciferol / 50 kg Körpergewicht 6-7 Tage vor dem errechneten Kalbedatum verabreicht (Zepperitz 1992, Frey et al. 2002, Goff 2004, Goff 2008, vetidata 2016, vetidata 2016). Sollte die Geburt nicht innerhalb von 6 Tagen nach der Gabe erfolgen, ist die Behandlung in derselben Dosierung einmalig zu wiederholen (Frey et al. 2002, vetidata 2016). Eine erneute Gabe steigert das Risiko einer Hypervitaminose und damit der Ausbildung einer Calcinose (Dirksen et al. 2006).

Bei Gast et al. (1979) hatte keine Kuh in der Gruppe mit Vitamin D₃ Injektion Gebärpause, dagegen in der Vergleichsgruppe 33 % der Kühe. Auch bei Littledike et al. (1982) zeigten die Kühe mit Vitamin D₃ Injektion deutlich höhere Calciumkonzentrationen.

Zu beachten ist, dass die Gabe von zu hohen Vitamin D₃ Dosen zu einer Intoxikation führen kann (Littledike et al. 1982).

2.4.15.2 Orale Calciumgaben

Die orale Gabe von Calcium kann mittels Calciumgelen, als Drenchflüssigkeit oder als Calciumkapseln erfolgen. Sie bestehen aus Calciumsalzen, meistens aus Calciumchlorid. Die Aufnahme erfolgt vorrangig über die passive Aufnahme im Pansen und im Labmagen. Durch die Gabe von Calciumchlorid wird der osmotische Effekt unterstützt und der Schlundrinnenreflex ausgelöst. Dies unterstützt die Resorption, da die passive Aufnahme besser im Labmagen erfolgt. Die Gabe von oralem Calcium rund um die Geburt kann das Risiko von Hypocalcämien um 50-60 % senken (Ringarp et al. 1967, Horst et al. 1997, Gebreselassie 2009, Oetzel 2013).

Aber auch eine Gabe bis zu 3 Wochen vor der Geburt hat keine negativen Folgen (Ringarp et al. 1967). Das Risiko von Hypocalcämien wird in der Untersuchung von Ringarp et al. (1967) 57 % auf rund 7,6 % gesenkt. Kühe mit oraler Calciumgabe haben im Vergleich zur Kontrollgruppe eine signifikant höhere Calciumkonzentration im Serum (Gebreselassie 2009, Sampson et al. 2009). Eine orale Gabe von 50 g Calcium als Calciumchlorid hat dieselbe Wirkung auf die Serumcalciumkonzentration wie 4 g Calcium als Calciumchlorid intravenös injiziert (Goff et al. 1993). Eine Prophylaxe mittels oraler Gabe von Calcium kann eine Ersparnis von bis zu 8000 \$ (US- Dollar, ~7184€) pro 1000 Kalbungen pro Jahr zur Folge haben (McArt et al. 2015). Das Anwendungsgebiet von oraler Calciumsupplementation erstreckt sich auf die Prophylaxe von Hypocalcämien und die Behandlung leichter Hypocalcämien (Goff et al. 1993).

Die Höhe der Calciumkonzentration im Blutserum hängt von der Konzentration in der oralen Calciumgabe ab. Ist die Konzentration höher, steigt auch die Calciumkonzentration im Blutserum an (Abbildung 11). Dabei muss die Konzentration von 6 mmol/l im Darm überschritten werden. Erst dann ist die Konzentration im Darm höher als im Blut und die Resorption beginnt (Goff 1999). Der Effekt auf den Calciumhaushalt ist dabei auch abhängig vom Calciumsalz und von der Art des Trägermaterials. Calciumpropionat erzeugte jedoch die stabilere Calciumkonzentration im Blutserum. Gemüseöl-Trägerstoffe führten zu einer langsameren Aufnahme (Goff et al. 1993, Goff et al. 1994).

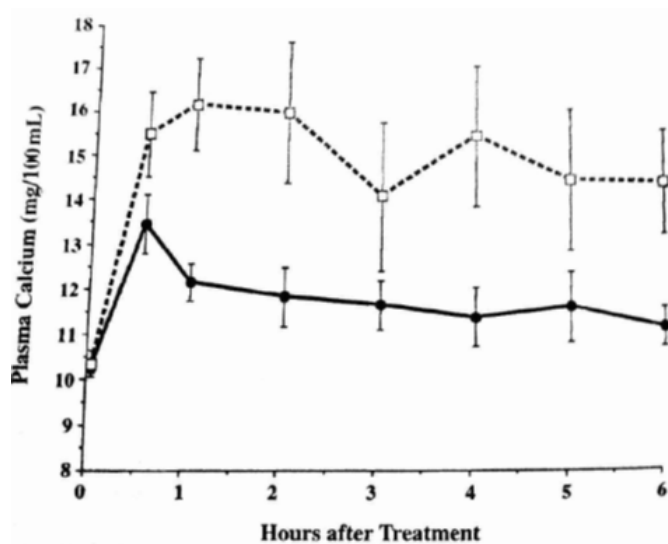


Abbildung 11: Verlauf der Calciumkonzentration bei einer Jersey Kuh nach der Gabe von 50g Calcium (●) und 100g Calcium (□) (Goff 1999)

Durch die Senkung des Blut pH-Wertes aufgrund der Verabreichung von Calciumgelen kann die Futteraufnahme negativ beeinflusst sein und es zu einer metabolischen Azidose kommen

(Goff et al. 1993, Horst et al. 1997). Des Weiteren kann Calciumchlorid die Schleimhaut im Magen-Darm-Trakt irritieren und zu Läsionen führen (Goff 1999, Thilsing-Hansen et al. 2002a). Dabei führen als Gel verabreichte Calciumgaben zu starken Verätzungen der Schleimhaut der Vormägen und des Labmagens. Dagegen wurden ölige Emulsionen als relativ sicher eingestuft.

3 Material und Methoden

3.1 Probanden und Untersuchungszeitraum

Es werden 109 Kühe der Rasse Holstein-Friesian, die schon mindestens einmal gekalbt haben, von der Vorbereiterzeit bis 3 Tage post partum untersucht. Die Probennahme erfolgt vom 30.03.2015 bis zum 22.09.2015 in einem Betrieb in Sachsen-Anhalt. Der Milchviehbetrieb hat eine Herdengröße von durchschnittlich 420 laktierenden Kühen, zuzüglich ihrer weiblichen Nachzuchten. Die Jahresleistung entsprechend der Milchleistungsprüfung von 2015 beträgt 12.009 kg Milch mit einem Milcheiweißgehalt von 3,44 % und einem Milchfettgehalt von 3,71 %. Die erstmelkenden Kühe erzielen eine 305 Tageleistung von 10.321 kg und die pluriparen Kühe von 12.411 kg Milch. Das Melken erfolgt 3-mal täglich.

Allen Tieren im Versuch wird während des Untersuchungszeitraums das Futter in einer Einzelfutterstrecke mit Wiegetrögen vorgelegt. Die Totale-Mischration wird mithilfe des Futterwagens Pioneer der Firma Farsin ein- bis zweimal täglich ad libitum gefüttert. Die Rationszusammensetzung erfolgt entsprechend der Tabellen 90 bis 93 im Anhang. Die Zusammensetzung wird einmal wöchentlich in einem externen Labor mittels Silofutterproben der einzelnen Bestandteile untersucht. Die Futteraufnahme wird täglich für jedes Tier einzeln mittels Wiegetrögen elektronisch und in kg/d erfasst. Die Erkennung erfolgt mittels eines Transponders am Halsband. Die Berechnung der Aufnahmemenge der einzelnen Inhaltsstoffe erfolgt mit den gemessenen Originalsubstanzaufnahmen, dem Ladeprotokoll des Futterwagens und durch die Analyse der einzelnen Futtermittel. Tränken sind in ausreichender Menge und gut erreichbar vorhanden. Festliegende Kühe erhalten regelmäßig und ad libitum Futter und Wasser vorgelegt.

Das Trockenstellen erfolgt mit 56 Tagen +/- 5 Tage a.p. Der Herdenmanager beurteilt die Kühe zum Trockenstellen mittels BCS nach Metzner et al. (1993) in 0,5-er Schritten auf ihre Körperkondition. Kühe mit einem hohen BCS werden ggf. frühzeitiger trocken gestellt. Dies ist im Beobachtungszeitraum bei 9 Tieren der Fall. Alle Kühe erhalten zum Zeitpunkt des Trockenstellens eine Klauenuntersuchung und ggf. eine entsprechende Behandlung. In die Vorbereitergruppe werden die Tiere 24 Tage +/- 6 Tage vor dem errechneten Geburtstermin eingestallt. Dort sind die Tiere, welche etwa 14 Tage vor dem Abkalben stehen, nochmals separiert. Direkt nach der Geburt kommen die Kühe in die Frischabkalbergruppe. Die Haltung erfolgte in der Vorbereiterphase und bei den Frischabkalbern im Tiefstreu - Laufstall.

3.2 Therapiemaßnahmen

Die Kühe werden entsprechend aktuellem veterinärmedizinischem Standard durch den bestandsbetreuenden Hoftierarzt, den Herdenmanager und die Melker behandelt und alle Medikamentengaben aufgezeichnet.

Eine Vitamin D₃ Injektion a.p. (10 ml auf 10 Mio. IE) erhalten vor allem ältere Tiere oder Kühe, die in einer der vorhergehenden Laktation Symptome einer niedrigen Calciumkonzentration nach der Kalbung aufwiesen und damit ein höheres Risiko aufweisen in der folgenden Laktation wieder zu erkranken. Die Injektion erfolgt im Mittel 6 Tage vor der errechneten Kalbung (in der Spanne von 16 vor und 1 Tag nach dem errechneten Kalbedatum) und wird nach einer Woche wiederholt, wenn die Kuh noch nicht gekalbt hat.

Alle Kühe erhalten nach der Kalbung einen Energietrunk der Fima Schaumann. Prädispositionierte (ältere Kühe und Kühe mit einer Hypocalcämie in der Vorlaktation) Kühe erhielten nach der Kalbung subcutane Calciuminjektionen oder eine Bolusgabe. Der Calciumbolus wurde direkt nach der Kalbung und nach der Blutentnahme (Calcium Tag 0) gegeben. Die Behandlung mit der Calciuminjektion erfolgte ebenfalls direkt nach der Kalbung und erfolgter Blutentnahme (Calcium Tag 0) sowie an den folgenden Tagen nach dem morgendlichen oder abendlichen Melken. Über die Häufigkeit und Menge der Injektion pro Behandlungen entscheiden die Melker in Abstimmung mit dem Herdenmanager.

Festliegende Kühe sind auch in die vorliegende Arbeit mit einbezogen, jedoch entfällt bei diesen z.B. Messdaten für die Futteraufnahme, da ihnen das Futter direkt vorgelegt wird und sie nicht am Wiegetrog fressen. Insgesamt lagen im Untersuchungszeitraum 3 Kühe fest.

3.3 Anamnese

Die Anamnesedaten werden zu Beginn der Untersuchung erhoben. Fehlende oder sich verändernde Daten werden während der Untersuchung entsprechend ergänzt. Die Daten werden mittels des Programms „Herde“ und durch Befragung des Herdenmanagers erhoben:

- Ohrmarkennummer
- Stallnummer
- Geburtsdatum Kuh
- Laktationsnummer zu Versuchsende
- Vater Kuh
- Vater Kalb
- Vorlaktation: Milchmenge, 305-Tage Leistung, Milch-Eiweiß-Quotient, 305 Tage Milch-Eiweiß-Quotient
- Rastzeit, Portionsaufwand, Zwischentragezeit, Zwischenkalbezeit
- Voraussichtliche Kalbung
- Eingesetzte Medikamente
- Milchleistung

3.4 Probennahme ante partum

Die Probennahme ante partum erfolgt entsprechend dem Probenplan in Tabelle 3. Dabei werden die Proben am Tag 21 a.p., Tag 14 a.p. und Tag 7 a.p. vom errechneten Geburtstermin (280 Tage Trächtigkeit) jeweils montags oder donnerstags um 6 Uhr morgens genommen, so dass es zu einer Verschiebung von maximal +/- 2 Tagen kommt. Die Beurteilung der Körperkondition zum Trockenstellen erfolgt am Tag 56 ante partum +/- 5 Tage und der Kondition zum Einstellen in die Vorbereitergruppe am Tag 23 ante partum +/- 6 Tage.

Tabelle 3: Probenplan ante partum

	Trocken- steller	Einstellen Vorbereiter	Tag 21 a.p.	Tag 14 a.p.	Tag 7 a.p.
BCS	x	x			
RFD	x	x			
Körpermasse	x				
Blutserum (Profil 1 - Tabelle 96)			x	x	x
EDTA-Blut				x	
Harn			x	x	x
Klinische Untersuchung		x	x	x	x
Pansenfüllung		Täglich 12-14 Uhr			
Futteraufnahme		Täglich			
Wetterdaten		Täglich			

Die Beurteilung des Body Condition Score zum Trockenstellen und bei der Einstellung in den Vorbereiterstall erfolgt nach Metzner et al. (1993) in 0,5-er Schritten.

Die Messung der Rückenfettdicke zum Trockenstellen und bei der Einstellung in den Vorbereiterstall wird mittels dem Ultraschallgerät HS-120 von der Firma PHYSA GmbH mit einem 5,0 MHz Linear- Ultraschallkopf für Veterinärmedizin durchgeführt. Die Messung (Abbildung 12) erfolgt auf der rechten Seite auf der gedachten Linie zwischen dem Tuber ischiadicum und Tuber coxae und dort zwischen dem kaudalem Viertel und kaudalen Fünftel der Strecke, am Übergang vom Kreuzbein und der Schwanzwirbelsäule (Staufenbiel 1992). Als Kopplungsmittel dient vergällter Alkohol.

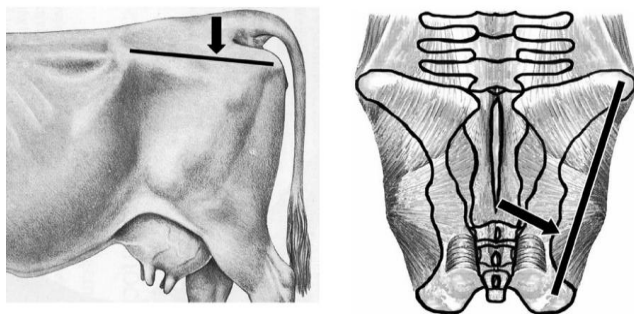


Abbildung 12: Position der Rückenfettdickenmessung (Schröder et al. 2006)

Das Körpergewicht in kg wird mittels einer fest installierten Waage nach dem Melken gemessen. Die Messung des Körpergewichtes kann nur zum Trockenstellen und nach der Kalbung durchgeführt werden, da im Vorbereiterstall kein Zugriff auf die Waage möglich ist.

Die Blutproben werden am Tag 14 a.p. durch Punktion der Vena oder Ateria caudalis mediana mittels Einmalkanülen in ein 10 ml Röhrchen ohne Antikoagulantia für Serum und in ein 5 ml EDTA-Röhrchen für Vollblut genommen. Das EDTA Röhrchen wurde anschließend für ca. 30 Sekunden geschwenkt. Harn wird als Mittelstrahl von spontan abgesetztem oder durch Stimulieren gewonnenem Urin genommen.

Die Pansenfüllung (Tabelle 94 im Anhang) wird modifiziert nach dem Scoring-System von Zaaijer et al. (2003) in 0,5er Schritte beurteilt, wenn die Kuh entspannt, mit allen vier Füßen auf demselben Level stand und keine Pansenkontraktion stattfindet (Burfeind et al. 2010). Die Beurteilung erfolgt 4 - 6 Stunden nach der Morgenfütterung durch 2 Personen, welche regelmäßig ihre Beurteilung übten und verglichen.

Der Bewegungsscore wurde wie folgt beurteilt (modifiziert nach Dirksen et al. (2012)):

- Grad 0: keine Lahmheit
- Grad 1: Lahmheit andeutungsweise sichtbar, Stützbeinphase geringstgradig verkürzt
- Grad 2: Stützbeinphase geringgradig verkürzt
- Grad 3: Stützbeinphase deutlich verkürzt
- Grad 4: kranke Gliedmaße wird eben angesetzt
- Grad 5: Tier geht auf drei Beinen
- Grad 6: Tier liegt fest

Die Futterdaten werden kalendertageweise genommen, zurückgerechnet vom tatsächlichen Kalbedatum.

3.5 Probennahme post partum

Die Probennahme post partum erfolgt entsprechend dem Probenplan in Tabelle 4.

Tabelle 4: Probenplan post partum

	Tag 0	Tag 1 p.p.	Tag 2 p.p.	Tag 3 p.p.
BCS		x		
RFD		x (bis max. Tag 7 p.p.)		
Körpermasse		x (bis max. Tag 7 p.p.)		
Körpermasse Kalb	x			
Blutserum (Profil 1 – Tabelle 96)				x
Blutserum (Profil 2 – Tabelle 96)	x	x	x	
Klinische Untersuchung	x	x	x	x
Pansenfüllung			Täglich 12-14 Uhr	
Futtermenge			Täglich	
Milchmenge			Täglich	
Wetterdaten			Täglich	
Kolostrumqualität		nach dem ersten Melken		

Direkt nach der Kalbung wird die Probennahme Tag 0 durchgeführt, diese beinhaltet eine Allgemeinuntersuchung und eine Blutserumprobe untersucht nach Profil 2 (Tabelle 96).

Die Probennahme Tag 1 p.p. erfolgt bei Kühen, welche bis 7 Uhr morgens gekalbt hatten, am selben Tag um 9 Uhr und bei Kühen, welche erst nach 7 Uhr gekalbt haben am nächsten Tag um 9 Uhr. Die Probennahme enthält eine Allgemeinuntersuchung und die Blutserumnahme untersucht nach Profil 2 (Tabelle 96).

Die weiteren Probenahmen am Tag 2 p.p. und Tag 3 p.p. erfolgen im 24 Stunden Abstand zur vorhergehenden Untersuchung. An beiden Zeitpunkten wird eine Allgemeinuntersuchung durchgeführt. Zur Probennahme am Tag 2 p.p. erfolgt die Untersuchung der Serumprobe nach Profil 2 und bei der Probennahme am Tag 3 p.p. nach Profil 1 (Tabelle 96).

Die Messung der Kälbergewichte erfolgt mittels der in der Kälberkarre eingebauten Waage.

Die Ermittlung der Pansenfüllung, der Futtermenge und der Wetterdaten erfolgt kalendertageweise.

Die Messung der Körperkondition nach der Kalbung erfolgt am Tag der Kalbung bis maximal Tag 7 post partum.

Die Kolostrumqualität nach dem ersten Melken wird mit einem elektronischen Refraktometer bestimmt. Die Milchmenge wird ab Tag 2 p.p. durch das Programm Herde aufgezeichnet.

3.6 Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung erfolgt zu den Zeitpunkten entsprechend dem Probenplan (Tabelle 3 und 4). Es wird das Allgemeinbefinden, die Haltung, das Verhalten, die Atmung, die Lungenauskultation, die Herzfrequenz, die Anzahl der Pansenbewegungen und deren Intensität, die Rektaltemperatur, die Beschaffenheit der Vaginalschleimhaut, das Vorhandensein von Vaginalausfluss, die Kotkonsistenz und –struktur, die Bauchdeckenspannung, das Vorhandensein von Steelbandeffekt und die Ohrtemperatur sowie eventuelle besondere Auffälligkeiten erfasst (Tabelle 5 und Tabelle 95 im Anhang).

Tabelle 5: Untersuchungsparameter klinische Untersuchung

Untersuchungsparameter	Beurteilung
Allgemeinbefinden	Gestört / ungestört
Haltung	Belastung der Gliedmaßen und Form der Rückenlinie
Verhalten	Ungestört / somnolent / komatös
Atmung	Atemzüge pro Minute
Lungenauskultation	Intensität der Lungengeräusche
Herzfrequenz	Schläge pro Minute
Anz. Pansenkontraktion	Anzahl der Pansenkontraktionen pro Minute
Pansenintensität	Skala von 0 (keine Kontraktion) bis 4 (sehr laut)
Rektaltemperatur	In °C
Beschaffenheit Vaginalschleimhaut	Feuchtigkeit und Farbe
Kotkonsistenz	Skala von 1 bis 5
Kotstruktur	Skala von 1 bis 5
Bauchdeckenspannung	Weich / mittel / fest
Steelbandeffekt	Vorhanden / nicht vorhanden, rechts und / oder links
Ohrtemperatur	Warm / kühl / kalt
Besondere Auffälligkeiten	z. B. Husten, Hautveränderungen, Verletzungen

Die Referenzwerte für die Atemfrequenz und die Herzfrequenz sind von Dirksen et al. (2006) übernommen und für die Kotkonsistenz sowie die Kotstruktur von Zaaijer et al. (2003).

Die Benotung der Ohrtemperatur wird mittels Palpation der äußeren Ohrmuschel semiquantitativ vorgenommen.

3.7 Probenaufbereitung

Die Proben werden bei Lufttemperatur vom Stall zum ortsansässigen Labor des Landesinstitutes transportiert. Diese Lagerung umfasst maximal einen Zeitraum von 1,5 Stunden für die Blutproben und 3 Stunden für die Harnproben.

Das Blutserum wird nach 1,5 Stunden durch 10-minütiges Zentrifugieren mit 3000 Umdrehungen pro Minute gewonnen und 3 ml in die entsprechend beschrifteten Röhrchen pipettiert. Da die weitere Auswertung im Labor der Klinik für Klauentiere der Freien Universität Berlin erfolgt, lagert das Serum im Gefrierschrank bei -10 °C und der Transport nach Berlin erfolgt ohne Unterbrechung der Kühlkette.

Von den EDTA Proben werden nach erneutem mehrmaligen Schwenken vor Ort Blutausstrieche gefertigt und luftgetrocknet. Sowohl das EDTA-Blut als auch die Blutausstrieche werden zur weiteren Untersuchung an das Labor der Klauentierklinik der FU Berlin gesendet.

Von 10 ml Harn wird im Labor des Landesinstitutes der pH-Konzentration und die fraktionierte NSBA (Bender 2002) bestimmt. 3 ml Harn werden direkt in einem Reagenzglas eingefroren und ohne Unterbrechung der Kühlkette zum Labor der Klinik für Klauentiere der Freien Universität Berlin transportiert und dort weiter analysiert.

3.8 Labordiagnostik

3.8.1 Serum

Die Serumproben werden vom Labor der Klinik für Klauentiere der FU Berlin untersucht. Die zu untersuchenden Serumprofile (Tabelle 96) wurden vorher entsprechend dem Probenplan in Tabelle 3 und 4 festgelegt.

Die Analysemethoden und die verwendeten Medien sind in der Tabelle 96 im Anhang zusammengefasst.

In Tabelle 6 sind die Referenzwerte der Parameter zusammengefasst, welche von Moritz et al. (2013) entnommen sind. Beschreibt Moritz et al. (2013) für die ersten Tage post partum spezielle Referenzwerte, sind diese entsprechend beigefügt.

Tabelle 6: Referenzwert Serum (Moritz et al. 2013)

Parameter	Referenzbereich	
	a.p.	Tag 1-3 p.p.
Calcium	2,3-2,8 mmol/l	2,0-2,8 mmol/l
Phosphor	1,6-2,3 mmol/l	1,25-2,3 mmol/l
Magnesium	0,8-1,3 mmol/l	
NEFA	<0,150 mmol/l	<0,620 mmol/l
BHB	<0,65 mmol/l	<0,85 mmol/l
Kalium	3,9-5,3 mmol/l	
AST	<80 IU/l	<100 IU/l
Albumin	30-39 g/l	
Bilirubin	<5,0 µmmol/l	<5,3 µmol/l
CK	<100 IU/l	<200 IU/l
Cholesterin	>2 mmol/l	
Chlorid	94-105 mmol/l	
GGT	<50 IU/l	
GLDH	<30 IU/l	
Glucose	2,2-3,3 mmol/l	
Harnstoff	3,3-5,0 mmol/l	
Kreatinin	55-150 µmol/l	
Natrium	134-145 mmol/l	
Totalprotein	68-82 g/l	

3.8.2 Hämatologie

Das EDTA-Blut und die Blutaussstriche werden vom Labor der Klinik für Kleintiere der FU Berlin untersucht. Folgende Parameter werden bestimmt: Leukozyten, Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, Thrombozyten, MCV, MCH und MCHC.

Die Analysemethoden sind in der Tabelle 97 im Anhang zusammengefasst.

Die Referenzwerte sind in Tabelle 7 zusammengefasst und stammen vom Labor der Klinik für Kleintiere der Freien Universität Berlin.

Tabelle 7: Referenzwerte Rotes Blutbild (Labor Klinik für Klauentiere FU Berlin)

Parameter	Referenzbereich
Leukozyten	5-10 G/l
Erythrozyten	5-10 T/l
Hämoglobin	9,0-14,0 g/dl
Hämatokrit	28-38 %
Thrombozyten	300-800 G/l
MCV	46-65 μm^3
MCH	11-17 pg
MCHC	31-34 g/l

3.8.3 Harn

Im Labor des Landesinstituts in Iden werden der pH-Wert und die fraktionierte NSBA inklusive der Basen- und Säureanteile, die Ammoniakkonzentration und dem Base-Säure-Quotienten analysiert.

Folgende Parameter werden im Labor der Klinik für Klauentiere der FU Berlin bestimmt: Calcium, Phosphor, Magnesium, Kalium, Natrium, Kreatinin und Chlorid.

Die Analysemethoden und die verwendeten Medien sind in Tabelle 98 im Anhang zusammengefasst. Die Referenzbereiche in Tabelle 8 wurden von Moritz et al. (2013) entnommen.

Tabelle 8: Referenzwerte Harn (Moritz et al. 2013)

Parameter	Referenzbereich
Calcium	<2,5 mmol/l
Phosphor	0,1-3,3 mmol/l
Magnesium	3,7-16,5 mmol/l
pH	7,8-8,4
NSBA	83-215 mmol/l
Kalium	150-300 mmol/l
Basen	150-250 mmol/l
Säuren	50-100 mmol/l
Ammoniak	<10 mmol/l
BSQ	1,8-4,6
Natrium	<2,2 mmol/l
Kreatinin	2,2-7,1 mmol/l
Chlorid	40-160 mmol/l

3.9 Statistische Methoden

3.9.1 Vollständigkeit des Datensatzes

Aufgrund der großen Menge an gesammelten Daten, kann es bei einzelnen Kühen zu einem nicht vollständigen Datensatz kommen.

Einige Kühe kalben vor dem errechneten Geburtstermin, sodass nicht für alle Kühe die angestrebte Anzahl von Untersuchungen und Probennahmen vollständig durchgeführt werden kann. Bei einer Kuh fehlen die Leistungsdaten der Vorlaktation. Der Klauenbefund zum Trockenstellen fehlt bei 7 Tieren. Bei zwei Kühen ist der Datensatz zum Kalbeverlauf sowie bei 5 Kälbern sind die Gewichtsangaben unvollständig.

Aus technischen Gründen kann an einzelnen Tagen bei allen Kühen die Futteraufnahme mittels des Wiegesystems nicht aufgenommen werden.

Wegen personellen und technischen Problemen erfolgt die Messung der Milchmenge nicht bei allen Kühen ab Tag 1 p.p. Bei der Berechnung der wöchentlichen Milchmenge erfolgt erst ab Tag 3 p.p. die Erfassung der Milchmenge in repräsentativer Stichprobengröße und diese wird dann auf eine vollständige Woche hochgerechnet.

Ausgeschlossen werden Kühe, wenn

- sie große Mengen Futter aus den Trögen warfen und damit die Wiegung nicht mehr richtig durchgeführt werden konnte
- sie eine Schwanzanomalie aufwiesen, die eine regelmäßige Blutentnahme deutlich erschwert hätte
- durch manuelle Stimulation kein Harnabsatz angeregt werden konnte
- die Kalbung bereits vor der Umstallung in den Vorbereiterstall erfolgte und noch nicht mindestens eine Probennahme und Untersuchung im Vorbereiterstall stattfinden konnte.

3.9.2 Auswertung

Die Daten werden mit dem Programm SPSS (Statistical Product and Service Solutions) in der Version 23.0 (IBM, Armonk, New York, USA) bearbeitet. Dazu werden die Daten aus einer Excel Tabelle in der Version 2013 (Mikrosoft, Remond, Washington, USA) in das Programm übernommen und auf ihre Vollständigkeit und Plausibilität überprüft. Es erfolgt die Codierung einzelner Variablen, um einzelne Daten besser auswerten zu können (Tabelle 95 im Anhang).

Zur statistischen Lagebeurteilung der Stichprobe werden folgende Kennwerte dargestellt: der Mittelwert, der Median und die Standardabweichung ebenso wie das 25 % und 75 % Perzentil sowie das Minimum und Maximum.

Zur Ermittlung der Einflussfaktoren auf die Calciumkonzentration im Serum Tag 0, an Tag 1 p.p., Tag 2 p.p. und Tag 3 p.p. werden die Rangkorrelationen von Calcium mit den möglichen Einflussfaktoren nach Spearman berechnet. Für die Korrelationen sind folgende Grenzwerte festgelegt: $p > 0,05$ nicht signifikant, $p \leq 0,05$ signifikant; $p \leq 0,01$ sehr signifikant und $p \leq 0,001$ höchst signifikant. Die Bestimmung der Effektstärke erfolgt entsprechend Cohen (1992) unter Zuhilfenahme folgender Grenzen: $r \leq 0,3$ geringer Effekt, $r > 0,3$ und $r < 0,5$ mittlerer Effekt und $r \geq 0,5$ starker Effekt. Bei dem Parameter Laktationsnummer wurden die Laktationen 7-9 zu einer Gruppe zusammengefasst, weil die Fallzahlen in diesem Bereich sehr gering sind. Die Korrelation nach Spearman wurde aufgrund des Aufbaus des Datensatzes gewählt, da nicht jede Variable normalverteilt ist. Durch die Betrachtung nach Spearman werden die einzelnen Werte Rangplätzen zugeordnet und können dann weiter berechnet werden (Bühl 2008).

Zur Untersuchung der Zusammenhänge der Variablen auf die Calciumkonzentration nach der Kalbung wurde die Varianzanalyse (General Linear Modell) mit schrittweisem Auswahlverfahren durchgeführt. Dabei wurden die Calciumkonzentration Tag 0, Calcium Tag 1 p.p., Calcium Tag 2 p.p. und Calcium Tag 3 p.p. einzeln ausgewertet. Es wird die deskriptive Statistik, die Parameterschätzung, die Homogenitätstests und die Resudiendiagramme betrachtet. Das Signifikanzniveau wird auf ≤ 0.05 festgelegt. Aufgrund einer sehr starken und unwahrscheinlichen Abweichung einzelner Kühe bei den Calciumkonzentrationen im Serum nach der Kalbung, werden diese bei der Untersuchung von den Zusammenhängen in der Varianzanalyse der Calciumkonzentration nach der Kalbung ausgeschlossen.

4 Ergebnisse

4.1 Deskriptive Statistik und Korrelationen

4.1.1 Tierindividuelle Indikatoren

4.1.1.1 Laktationsnummer

Die untersuchten Kühe sind nach der Kalbung in der zweiten bis neunten Laktation (Tabelle 9 und 10). Im Mittel sind sie in der 4. Laktation. Der Großteil der Tiere ist zwischen der 2. und 5. Laktation. In der 6. und mehr Laktation sind nur 27 Tiere (23,9 %). Dies entspricht in etwa dem Anteil der Kühe die jeweils in der 2. (24,8 %) und 3. (22,9 %) Laktation sind. Die Standardabweichung liegt bei 1,9.

Tabelle 9: Häufigkeitsverteilung der Laktationsnummer

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	Min	max
Laktationsnummer	109	4,1	4	1,9	2,5	5,0	2	9

Tabelle 10: Häufigkeitsverteilung der einzelnen Laktationen

	Anzahl	in %
2. Laktation	27	24,8
3. Laktation	25	22,9
4. Laktation	17	15,6
5. Laktation	14	12,8
6. Laktation	9	8,3
7. Laktation	9	8,3
8. Laktation	6	5,5
9. Laktation	2	1,8

Die Laktationsnummer korreliert höchst signifikant negativ mit Calcium im Serum Tag 0 und mit der Messung Tag 3 p.p., sowie mit der Calciumkonzentration Tag 2 p.p. signifikant. (Tabelle 11)

Tabelle 11: Korrelation Laktationsnummer mit Calcium p.p.

	Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Laktationsnummer r	-0,335	0,16	-0,243	-0,332
p	<0,001	0,099	0,011	<0,001
n	109	108	109	109

4.1.1.2 Körperkondition

Die Tabelle 12 zeigt die Mittelwerte, den Median, die Standardabweichung, die 25 und 75 % Perzentile und den Minimal- und Maximalwert der Körperkondition der Kühe an den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten.

Die Lebendmasse nimmt vom Trockenstellen bis zu der Messung p.p. geringgradig ab. Der Mittelwert verringert sich von 748 kg um 24 kg und der Median von 744 kg um 29 kg. Auch die Extremwerte ändern sich in analogen Verhältnissen.

Die Rückenfettdicke steigt im Mittelwert vom Trockenstellen zu den Kühen post partum von 16 mm auf 19 mm an. Der Median ändert sich nur um 1 mm nach oben. Die Spannweite in der Vorbereitergruppe ist mit 24 mm am geringsten und nach der Kalbung mit 31 mm am größten (Trockensteher: 29 mm).

Sowohl der Median (von 3,00 auf 3,25) als auch der Mittelwert (von 3,14 auf 3,19) nehmen vom Trockenstellen bis zu der Messung p.p. beim BCS geringgradig zu. Die Standardabweichung nimmt von 0,45 auf 0,41 ab.

Tabelle 12: Häufigkeitsverteilung der Körperkonditionsmessung

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
LM TS (kg)	107	748	744	64,8	699	794	626	926
LM p.p. (kg)	108	724	715	62,4	680	768	599	879
RFD TS (mm)	105	16	16	5,4	13	20	6	34
RFD VB (mm)	107	17	17	5,3	13	20	9	33
RFD p.p. (mm)	108	19	17	5,6	15	23	8	39
BCS TS	109	3,14	3,00	0,45	2,75	3,50	2,00	4,25
BCS VB	109	3,18	3,25	0,41	2,88	3,50	2,25	4,25
BCS p.p.	108	3,19	3,25	0,42	3,00	3,50	2,25	4,25

Die Tabelle 13 zeigt, dass die Lebendmasse beim Trockenstellen und p.p. signifikant positiv mit der Serumcalciumkonzentration Tag 1 p.p. korreliert. Die Rückenfettdicke p.p. korreliert signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 0.

Tabelle 13: Korrelation Körperkondition mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Lebendmasse	r	-0,033	0,266	-0,091	-0,159
Trockenstellen	p	0,739	0,006	0,351	0,102
(kg)	n	107	106	107	107
Lebendmasse	r	-0,057	0,197	-0,116	-0,141
p.p. (kg)	p	0,557	0,041	0,231	0,147
	n	108	107	108	108
Rückenfettdicke	r	0,024	0,074	0,019	0,015
Trockenstellen	p	0,811	0,454	0,850	0,877
(mm)	n	105	104	105	105
Rückenfettdicke	r	0,167	0,110	0,171	0,003
Vorbereiter	p	0,086	0,262	0,078	0,976
(mm)	n	107	106	107	107
Rückenfettdicke	r	0,206	0,020	0,147	0,058
p.p. (mm)	p	0,032	0,838	0,129	0,550
	n	108	107	108	108
BCS	r	0,005	0,065	<0,001	-0,064
Trockenstellen	p	0,959	0,501	0,997	0,509
	n	109	108	109	109
BCS	r	0,058	0,026	-0,025	-0,018
Vorbereiter	p	0,549	0,786	0,793	0,851
	n	109	108	109	109
BCS p.p.	r	0,127	0,063	0,076	-0,016
	p	0,189	0,522	0,436	0,869
	n	108	107	108	108

4.1.1.3 Milch

4.1.1.3.1 Vorlaktation

Die Milchleistung in der 305 Tage Messung der Vorlaktation wird in Tabelle 14 dargestellt. Im Mittel produzieren die Kühe 11.729 kg Milch. Der Median ist bei 11.681 kg und die Standardabweichung 1.776,6 kg. Die Hälfte der Kühe gibt zwischen 10.361 kg und 12.973 kg. Das Minimum liegt bei 7.623 kg und das Maximum liegt bei 15698 kg.

Tabelle 14: Häufigkeitsverteilung der Milchleistung 305 Tage Vorlaktation

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	Max
MM 305 Tage (kg)	108	11729	11681	1776,6	10361	12973	7623	15698

Die 305 Tage Milchleistung aus der Vorlaktation korreliert signifikant negativ mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 3 p.p (Tabelle 15).

Tabelle 15: Korrelation von 305 Tage Milchleistung Vorlaktation zu Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Milchmenge	r	-0,11	0,037	-0,14	-0,218
305 Tage	p	0,258	0,708	0,147	0,024
(kg)	n	108	107	108	108

4.1.1.3.2 Milchmenge nach der Kalbung

Die Milchmenge (Tabelle 16) steigt nach der Kalbung zum Tag 7 p.p. von 26,2 kg pro Tag auf 34,7 kg pro Tag an. Die Spannweite reicht in diesem Zeitraum von 8,8 kg bis 46,8 kg pro Tag. Von der ersten zur dritten Laktationswoche steigt die Milchmenge im Mittelwert der Wochensumme von hochgerechnet rund 220 kg in der ersten Woche auf 287,7 kg in der dritten Woche an. Die geringste Wochenleistung liegt bei 19,7 kg pro Woche und die höchste bei 405,6 kg pro Woche, wobei beide Extremwerte in der 3. Laktationswoche erreicht werden.

Tabelle 16: Häufigkeitsverteilung der Milchmenge post partum täglich bzw. wöchentlich

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
Milchmenge Tag 2 p.p. (kg)	86	26,2	26,5	6,9	22,1	30,3	8,8	46,0
Milchmenge Tag 3 p.p. (kg)	103	29,1	29,1	6,4	25,6	33,3	9,3	43,7
Milchmenge Tag 4 p.p. (kg)	104	31,7	31,9	6,1	27,7	35,9	12,4	45,0
Milchmenge Tag 5 p.p. (kg)	106	32,1	32,5	5,7	28,8	35,5	14,3	45,3
Milchmenge Tag 6 p.p. (kg)	105	32,9	33,1	7,1	29,8	38,1	9,9	46,8
Milchmenge Tag 7 p.p. (kg)	104	34,7	34,4	7,3	30,0	39,9	12,4	50,0
Milchmenge Tag 1-7 p.p. (kg)		~220						
Milchmenge Tag 3-7 p.p. (kg)	107	156,6	156,3	31,4	136,9	182,4	63,1	220,5
Milchmenge Tag 8-14 p.p. (kg)	105	254,2	254,2	48,8	221,6	282,9	74,7	373,2
Milchmenge Tag 15-21 p.p. (kg)	105	287,7	293,1	55,4	261,9	318,4	19,7	405,6

Die Tabelle 99 im Anhang zeigt den Zusammenhang zwischen der Serumcalciumkonzentration post partum und der Milchmenge post partum. Die Calciumkonzentration im Serum Tag 0 korreliert signifikant negativ mit der Milchmenge Tag 3 p.p. und die Calciumkonzentration Tag 3 p.p. korreliert signifikant positiv mit der Milchmenge in der dritten Laktationswoche.

4.1.1.4 Erkrankungen

In der Tabelle 17 ist das Verhältnis der gesunden und kranken Kühe entsprechend den Betrachtungen der Allgemeinuntersuchung in absoluten Zahlen und in Prozent angegeben. Der höchste Anteil gesunder Kühe ist am Tag 14 a.p. mit 84 %. Der höchste Anteil kranker Tiere ist zum Zeitpunkt Tag 0 mit 57,8 %. Vor der Kalbung bleibt das Verhältnis gesunder zu kranker Kühe relativ konstant bei ungefähr 20 % erkrankter und 80 % gesunder Tiere. Zwischen Tag 1 p.p. und Tag 3 p.p. ist der Anteil von kranken Kühen mit jeweils 28,4 % und der Anteil der

gesunden Kühe mit 71,6 % gleich und fällt damit fast zurück auf die prozentualen Anteile kranker und gesunder Tiere vor der Kalbung.

Tabelle 17: Häufigkeitsverteilung Erkrankung ja/nein aus Allgemeinuntersuchung

	n	erkrankt absolut	erkrankt in %	gesund absolut	gesund in %
Erkrankung Tag 21 a.p.	95	17	17,9	78	82,1
Erkrankung Tag 14 a.p.	106	22	20,8	84	79,2
Erkrankung Tag 7 a.p.	88	18	20,5	70	79,5
Erkrankung Tag 0	109	63	57,8	46	42,2
Erkrankung Tag 1 p.p.	109	31	28,4	78	71,6
Erkrankung Tag 2 p.p.	109	31	28,4	78	71,6
Erkrankung Tag 3 p.p.	109	31	28,4	78	71,6

Wie in Tabelle 100 im Anhang dargestellt, korreliert nur die Serumcalciumkonzentration am Tag 3 p.p. negativ mit der Erkrankung. Die Erkrankung korreliert dabei am Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p. signifikant und am Tag 3 p.p. höchst signifikant.

4.1.1.5 Bewegungsscore

Ein Großteil der untersuchten Tiere zeigt in der Bewegung keine oder nur sehr geringe Beeinträchtigungen des Bewegungsapparates (Tabelle 18). Nur vereinzelt treten hochgradig lahme Kühe auf. Festliegende Kühe treten erst nach der Kalbung auf. Der Mittelwert fällt dabei von Tag 21 a.p. (0,45) zu Tag 0 (0,23) hin ab und steigt dann nach der Kalbung (0,62 am Tag 3 p.p.) wieder an.

Tabelle 18: Häufigkeitsverteilung des Bewegungsscores

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Bewegung Tag 21 a.p.	95	0,45	0	0,94	0	0	0	4
Bewegung Tag 14 a.p.	106	0,39	0	0,86	0	0	0	4
Bewegung Tag 7 a.p.	88	0,38	0	0,82	0	0	0	4
Bewegung Tag 0	109	0,23	0	0,91	0	0	0	6
Bewegung Tag 1 p.p.	109	0,58	0	1,17	0	0	0	6
Bewegung Tag 2 p.p.	109	0,49	0	0,98	0	1	0	6
Bewegung Tag 3 p.p.	109	0,62	0	1,16	0	1	0	6

Der Bewegungsscore (Tabelle 19) am Tag 1 p.p. korreliert sehr signifikant negativ mit der Serumcalciumkonzentration am Tag 3 p.p. Am Tag 3 p.p. korrelieren der Bewegungsscore und die Calciumkonzentration im Serum signifikant negativ miteinander.

Tabelle 19: Korrelation Bewegungsscore mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Bewegung	r	-0,160	-0,171	0,088	0,018
Tag 21 a.p.	p	0,122	0,099	0,395	0,864
	n	95	94	95	95
Bewegung	r	0,063	0,188	0,132	-0,029
Tag 14 a.p.	p	0,521	0,055	0,179	0,765
	n	106	105	106	106
Bewegung	r	-0,014	0,152	0,146	-0,056
Tag 7 a.p.	p	0,900	0,161	0,174	0,607
	n	88	87	88	88
Bewegung	r	-0,125	-0,034	-0,027	-0,128
Tag 0	p	0,194	0,724	0,781	0,186
	n	109	108	109	109
Bewegung	r	-0,072	0,046	-0,030	-0,279
Tag 1 p.p.	p	0,458	0,634	0,760	0,003
	n	109	108	109	109
Bewegung	r	-0,119	-0,073	-0,020	-0,158
Tag 2 p.p.	p	0,218	0,450	0,840	0,101
	n	109	108	109	109
Bewegung	r	-0,164	0,054	-0,024	-0,192
Tag 3 p.p.	p	0,088	0,581	0,806	0,045
	n	109	108	109	109

4.1.1.6 Körpertemperatur

Die Tabelle 20 zeigt die Häufigkeitsverteilung der gemessenen Rektaltemperatur. Die Rektaltemperatur liegt im Mittel um 38,6°C, abgesehen von der Messung Tag 0, bei welcher der Mittelwert der Temperatur deutlich auf 39,1°C ansteigt. Auch ist die Spannweite am Tag 0 am größten. Die Extremwerte sind an allen Tagen außerhalb des Referenzbereiches. Die Spannweite der Rektaltemperatur reicht von 36,1°C (Tag 0) bis 40,7°C (Tag 3 p.p.). Die Standardabweichung hat eine Spannweite, mit Ausnahme der Temperatur am Tag 0 (SD = 0,52), von 0,30 (Tag 21 a.p.) bis 0,39 (Tag 3 p.p.).

Tabelle 20: Häufigkeitsverteilung der Rektaltemperatur

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Rektaltemperatur Tag 21 a.p. (°C)	95	38,5	38,6	0,30	38,4	38,7	37,3	39,1
Rektaltemperatur Tag 14 a.p. (°C)	106	38,6	38,7	0,31	38,5	38,8	37,1	39,4
Rektaltemperatur Tag 7 a.p. (°C)	88	38,7	38,6	0,34	38,5	38,9	37,9	40,2
Rektaltemperatur Tag 0 (°C)	109	39,1	39,2	0,52	38,9	39,4	36,1	40,0
Rektaltemperatur Tag 1 p.p. (°C)	109	38,6	38,6	0,36	38,4	38,8	37,1	39,7
Rektaltemperatur Tag 2 p.p. (°C)	109	38,5	38,4	0,35	38,3	38,6	37,8	40,2
Rektaltemperatur Tag 3 p.p. (°C)	109	38,6	38,6	0,39	38,4	38,7	37,6	40,7

Die Rektaltemperatur korreliert nur am Tag 3 p.p. signifikant negativ mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 3 p.p. (Tabelle 101 im Anhang).

4.1.1.7 Ohrtemperatur

Ein Großteil der Kühe hat über den gesamten Untersuchungszeitraum sensorisch warme Ohren, wie in Tabelle 21 dargestellt. An allen Zeitpunkten nimmt der Anteil der Ohrtemperatur von warm über kühl zu kalt ab. Am Tag 0 ist der Anteil mit kühlen (17,4%) oder kalten (6,4%) Ohren am größten und nimmt dann zu Tag 3 p.p. (kühl 1,8% und kalt 1,8% am Tag 3 p.p.) wieder ab.

Tabelle 21: Häufigkeitsverteilung der Ohrtemperatur

	n	Warm absolut	warm in %	kühl absolut	kühl in %	kalt absolut	kalt in %
Ohrtemperatur Tag 21 a.p.	95	90	94,7	3	3,2	2	2,1
Ohrtemperatur Tag 14 a.p.	106	102	96,2	3	2,8	1	0,9
Ohrtemperatur Tag 7 a.p.	88	86	97,7	1	1,1	1	1,1
Ohrtemperatur Tag 0	109	83	76,1	19	17,4	7	6,4
Ohrtemperatur Tag 1 p.p.	109	97	89,0	9	8,3	3	2,8
Ohrtemperatur Tag 2 p.p.	109	98	89,9	7	6,4	4	3,7
Ohrtemperatur Tag 3 p.p.	109	105	96,3	2	1,8	2	1,8

In der Tabelle 102 im Anhang wird die Beziehung zwischen der Calciumkonzentration im Blutserum und der Ohrtemperatur verdeutlicht. Die Serumcalciumserumkonzentration am Tag 1 p.p. korreliert signifikant positiv mit der Ohrtemperatur am Tag 0 und Tag 1 p.p.

4.1.1.8 Pansen

4.1.1.8.1 Anzahl der Kontraktionen

Die Anzahl der Pansenkontraktionen (Tabelle 22) liegt mit Ausnahme der Messung Tag 0, um 3 Kontraktionen in zwei Minuten. Am Tag 0 zeigen die Kühe im Mittel nur 2,3 Kontraktionen in zwei Minuten. Vor der Kalbung treten immer mindestens 2 Kontraktion in zwei Minuten auf. Dies sinkt nach der Kalbung im Minimum auf gar keine Kontraktionen. Die höchste Anzahl an Kontraktionen mit 6 Kontraktionen in 2 Minuten tritt am Tag 21 a.p. auf.

Tabelle 22: Häufigkeitsverteilung der Pansenkontraktionen in 2 min

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
Pansenkontraktionen Tag 21 a.p.	95	3,3	3	0,9	3	4	2	6
Pansenkontraktionen Tag 14 a.p.	106	3,1	3	0,9	2	4	2	5
Pansenkontraktionen Tag 7 a.p.	88	3,2	3	0,8	3	4	2	5
Pansenkontraktionen Tag 0	109	2,3	2	1,2	1	3	0	5
Pansenkontraktionen Tag 1 p.p.	109	3,0	3	0,9	2	4	0	5
Pansenkontraktionen Tag 2 p.p.	109	3,1	3	1,0	2	4	0	5
Pansenkontraktionen Tag 3 p.p.	109	3,0	3	0,9	3	4	0	5

Die Anzahl der Pansenkontraktionen am Tag 14 a.p. korreliert sehr signifikant negativ mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 2 p.p. (Tabelle 23). Am Tag 0 korreliert die Anzahl der Pansenkontraktionen mit der Serumcalciumkonzentration Tag 0.

Tabelle 23: Korrelation Pansenkontraktionen mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Pansenkontraktionen Tag 21 a.p.	r	0,033	-0,109	-0,028	0,027
	p	0,754	0,296	0,786	0,791
	n	95	94	95	95
Pansenkontraktionen Tag 14 a.p.	r	-0,103	0,066	-0,294	0,000
	p	0,294	0,501	0,002	0,997
	n	106	105	106	106
Pansenkontraktionen Tag 7 a.p.	r	-0,015	-0,053	-0,065	0,047
	p	0,887	0,623	0,550	0,664
	n	88	87	88	88
Pansenkontraktionen Tag 0	r	0,242	0,056	-0,179	-0,007
	p	0,011	0,567	0,062	0,942
	n	109	108	109	109
Pansenkontraktionen Tag 1 p.p.	r	-0,140	0,073	-0,123	0,135
	p	0,146	0,452	0,201	0,161
	n	109	108	109	109
Pansenkontraktionen Tag 2 p.p.	r	-0,083	-0,033	-0,063	0,169
	p	0,392	0,732	0,513	0,080
	n	109	108	109	109
Pansenkontraktionen Tag 3 p.p.	r	-0,072	0,064	-0,153	0,133
	p	0,459	0,511	0,113	0,168
	n	109	108	109	109

4.1.1.8.2 Intensität der Kontraktionen

Die Intensität der Pansenkontraktionen (Tabelle 24) ist vor der Kalbung vor allem im Bereich von lauten Kontraktionen (82,1-84 %), mit wenigen mäßig lauten (11,3-15,8 %) und einzelnen leisen (0-0,9 %) oder sehr lauten Kontraktionen (1,8-3,8 %). Am Tag 0 zeigt ein Großteil der Kühe nur leise (39,4 %) und mäßig laute (38,5 %) Kontraktionen. Mit jedem Tag nach der

Kalbung verschieben sich die Verhältnisse wieder zu überwiegend lauten Kontraktionen (von 50% am Tag 1 p.p. bis 66,1 % am Tag 3 p.p.).

Tabelle 24: Häufigkeitsverteilung der Intensität der Pansenkontraktionen

Pansenintensität	n	ohne		leise		mäßig laut		laut		sehr laut	
		absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %
Tag 21 a.p.	95	0	0,0	0	0,0	15	15,8	78	82,1	2	1,8
Tag 14 a.p.	106	0	0,0	1	0,9	12	11,3	89	84	4	3,8
Tag 7 a.p.	87	0	0,0	0	0,0	12	13,8	73	83,9	2	2,3
Tag 0	109	10	9,2	43	39,4	42	38,5	13	11,9	1	0,9
Tag 1 p.p.	108	1	0,9	7	6,5	42	38,9	54	50	4	3,7
Tag 2 p.p.	109	1	0,9	3	2,8	41	37,6	63	57,8	1	0,9
Tag 3 p.p.	109	1	0,9	6	5,5	30	27,5	72	66,1	0	0,0

Die Korrelation der Intensität der Pansenkontraktionen mit der Calciumkonzentration im Blutserum wird in Tabelle 25 thematisiert. Am Tag 0 korreliert die Intensität der Kontraktionen signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 und die Intensität am Tag 3 p.p. korreliert sehr signifikant positiv mit dem Calcium am Tag 3 p.p.

Tabelle 25: Korrelation Intensität mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Pansenintensität	r	0,071	-0,170	0,048	0,027
Tag 21 a.p.	p	0,494	0,102	0,647	0,799
	n	95	94	95	95
Pansenintensität	r	-0,111	0,149	0,005	0,004
Tag 14 a.p.	p	0,258	0,130	0,957	0,969
	n	106	105	106	106
Pansenintensität	r	0,184	-0,015	0,050	-0,044
Tag 7 a.p.	p	0,088	0,894	0,645	0,685
	n	87	86	87	87
Pansenintensität	r	0,219	0,027	-0,166	-0,112
Tag 0	p	0,022	0,779	0,084	0,245
	n	109	108	109	109
Pansenintensität	r	0,005	-0,037	-0,052	0,092
Tag 1 p.p.	p	0,955	0,705	0,591	0,344
	n	108	107	108	108
Pansenintensität	r	-0,047	-0,083	0,137	0,127
Tag 2 p.p.	p	0,625	0,392	0,155	0,187
	n	109	108	109	109
Pansenintensität	r	0,016	-0,024	0,041	0,224
Tag 3 p.p.	p	0,866	0,803	0,671	0,019
	n	109	108	109	109

4.1.1.8.3 Pansenfüllung

Die Häufigkeitsverteilung der Pansenfüllung ist in Tabelle 26 dargestellt. Die Pansenfüllung bleibt bis Tag 4 a.p. im Mittel bei 3,7 bis 3,8 Notenpunkte. Danach nimmt sie bis zur Kalbung auf 3,5 Punkte ab. Am Tag 0 ist noch eine mittlere Pansenfüllung von 3,1 Punkte messbar. Nach der Kalbung fällt sie dann im Mittel weiter auf 2,8 bis 2,9 Punkten. Der Verlauf des Medians entspricht weitestgehend dem des Mittelwertes. Bis Tag 4 a.p. liegt er bei 4 Punkte, fällt dann bis zur Kalbung auf 3,5 Punkte und ist dann ab der Kalbung bei 3,0 Punkten. Vor der Kalbung reicht die Spannweite von 2,0 bis 4,5 Punkten und nach der Kalbung von 1,5 bis 4,0 Punkten. Sie sinkt damit in den Maximalwerten jeweils um einen halben Notenpunkt ab.

Tabelle 26: Häufigkeitsverteilung der Pansenfüllung

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
Pansenfüllung Tag 14 a.p.	98	3,7	4,0	0,4	3,5	4,0	2,5	4,5
Pansenfüllung Tag 13 a.p.	100	3,7	4,0	0,4	3,5	4,0	2,5	4,5
Pansenfüllung Tag 12 a.p.	100	3,8	4,0	0,4	3,5	4,0	2,5	4,5
Pansenfüllung Tag 11 a.p.	101	3,8	4,0	0,4	3,5	4,0	2,5	4,5
Pansenfüllung Tag 10 a.p.	103	3,8	4,0	0,4	3,5	4,0	2,5	4,5
Pansenfüllung Tag 9 a.p.	104	3,7	4,0	0,4	3,5	4,0	2,5	4,5
Pansenfüllung Tag 8 a.p.	106	3,8	4,0	0,4	3,5	4,0	2,5	4,5
Pansenfüllung Tag 7 a.p.	108	3,7	4,0	0,4	3,5	4,0	2,5	4,0
Pansenfüllung Tag 6 a.p.	108	3,7	4,0	0,4	3,5	4,0	2,5	4,0
Pansenfüllung Tag 5 a.p.	108	3,7	4,0	0,4	3,5	4,0	2,5	4,0
Pansenfüllung Tag 4 a.p.	109	3,7	4,0	0,4	3,5	4,0	2,5	4,0
Pansenfüllung Tag 3 a.p.	109	3,6	3,5	0,4	3,5	4,0	2,0	4,0
Pansenfüllung Tag 2 a.p.	109	3,6	3,5	0,4	3,5	4,0	2,0	4,5
Pansenfüllung Tag 1 a.p.	109	3,5	3,5	0,5	3,5	4,0	2,0	4,0
Pansenfüllung Tag 0	107	3,1	3,0	0,6	2,5	3,5	1,5	4,0
Pansenfüllung Tag 1 p.p.	107	2,8	3,0	0,5	2,5	3,0	2,0	4,0
Pansenfüllung Tag 2 p.p.	108	2,8	3,0	0,5	2,5	3,0	1,5	4,0
Pansenfüllung Tag 3 p.p.	108	2,9	3,0	0,5	2,5	3,5	1,5	4,0

Die Serumcalciumserumkonzentration am Tag 0 korreliert höchst signifikant positiv mit der Pansenfüllung am Tag 0 (Tabelle 103 im Anhang). Des Weiteren korreliert der Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 sehr signifikant positiv mit der Pansenfüllung am Tag 2 a.p. und signifikant positiv mit der Pansenfüllung am Tag 1 p.p.

Am Tag 1 p.p. korreliert die Serumcalciumkonzentration signifikant negativ mit der Pansenfüllung am Tag 9 a.p.

Höchst signifikant positiv korreliert die Calciumkonzentration im Serum am Tag 2 p.p. mit der Pansenfüllung am Tag 11 a.p. und Tag 2 p.p. Die Calciumkonzentration im Serum von Tag 2 p.p. korreliert weiterhin sehr signifikant positiv mit der Pansenfüllung am Tag 2 a.p. und Tag 3 p.p. sowie signifikant positiv mit der Füllung des Pansens am Tag 14 a.p., Tag 13 a.p., Tag 10 a.p., Tag 4 a.p. und Tag 3 p.p.

Die Pansenfüllung von Tag 13 a.p. und Tag 1 p.p. korreliert signifikant positiv mit der Serumcalciumkonzentration von Tag 3 p.p. und die Pansenfüllung von Tag 3 p.p. sehr signifikant positiv.

4.1.2 Kalbung

Mit 87,9 % zeigt ein Großteil der Kühe eine leichte Kalbung (Tabelle 27). 6,5 % der Tiere hat einen mittleren und 5,6 % einen schweren Kalbeverlauf. In den meisten Fällen werden keine Zwillinge (95,4 %) und das Kalb ist lebend geboren (93,6 %, bei Zwillingen beide Kälber lebend geboren).

Tabelle 27: Häufigkeitsverteilung bei der Kalbung

	absolut	in %
Kalbeverlauf leicht	94	87,9
Kalbeverlauf mittel	7	6,5
Kalbeverlauf schwer	6	5,6
Zwilling nein	104	95,4
Zwilling ja	5	4,6
Totgeburt nein	102	93,6
Totgeburt ja (mindestens 1 Kalb)	7	6,4

Die Kalbung zeigt, wie in Tabelle 28 dargelegt, keine Korrelation mit der Calciumkonzentration im Serum im Serum p.p.

Tabelle 28: Korrelation Kalbung mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Kalbeverlauf	r	-0,015	-0,067	-0,029	-0,069
	p	0,877	0,493	0,768	0,478
	n	107	106	107	107
Zwilling	r	0,089	0,024	0,102	0,007
	p	0,356	0,805	0,289	0,943
	n	109	108	109	109
Totgeburt	r	0,034	-0,094	0,005	-0,085
	p	0,722	0,336	0,961	0,379
	n	109	108	109	109

4.1.3 Behandlung

4.1.3.1 Ante partum

Keine oder eine Vitamin D₃ Injektion erhalten jeweils 41,8 % der Kühe (Tabelle 29). Nur 14,5 % der Kühe erhalten eine zweite Vitamin D₃ Injektion. Zwei Kühen wird sogar eine dritte Vitamin D₃ Injektion verabreicht.

Tabelle 29: Häufigkeitsverteilung der Vitamin D₃ Injektionen

Anzahl	Absolut	in %
0	46	41,8
1	46	41,8
2	16	14,5
3	2	1,8

Die Anzahl der Vitamin D₃ Injektion korreliert signifikant negativ mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 (Tabelle 30).

Tabelle 30: Korrelation Anzahl der Vitamin D₃ Injektionen mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Anzahl Vitamin D ₃ Injektionen	r	-0,241	0,068	-0,003	-0,074
	n	0,012	0,484	0,972	0,446
	p	109	108	109	109

In Tabelle 31 wird dargestellt, dass 58,5 % der behandelten Kühe ihre letzte Vitamin D₃ Injektion am Tag der Kalbung oder in den 2 vorangegangenen Tagen bekommen. Nur eine Kuh bekommt ihre letzte Injektion 7 Tage a.p., was auch die weiteste Entfernung zwischen Tag 0 und Behandlung ist.

Tabelle 31: Häufigkeitsverteilung des Abstandes zur letzten D₃ Injektion der behandelten Kühe vor der Kalbung

	Absolut	in %
Tag 0	12	18,5
Tag 1 a.p.	14	21,5
Tag 2 a.p.	12	18,5
Tag 3 a.p.	8	12,3
Tag 4 a.p.	7	10,8
Tag 5 a.p.	7	10,8
Tag 6 a.p.	4	6,2
Tag 7 a.p.	1	1,5

Der Abstand der letzten Vitamin D₃ Injektion der behandelten Kühe zur Kalbung korreliert nicht mit der Serumcalciumkonzentration nach der Kalbung (Tabelle 32).

Tabelle 32: Korrelation Abstand der letzten Vitamin D₃ Injektion in Tagen mit Calcium p.p.

	Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
letzte Vitamin D ₃ Injektion	r	-0,057	0,024	0,053
	p	0,653	0,850	0,677
	n	65	64	65

4.1.3.2 Post partum

Calciuminjektion subcutan

Die Anzahl der mit Calcium subcutan injizierten Kühe (Tabelle 33) nimmt von Tag 0 zum Tag 2 p.p. ab. Nach der Kalbung erhalten zwei Drittel aller Kühe eine Calciuminjektion s.c. Dagegen werden am Tag 2 p.p. nur 12,2 % der Kühe eine Calciuminjektion verabreicht.

Tabelle 33: Häufigkeitsverteilung der Subcutane Calciuminfusion

	Nicht erfolgt		erfolgt	
	Absolut	in %	Absolut	in %
Anzahl injizierte Kühe am Tag 0	34	31,2	75	68,8
Anzahl injizierte Kühe am Tag 1 p.p.	72	66,1	37	33,9
Anzahl injizierte Kühe am Tag 2 p.p.	95	87,2	14	12,8

In Tabelle 34 wird die Verteilung der subcutan injizierte Menge an Calcium, wenn nur die behandelten Kühe betrachtet werden, beschrieben und in Tabelle 35 wird die Verteilung aufgezeigt, wenn alle Kühe betrachtet werden. Die geringste Menge an injiziertem Calcium beträgt 30 ml und die höchste 550 ml. Von Tag 0 zum Tag 2 p.p. nimmt die Menge an injiziertem Calcium kontinuierlich ab. Werden alle Kühe betrachtet nimmt der Mittelwert von 142 ml am Tag 0 auf 12 ml am Tag 2 p.p. ab. Betrachtet man die behandelten Kühe nimmt der Mittelwert im betrachteten Zeitraum von 208 ml auf 91 ml ab.

Tabelle 34: Verteilung der Menge Calcium s.c. bei behandelten Kühen

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Menge Calcium Tag 0 (ml)	75	208	200	101	150	250	50	550
Menge Calcium Tag 1 p.p (ml)	37	118	100	72	55	175	30	300
Menge Calcium Tag 2 p.p. (ml)	14	91	50	71	50	113	30	300

Tabelle 35: Verteilung der Menge Calcium s.c. bei allen Kühen

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Menge Calcium Tag 0 (ml)	109	142	150	128	0	200	0	550
Menge Calcium Tag 1 p.p (ml)	109	40	0	70	0	60	0	300
Menge Calcium Tag 2 p.p. (ml)	109	12	0	39	0	0	0	300

Die Gabe einer Calciuminfusion korreliert mit der Calciumkonzentration im Blutserum Tag 1 p.p. sehr signifikant positiv und mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 1 p.p. höchst signifikant positiv. (Tabelle 36)

Tabelle 36: Korrelation Calciuminjektion s.c. erfolgt / nicht erfolgt bei allen Kühen mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Gabe	r	0,245	0,013	-0,067
Calciuminjektion s.c.	p	0,011	0,891	0,489
Tag 0	n	108	109	109
Gabe	r	0,361	-0,048	-0,098
Calciuminjektion s.c.	n	<0,001	0,622	0,313
Tag 1 p.p.	p	108	109	109
Gabe	r	0,095	0,049	-0,072
Calciuminjektion s.c.	p	0,328	0,611	0,455
Tag 2 p.p.	n	108	109	109

Calciumbolus

Die Tabelle 37 beschreibt die Häufigkeitsverteilung der Gabe eines Calciumbolus nach der Kalbung. 104 Kühe und damit 95,4 % der Kühe erhalten keinen Calciumbolus post partum. Nur 5 Kühe erhalten einen Calciumbolus nach der Kalbung.

Tabelle 37: Häufigkeitsverteilung der Gabe von Calciumbolusse

	absolut	in %
Erfolgt	5	4,6
Nicht Erfolgt	104	95,4

Die Bolusgabe korreliert nicht mit der Serumcalciumkonzentration p.p. (Tabelle 38)

Tabelle 38: Korrelation Calciumbolus p.p. mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Bolusgabe	r	-0,006	0,019	-0,107	-0,065
	p	0,954	0,845	0,267	0,503
	n	109	108	109	109

4.1.4 Witterung

4.1.4.1 Lufttemperatur

Die Tabelle 39 spiegelt die Häufigkeitsverteilung der Lufttemperatur im Beobachtungszeitraum wider. Die Temperatur bleibt im Mittelwert relativ gleich und liegt zwischen 17,8 °C und 18,3 °C.

Nur am Tag 14 a.p. liegt der Mittelwert bei 17,2 °C. Der Median ist dabei größeren Schwankungen unterworfen (von 15,3 °C bis 19,1 °C). Die Standardabweichung liegt zwischen 3,6 am Tag 21 a.p. und 4,3 am Tag 3 p.p. Die niedrigste gemessene Temperatur lag bei 10,4 °C (Tag 14 a.p., Tag 7 a.p., Tag 0 und Tag 2 p.p.), während die Höchsttemperatur 29°C (Tag 3 p.p.) betrug. Das 25 % Perzentil liegt zwischen 13,8 °C (Tag 14 p.p.) und 15,3 °C (Tag 21 a.p.), das 75 % Perzentil zwischen 20,7 °C (Tag 14 a.p.) und 21,2 °C (Tag 0 und Tag 1 p.p.).

Tabelle 39: Häufigkeitsverteilung der Lufttemperatur

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Lufttemperatur Tag 21 a.p. (°C)	95	18,3	19,1	3,6	15,3	21,0	12,7	24,5
Lufttemperatur Tag 14 a.p. (°C)	106	17,2	15,3	4,0	13,8	20,7	10,4	24,6
Lufttemperatur Tag 7 a.p. (°C)	88	17,8	16,5	4,1	14,8	21,1	10,4	24,6
Lufttemperatur Tag 0 (°C)	109	18,3	18,1	4,2	15,0	21,2	10,4	27,1
Lufttemperatur Tag 1 p.p. (°C)	109	18,0	17,6	4,1	14,3	21,2	11,1	26,2
Lufttemperatur Tag 2 p.p. (°C)	109	18,0	17,6	4,0	14,4	21,1	10,4	26,3
Lufttemperatur Tag 3 p.p. (°C)	109	17,9	17,4	4,3	14,3	21,1	11,4	29,0

In der Tabelle 104 im Anhang wird der Zusammenhang zwischen der Lufttemperatur und der Calciumkonzentration im Serum dargestellt. Die Temperatur am Tag 1 p.p. korreliert signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Blutserum am Tag 2 p.p. und die Temperatur am Tag 7 a.p. sowie am Tag 0 korreliert signifikant mit der Serumcalciumkonzentration am Tag 3 p.p.

4.1.4.2 Niederschlag

Die Niederschlagsmenge im Mittel (Tabelle 40) liegt vor der Kalbung zwischen 1,7 mm und 1,8 mm und nach der Kalbung zwischen 2,1 und 2,3 mm. Der Minimalwert und das 25 % Perzentil ist an allen Messtagen 0 mm. Die größte Niederschlagsmenge fällt am Tag 2 p.p. mit 33,8 mm. Auch ist an diesem Tag die Standardabweichung mit 5,6 am größten. Der Median liegt an allen Tagen bei 0,2 mm.

Tabelle 40: Häufigkeitsverteilung des Niederschlages

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Niederschlag Tag 21 a.p. (mm)	95	1,8	0,2	3,2	0,0	2,4	0,0	11,7
Niederschlag Tag 14 a.p. (mm)	106	1,7	0,2	2,8	0,0	2,4	0,0	11,7
Niederschlag Tag 7 a.p. (mm)	88	1,8	0,2	3,1	0,0	1,4	0,0	11,7
Niederschlag Tag 0 (mm)	109	2,2	0,2	3,4	0,0	3,4	0,0	11,7
Niederschlag Tag 1 p.p. (mm)	109	2,1	0,2	3,9	0,0	2,7	0,0	29,6
Niederschlag Tag 2 p.p. (mm)	109	2,2	0,2	5,6	0,0	2,4	0,0	33,8
Niederschlag Tag 3 p.p. (mm)	109	2,3	0,2	4,1	0,0	3,4	0,0	29,6

Die Niederschlagsmenge korreliert signifikant positiv nur am Tag 1 p.p. mit dem Serumcalcium am Tag 2 p.p. (Tabelle 105)

4.1.5 Fütterung

4.1.5.1 Futteraufnahme

4.1.5.1.1 Originalsubstanz

Die Häufigkeitsverteilung der Originalsubstanzaufnahme wird in Tabelle 41 gezeigt. Die Aufnahme der Originalsubstanz nimmt von Tag 14 a.p. zum Tag 1 a.p. von im Mittel 31,5 kg auf 25,7 kg ab. Dabei wird die Abnahme zur Kalbung hin deutlicher. Ebenso liegt der Maximalwert am Tag 1 a.p. (38,2 kg) unter dem Mittelwert am Tag 14 a.p. (41,2 kg) und der Minimalwert am Tag 14 a.p. (16,3 kg) über dem Mittelwert von Tag 1 a.p. (5,6kg). Am Tag 0 ist die Futteraufnahme mit im Mittel 23,3 kg am geringsten und steigt danach bis Tag 3 p.p. mit 31,1 kg im Mittel wieder bis fast auf den Ausgangswert am Tag 14 a.p. an. Es ist auffällig, dass die Spannweite a.p. deutlich geringer ist als p.p.

Tabelle 41: Häufigkeitsverteilung der Futteraufnahme Originalsubstanzaufnahme Tag 14 a.p. bis 3 p.p.

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
OS Tag 14 a.p. (kg)	94	31,5	31,3	5,3	28,5	35,3	16,3	41,2
OS Tag 13 a.p. (kg)	91	31,1	31,0	4,9	27,4	34,1	18,0	47,2
OS Tag 12 a.p. (kg)	100	30,4	30,4	5,7	26,8	34,7	17,5	43,2
OS Tag 11 a.p. (kg)	99	30,8	30,6	5,3	27,7	34,2	17,1	43,8
OS Tag 10 a.p. (kg)	98	30,4	30,8	5,2	27,2	33,9	12,3	40,7
OS Tag 9 a.p. (kg)	99	30,9	30,4	5,5	27,3	35,1	14,5	45,6
OS Tag 8 a.p. (kg)	97	30,6	30,3	5,2	26,5	34,3	19,6	43,0
OS Tag 7 a.p. (kg)	103	30,4	30,0	5,8	26,6	34,2	15,2	45,1
OS Tag 6 a.p. (kg)	104	29,2	30,0	5,6	26,0	32,9	13,9	46,8
OS Tag 5 a.p. (kg)	105	29,9	29,2	6,6	25,2	34,0	16,2	51,6
OS Tag 4 a.p. (kg)	103	28,7	28,8	6,4	24,5	33,1	17,1	53,0
OS Tag 3 a.p. (kg)	105	27,4	27,4	6,6	22,4	32,2	10,9	46,9
OS Tag 2 a.p. (kg)	105	27,2	27,0	6,9	23,2	32,1	12,5	46,9
OS Tag 1 a.p. (kg)	104	25,7	26,3	7,1	19,8	31,0	5,6	38,2
OS Tag 0 (kg)	98	23,3	23,9	7,2	17,8	28,1	6,4	39,7
OS Tag 1 p.p. (kg)	97	28,3	28,1	8,0	23,1	33,5	6,2	46,8
OS Tag 2 p.p. (kg)	104	30,2	30,4	7,7	25,6	35,5	2,8	45,5
OS Tag 3 p.p. (kg)	100	31,1	32,6	7,4	26,8	36,0	7,0	46,8

Die Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 (Tabelle 42) korreliert positiv höchst signifikant mit der Originalsubstanzaufnahme am Tag 0 und signifikant mit der Futteraufnahme am Tag 1 a.p. Am Tag 2 p.p. korrelieren die Futteraufnahme und die Calciumkonzentration im Serum signifikant positiv miteinander. Die Serumcalciumkonzentration am Tag 3 p.p. korreliert negativ mit der Futteraufnahme am Tag 14 a.p. Die Futteraufnahme am Tag 1 p.p. korreliert

Ergebnisse

höchst signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 und am Tag 2 p.p. und sehr signifikant positiv mit der Blutserumcalciumkonzentration am Tag 3 p.p.

Tabelle 42: Korrelation der Originalsubstanzaufnahme auf die Calciumkonzentration

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Originalsubstanz	r	-0,076	0,161	0,053	-0,225
Tag 14 a.p. (kg)	p	0,468	0,123	0,610	0,029
	n	94	93	94	94
Originalsubstanz	r	0,076	0,098	-0,069	-0,136
Tag 13 a.p. (kg)	p	0,472	0,358	0,518	0,199
	n	91	90	91	91
Originalsubstanz	r	0,094	0,164	0,014	-0,019
Tag 12 a.p. (kg)	p	0,355	0,105	0,893	0,850
	n	100	99	100	100
Originalsubstanz	r	0,064	0,105	-0,049	-0,033
Tag 11 a.p. (kg)	p	0,531	0,302	0,627	0,749
	n	99	98	99	99
Originalsubstanz	r	0,108	0,148	-0,104	-0,045
Tag 10 a.p. (kg)	p	0,291	0,147	0,308	0,659
	n	98	97	98	98
Originalsubstanz	r	0,074	0,112	0,053	0,007
Tag 9 a.p. (kg)	p	0,468	0,274	0,604	0,943
	n	99	98	99	99
Originalsubstanz	r	0,114	0,083	0,046	0,096
Tag 8 a.p. (kg)	p	0,267	0,421	0,654	0,347
	n	97	96	97	97
Originalsubstanz	r	0,032	0,109	-0,085	0,103
Tag 7 a.p. (kg)	p	0,747	0,276	0,396	0,298
	n	103	102	103	103
Originalsubstanz	r	0,091	0,050	0,014	0,138
Tag 6 a.p. (kg)	p	0,359	0,615	0,885	0,163
	n	104	103	104	104
Originalsubstanz	r	0,067	0,018	0,015	0,081
Tag 5 a.p. (kg)	p	0,500	0,854	0,881	0,411
	n	105	104	105	105
Originalsubstanz	r	0,039	0,044	0,021	0,182
Tag 4 a.p. (kg)	p	0,696	0,659	0,834	0,065
	n	103	102	103	103
Originalsubstanz	r	0,141	0,097	0,033	0,028
Tag 3 a.p. (kg)	p	0,152	0,329	0,736	0,774
	n	105	104	105	105
Originalsubstanz	r	0,170	0,004	0,035	0,109
Tag 2 a.p. (kg)	p	0,083	0,968	0,726	0,266
	n	105	104	105	105

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Originalsubstanz	r	0,236	0,129	-0,047	-0,019
Tag 1 a.p. (kg)	p	0,016	0,195	0,632	0,846
	n	104	103	104	104
Originalsubstanz	r	0,486	0,175	0,149	0,017
Tag 0 (kg)	p	<0,001	0,087	0,143	0,867
	n	98	97	98	98
Originalsubstanz	r	0,330	0,181	0,319	0,247
Tag 1 p.p. (kg)	p	0,001	0,078	0,001	0,015
	n	97	96	97	97
Originalsubstanz	r	0,114	-0,141	0,217	0,179
Tag 2 p.p. (kg)	p	0,249	0,156	0,027	0,069
	n	104	103	104	104
Originalsubstanz	r	0,110	-0,008	0,045	0,052
Tag 3 p.p. (kg)	p	0,278	0,934	0,659	0,608
	n	100	99	100	100

4.1.5.1.2 Trockensubstanz

Die Aufnahme an Trockensubstanz nimmt von Tag 14 a.p. mit 15,6 kg zum Tag 0 mit 11,3 kg im Mittel ab und steigt danach wieder auf 15,4 kg im Mittel am Tag 3 p.p. an (Tabelle 43). Die Spannbreite ist vor der Kalbung deutlich enger als nach der Kalbung. Die im gesamten Zeitraum am niedrigsten gemessene Futteraufnahme ist am Tag 2 p.p. mit 1,4 kg Trockensubstanz und die höchste am Tag 5 a.p. mit 24,7 kg Trockensubstanz.

Tabelle 43: Häufigkeitsverteilung der Futteraufnahmeaufnahme Trockensubstanz Tag 14 a.p. bis 3 p.p.

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
TS Tag 14 a.p. (kg)	94	15,6	15,8	2,7	14,0	17,6	8,3	20,7
TS Tag 13 a.p. (kg)	91	15,4	15,3	2,5	13,6	17,2	8,3	22,8
TS Tag 12 a.p. (kg)	100	15,1	14,9	2,9	13,3	17,3	8,3	20,7
TS Tag 11 a.p. (kg)	99	15,3	15,3	2,7	13,5	17,0	7,9	22,1
TS Tag 10 a.p. (kg)	98	15,0	15,3	2,7	13,2	17,2	6,5	20,9
TS Tag 9 a.p. (kg)	99	15,3	14,7	2,8	13,4	17,4	7,0	23,2
TS Tag 8 a.p. (kg)	97	15,1	14,9	2,6	13,1	16,8	9,4	21,9
TS Tag 7 a.p. (kg)	103	15,0	14,9	2,9	13,1	17,3	6,9	21,6
TS Tag 6 a.p. (kg)	104	14,3	14,4	2,9	12,6	16,2	6,6	22,0
TS Tag 5 a.p. (kg)	105	14,7	14,2	3,2	12,6	16,9	7,9	24,7
TS Tag 4 a.p. (kg)	103	14,1	14,4	3,1	11,5	16,2	8,1	26,2
TS Tag 3 a.p. (kg)	105	13,5	13,4	3,4	11,0	16,1	5,4	22,4
TS Tag 2 a.p. (kg)	105	13,4	13,2	3,5	11,0	15,6	5,8	23,2
TS Tag 1 a.p. (kg)	104	12,6	13,0	3,5	9,8	15,4	2,6	19,4
TS Tag 0 (kg)	98	11,3	11,7	3,4	8,9	13,6	2,8	18,3
TS Tag 1 p.p. (kg)	97	14,1	14,5	3,9	11,6	16,7	2,9	21,4
TS Tag 2 p.p. (kg)	104	15,0	15,2	3,7	12,9	17,6	1,4	22,6
TS Tag 3 p.p. (kg)	100	15,4	15,6	3,6	13,6	17,6	3,5	24,0

Den Zusammenhang von der Trockensubstanzaufnahme und der Calciumkonzentration im Serum stellt die Tabelle 44 dar. Der Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 korreliert höchst signifikant positiv mit der Trockensubstanzaufnahme am Tag 0 und sehr signifikant mit der Trockensubstanzaufnahme am Tag 1 a.p. Die Trockenmasseaufnahme am Tag 1 p.p. korreliert höchst signifikant positiv mit der Serumcalciumkonzentration Tag 0, sehr signifikant mit der Serumcalciumkonzentration am Tag 2 p.p. und signifikant mit der Konzentration am Tag 3 p.p. Am Tag 2 p.p. korrelieren die Trockensubstanzaufnahme und der Calciumkonzentration im Serum signifikant positiv miteinander.

Ergebnisse

Tabelle 44: Korrelation Trockensubstanzaufnahme mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Trockensubstanz	r	-0,060	0,149	0,125	-0,172
Tag 14 a.p. (kg)	p	0,568	0,154	0,231	0,098
	n	94	93	94	94
Trockensubstanz	r	0,088	0,038	0,020	-0,081
Tag 13 a.p. (kg)	p	0,408	0,723	0,854	0,446
	n	91	90	91	91
Trockensubstanz	r	0,113	0,117	0,024	-0,009
Tag 12 a.p. (kg)	p	0,264	0,247	0,815	0,928
	n	100	99	100	100
Trockensubstanz	r	0,056	0,090	0,013	-0,027
Tag 11 a.p. (kg)	p	0,579	0,379	0,901	0,793
	n	99	98	99	99
Trockensubstanz	r	0,110	0,107	-0,074	-0,048
Tag 10 a.p. (kg)	p	0,282	0,296	0,466	0,639
	n	98	97	98	98
Trockensubstanz	r	0,058	0,095	0,097	0,013
Tag 9 a.p. (kg)	p	0,570	0,353	0,337	0,898
	n	99	98	99	99
Trockensubstanz	r	0,101	0,067	0,055	0,067
Tag 8 a.p. (kg)	p	0,327	0,516	0,595	0,513
	n	97	96	97	97
Trockensubstanz	r	0,055	0,109	-0,049	0,091
Tag 7 a.p. (kg)	p	0,582	0,277	0,623	0,358
	n	103	102	103	103
Trockensubstanz	r	0,052	0,009	0,027	0,098
Tag 6 a.p. in kg	p	0,598	0,931	0,783	0,324
	n	104	103	104	104
Trockensubstanz	r	0,069	0,016	0,037	0,077
Tag 5 a.p. (kg)	p	0,485	0,875	0,708	0,435
	n	105	104	105	105
Trockensubstanz	r	0,032	>0,001	0,037	0,191
Tag 4 a.p. (kg)	p	0,750	0,996	0,710	0,054
	n	103	102	103	103
Trockensubstanz	r	0,137	0,071	0,036	0,029
Tag 3 a.p. (kg)	p	0,162	0,472	0,716	0,767
	n	105	104	105	105
Trockensubstanz	r	0,186	-0,010	0,052	0,116
Tag 2 a.p. (kg)	p	0,057	0,922	0,600	0,240
	n	105	104	105	105

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Trockensubstanz	r	0,268	0,117	-0,043	-0,016
Tag 1 a.p. (kg)	p	0,006	0,238	0,664	0,871
	n	104	103	104	104
Trockensubstanz	r	0,507	0,169	0,130	0,011
Tag 0 (kg)	p	<0,001	0,098	0,200	0,913
	n	98	97	98	98
Trockensubstanz	r	0,319	0,217	0,296	0,217
Tag 1 p.p. (kg)	p	0,001	0,034	0,003	0,033
	n	97	96	97	97
Trockensubstanz	r	0,069	-0,102	0,195	0,136
Tag 2 p.p. (kg)	p	0,488	0,307	0,048	0,169
	n	104	103	104	104
Trockensubstanz	r	0,099	0,049	0,016	0,025
Tag 3 p.p. (kg)	p	0,326	0,632	0,878	0,807
	n	100	99	100	100

4.1.5.2 Futterinhaltsstoffe

4.1.5.2.1 DCAB je kg Trockensubstanz

Die DCAB (Tabelle 45) liegt vor der Kalbung im Mittel zwischen 190,4 und 195,2 meq je kg Trockensubstanz und nach der Kalbung zwischen 183,5 und 186,2 meq je kg Trockensubstanz. Der kleinste Wert tritt am Tag 0 mit 141,7 meq je kg Trockensubstanz auf und der größte am Tag 2 p.p. mit 231,1 meq je kg Trockensubstanz.

Tabelle 45: Häufigkeitsverteilung der DCAB je kg TS

DCAB	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
Tag 14 a.p. (meq/kg TS)	94	195,2	194,6	9,6	190,8	199,1	175,0	225,6
Tag 13 a.p. (meq/kg TS)	91	194,6	194,3	8,7	189,5	200,4	175,0	225,6
Tag 12 a.p. (meq/kg TS)	100	194,0	195,0	10,3	186,0	199,5	156,3	218,2
Tag 11 a.p. (meq/kg TS)	99	192,0	192,4	10,4	186,0	197,2	149,5	217,3
Tag 10 a.p. (meq/kg TS)	98	194,3	195,3	11,3	189,8	199,5	156,2	225,7
Tag 9 a.p. (meq/kg TS)	99	193,8	194,3	11,2	190,8	197,9	149,6	225,6
Tag 8 a.p. (meq/kg TS)	97	194,1	194,3	12,5	190,2	200,9	149,6	225,7
Tag 7 a.p. (meq/kg TS)	102	192,2	194,5	10,6	187,4	196,9	142,9	218,2
Tag 6 a.p. (meq/kg TS)	103	192,3	194,8	12,0	187,5	198,4	156,2	218,3
Tag 5 a.p. (meq/kg TS)	104	190,4	192,3	14,1	188,3	197,9	142,9	225,6
Tag 4 a.p. (meq/kg TS)	102	190,7	193,5	14,2	189,8	196,4	142,9	225,6
Tag 3 a.p. (meq/kg TS)	104	191,8	192,5	14,2	185,9	200,5	149,6	225,6
Tag 2 a.p. (meq/kg TS)	104	192,1	193,1	12,8	186,5	198,7	159,3	225,6
Tag 1 a.p. (meq/kg TS)	103	191,5	194,3	14,4	188,5	198,4	142,8	218,3
Tag 0 (meq/kg TS)	97	186,2	191,0	16,2	177,5	195,6	141,7	225,6
Tag 1 p.p. (meq/kg TS)	96	186,1	188,3	18,2	177,8	193,6	144,7	228,2
Tag 2 p.p. (meq/kg TS)	103	185,3	186,4	18,6	177,9	193,8	143,5	231,1
Tag 3 p.p. (meq/kg TS)	99	183,5	184,1	17,0	175,0	193,6	143,6	219,7

Die DCAB (Tabelle 46) korreliert am Tag 14 a.p. mit dem Calcium am Tag 0 und der Calciumkonzentration im Serum Tag 1 p.p. signifikant negativ. Serumcalcium Tag 1 p.p. korreliert weiterhin mit der DCAB von Tag 0 bis Tag 3 p.p. signifikant positiv. Die DCAB am Tag 2 und Tag 1 a.p. sowie am Tag 0 korreliert mit Calcium im Serum Tag 3 p.p. signifikant negativ. Höchst signifikant negativ korreliert Calcium Tag 3 p.p. mit der DCAB am Tag 1 p.p. und Tag 3 p.p. sowie mit Tag 2 p.p. sehr signifikant negativ.

Tabelle 46: Korrelation DCAB mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
DCAB Tag 14 a.p. (meq/kg TS)	r	-0,230	-0,216	-0,069	-0,003
	p	0,026	0,038	0,510	0,978
	n	94	93	94	94
DCAB Tag 13 a.p. (meq/kg TS)	r	-0,087	-0,110	0,019	0,087
	p	0,413	0,301	0,859	0,413
	n	91	90	91	91
DCAB Tag 12 a.p. (meq/kg TS)	r	-0,048	-0,008	0,032	0,120
	p	0,635	0,935	0,755	0,236
	n	100	99	100	100
DCAB Tag 11 a.p. (meq/kg TS)	r	-0,089	-0,127	-0,098	-0,040
	p	0,380	0,211	0,333	0,694
	n	99	98	99	99

Ergebnisse

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
DCAB Tag 10 a.p. (meq/kg TS)	r	-0,061	-0,088	0,008	0,099
	p	0,552	0,391	0,935	0,334
	n	98	97	98	98
DCAB Tag 9 a.p. (meq/kg TS)	r	-0,120	-0,121	0,193	0,177
	p	0,238	0,234	0,056	0,079
	n	99	98	99	99
DCAB Tag 8 a.p. (meq/kg TS)	r	0,108	0,041	0,118	0,131
	p	0,292	0,690	0,251	0,201
	n	97	96	97	97
DCAB Tag 7 a.p. (meq/kg TS)	r	0,030	0,096	0,111	0,070
	p	0,767	0,341	0,268	0,483
	n	102	101	102	102
DCAB Tag 6 a.p. (meq/kg TS)	r	0,069	-0,065	0,152	-0,060
	p	0,488	0,515	0,126	0,546
	n	103	102	103	103
DCAB Tag 5 a.p. (meq/kg TS)	r	0,185	0,095	0,071	-0,038
	p	0,060	0,339	0,475	0,702
	n	104	103	104	104
DCAB Tag 4 a.p. (meq/kg TS)	r	0,096	0,122	-0,018	-0,078
	p	0,338	0,223	0,855	0,437
	n	102	101	102	102
DCAB Tag 3 a.p. (meq/kg TS)	r	-0,026	-0,007	-0,034	-0,081
	p	0,790	0,947	0,736	0,415
	n	104	103	104	104
DCAB Tag 2 a.p. in meq/kg TS	r	<0,001	-0,046	-0,098	-0,228
	p	0,996	0,645	0,320	0,020
	n	104	103	104	104
DCAB Tag 1 a.p. (meq/kg TS)	r	-0,040	-0,157	0,052	-0,221
	p	0,690	0,116	0,599	0,025
	n	103	102	103	103
DCAB Tag 0 (meq/kg TS)	r	0,058	0,239	-0,180	-0,257
	p	0,573	0,019	0,078	0,011
	n	97	96	97	97
DCAB Tag 1 p.p. (meq/kg TS)	r	0,076	0,237	-0,093	-0,330
	p	0,460	0,021	0,367	0,001
	n	96	95	96	96
DCAB Tag 2 p.p. (meq/kg TS)	r	0,122	0,268	-0,076	-0,277
	p	0,219	0,007	0,445	0,005
	n	103	102	103	103
DCAB Tag 3 p.p. (meq/kg TS)	r	0,139	0,257	-0,090	-0,340
	p	0,170	0,011	0,376	0,001
	n	99	98	99	99

4.1.5.2.2 Calcium

Die Calciumaufnahme in g/d mit dem Futter nimmt zur Kalbung hin ab und steigt nach der Kalbung deutlich an, wie die Tabelle 47 zeigt. Sowohl die höchste (159,4 g/d), als auch die niedrigste (10,0 g/d) Menge an Calcium wird am Tag 2 p.p. aufgenommen. Insgesamt ist die Spannweite nach der Kalbung deutlich größer. Auch nimmt die Standardabweichung (vor der Kalbung zwischen 14,3 und 19,3 und ab Tag 0 zwischen 24,8 und 28,8) zu.

Tabelle 47: Häufigkeitsverteilung der Calciumaufnahme mit dem Futter

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Ca Tag 14 a.p. (g/d)	94	83,1	83,7	15,1	74,4	93,3	44,0	117,7
Ca Tag 13 a.p. (g/d)	91	82,0	82,0	14,3	73,7	90,1	42,9	119,8
Ca Tag 12 a.p. (g/d)	100	80,6	80,2	16,1	71,5	91,4	45,7	113,5
Ca Tag 11 a.p. (g/d)	99	81,4	80,4	14,3	71,9	90,8	40,5	116,7
Ca Tag 10 a.p. (g/d)	98	80,3	81,2	14,9	69,3	90,7	34,2	115,5
Ca Tag 9 a.p. (g/d)	99	81,6	80,0	15,1	71,8	92,8	36,9	122,5
Ca Tag 8 a.p. (g/d)	97	80,2	78,7	14,8	69,6	90,0	50,0	118,8
Ca Tag 7 a.p. (g/d)	103	79,5	78,3	14,9	68,9	87,7	38,9	110,0
Ca Tag 6 a.p. (g/d)	104	76,3	77,4	15,9	66,6	89,2	36,4	112,9
Ca Tag 5 a.p. (g/d)	105	77,7	76,8	16,9	66,2	89,4	40,2	123,9
Ca Tag 4 a.p. (g/d)	103	74,7	73,7	16,8	62,9	85,1	43,5	125,8
Ca Tag 3 a.p. (g/d)	105	72,3	72,7	18,5	59,3	84,5	31,0	126,8
Ca Tag 2 a.p. (g/d)	105	70,7	70,4	19,1	57,6	84,2	32,6	121,4
Ca Tag 1 a.p. (g/d)	104	67,2	69,5	19,3	52,0	82,0	14,4	102,3
Ca Tag 0 (g/d)	98	71,3	68,8	24,8	56,1	86,9	19,7	145,4
Ca Tag 1 p.p. (g/d)	97	101,8	103,3	28,8	85,0	121,1	21,9	168,9
Ca Tag 2 p.p. (g/d)	104	107,6	111,1	27,6	91,1	127,4	10,0	159,4
Ca Tag 3 p.p. (g/d)	100	110,5	113,8	26,4	96,2	128,7	24,4	162,7

Das Verhältnis zwischen dem im Futter aufgenommenen Calcium und dem Calciumspiegel im Serum wird in Tabelle 48 dargestellt. Das mit dem Futter aufgenommene Calcium am Tag 14 a.p. korreliert signifikant negativ mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 3 p.p. Das mit dem Futter aufgenommene Calcium am Tag 4 a.p. beeinflusst die Calciumserumkonzentration im Serum am Tag 3 p.p. signifikant positiv und das aufgenommene Calcium von Tag 1 a.p. signifikant positiv die Serumcalciumkonzentration Tag 0. Höchst signifikant positiv korreliert die Calciummenge mit dem aufgenommenen Futter mit dem Calciumserumkonzentration Tag 0 und das am Tag 1 p.p. aufgenommene Calcium mit dem Futter höchst signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 0 und am Tag 2 p.p. Das aufgenommene Calcium am Tag 1 p.p. korreliert signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 1 p.p. und Tag 3 p.p. Die Calciumkonzentration im Serum am Tag 2 p.p. korreliert positiv mit der Calciumkonzentration im Futter am Tag 2 p.p.

Ergebnisse

Tabelle 48: Korrelation von Calcium Futter mit Calcium Serum p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Calcium Futter	r	-0,043	0,107	0,122	-0,209
Tag 14 a.p. (g/d)	p	0,682	0,309	0,243	0,044
	n	94	93	94	94
Calcium Futter	r	0,108	0,015	-0,032	-0,147
Tag 13 a.p. (g/d)	p	0,309	0,888	0,765	0,165
	n	91	90	91	91
Calcium Futter	r	0,134	0,121	0,022	-0,021
Tag 12 a.p. (g/d)	p	0,184	0,234	0,825	0,834
	n	100	99	100	100
Calcium Futter	r	0,047	0,048	0,054	0,007
Tag 11 a.p. (g/d)	p	0,646	0,641	0,596	0,946
	n	99	98	99	99
Calcium Futter	r	0,058	0,096	-0,068	-0,035
Tag 10 a.p. (g/d)	p	0,571	0,351	0,508	0,729
	n	98	97	98	98
Calcium Futter	r	0,061	0,023	0,092	0,031
Tag 9 a.p. (g/d)	p	0,552	0,820	0,366	0,758
	n	99	98	99	99
Calcium Futter	r	0,080	0,035	0,026	0,081
Tag 8 a.p. (g/d)	p	0,438	0,738	0,799	0,431
	n	97	96	97	97
Calcium Futter	r	0,014	0,074	-0,040	0,083
Tag 7 a.p. (g/d)	p	0,885	0,460	0,689	0,406
	n	103	102	103	103
Calcium Futter	r	0,083	0,019	0,012	0,075
Tag 6 a.p. (g/d)	p	0,402	0,850	0,904	0,448
	n	104	103	104	104
Calcium Futter	r	0,082	0,008	0,046	0,083
Tag 5 a.p. (g/d)	p	0,408	0,935	0,638	0,399
	n	105	104	105	105
Calcium Futter	r	0,061	0,008	0,046	0,238
Tag 4 a.p. (g/d)	p	0,543	0,940	0,643	0,016
	n	103	102	103	103
Calcium Futter	r	0,160	0,063	0,091	0,087
Tag 3 a.p. (g/d)	p	0,104	0,522	0,355	0,377
	n	105	104	105	105
Calcium Futter	r	0,178	0,018	0,084	0,105
Tag 2 a.p. (g/d)	p	0,069	0,857	0,394	0,286
	n	105	104	105	105

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Calcium Futter	r	0,243	0,087	-0,013	0,028
Tag 1 a.p. (g/d)	p	0,013	0,379	0,892	0,778
	n	104	103	104	104
Calcium Futter	r	0,448	0,016	0,130	0,100
Tag 0 (g/d)	p	<0,001	0,874	0,204	0,329
	n	98	97	98	98
Calcium Futter	r	0,323	0,209	0,349	0,242
Tag 1 p.p. (g/d)	p	0,001	0,041	<0,001	0,017
	n	97	96	97	97
Calcium Futter	r	0,084	-0,118	0,232	0,140
Tag 2 p.p. (g/d)	p	0,394	0,235	0,018	0,157
	n	104	103	104	104
Calcium Futter	r	0,115	0,034	0,053	-0,001
Tag 3 p.p. (g/d)	p	0,256	0,738	0,601	0,990
	n	100	99	100	100

4.1.5.2.3 Phosphor

Die Phosphoraufnahme (Tabelle 49) nimmt von 78,9 g/d im Mittel am Tag 14 a.p. auf 53,2 g/d im Mittel am Tag 0 hin ab und steigt danach wieder auf 66,2 g/d im Mittel am Tag 3 p.p. an, ohne dabei das Ausgangsniveau im Mittel wieder zu erreichen. Die größte Phosphoraufnahme findet am Tag 4 a.p. (123,9 g/d) statt und die kleinste Aufnahme am Tag 2 p.p. (6,3 g/d). Die Standardabweichung ist am Tag 1 a.p. (18,2 g/d) am größten. Die Spannweite ist nach der Kalbung größer als vor der Kalbung.

Tabelle 49: Häufigkeitsverteilung der Phosphoraufnahme mit dem Futter

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
P Tag 14 a.p. (g/d)	94	78,9	80,6	14,1	70,8	89,8	41,6	107,3
P Tag 13 a.p. (g/d)	91	78,2	78,7	12,9	69,8	86,5	41,5	112,8
P Tag 12 a.p. (g/d)	100	76,6	76,9	14,9	66,5	87,8	42,6	104,1
P Tag 11 a.p. (g/d)	99	77,6	79,9	13,3	69,4	86,4	39,0	108,0
P Tag 10 a.p. (g/d)	98	76,0	75,8	13,9	66,0	87,9	32,3	104,7
P Tag 9 a.p. (g/d)	99	77,2	74,8	14,3	67,1	87,0	34,0	122,4
P Tag 8 a.p. (g/d)	97	76,2	75,1	14,0	65,0	87,6	46,0	111,4
P Tag 7 a.p. (g/d)	103	75,4	74,6	14,1	65,9	85,9	36,3	106,4
P Tag 6 a.p. (g/d)	104	72,6	72,7	15,1	63,6	84,5	34,0	109,0
P Tag 5 a.p. (g/d)	105	74,0	72,4	16,4	64,3	84,0	39,0	120,6
P Tag 4 a.p. (g/d)	103	70,6	71,3	15,5	60,1	80,7	40,1	123,9
P Tag 3 a.p. (g/d)	105	68,5	67,9	17,2	55,9	81,1	30,3	112,7
P Tag 2 a.p. (g/d)	105	67,2	66,6	17,8	55,2	79,5	30,4	109,6
P Tag 1 a.p. (g/d)	104	63,5	65,9	18,2	49,4	76,5	12,7	102,2
P Tag 0 (g/d)	98	53,2	54,3	17,4	40,1	65,7	14,9	92,5
P Tag 1 p.p. (g/d)	97	60,7	62,2	16,9	50,2	71,8	12,8	93,9
P Tag 2 p.p. (g/d)	104	64,6	64,9	16,2	55,3	76,6	6,3	98,6
P Tag 3 p.p. (g/d)	100	66,2	67,1	15,7	59,5	76,6	15,3	105,6

Die Phosphoraufnahme mit dem Futter (Tabelle 50) am Tag 4 a.p. korreliert signifikant positiv mit der Calciumserumkonzentration am Tag 3 p.p. und die Phosphoraufnahme im Futter Tag 2 a.p. signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 0. Die Phosphoraufnahme über das Futter am Tag 1 a.p. korreliert sehr signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 0. Am Tag 0 korreliert die Phosphoraufnahme mit dem Futter höchst signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum und signifikant positiv mit der Serumkonzentration von Calcium am Tag 1 p.p. Höchst signifikant positiv korreliert die Phosphoraufnahme am Tag 1 p.p. mit der Serumcalciumkonzentration Tag 0 und sehr signifikant positiv mit der Calciumserumkonzentration am Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p. Die Phosphoraufnahme mit dem Futter am Tag 2 p.p. korreliert signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 0.

Ergebnisse

Tabelle 50: Korrelation Phosphor Futter mit Calcium Serum

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Phosphor Futter	r	-0,026	0,077	0,120	-0,192
Tag 14 a.p. (g/d)	p	0,800	0,464	0,248	0,064
	n	94	93	94	94
Phosphor Futter	r	0,103	0,011	0,015	-0,119
Tag 13 a.p. (g/d)	p	0,333	0,916	0,887	0,262
	n	91	90	91	91
Phosphor Futter	r	0,113	0,105	0,061	0,015
Tag 12 a.p. (g/d)	p	0,261	0,301	0,543	0,883
	n	100	99	100	100
Phosphor Futter	r	0,043	0,050	0,029	-0,025
11 a.p. (g/d)	p	0,674	0,624	0,775	0,806
	n	99	98	99	99
Phosphor Futter	r	0,101	0,088	-0,035	-0,044
Tag 10 a.p. (g/d)	p	0,323	0,391	0,736	0,665
	n	98	97	98	98
Phosphor Futter	r	0,094	-0,009	0,090	0,036
Tag 9 a.p. (g/d)	p	0,354	0,932	0,375	0,720
	n	99	98	99	99
Phosphor Futter	r	0,105	0,033	0,057	0,047
Tag 8 a.p. (g/d)	p	0,306	0,750	0,579	0,646
	n	97	96	97	97
Phosphor Futter	r	0,066	0,077	-0,012	0,104
Tag 7 a.p. (g/d)	p	0,510	0,442	0,901	0,295
	n	103	102	103	103
Phosphor Futter	r	0,115	-0,018	0,043	0,091
Tag 6 a.p. (g/d)	p	0,243	0,860	0,664	0,357
	n	104	103	104	104
Phosphor Futter	r	0,104	0,007	0,064	0,075
Tag 5 a.p. (g/d)	p	0,290	0,945	0,520	0,446
	n	105	104	105	105
Phosphor Futter	r	0,085	-0,010	0,039	0,203
Tag 4 a.p. (g/d)	p	0,391	0,922	0,697	0,040
	n	103	102	103	103
Phosphor Futter	r	0,180	0,046	0,089	0,074
Tag 3 a.p. (g/d)	p	0,065	0,639	0,368	0,455
	n	105	104	105	105
Phosphor Futter	r	0,219	0,005	0,090	0,087
Tag 2 a.p. (g/d)	p	0,025	0,958	0,361	0,378
	n	105	104	105	105

Phosphor Futter	r	0,281	0,103	-0,029	-0,004
Tag 1 a.p. (g/d)	p	0,004	0,298	0,772	0,971
	n	104	103	104	104
Phosphor Futter	r	0,478	0,222	0,108	-0,037
Tag 0 (g/d)	p	<0,001	0,029	0,290	0,719
	n	98	97	98	98
Phosphor Futter	r	0,337	0,240	0,297	0,183
Tag 1 p.p. (g/d)	p	0,001	0,019	0,003	0,073
	n	97	96	97	97
Phosphor Futter	r	0,092	-0,078	0,207	0,121
Tag 2 p.p. (g/d)	p	0,352	0,435	0,035	0,222
	n	104	103	104	104
Phosphor Futter	r	0,120	0,069	0,026	-0,015
Tag 3 p.p. (g/d)	p	0,234	0,496	0,795	0,879
	n	100	99	100	100

4.1.5.2.4 Magnesium

Die Häufigkeitsverteilung der Magnesiumaufnahme ist in Tabelle 51 dargestellt. Die Magnesiumaufnahme nimmt zur Kalbung hin im Mittel ab (47,7 g/d am Tag 14 a.p. und 32,7 g/d am Tag 0) und steigt danach nur leicht wieder an (38,8 g/d am Tag 3 p.p.). Ab einem Tag vor der Kalbung nehmen die Minimalwerte deutlich ab (vor Tag 1 a.p. >18 g/d und ab Tag 1 a.p. <10g/d) und die niedrigste Aufnahme erfolgt am Tag 2 p.p. (3,7 g/d). Die größte Aufnahme findet am Tag 4 a.p. (72,4 g/d) statt. Die Standardabweichung ist vom Tag 3 a.p. bis Tag 1 p.p. ≥ 10 und nimmt davor und danach ab.

Tabelle 51: Häufigkeitsverteilung der Magnesiumaufnahme mit dem Futter

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
Mg Tag 14 a.p. (g/d)	94	47,5	47,7	8,5	42,6	54,0	25,9	66,3
Mg Tag 13 a.p. (g/d)	91	47,2	47,3	7,6	42,0	51,8	25,3	69,0
Mg Tag 12 a.p. (g/d)	100	46,2	46,6	8,7	39,9	51,8	27,0	62,9
Mg Tag 11 a.p. (g/d)	99	46,7	47,8	7,8	41,5	51,7	23,7	64,1
Mg Tag 10 a.p. (g/d)	98	46,0	45,8	8,4	39,7	53,1	19,1	62,8
Mg Tag 9 a.p. (g/d)	99	46,7	45,5	8,6	40,6	52,7	21,2	73,2
Mg Tag 8 a.p. (g/d)	97	46,1	44,7	8,3	39,5	52,5	28,8	67,0
Mg Tag 7 a.p. (g/d)	103	45,6	45,2	8,3	40,5	51,3	22,9	63,7
Mg Tag 6 a.p. (g/d)	104	43,8	43,6	9,0	38,5	49,7	21,8	66,0
Mg Tag 5 a.p. (g/d)	105	44,6	43,6	9,7	38,4	50,5	24,3	71,7
Mg Tag 4 a.p. (g/d)	103	42,7	42,9	9,4	35,6	48,9	25,2	72,4
Mg Tag 3 a.p. (g/d)	105	41,5	41,7	10,3	34,0	48,3	18,6	69,7
Mg Tag 2 a.p. (g/d)	105	40,7	40,3	10,7	33,5	47,8	19,2	66,8
Mg Tag 1 a.p. (g/d)	104	38,6	39,9	11,0	29,7	47,0	7,7	61,1
Mg Tag 0 (g/d)	98	32,7	32,6	10,3	24,4	40,2	9,7	56,3
Mg Tag 1 p.p. (g/d)	97	35,6	36,9	10,0	29,5	42,0	7,4	55,9
Mg Tag 2 p.p. (g/d)	104	37,7	38,0	9,6	32,0	44,0	3,7	57,9
Mg Tag 3 p.p. (g/d)	100	38,8	39,4	9,1	34,7	44,7	8,9	60,8

In der Tabelle 52 wird dargelegt, wie die Magnesiumaufnahme mit dem Futter mit der Calciumkonzentration im Serum zueinander in Beziehung steht. Die Magnesiumaufnahme mit dem Futter am Tag 14 a.p. korreliert signifikant negativ mit der Calciumserumkonzentration am Tag 3 p.p. und die Aufnahme von Magnesium am Tag 4 a.p. positiv mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 3 p.p. Die Magnesiumaufnahme am Tag 2 a.p. korreliert signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 0 und die Menge an aufgenommenem Magnesium am Tag 1 a.p. ebenfalls sehr signifikant positiv mit dieser Calciumkonzentration im Serum. Am Tag 0 korreliert höchst signifikant positiv die Menge an aufgenommenem Magnesium mit der Calciumserumkonzentration Tag 0 und sehr signifikant mit der Serumcalciumkonzentration am Tag 1 p.p. Die Magnesiumaufnahme Tag 1 p.p. korreliert mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 0 höchst signifikant positiv und sehr signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 2 p.p. sowie signifikant positiv mit der Calciumserumkonzentration am Tag 1 p.p. und Tag 3 p.p. Das mit dem Futter aufgenommene Magnesium am Tag 2 p.p. korreliert signifikant positiv mit der Serumcalciumkonzentration am Tag 2 p.p.

Ergebnisse

Tabelle 52: Korrelation Magnesium im Futter mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Magnesium Futter	r	-0,034	0,061	0,107	-0,222
Tag 14 a.p. (g/d)	p	0,748	0,562	0,305	0,032
	n	94	93	94	94
Magnesium Futter	r	0,126	0,010	-0,001	-0,112
Tag 13 a.p. (g/d)	p	0,236	0,927	0,992	0,292
	n	91	90	91	91
Magnesium Futter	r	0,125	0,090	0,060	0,028
Tag 12 a.p. (g/d)	p	0,217	0,377	0,554	0,784
	n	100	99	100	100
Magnesium Futter	r	0,059	0,035	0,053	0,008
Tag 11 a.p. (g/d)	p	0,563	0,731	0,605	0,937
	n	99	98	99	99
Magnesium Futter	r	0,095	0,074	-0,030	-0,036
Tag 10 a.p. (g/d)	p	0,353	0,471	0,769	0,728
	n	98	97	98	98
Magnesium Futter	r	0,094	-0,039	0,074	0,044
Tag 9 a.p. (g/d)	p	0,352	0,706	0,464	0,662
	n	99	98	99	99
Magnesium Futter	r	0,095	0,032	0,049	0,054
Tag 8 a.p. (g/d)	p	0,355	0,758	0,635	0,598
	n	97	96	97	97
Magnesium Futter	r	0,055	0,059	-0,021	0,115
Tag 7 a.p. (g/d)	p	0,583	0,553	0,831	0,246
	n	103	102	103	103
Magnesium Futter	r	0,112	-0,028	0,016	0,077
Tag 6 a.p. (g/d)	p	0,259	0,781	0,870	0,435
	n	104	103	104	104
Magnesium Futter	r	0,104	-0,015	0,041	0,055
Tag 5 a.p. (g/d)	p	0,292	0,878	0,681	0,578
	n	105	104	105	105
Magnesium Futter	r	0,087	-0,016	0,030	0,208
Tag 4 a.p. (g/d)	p	0,381	0,874	0,763	0,035
	n	103	102	103	103
Magnesium Futter	r	0,182	0,035	0,094	0,075
Tag 3 a.p. (g/d)	p	0,063	0,727	0,340	0,449
	n	105	104	105	105
Magnesium Futter	r	0,218	0,012	0,080	0,094
Tag 2 a.p. (g/d)	p	0,026	0,903	0,416	0,341
	n	105	104	105	105

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Magnesium Futter	r	0,280	0,097	-0,018	0,013
Tag 1 a.p. (g/d)	p	0,004	0,328	0,854	0,899
	n	104	103	104	104
Magnesium Futter	r	0,498	0,200	0,103	-0,031
Tag 0 (g/d)	p	<0,001	0,050	0,315	0,760
	n	98	97	98	98
Magnesium Futter	r	0,329	0,218	0,317	0,222
Tag 1 p.p. (g/d)	p	0,001	0,033	0,002	0,029
	n	97	96	97	97
Magnesium Futter	r	0,070	-0,096	0,216	0,143
Tag 2 p.p. (g/d)	p	0,478	0,336	0,027	0,148
	n	104	103	104	104
Magnesium Futter	r	0,119	0,064	0,032	-0,007
Tag 3 p.p. (g/d)	p	0,239	0,530	0,751	0,949
	n	100	99	100	100

4.1.5.2.5 Kalium

Die Kaliumaufnahme (Tabelle 53) nimmt zur Kalbung hin im Mittel ab (228,1 g/d am Tag 14 a.p. und 165,5 g/d am Tag 0), steigt nach der Kalbung wieder an und übersteigt dabei sogar die Ausgangsaufnahme (235,2 g/d am Tag 3 p.p.). Die größte gemessene Kaliumaufnahme ist am Tag 2 p.p. (343,3 g/d) und der niedrigste am Tag 1 p.p. (22,8 g/d). Die Spannweite nimmt tendenziell zur Kalbung hin zu und ist am größten am Tag 1 p.p. (266,4 g/d). Zum Ende des Messzeitraums wird die Standardabweichung größer (39,3 am Tag 13 a.p. und 62,1 am Tag 1 p.p.).

Tabelle 53: Häufigkeitsverteilung der Kaliumaufnahme mit dem Futter

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
K Tag 14 a.p. (g/d)	94	228,1	227,8	39,5	203,1	259,2	116,5	303,7
K Tag 13 a.p. (g/d)	91	225,6	225,2	39,3	198,0	248,7	115,5	339,4
K Tag 12 a.p. (g/d)	100	219,9	220,8	45,4	190,6	253,0	111,2	332,5
K Tag 11 a.p. (g/d)	99	222,1	224,2	42,6	193,4	249,4	102,1	318,2
K Tag 10 a.p. (g/d)	98	218,0	216,9	41,2	191,3	248,0	98,9	317,9
K Tag 9 a.p. (g/d)	99	221,6	214,3	43,4	192,6	249,8	101,0	363,0
K Tag 8 a.p. (g/d)	97	219,7	216,4	44,1	185,5	248,1	122,3	351,4
K Tag 7 a.p. (g/d)	103	215,7	207,7	44,5	186,9	250,0	102,4	312,5
K Tag 6 a.p. (g/d)	104	207,1	210,9	44,3	180,3	235,9	91,7	316,1
K Tag 5 a.p. (g/d)	105	210,2	201,8	50,4	178,6	249,3	101,4	355,8
K Tag 4 a.p. (g/d)	103	201,4	204,6	47,3	162,7	235,8	96,3	379,2
K Tag 3 a.p. (g/d)	105	194,1	191,7	51,7	156,8	231,6	81,9	337,2
K Tag 2 a.p. (g/d)	105	192,1	187,8	54,5	155,8	231,7	82,1	335,5
K Tag 1 a.p. (g/d)	104	180,4	182,8	53,2	145,3	222,8	36,8	303,2
K Tag 0 (g/d)	98	165,5	171,5	51,7	125,7	202,1	41,8	268,5
K Tag 1 p.p. (g/d)	97	216,8	219,0	62,1	182,7	256,6	47,3	336,1
K Tag 2 p.p. (g/d)	104	230,0	226,4	61,6	190,8	278,2	22,8	343,3
K Tag 3 p.p. (g/d)	100	235,2	239,4	59,8	207,4	269,1	52,4	376,5

Am Tag 1 a.p. korreliert die Kaliumaufnahme stark signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 (Tabelle 106 im Anhang). Mit der Serumcalciumkonzentration am Tag 0 korreliert das aufgenommene Kalium am Tag 0 höchst signifikant positiv. Das aufgenommene Kalium korreliert am Tag 1 p.p. korreliert höchst signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 0 und sehr signifikant positiv mit der Konzentration am Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p.

4.1.5.2.6 Schwefel

Die Schwefelaufnahme (Tabelle 54) wird im Mittel zur Kalbung hin geringer (von 34,5 g zu 25,9 g) und steigt danach wieder an (auf 37,3 g). Dabei übersteigt sie ihren Ausgangswert. Die Spannweite ist nach der Kalbung größer als vor der Kalbung. Zum Ende des Messzeitraumes nimmt die Standardabweichung zu (von 6,2 auf 9,1). Die geringste Schwefelaufnahme ist am Tag 2 p.p. (3,3 g) und die größte Aufnahme am Tag 1 p.p. (57,0 g).

Tabelle 54: Häufigkeitsverteilung der Schwefelaufnahme mit dem Futter

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
S Tag 14 a.p. (g/d)	94	34,5	35,1	6,2	30,9	39,4	17,7	47,0
S Tag 13 a.p. (g/d)	91	34,1	34,3	5,9	30,3	37,8	17,9	49,5
S Tag 12 a.p. (g/d)	100	33,3	33,5	6,7	28,5	38,4	17,4	46,0
S Tag 11 a.p. (g/d)	99	33,8	34,2	5,9	30,0	37,8	16,7	48,2
S Tag 10 a.p. (g/d)	98	33,1	32,8	6,1	29,2	38,5	14,2	46,4
S Tag 9 a.p. (g/d)	99	33,6	32,7	6,2	29,3	37,9	14,6	53,5
S Tag 8 a.p. (g/d)	97	33,3	33,1	6,2	28,5	38,0	19,7	48,4
S Tag 7 a.p. (g/d)	103	32,9	32,2	6,3	28,2	38,0	15,1	46,2
S Tag 6 a.p. (g/d)	104	31,7	32,0	6,6	27,9	36,5	13,9	47,6
S Tag 5 a.p. (g/d)	105	32,5	31,5	7,4	27,8	36,7	16,3	53,9
S Tag 4 a.p. (g/d)	103	31,0	31,8	6,8	26,5	35,8	17,5	56,5
S Tag 3 a.p. (g/d)	105	29,9	29,6	7,5	24,3	35,9	13,1	49,0
S Tag 2 a.p. (g/d)	105	29,3	29,3	7,7	24,2	34,3	12,4	49,9
S Tag 1 a.p. (g/d)	104	27,8	29,3	8,0	21,6	33,5	5,5	44,7
S Tag 0 (g/d)	98	25,9	26,5	8,2	20,3	31,1	7,3	45,6
S Tag 1 p.p. (g/d)	97	34,0	34,0	9,8	28,4	41,4	7,7	57,0
S Tag 2 p.p. (g/d)	104	36,3	37,3	9,4	30,8	43,1	3,3	52,1
S Tag 3 p.p. (g/d)	100	37,3	39,0	9,1	31,8	43,5	8,1	55,5

Die Schwefelaufnahme mit dem Futter am Tag 2 a.p. korreliert signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 (Tabelle 107 im Anhang). Die Calciumserumkonzentration Tag 0 korreliert mit der Schwefelaufnahme Tag 1 a.p. sehr signifikant und am Tag 0 und am Tag 1 p.p. höchst signifikant positiv. Der aufgenommene Schwefel am Tag 1 p.p. korreliert höchst signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 2 p.p.

4.1.6 Serumparameter

4.1.6.1 Calcium

In Tabelle 55 wird die Häufigkeitsverteilung der Calciumkonzentration im Serum dargestellt. Die Serumcalciumkonzentration bleibt im Mittel von Tag 21 a.p. (2,3 mmol/l) bis Tag 7 a.p. (2,4 mmol/l) annähernd gleich. Die gemessene Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 ist am geringsten. Der Mittelwert liegt bei 1,9 mmol/l und das Minimum nur bei 0,8 mmol/l. Somit liegt das Minimum sehr weit unterhalb des Grenzwertes. Das 75 % Perzentil (2,1 mmol/l) liegt genau auf der unteren Grenze des Referenzwertes. Am den folgenden Tagen steigt der Mittelwert langsam an, liegt aber immer noch an der unteren Grenze des Referenzbereiches. Die Minimalwerte liegen an allen drei Messpunkten vor der Kalbung deutlich unterhalb des Referenzbereiches. Die Minimalwerte steigen erst am Tag 1 p.p. auf 1,5 mmol/l an und fallen dann wieder auf 0,8 mmol/l am Tag 3 p.p. ab. Die höchste Calciumkonzentration im Serum wird am Tag 1 p.p. mit 3,2 mmol/l gemessen.

Tabelle 55: Häufigkeitsverteilung des Calcium im Serum

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Calcium Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	2,3	2,4	0,3	2,3	2,5	0,9	2,7
Calcium Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	2,4	2,4	0,3	2,3	2,5	1,0	3,0
Calcium Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	2,4	2,4	0,3	2,3	2,6	1,0	3,0
Calcium Tag 0 (mmol/l)	109	1,9	1,9	0,3	1,8	2,1	0,8	2,5
Calcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	108	2,1	2,1	0,3	1,9	2,3	1,5	3,2
Calcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	109	2,1	2,1	0,3	1,9	2,3	1,4	3,1
Calcium Tag 3 p.p. (mmol/l)	109	2,2	2,2	0,4	2,0	2,4	0,8	2,9

Die Calciumkonzentration im Serum von Tag 21 a.p. korreliert stark positiv mit der Calciumkonzentration am Tag 3 p.p. und die Calciumkonzentration von Tag 14 a.p. stark positiv mit der Konzentration am Tag 1 p.p. (Tabelle 56). Die Calciumkonzentrationen p.p. korrelieren bei aufeinanderfolgenden Tagen signifikant positiv miteinander. Der Calciumkonzentration im Serum Tag 0 korreliert mit der Calciumkonzentration von Tag 1 p.p. und die Calciumkonzentration von Tag 2 p.p. mit dem von Tag 3 p.p. höchst signifikant. Die Serumcalciumkonzentration von Tag 1 p.p. und die Konzentration von Tag 2 p.p. sind sehr signifikant korreliert. Konzentrationen, die nach der Kalbung mehr als einen Tag auseinanderliegen, beeinflussen sich zwar positiv, aber sie korrelieren nicht signifikant miteinander.

Tabelle 56: Korrelation von Calciums a.p. zu Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Serumcalcium Tag 21 a.p. (mmol/l)	r p n	0,091 0,383 95	-0,005 0,960 94	0,043 0,678 95	0,242 0,018 95
Serumcalcium Tag 14 a.p. (mmol/l)	r p n	0,157 0,107 106	0,212 0,030 105	0,177 0,070 106	0,123 0,209 106
Serumcalcium Tag 7 a.p. (mmol/l)	r p n	0,027 0,805 88	-0,060 0,583 87	-0,025 0,819 88	0,139 0,195 88
Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	r p n		0,391 <0,001 108	0,155 0,108 109	0,131 0,173 109
Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	r p n	0,391 <0,001 108		0,260 0,007 108	0,039 0,689 108
Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	r p n	0,155 0,108 109	0,260 0,007 108		0,445 <0,001 109
Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)	r p n	0,131 0,173 109	0,039 0,689 108	0,445 <0,001 109	

4.1.6.2 Phosphor

In Tabelle 57 wird die Häufigkeitsverteilung der Phosphorkonzentrationen im Serum im Untersuchungszeitraum beschrieben. Die Phosphorkonzentrationen im Serum bleiben von Tag 21 a.p. bis Tag 7 a.p. im Mittel konstant bei 2,0 mmol/l. Zur Kalbung sinkt die Phosphorkonzentration im Mittel auf 1,4 mmol/l ab und steigt dann am Tag 1 p.p. auf 1,8 mmol/l. Bis Tag 3 p.p. sinkt die Konzentration beim Mittelwert wieder auf 1,4 mmol/l ab. Der Median verhält sich parallel zum Mittelwert. Die Standardabweichung hat eine Spannweite von 0,2 bis 0,5. Die niedrigste Phosphorkonzentration im Serum wird am Tag 0 gemessen mit 0,4 mmol/l und der höchste am Tag 1 p.p. mit 3,2 mmol/l.

Tabelle 57: Häufigkeitsverteilung des Phosphors im Serum

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Phosphor Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	2,0	2,1	0,2	1,9	2,2	1,4	2,6
Phosphor Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	2,0	2,0	0,3	1,8	2,2	0,8	2,6
Phosphor Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	2,0	2,0	0,3	1,8	2,1	1,1	2,4
Phosphor Tag 0 (mmol/l)	109	1,4	1,4	0,4	1,1	1,6	0,4	2,7
Phosphor Tag 1 p.p. (mmol/l)	108	1,8	1,7	0,5	1,4	2,1	1,0	3,2
Phosphor Tag 2 p.p. (mmol/l)	109	1,6	1,5	0,5	1,3	1,8	0,7	3,1
Phosphor Tag 3 p.p. (mmol/l)	109	1,4	1,4	0,4	1,1	1,7	0,6	2,7

Die Korrelation von Phosphor und Calcium im Serum wird in Tabelle 58 dargestellt. Die Phosphorkonzentration im Serum am Tag 21 a.p. korreliert positiv mit der Serumcalciumkonzentration am Tag 2 p.p und die Phosphorkonzentration von Tag 7 a.p. korreliert stark positiv mit der Serumcalciumkonzentration Tag 0. Am Tag 0 korreliert die Phosphorkonzentration im Serum höchst signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum zur selben Zeit. Die Phosphorkonzentration p.p. korrelieren jeweils höchst signifikant positiv mit der Calciumserumkonzentration am selben Tag. Der Phosphorkonzentration im Serum am Tag 1 p.p. korreliert sehr signifikant mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 0 und die Phosphorkonzentration von Tag 3 p.p korreliert signifikant mit der Calciumkonzentration von Tag 2 p.p.

Tabelle 58: Korrelation Phosphor a.p. und p.p. mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Serumphosphor	r	0,193	-0,076	0,224	0,029
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,061	0,467	0,029	0,781
	n	95	94	95	95
Serumphosphor	r	0,168	-0,013	0,064	0,116
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,085	0,893	0,514	0,236
	n	106	105	106	106
Serumphosphor	r	0,315	-0,084	-0,013	-0,036
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,003	0,437	0,906	0,739
	n	88	87	88	88
Serumphosphor	r	0,630	0,283	0,081	-0,052
Tag 0 (mmol/l)	p	<0,001	0,003	0,400	0,591
	n	109	108	109	109
Serumphosphor	r	0,257	0,458	0,043	-0,134
Tag 1 p.p. (mmol/l)	p	0,007	<0,001	0,659	0,168
	n	108	108	108	108
Serumphosphor	r	-0,031	0,119	0,479	0,182
Tag 2 p.p. (mmol/l)	p	0,752	0,218	<0,001	0,059
	n	109	108	109	109
Serumphosphor	r	-0,057	-0,115	0,211	0,357
Tag 3 p.p. (mmol/l)	p	0,555	0,234	0,027	<0,001
	n	109	108	109	109

4.1.6.3 Magnesium

Magnesium (Tabelle 59) steigt im Mittel von Tag 21 a.p. zum Tag 7 a.p. geringgradig von 1,0 mmol/l auf 1,1 mmol/l an. Von Tag 7 a.p. bis Tag 1 p.p. bleibt der Mittelwert bei 1,1 mmol/l und sinkt dann wieder ab 2 p.p. auf 1,0 mmol/l. Mit Ausnahme des Minimalwertes am Tag 21 a.p. (0,7 mmol/l) liegen die Minimalwerte a.p. über dem unteren Referenzbereich. Die Maximalwerte liegen jedoch oberhalb des Referenzbereiches. Nach der Kalbung sinken die Extremwerte auf ein Minimum von 0,4 mmol/l am Tag 2 p.p. und ein Maximum von 1,5 mmol/l am Tag 0 ab. Das 75 % Perzentil liegt bei maximal 1,2 mmol/l gemessen am Tag 0 und am Tag 1 p.p.

Tabelle 59: Häufigkeitsverteilung des Magnesiums im Serum

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Magnesium Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	1,0	1,0	0,2	0,9	1,1	0,7	2,3
Magnesium Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	1,0	1,0	0,2	0,9	1,1	0,8	2,3
Magnesium Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	1,1	1,0	0,2	1,0	1,1	0,8	2,3
Magnesium Tag 0 (mmol/l)	109	1,1	1,1	0,2	1,0	1,2	0,6	1,5
Magnesium Tag 1 p.p. (mmol/l)	108	1,1	1,0	0,2	1,0	1,2	0,5	1,6
Magnesium Tag 2 p.p. (mmol/l)	109	1,0	1,0	0,2	0,9	1,1	0,4	1,6
Magnesium Tag 3 p.p. (mmol/l)	109	1,0	0,9	0,3	0,8	1,0	0,7	2,3

Die Calciumkonzentration im Serum Tag 0 korreliert höchst signifikant negativ mit der Magnesiumkonzentration im Serum Tag 0 und am Tag 1 p.p. (Tabelle 60). Der Magnesiumkonzentration am Tag 1 p.p. korreliert höchst signifikant negativ mit der Calciumkonzentration am Tag 1 p.p. Die Magnesiumkonzentration am Tag 2 p.p. korreliert höchst signifikant negativ mit der Calciumkonzentration am Tag 2 p.p. und signifikant negativ mit der Calciumkonzentration am Tag 3 p.p. Die Magnesiumkonzentration am Tag 3 p.p. korreliert signifikant negativ mit der Calciumkonzentration am Tag 3 p.p. und höchst signifikant negativ mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 3 p.p.

Tabelle 60: Korrelation Magnesium im Serum a.p. und p.p. mit Serumcalcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Serummagnesium Tag 21 a.p. (mmol/l)	r	0,196	-0,114	-0,078	0,039
	p	0,058	0,275	0,455	0,709
	n	95	94	95	95
Serummagnesium Tag 14 a.p. (mmol/l)	r	0,046	-0,096	0,061	0,113
	p	0,636	0,331	0,538	0,251
	n	106	105	106	106
Serummagnesium Tag 7 a.p. (mmol/l)	r	0,038	-0,074	-0,124	0,145
	p	0,724	0,497	0,251	0,179
	n	88	87	88	88
Serummagnesium Tag 0 (mmol/l)	r	-0,411	-0,113	-0,027	0,028
	p	<0,001	0,245	0,778	0,775
	n	109	108	109	109
Serummagnesium Tag 1 p.p. (mmol/l)	r	-0,322	-0,378	-0,021	0,061
	p	0,001	<0,001	0,828	0,529
	n	107	107	107	107
Serummagnesium Tag 2 p.p. (mmol/l)	r	0,016	-0,180	-0,437	-0,221
	p	0,872	0,064	<0,001	0,022
	n	108	107	108	108
Serummagnesium Tag 3 p.p. (mmol/l)	r	0,086	0,123	-0,224	-0,452
	p	0,379	0,208	0,020	<0,001
	n	108	107	108	108

4.1.6.4 NEFA

Der NEFA-Konzentration ändert sich vor der Kalbung nur sehr geringgradig im Mittel (0,1 mmol/l am Tag 21 a.p. zu 0,2 mmol/l am Tag 14 und Tag 7 a.p.), wie in Tabelle 61 dargestellt. Die NEFA-Konzentrationen nach der Kalbung steigen deutlich im Vergleich zu vor der Kalbung an. Die Mittelwerte am Tag 1 p.p. (0,5 mmol/l) und Tag 2 p.p. (0,6 mmol/l) liegen am oberen Rand des Grenzwertes. Am Tag 0 (0,8 mmol/l) und am Tag 3 p.p. (0,7 mmol/l) liegen sie darüber. Die Maximalwerte liegen alle oberhalb des Referenzbereiches.

Tabelle 61: Häufigkeitsverteilung der NEFA

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
NEFA Tag 21a.p. (mmol/l)	95	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,8
NEFA Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,6
NEFA Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,7
NEFA Tag 0 (mmol/l)	109	0,8	0,8	0,3	0,6	1,0	0,2	1,8
NEFA Tag 1 p.p. (mmol/l)	108	0,5	0,4	0,4	0,3	0,7	0,0	2,8
NEFA Tag 2 p.p. (mmol/l)	109	0,6	0,5	0,5	0,3	0,9	0,1	2,8
NEFA Tag 3 p.p. (mmol/l)	109	0,7	0,5	0,5	0,4	0,8	0,1	2,3

Die Tabelle 109 im Anhang zeigt die Korrelation von NEFA-Konzentrationen und Calciumkonzentration im Serum. Die NEFA-Konzentration am Tag 14 a.p. beeinflusst die Calciumkonzentration im Serum am Tag 3 p.p. signifikant positiv. Am Tag 0 korreliert die NEFA-Konzentration höchst signifikant negativ mit der Serumcalciumkonzentration Tag 0 und signifikant negativ mit der Calciumkonzentration am Tag 1 p.p. Die Calciumkonzentrationen im Serum Tag 0 korreliert stark signifikant negativ mit der NEFA-Konzentration am Tag 1 p.p. und dieser korreliert wiederum signifikant negativ mit der Calciumkonzentration von Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p.

4.1.6.5 BHB

BHB-Konzentrationen bleiben im Mittel über die gesamte Zeit a.p. konstant bei 0,5 mmol/l und liegen damit unterhalb des Grenzwertes (Tabelle 62). Ab Tag 1 p.p. steigen die Mittelwerte auf maximal 0,7 mmol/l an. Am Tag 2 p.p. (0,8 mmol/l) und Tag 3 p.p. (0,9 mmol/l) liegt auch das 75 % Perzentil oberhalb des Referenzbereiches. Die Maximalwerte liegen oberhalb des Referenzbereiches.

Tabelle 62: Häufigkeitsverteilung des BHBs

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
BHB Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	0,5	0,5	0,1	0,4	0,6	0,3	0,9
BHB Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	0,5	0,5	0,2	0,4	0,6	0,3	1,1
BHB Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	0,5	0,5	0,1	0,4	0,6	0,3	0,9
BHB Tag 0 (mmol/l)	109	0,5	0,4	0,2	0,3	0,5	0,0	1,0
BHB Tag 1 p.p. (mmol/l)	108	0,6	0,6	0,2	0,5	0,7	0,1	1,0
BHB Tag 2 p.p. (mmol/l)	109	0,7	0,7	0,3	0,6	0,8	0,1	2,1
BHB Tag 3 p.p. (mmol/l)	109	0,7	0,7	0,2	0,6	0,9	0,3	1,6

Die Calciumkonzentration im Serum von Tag 3 p.p. korreliert signifikant negativ mit der BHB-Konzentration am Tag 1 p.p. und korreliert stark signifikant negativ mit der BHB-Konzentration am Tag 3 p.p. (Tabelle 110 im Anhang).

4.1.6.6 Kalium

Die Häufigkeitsverteilung des Kaliums im Serum wird in Tabelle 63 dargelegt. Der Mittelwert von Kalium bewegt sich im Bereich von 4,3 mmol/l (Tag 21 a.p.) bis 4,5 mmol/l (Tag 14 a.p. und Tag 3 p.p.) und liegt damit im Referenzbereich. Am Tag 14 a.p. ist die Spannweite am größten. Der Minimalwert liegt mit 3,4 mmol/l unterhalb und der Maximalwert mit 9,0 mmol/l oberhalb des Referenzwertes. Am Tag 7 a.p. (3,9 mmol/l bis 5,0 mmol/l) und Tag 21 a.p. (3,9 mmol/l bis 5,4 mmol/l) liegen alle Kühe innerhalb des Referenzbereiches. Am Tag 3 p.p. liegt nur der Maximalwert (5,6 mmol/l) oberhalb des Referenzbereiches.

Tabelle 63: Häufigkeitsverteilung des Kaliums im Serum

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Kalium Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	4,3	4,3	0,2	4,2	4,5	3,9	5,0
Kalium Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	4,5	4,4	0,6	4,2	4,7	3,4	9,0
Kalium Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	4,4	4,4	0,3	4,2	4,6	3,9	5,4
Kalium Tag 3 p.p. (mmol/l)	109	4,5	4,5	0,4	4,3	4,6	3,7	5,6

Die Kaliumkonzentration von Tag 14 a.p. hat eine sehr signifikante Korrelation mit der Calciumkonzentration Tag 0 (Tabelle 79). Die Kaliumkonzentration am Tag 3 p.p. korreliert sehr signifikant mit der Calciumkonzentration am Tag 3 p.p.

4.1.6.7 Weitere Serumparameter

Beschreibung

Die Häufigkeitsverteilung der weiteren Serumparameter wird in Tabelle 108 im Anhang dargestellt.

Die AST-Aktivität steigt von Tag 21 a.p. zu Tag 3 p.p. von im Mittel 70,4 IU/l auf 114 IU/l an. Die Spannbreite ist am Tag 21 a.p. am größten und reicht von 37,6 IU/l bis 218,6 IU/l. Dies

sind dann auch jeweils der kleinste und der größte Wert der im gesamten Zeitraum erreicht wird. Am Tag 21 a.p. liegt nur der Maximalwert mit 218,6 IU/l oberhalb des Referenzbereiches. An allen anderen Tagen erreicht bereits das 75 % Perzentil Werte oberhalb des Referenzbereiches (Tag 14 a.p. bei 81,8 IU/l, Tag 7 a.p. bei 92,9 IU/l und Tag 3 p.p. bei 127,1 IU/l).

Die Albuminkonzentration bleibt von Tag 21 a.p. zu Tag 3 p.p. relativ gleich und bewegt sich im Mittel von 35,5 g/l bis 36,2 g/l, dabei ist die höchste Konzentration am Tag 7 a.p. und der niedrigste am Tag 21 a.p. Damit liegen die Mittelwerte innerhalb des Referenzbereiches. Der Median verhält sich proportional zum Mittelwert. Die größte Spannweite ist am Tag 3 p.p. von 28,8 g/l bis 41,7 g/l. Die Standardabweichung schwankt zwischen 1,8 am Tag 21 a.p. und Tag 14 a.p. und 2,0 am Tag 7 a.p. sowie Tag 3 p.p.

Bilirubin steigt zur Kalbung hin geringgradig von 2,1 $\mu\text{mol/l}$ auf 2,6 $\mu\text{mol/l}$ an und liegt dann am Tag 3 p.p. bei 7,2 $\mu\text{mol/l}$. Vor der Kalbung liegen nur die Maximalwerte (Tag 21 a.p. bei 5,3 $\mu\text{mol/l}$, Tag 14 a.p. bei 9,9 $\mu\text{mol/l}$ und Tag 7 a.p. bei 6,1 $\mu\text{mol/l}$) oberhalb des Referenzbereiches. Am Tag 3 p.p. liegt bereits der Mittelwert (7,2 $\mu\text{mol/l}$) oberhalb des Grenzwertes. Die Minimalwerte liegen am Tag 21 a.p. (-1,5 $\mu\text{mol/l}$) und Tag 7 a.p. (-0,5 $\mu\text{mol/l}$) im negativen Bereich. Die höchste Konzentration wird am Tag 3 p.p. mit 22,1 $\mu\text{mol/l}$ erreicht.

Die gemessenen Aktivitäten der Creatinkinase sind über den gesamten Beobachtungszeitraum sehr hoch. Der Mittelwert liegt zwischen 152,1 IU/l am Tag 14 a.p. und 309,6 IU/l am Tag 3 p.p. und ist damit oberhalb des Referenzbereiches. Die Spannweite reicht von 33,2 IU/l am Tag 21 a.p. bis 4798,3 IU/l am Tag 7 a.p. Mit der hohen Spannweite ist auch die Standardabweichung sehr groß (von 246,6 am Tag 14 a.p. bis 590,0 am Tag 7 a.p.).

Die Mittelwerte von Cholesterin nehmen innerhalb des Messzeitraumes von 2,4 mmol/l (Tag 21 a.p.) auf 1,6 mmol/l (Tag 3 p.p.) ab und liegen nur am Tag 3 p.p. unterhalb des Grenzwertes. Der Median ist nur am Tag 21 a.p. um 0,1 mmol/l höher als der Mittelwert und ansonsten sind sie identisch. Die Spannweite der gemessenen Cholesterinkonzentrationen reicht von 0,8 mmol/l am Tag 7 a.p. bis 3,9 mmol/l am Tag 21 a.p. Mit Ausnahme von Tag 3 p.p. mit 0,3 liegt die Standardabweichung bei 0,5. Oberhalb des Referenzbereiches ist nur am Tag 3 p.p. der Maximalwert mit 2,3 mmol/l.

Der Mittelwert des Chlorids schwankt nur geringgradig im Bereich von 102,3 mmol/l, gemessen am Tag 21 a.p. bis 104,1 mmol/l gemessen am Tag 7 a.p. Die Spannweite reicht von 94,3 mmol/l am Tag 3 p.p. bis 115,5 mmol/l am Tag 14 a.p. Das 25 % Perzentil liegt im Referenzbereich und nur am Tag 7 a.p. (106 mmol/l) liegt das 75 % Perzentil oberhalb des Referenzbereiches.

Während der Messung nehmen die Mittelwerte des GGT kontinuierlich von 28,3 IU/l (Tag 21 a.p.) auf 25,2 IU/l (Tag 3 p.p.) ab. Dabei reicht die Spannweite von 10,9 IU/l am Tag 3 p.p. bis 58,0 IU/l am Tag 21 a.p. Die Standardabweichung liegt zwischen 3,1 am Tag 21 a.p. und 4,5 am Tag 14 a.p. Bei den Maximalwerten ist nur am Tag 7 a.p. (48,5 IU/l) unterhalb des Referenzwertes die anderen Tage liegen geringgradig darüber.

Die GLDH-Konzentration bleibt im Mittel relativ konstant zwischen 16,4 IU/l (Tag 14 a.p.) und 17,1 IU/l (Tag 7 a.p.). Der Median liegt niedriger und nimmt geringgradig von Tag 21 a.p. bis Tag 3 p.p. von 12,1 IU/l auf 13,3 IU/l. Die Maximalwerte liegen deutlich oberhalb des Referenzwertes. Die Spannweite reicht von 0,8 IU/l am Tag 7 a.p. bis 73,3 IU/l am Tag 14 a.p. Die Standardabweichung liegt zwischen 12,3 am Tag 7 a.p. und 13,3 am Tag 3 a.p.

Die Mittelwerte der Glucose liegen mit 4,0 mmol/l vor der Kalbung oberhalb des Referenzbereiches und mit 3,3 mmol/l am Tag 3 p.p. direkt auf dem Grenzwert. Die größte Spannweite wird am Tag 3 p.p. erreicht und erstreckt sich von 1,6 mmol/l bis 8,0 mmol/l. Dies sind auch gleichzeitig die größten Extremwerte.

Im Mittel bleibt die Harnstoffkonzentration relativ konstant zwischen 3,8 mmol/l (Tag 21 a.p.) und 4,1 mmol/l (Tag 3 p.p.). Die Spannweite reicht von 2,0 mmol/l bis 10,4 mmol/l und ist damit außerhalb des Referenzbereiches. Der Maximalwert wurde am Tag 3 p.p. gemessen und der Minimalwert am Tag 14 a.p. Die Hälfte der Tiere zwischen dem 25 % und 75 % Perzentil liegen mit dem Messbereich von 3,2 mmol/l (Tag 21 a.p.) bis 4,5 mmol/l (Tag 14 a.p. und Tag 3 p.p.) über den gesamten Zeitraum betrachtet innerhalb des Referenzbereiches.

Die Kreatininkonzentration im Serum nimmt zur Kalbung von 98,4 μ mol/l (Tag 21 a.p.) auf 101,9 μ mol/l (Tag 7 a.p.) im Mittel zu und fällt am Tag 3 p.p. auf 100,1 μ mol/l ab. Der Median verläuft parallel zum Mittelwert geringgradig niedriger vor der Kalbung im Bereich von 97,4 mmol/l (Tag 21 a.p.) bis 101,7 mmol/l (Tag 7 a.p.) und ist dann am Tag 3 p.p. bei 98,1 mmol/l. Am Tag 3 p.p. ist die größte Spannweite von 72,8 mmol/l bis 151,7 mmol/l. Dies ist auch die absolute Spannweite über den Messzeitraum. Die einzige Konzentration, die außerhalb des Referenzbereiches liegt, ist der Maximalwert von Tag 3 p.p. mit 151,7 mmol/l.

Die mittlere Natriumkonzentration nimmt von 140,3 mmol/l (Tag 21 a.p.) auf 141,2 mmol/l (Tag 3 p.p.) zu. Die Spannweite reicht von 112,4 mmol/l am Tag 14 a.p. bis 159,6 mmol/l am Tag 3 p.p. Das 25 % Perzentil (136,0 mmol/l am Tag 21 a.p. bis 138,5 mmol/l am Tag 7 a.p.) und das 75 % Perzentil (143,5 mmol/l am Tag 14 a.p. bis 144,9 mmol/l am Tag 3 p.p.) liegt alle innerhalb des Referenzbereiches. Die Standardabweichung ist relativ gering und liegt zwischen 5,1 am Tag 7 a.p. und 6,6 am Tag 14 a.p.

Das Totalprotein nimmt von 75,0 mmol/l (Tag 21 a.p.) auf 69,2 mmol/l (Tag 3 p.p.) im Mittel ab. Der Median ist an allen Tagen geringgradig kleiner als der Mittelwert. Die Spannweite reicht von 53,9 mmol/l am Tag 21 a.p. bis 92,4 mmol/l am Tag 21 a.p. und liegt damit jeweils außerhalb des Referenzbereiches. Nur am Tag 3 p.p. liegt das 25 % Perzentil mit 64,7 g/l außerhalb des Referenzbereiches.

Rangkorrelation

Die Korrelation von weiteren gemessenen Serumkonzentrationen und die Calciumkonzentrationen im Serum werden in Tabelle 112 im Anhang dargestellt.

Die AST-Aktivität im Serum am Tag 21 a.p. korreliert signifikant positiv mit der Calciumserumkonzentration am Tag 2 p.p. und Tag 3 p.p. Die Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 und Tag 2 p.p. korrelieren signifikant positiv, sowie am Tag 3 p.p. stark positiv mit der AST-Aktivität am Tag 14 a.p. Ebenso korreliert die AST-Aktivität am Tag 7 a.p. positiv mit dem Serumcalciumkonzentration Tag 2 p.p.

Albumin im Serum am Tag 21 a.p. korreliert signifikant positiv mit der Calciumserumkonzentration Tag 0 und Tag 2 p.p. Am Tag 7 a.p. korreliert Albumin mit Calcium Tag 2 p.p. stark positiv und ebenso korreliert die Albuminkonzentration am Tag 3 p.p. mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 3 p.p. stark positiv.

Stark signifikant positiv korreliert die Bilirubinkonzentration im Serum am Tag 14 a.p. mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 3 p.p. Am Tag 3 p.p. korreliert die Bilirubinkonzentration sehr signifikant negativ mit Calcium im Serum Tag 3 p.p. und signifikant negativ mit Calcium im Serum Tag 2 p.p.

Die Creatininkinase von Tag 21 a.p. korreliert mit der Serumcalciumkonzentration Tag 0 signifikant positiv und sehr signifikant positiv mit Tag 3 p.p. Die Aktivität der Creatininkinase am Tag 14 a.p. korreliert signifikant positiv mit der Calciumkonzentration Tag 3 p.p.

Die Serumcalciumkonzentration Tag 0 korreliert positiv mit der Cholesterinkonzentration am Tag 21 a.p., Tag 14 a.p. und Tag 3 p.p.

Am Tag 14 a.p. korrelieren die Chloridkonzentration im Serum mit der Serumcalciumkonzentration Tag 0 sehr signifikant negativ und die Chloridkonzentration am Tag 7 a.p. signifikant negativ mit Calcium Tag 0. Die Chloridkonzentration am Tag 3 p.p. korreliert höchst signifikant negativ mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 2 p.p. und signifikant negativ mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 3 p.p.

Der GGT-Aktivität im Serum von Tag 3 p.p. korreliert nur signifikant mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 1 p.p. positiv.

Die GLDH-Aktivität im Serum von Tag 14 und Tag 7 a.p. sowie Tag 3 p.p. korreliert signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 2 p.p. Die GLDH - Konzentration von Tag 3 p.p. korreliert sehr signifikant positiv mit dem Calcium im Serum am Tag 3 p.p.

Glucose im Serum korreliert nur signifikant am Tag 3 p.p. mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 0.

Nur die Serumcalciumkonzentration Tag 2 p.p. korreliert mit der Harnstoffkonzentration im Serum am Tag 21 a.p. sehr signifikant positiv und am Tag 14 p.p. signifikant positiv.

Kreatinin im Serum korreliert nicht mit der Calciumkonzentration im Serum.

Die Natriumkonzentration im Serum korreliert nur am Tag 3 p.p. signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 3 p.p.

Die Calciumkonzentration im Serum Tag 2 p.p. korreliert signifikant positiv mit der Totalproteinkonzentration im Serum am Tag 21 a.p. und Tag 3 p.p. Am Tag 14 a.p. korreliert die Totalproteinkonzentration signifikant positiv mit der Calciumserumkonzentration Tag 3 p.p.

4.1.7 Hämatologie

Die Tabelle 64 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Konzentrationen im roten Blutbild bei der Messung am Tag 14 a.p.

Die Anzahl der Leukozyten liegt im Mittel bei 6,1 G/l. Der Median ist bei 5,7 G/l. Der Maximalwert befindet sich oberhalb des Referenzbereiches und das Minimum sowie das 25 % Perzentil unterhalb.

Die Erythrozytenanzahl erstreckt sich in einem Bereich von 4,3 bis 7,1 T/l und damit unterhalb bzw. oberhalb des Referenzbereiches. Der Mittelwert und der Median haben beide eine Konzentration von 5,4 T/l im Referenzbereich.

Die Hämoglobinkonzentration zeigt einen Mittelwert von 9,6 g/dl und eine Spannbreite von 6,6 g/dl bis 11,1 g/dl.

Fast die gesamte beobachtete Kuhpopulation hat ein Hämatokrit im Referenzbereich. Einzige Ausnahme der betrachteten Werte ist der Minimalwert (23,5 %), welcher geringgradig niedriger als der Referenzbereich ist. Der Mittelwert liegt bei 29,7 %.

Die Spannbreite bei den Thrombozyten reicht von 19,0 bis 523,0 G/l. Somit liegt der Minimalwert deutlich unterhalb des Referenzbereiches. Der Mittelwert ist 221,5 G/l.

Der MCV-Konzentration liegt im Mittel bei 54,7 μm^3 . Die Spannweite reicht von 42 bis 65 μm^3 , damit ist der Maximalwert geringgradig oberhalb des Referenzbereiches.

Der Mittelwert (17,6 pg) und der Median (17,8 pg) von MCH liegen innerhalb des Referenzbereiches. Der Minimalwert mit 13,1 pg und der Maximalwert mit 21,7 pg sind jeweils geringgradig außerhalb des Referenzbereiches.

Die Spannweite des MCHC reicht von 19,6 g/l bis 36,4 g/l. Die Extremwerte liegen somit außerhalb des Referenzbereiches. Der Mittelwert liegt bei 32,1 g/l.

Tabelle 64: Rotes Blutbild

	n	Mittelwert	Median	SD	x_{25}	x_{75}	min	max
Leukozyten (G/l)	100	6,1	5,7	2,0	4,7	7,1	3,0	15,4
Erythrozyten (T/l)	100	5,4	5,4	0,5	5,1	5,8	4,3	7,1
Hämoglobin (in g/l)	100	9,6	9,7	0,8	8,9	10,1	6,6	11,1
Hämatokrit (%)	100	29,7	30,0	2,3	28,2	31,3	23,5	35,0
Thrombozyten (G/l)	100	221,5	227,5	103,3	145,5	286,5	19,0	523,0
MCV (μm^3)	100	54,7	55,0	5,0	51,0	59,0	42,0	65,0
MCH (pg)	100	17,6	17,8	1,7	16,5	18,9	13,1	21,7
MCHC (g/l)	100	32,1	31,9	2,4	30,8	33,7	19,6	36,4

Der Zusammenhang der Parameter in der Hämatologie und der Calciumkonzentration im Serum wird in Tabelle 65 dargestellt.

Der Hämoglobinkonzentration korreliert höchst signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 2 p.p.

Der Hämatokrit korreliert signifikant positiv mit der Calciumserumkonzentration am Tag 0.

Die Thrombozyten korrelieren signifikant mit der Serumcalciumkonzentration am Tag 2 p.p. und Tag 3 p.p.

Der MCH-Konzentration korreliert signifikant positiv mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 2 p.p. und der MCHC mit der Calciumkonzentration Tag 3 p.p.

Tabelle 65: Korrelation Differentialblutbild a.p. mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Leukozyten (G/l)	r	0,060	0,026	0,137	0,075
	p	0,553	0,795	0,174	0,456
	n	100	99	100	100
Erythrozyten (T/l)	r	0,034	0,006	0,057	0,104
	p	0,739	0,956	0,574	0,304
	n	100	99	100	100
Hämoglobin (g/dl)	r	0,175	-0,038	0,321	0,105
	p	0,081	0,712	0,001	0,298
	n	100	99	100	100
Hämatokrit (%)	r	0,230	0,024	0,178	-0,024
	p	0,022	0,817	0,077	0,810
	n	100	99	100	100
Thrombozyten (G/l)	r	0,091	0,210	0,246	0,158
	p	0,368	0,037	0,014	0,116
	n	100	99	100	100
MCV (μm^3)	r	0,158	-0,005	0,049	-0,122
	p	0,116	0,962	0,625	0,228
	n	100	99	100	100
MCH (pg)	r	0,136	-0,053	0,211	0,041
	p	0,177	0,603	0,036	0,682
	n	100	99	100	100
MCHC (g/l)	r	-0,049	-0,089	0,189	0,233
	p	0,628	0,381	0,060	0,020
	n	100	99	100	100

4.1.8 Harn

4.1.8.1 Calcium

Der Mittelwert der Calciumkonzentration im Harn (Tabelle 66) reicht von 2,2 mmol/l (Tag 14 a.p.) bis 3,0 mmol/l (Tag 7 a.p.). Die höchste Konzentration wird am Tag 7 a.p. (18,7 mmol/l) erreicht. Da bereits der Mittelwert oberhalb des Referenzwertes liegt, hat am Tag 7 a.p. ein Großteil der Kühe eine Calciumkonzentration im Harn oberhalb des Referenzwertes. Außerdem ist auch die Spannweite am Tag 7 a.p. am größten und reicht von 0,0 mmol/l bis 18,7 mmol/l. Am Tag 21 a.p. (2,4 mmol/l) und am Tag 14 a.p. (2,2 mmol/l) sind die Mittelwerte, im Gegensatz zu dem 75 % Perzentil (3,6 mmol/l am Tag 21 a.p. und 3,3 mmol/l am Tag 14 a.p.), innerhalb des Referenzbereiches.

Tabelle 66: Häufigkeitsverteilung des Calciums im Harn

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
Calcium Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	2,4	1,5	2,4	0,7	3,6	0,2	13,7
Calcium Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	2,2	1,5	2,2	0,6	3,3	0,1	9,9
Calcium Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	3,0	2,2	3,2	0,9	4,1	0,0	18,7

Die Serumcalciumkonzentration von Tag 2 p.p. korreliert signifikant positiv mit der Harncalciumkonzentration am Tag 21 a.p. und stark signifikant mit der Harncalciumkonzentration am Tag 7 a.p. (Tabelle 67). Die Konzentration an Calcium im Harn von Tag 14 a.p. korreliert stark positiv mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 0. Die Calciumkonzentration im Harn korreliert signifikant positiv mit der Calciumserumkonzentration am Tag 3 p.p.

Tabelle 67: Korrelation von Harncalcium a.p. mit Serumcalcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Calcium Harn	r	0,098	0,172	0,208	0,002
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,346	0,098	0,043	0,987
	n	95	94	95	95
Calcium Harn	r	0,262	0,175	0,171	0,054
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,007	0,074	0,080	0,583
	n	106	105	106	106
Calcium Harn	r	0,168	0,178	0,286	0,215
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,118	0,099	0,007	0,044
	n	88	87	88	88

4.1.8.2 Phosphor

Wie in Tabelle 68 dargelegt, liegt der Mittelwert und der Median an allen Tagen innerhalb des Referenzbereiches. Dabei hat der Median immer eine Konzentration von 0,6 mmol/l. Der Mittelwert reicht von 0,6 mmol/l am Tag 7 a.p. bis 0,9 mmol/l am Tag 14 a.p. Die Spannweite ist am Tag 14 a.p. am größten und reicht von 0,2 mmol bis 9,7 mmol/l. Die kleinste gemessene Konzentration mit 0,1 mmol/l wurde am Tag 21 a.p. gemessen.

Tabelle 68: Häufigkeitsverteilung des Phosphors im Harn

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
Phosphor Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	0,8	0,6	0,8	0,5	0,9	0,1	4,4
Phosphor Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	0,9	0,6	1,2	0,4	0,7	0,2	9,7
Phosphor Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	0,6	0,6	0,5	0,4	0,7	0,2	4,2

Die Harnphosphorkonzentration a.p. korreliert nicht signifikant mit der Serumcalciumkonzentration (Tabelle 69).

Tabelle 69: Korrelation Harnphosphor a.p. mit Serumcalcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Phosphor Harn Tag 21 a.p. (mmol/l)	r	-0,142	-0,054	-0,088	-0,013
	p	0,170	0,607	0,399	0,904
	n	95	94	95	95
Phosphor Harn Tag 14 a.p. (mmol/l)	r	0,039	0,007	0,003	0,109
	p	0,692	0,940	0,979	0,264
	n	106	105	106	106
Phosphor Harn Tag 7 a.p. (mmol/l)	r	-0,178	-0,155	-0,084	-0,017
	p	0,096	0,152	0,436	0,873
	n	88	87	88	88

4.1.8.3 Magnesium

Die Häufigkeitsverteilung der Magnesiumkonzentrationen im Harn ist in Tabelle 70 beschrieben. Alle Mittelwerte und Mediane sind sehr ähnlich und liegen oberhalb des Referenzbereiches. Der Mittelwert ist im Bereich von 19,2 mmol/l (Tag 14 a.p.) und 21,0 mmol/l (Tag 21 a.p.) und der Median im Bereich von 19,6 mmol/l (Tag 14 a.p.) und 20,8 mmol/l (Tag 7 a.p.). Die Spannweite reicht von 3,8 mmol/l (Tag 7 a.p.) bis 37,4 mmol/l (Tag 21 a.p.). Das 25 % Perzentil nimmt von Tag 21 a.p. (16,0 mmol/l) zu Tag 7 (14,8 mmol/l) a.p. ab. Das 75 % Perzentil sinkt von Tag 21 a.p. (26,0 mmol/l) zum Tag 14 a.p. (23,8 mmol/l) ab und steigt dann wieder zum Tag 7 a.p. (25,6 mmol/l) an.

Tabelle 70: Häufigkeitsverteilung des Magnesiums im Harn

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Magnesium Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	21,0	20,3	7,2	16,0	26,0	4,8	37,4
Magnesium Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	19,2	19,6	6,3	15,2	23,8	5,0	34,6
Magnesium Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	20,1	20,8	6,8	14,8	25,6	3,8	30,4

Nur die Harnmagnesiumkonzentration von Tag 14 a.p. korreliert signifikant positiv mit dem Serumcalcium von Tag 2 p.p. (Tabelle 71)

Tabelle 71: Korrelation von Harnmagnesium a.p. mit Serumcalcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Magnesium Harn Tag 21 a.p. (mmol/l)	r	-0,024	0,109	-0,006	0,014
	p	0,815	0,298	0,954	0,892
	n	95	94	95	95
Magnesium Harn Tag 14 a.p. (mmol/l)	r	0,066	0,209	0,083	-0,046
	p	0,501	0,032	0,397	0,640
	n	106	105	106	106
Magnesium Harn Tag 7 a.p. (mmol/l)	r	-0,041	0,089	-0,116	-0,014
	p	0,707	0,413	0,281	0,896
	n	88	87	88	88

4.1.8.4 pH-Wert

Der pH-Wert bleibt sowohl im Mittelwert als auch im Median über die Zeit a.p. konstant bei 8,0. (Tabelle 72) Die Extremwerte schwanken geringgradig. Der Minimalwert liegt zwischen 6,9 (Tag 14 a.p.) und 7,4 (Tag 21 a.p.) und der Maximalwert zwischen 8,4 (Tag 21 a.p.) und 8,6. (Tag 14 a.p. und Tag 7 a.p.)

Tabelle 72: Häufigkeitsverteilung des Harn-pHs

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
pH Tag 21a.p.	95	8,0	8,0	0,2	8,0	8,1	7,4	8,4
pH Tag 14 a.p.	106	8,0	8,0	0,3	7,9	8,1	6,9	8,6
pH Tag 7 a.p.	88	8,0	8,0	0,2	7,8	8,1	7,1	8,6

Der pH-Wert des Harns von 7 a.p. korreliert signifikant negativ mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 1 p.p., wie in Tabelle 73 dargestellt.

Tabelle 73: Korrelation pH a.p. mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
pH Tag 21 a.p.	r	0,050	0,024	0,016	0,033
	p	0,628	0,821	0,877	0,754
	n	95	94	95	95
pH Tag 14 a.p.	r	0,005	0,172	-0,166	-0,153
	p	0,961	0,080	0,089	0,117
	n	106	105	106	106
pH Tag 7 a.p.	r	-0,162	-0,244	-0,074	-0,009
	p	0,131	0,023	0,490	0,933
	n	88	87	88	88

4.1.8.5 NSBA

Die Häufigkeitsverteilung der NSBA-Konzentrationen ist in Tabelle 74 dargelegt. Die NSBA-Konzentrationen nehmen zur Kalbung hin ab (113,2 mmol/l am Tag 21 a.p. und 96,7 mmol/l am Tag 7 a.p.). Die Mittelwerte liegen im Referenzbereich (96,7 mmol/l am Tag 7 a.p. bis 113,2 mmol/l am Tag 21 a.p.). Das 25 % Perzentil erreicht an allen drei Messpunkten nur Werte unterhalb des Referenzbereiches (74,0 mmol/l am Tag 21 a.p. bis 60,3 am Tag 7 a.p.). Am Tag 14 a.p. wird der Minimalwert mit -35 mmol/l sogar negativ. Am Tag 7 a.p. liegt der Minimalwert bei 9 mmol/l und am Tag 21 a.p. bei 23 mmol/l und damit jeweils auch deutlich unterhalb des Referenzbereiches. Die Maximalwerte liegen oberhalb des Referenzbereiches (267,0 mmol/l am Tag 7 a.p. bis 236,0 mmol/l am Tag 14 a.p.), sind aber nicht so extrem.

Tabelle 74: Häufigkeitsverteilung der NSBA

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
NSBA Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	113,2	112,0	49,9	74,0	143,0	23,0	247,0
NSBA Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	106,6	101,5	55,1	72,8	143,0	-35,0	236,0
NSBA Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	96,7	94,0	45,6	60,3	133,0	9,0	267,0

Die NSBA a.p. korreliert nicht mit der Calciumkonzentration p.p. (Tabelle 114 im Anhang).

4.1.8.6 Kalium

Der Mittelwert nimmt von Tag 21 a.p. zu Tag 7 a.p. von 230,3 mmol/l auf 217,0 mmol/l ab (Tabelle 75). Die Extremwerte liegen an allen Tagen oberhalb bzw. unterhalb des Referenzbereiches. Die meisten Kühe liegen aber innerhalb des Referenzbereiches, da das 25 % Perzentil minimal bei 171,9 mmol/l (Tag 14 a.p.) und das 75 % Perzentil bei maximal 275,1 mmol/l (Tag 21 a.p.) liegt.

Tabelle 75: Häufigkeitsverteilung der Kaliums im Harn

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
Kalium Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	230,3	231,0	67,9	196,3	275,1	68,4	385,6
Kalium Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	222,5	230,3	66,0	171,9	263,2	63,1	400,5
Kalium Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	217,0	219,4	58,1	177,2	263,8	76,5	320,5

Nur die Kaliumkonzentration im Harn von Tag 14 a.p. korreliert signifikant positiv mit der Serumcalciumkonzentration am Tag 1 p.p. (Tabelle 115 im Anhang).

4.1.8.7 Weitere Harnparameter

Beschreibung

Die Häufigkeitsverteilung der weiteren Harnparameter wird in Tabelle 113 im Anhang dargestellt.

Der Mittelwert des Basengehaltes im Harn nimmt von 188,7 mmol/l (Tag 21 a.p.) zur Kalbung hin auf 167,7 mmol/l (Tag 7 a.p.) ab. Die größte Spannbreite ist am Tag 7 a.p. von 67,0 mmol/l bis 355,0 mmol/l. Die kleinste Konzentration ist am Tag 14 a.p. mit 50,0 mmol/l gemessen und der größte wird am Tag 7 a.p. mit 355 mmol/l nachgewiesen.

Die Säuremenge nimmt ebenfalls im Mittel von 69,4 mmol/l (Tag 21 a.p.) auf 66,3 mmol/l (Tag 7 a.p.) zur Kalbung hin ab. Die Spannbreite reicht von 26,0 mmol/l am Tag 7 a.p. bis 131,0 mmol/l am Tag 21 a.p. Alle 25 % und 75 % Perzentile liegen innerhalb des Referenzbereiches.

Ein Großteil der Kühe liegt mit ihrer Ammoniakkonzentration im Harn innerhalb des Referenzbereiches, da alle 75 % Perzentile unterhalb des Grenzwertes liegen. Der Mittelwert ist am Tag 21 a.p. und Tag 14 a.p. gleich bei 5,6 mmol/l und nimmt dann zu Tag 7 a.p. auf 4,9 mmol/l ab.

Der Basen-Säuren-Quotient reicht von minimal 0,7 am Tag bis maximal 6,7 am Tag. Der Mittelwert nimmt zur Kalbung hin von 2,9 auf 2,7 ab. Das 25 % und 75 % Perzentil liegen innerhalb des Referenzbereiches.

Die Natriumkonzentrationen im Harn sind im Mittel zwischen 68,0 mmol/l (Tag 14 a.p.) und 70,6 mmol/l (Tag 7 a.p.). Die größte Spannbreite ist am Tag 14 a.p. und reicht von 1,2 mmol/l bis 189,1 mmol/l. Nur die Minimalwerte am Tag 21 a.p. (1,7 mmol/l) und Tag 14 a.p. (1,2 mmol/l) liegen unterhalb des Referenzbereiches.

Im Mittel ist die Kreatininkonzentration zwischen 9,3 mmol/l (Tag 14 a.p.) und 10,1 mmol/l (Tag 7 a.p.). Am Tag 7 ist die größte Spannbreite am größten und beträgt von 0,8 mmol/l bis 28,0 mmol/l. Bereits das 25 % Perzentil liegt an allen Tagen oberhalb des Referenzbereiches.

Die Chloridkonzentration liegt im Mittel zwischen 146,0 mmol/l (Tag 14 a.p.) und 151,2 mmol/l (Tag 21 a.p.). Die Spannbreite reicht von 34,1 mmol/l am Tag 7 a.p. bis 305,0 mmol/l am Tag 14 a.p.

Rangkorrelation

Die Korrelation zwischen den weiteren Harnparametern und der Calciumkonzentration im Serum wird in Tabelle 116 im Anhang gezeigt.

Calcium im Serum am Tag 1 p.p. korreliert signifikant positiv mit dem Basengehalt im Harn am Tag 14 a.p. Die Calciumkonzentration im Serum Tag 2 p.p. korreliert signifikant positiv mit der Ammoniakkonzentration im Harn am Tag 21 a.p. und der Natriumharnkonzentration am Tag 21 a.p. Die Harnammoniakkonzentration am Tag 21 a.p. korreliert signifikant positiv und die

Natriumkonzentration im Harn am Tag 14 a.p. signifikant negativ mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 3 p.p.

4.2 Varianzanalyse

4.2.1 Calcium Tag 0

4.2.1.1 Varianzanalyse aller Faktoren

Die Tabelle 76 stellt die univariate Varianzanalyse aller Faktoren gegen die Serumcalciumkonzentration Tag 0 dar. Die univariate Varianzanalyse zeigt, dass die Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 abhängig ist von der Pansenkontraktion Tag 0, der Trockensubstanzaufnahme am Tag 1 a.p. und dem Phosphor im Serum Tag 0 sowie der Albuminkonzentration im Serum am Tag 21 a.p.

Tabelle 76: Parameterschätzer für Calcium Tag 0

Parameter	Regressions- koeffizient B	SEM	Sig.	95 % - Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	-0,387	0,378	0,308	-1,138	0,364
Pansenkontraktion Tag 0	0,037	0,016	0,026	0,005	0,070
TS Tag 1 a.p.	0,020	0,005	<0,001	0,009	0,030
Serumphosphor Tag 0	0,459	0,055	<0,001	0,351	0,568
Serumalbumin Tag 21 a.p.	0,038	0,010	<0,001	0,017	0,058

R-Quadrat = 0,606 (korrigiertes R-Quadrat = 0,587)

Weiterhin getestet und nicht signifikant in der Varianzanalyse sind:

- die Laktationsnummer, die Rückenfettdicke Tag 0, die Intensität der Pansenkontraktionen Tag 0, die Pansenfüllung am Tag 2 a.p., die Pansenfüllung Tag 0, die Anzahl der Vitamin D₃ Injektionen
- die Originalsubstanzaufnahme am Tag 1 a.p., die Originalsubstanzaufnahme Tag 0, die Trockensubstanzaufnahme Tag 0,
- der DCAB-Konzentration je kg Trockensubstanz im Futter am Tag 14 a.p., die Calciumaufnahme mit dem Futter am Tag 1 a.p. und am Tag 0, die Phosphoraufnahme am Tag 2 a.p., Tag 1 a.p. und am Tag 0, die Magnesiumaufnahme am Tag 3 a.p., Tag 2 a.p., Tag 1 a.p. und am Tag 0, die Kaliumaufnahme mit dem Futter am Tag 2 a.p., Tag 1 a.p. und am Tag 0, der Schwefelaufnahme mit dem Futter am Tag 2 a.p., Tag 1 a.p. und am Tag 0
- die Phosphorkonzentration im Serum am Tag 7 a.p., die Magnesiumkonzentration im Serum am Tag 0, die NEFA-Konzentration im Serum am Tag 0, die Kaliumkonzentration im Serum am Tag 14 a.p., die AST- Aktivität im Serum am Tag 14 a.p., die CK -Konzentration im Serum am Tag 21 a.p. die Chloridkonzentration im Serum am Tag 14 a.p. und Tag 7 a.p., die Cholesterinkonzentration am Tag 21 a.p. und Tag 14 a.p.

- die Harncalciumkonzentration am Tag 14 a.p.
- der Hämatokrit a.p.

4.2.1.2 Varianzanalyse äußerer Faktoren

Die univariate Varianzanalyse der äußeren Faktoren gegen die Serumcalciumkonzentration am Tag 0 wird in der Tabelle 77 aufgezeigt. Die Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 bei der Betrachtung nur der äußeren Faktoren ist abhängig von der Laktationsnummer, der Pansenkontraktion und der Trockensubstanzaufnahme am Tag 0.

Tabelle 77: Parameterschätzer für Calcium Tag 0 äußerer Faktoren

Parameter	Regressions- koeffizient B	SEM	Sig.	95 % - Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	1,307	0,096	<0,001	1,116	1,497
Laktationsnummer			0,001		
= 2	0,175	0,074	0,019	0,029	0,322
= 3	0,242	0,075	0,002	0,093	0,391
= 4	0,018	0,080	0,825	-0,141	0,177
= 5	-0,034	0,085	0,692	-0,203	0,136
= 6	-0,028	0,097	0,775	-0,221	0,165
≥ 7	redundant				
TS Tag 0	0,036	0,007	<0,001	0,022	0,049
Pansenkontraktion Tag 0	0,047	0,019	0,018	0,008	0,085

R-Quadrat = 0,466 (korrigiertes R-Quadrat = 0,424)

Weiterhin getestet und nicht signifikant in der Varianzanalyse sind:

- die Rückenfettdicke Tag 0, die Intensität der Pansenkontraktionen Tag 0, Pansenfüllung Tag 0, die Pansenfüllung am Tag 2 a.p., der Abstand zur letzten Vitamin D₃ Injektion und die Anzahl der Vitamin D₃ Injektionen
- die Originalsubstanzaufnahme am Tag 0, die Originalsubstanzaufnahme am Tag 1 a.p., die Trockensubstanzaufnahme am Tag 1 a.p., der DCAB-Gehalt im Futter je kg Trockensubstanz am Tag 14 a.p., die Calciumaufnahme mit dem Futter am Tag 1 a.p. und Tag 0, die Phosphoraufnahme am Tag 2 a.p., Tag 1 a.p. und Tag 0, die Magnesiumaufnahme mit dem Futter am Tag 3 a.p., Tag 2 a.p., Tag 1 a.p. und Tag 0, die Kaliumaufnahme am Tag 2 a.p., Tag 1 a.p. und Tag 0, die Schwefelaufnahme am Tag 2 a.p., Tag 1 a.p. und Tag 0

4.2.1.3 Varianzanalyse der Laborparameter

Die univariate Varianzanalyse der Laborparameter für die Serumcalciumkonzentration Tag 0 (Tabelle 78) zeigt, dass die Calciumkonzentration im Serum Tag 0 bei alleiniger Betrachtung der Laborparameter abhängig ist von Phosphor im Serum sowie dem NEFA-Konzentration im Serum Tag 0, der Serumalbuminkonzentration Tag 21 a.p. und der AST-Aktivität im Serum Tag 14 a.p.

Tabelle 78: Parameterschätzer für Calcium Tag 0 nur Laborparameter

Parameter	Regressions- koeffizient B	SEM	Sig.	95 % - Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	0,068	0,381	0,859	-0,690	0,826
Serumphosphor Tag 0	0,521	0,052	<0,001	0,418	0,625
NEFA Tag 0	-0,169	0,057	0,004	-0,283	-0,054
Serumalbumin Tag 21 a.p.	0,029	0,011	0,008	0,008	0,050
AST Tag 14 a.p.	0,003	0,001	<0,001	0,002	0,005

R-Quadrat = 0,617 (korrigiertes R-Quadrat = 0,600)

Weiterhin getestet und nicht signifikant in der Varianzanalyse sind:

- die Phosphorkonzentration im Serum am Tag 7 a.p., die Magnesiumkonzentration im Serum am Tag 0, die Kaliumkonzentration im Serum am Tag 14 a.p., die CK-Konzentration im Serum am Tag 21 a.p. die Chloridkonzentration im Serum am Tag 21 a.p. und Tag 14 a.p., die Cholesterinkonzentration im Serum am Tag 21 a.p. und Tag 14 a.p.
- die Harncalciumkonzentration am Tag 14 a.p.

4.2.2 Calcium Tag 1 p.p.

4.2.2.1 Varianzanalyse aller Faktoren

Die univariate Varianzanalyse zeigt die Abhängigkeit von Calcium im Serum am Tag 1 p.p. (Tabelle 79) von der Gabe einer Calciuminfusion Tag 0, der Calciumkonzentration im Serum Tag 0, der Serumphosphorkonzentration Tag 0 und der Serumphosphor- und der Serummagnesiumkonzentration am Tag 1 p.p.

Tabelle 79: Parameterschätzer Calcium Tag 1 p.p.

Parameter	Regressions-			95 % - Konfidenzintervall	
	koeffizient B	SEM	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	1,642	0,268	<0,001	1,110	2,174
Calciuminfusion Tag 0			0,012		
= ja	-0,119	0,046	0,012	-0,211	-0,027
= nein	redundant				
Serumcalcium Tag 0	0,499	0,099	<0,001	0,303	0,695
Serumphosphor Tag 0	-0,305	0,085	0,001	-0,473	-0,137
Serumphosphor Tag 1 p.p.	0,305	0,055	<0,001	0,195	0,414
Serummagnesium Tag 1 p.p.	-0,510	0,147	0,001	-0,801	-0,219

R-Quadrat = 0,496 (korrigiertes R-Quadrat = 0,471)

Weiterhin getestet und in der Varianzanalyse nicht signifikant waren folgende Faktoren:

- die Lebendmasse nach dem Trockenstellen, die Lebendmasse nach dem Kalben, die Ohrtemperatur Tag 0, Ohrtemperatur am Tag 1 p.p., die Pansenfüllung am Tag 9 a.p.,
- die DCAB im Futter am Tag 14 a.p., Tag 0 und am Tag 1 p.p. je kg Trockensubstanz, die Calciumaufnahme mit dem Futter am Tag 1 p.p., die Phosphoraufnahme über das Futter am Tag 0 und am Tag 1 p.p., die Magnesiumaufnahme Tag 0 und am Tag 1 p.p., die Kaliumaufnahme mit dem Futter am Tag 1 p.p.
- die Calciumkonzentration im Serum am Tag 14 a.p., die NEFA-Konzentration im Serum Tag 0 und am Tag 1 p.p., die Totalproteinkonzentration im Serum am Tag 21 a.p.
- die Harnmagnesiumkonzentration am Tag 14 a.p., der pH-Wert im Harn am Tag 14 a.p., die Kaliumkonzentration im Harn am Tag 14 a.p., die Basenkonzentration im Harn am Tag 14 a.p.
- die Thrombozytenkonzentration a.p.

4.2.2.2 Varianzanalyse äußerer Faktoren

In Tabelle 80 wird die univariate Varianzanalyse der äußeren Faktoren gezeigt. Eine Abhängigkeit von Calcium im Serum am Tag 1 p.p. von der Lebendmasse nach dem Trockenstellen, der Ohrtemperatur Tag 0, der Pansenfüllung am Tag 9 a.p. und der Kaliumaufnahme über das Futter am Tag 1 p.p. stellt sich dar.

Tabelle 80: Parameterschätzer für Calcium Tag 1 p.p. äußere Faktoren

Parameter	Regressions- koeffizient B	SEM	Sig.	95 % - Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	1,745	0,449	<0,001	0,851	2,639
Lebendmasse Trockenstellen	0,001	<0,001	0,019	<0,001	0,002
Ohrtemperatur Tag 0			0,011		
=kalt	-0,450	0,167	0,009	-0,782	-0,118
=kühl	-0,176	0,106	0,101	-0,388	0,035
=warm	redundant				
Pansenfüllung Tag 9 a.p.	-0,176	0,073	0,017	-0,321	-0,032
Kaliumaufnahme je kg TS Tag 1 p.p.	0,001	<0,001	0,008	<0,001	0,002

R-Quadrat = 0,255 (korrigiertes R-Quadrat = 0,211)

Weiterhin getestet und in der Varianzanalyse nicht signifikant sind folgende Faktoren:

- die Lebendmasse nach dem Kalben, Ohrtemperatur am Tag 1 p.p., der Gabe einer Calciuminfusion Tag 0
- der DCAB-Gehalt im Futter pro kg Trockensubstanz am Tag 14 a.p., Tag 0 und am Tag 1 p.p., die Calciumaufnahme mit dem Futter am Tag 1 p.p., die Phosphoraufnahme mit dem Futter Tag 0 und am Tag 1 p.p., die Magnesiumaufnahme über das Futter Tag 0 und am Tag 1 p.p.

4.2.2.3 Varianzanalyse der Laborparameter

Die univariate Varianzanalyse zeigt die Abhängigkeit von Calcium im Serum am Tag 1 p.p. (Tabelle 81) von der Calciumkonzentration im Serum Tag 0, der Serumphosphorkonzentration Tag 0, der Serumphosphorkonzentration am Tag 1 p.p., der Serummagnesiumkonzentration am Tag 1 p.p. und der NEFA-Konzentration im Serum am Tag 1 p.p.

Tabelle 81: Parameterschätzer für Calcium Tag 1 p.p. nur Laborparameter

Parameter	Regressions- koeffizient B	SEM	Sig.	95 % - Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	1,699	0,280	<0,001	1,143	2,255
Serumcalcium Tag 0	0,441	0,103	<0,001	0,236	0,646
Serumphosphor Tag 0	-0,287	0,087	0,001	-0,458	-0,115
Serumphosphor Tag 1 p.p.	0,329	0,055	<0,001	0,220	0,438
Serummagnesium Tag 1 p.p.	-0,504	0,148	0,001	-0,798	-0,210
NEFA Tag 1 p.p.	-0,117	0,055	0,037	-0,226	-0,007

R-Quadrat = 0,486 (korrigiertes R-Quadrat = 0,460)

Weiterhin getestet und in der Varianzanalyse nicht signifikant sind folgende Faktoren:

- die Calciumkonzentration im Serum am Tag 14 a.p., die Totalproteinkonzentration im Serum am Tag 21 a.p., die NEFA-Konzentration im Serum Tag 0
- die Harnmagnesiumkonzentration am Tag 14 a.p., der pH-Wert im Harn am Tag 14 a.p., die Kaliumkonzentration im Harn am Tag 14 a.p., die Basenkonzentration im Harn am Tag 14 a.p.
- die Thrombozytenkonzentration a.p.

4.2.3 Calcium Tag 2 p.p.

4.2.3.1 Varianzanalyse aller Faktoren

Die univariate Varianzanalyse in Tabelle 82 zeigt die Abhängigkeit von Calcium im Serum am Tag 2 p.p. von der Pansenfüllung Tag 2 p.p., der Pansenkontraktion 14 a.p., der Calciumaufnahme mit dem Futter am Tag 1 p.p., die Serumphosphorkonzentration Tag 2 p.p., die Serummagnesiumkonzentration am Tag 2 p.p., und die Albuminkonzentration im Serum am Tag 7 a.p.

Tabelle 82: Parameterschätzer für Calcium Tag 2 p.p.

Parameter	Regressions-			95 % - Konfidenzintervall	
	koeffizient B	SEM	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	1,053	0,441	0,020	0,174	1,933
Pansenfüllung Tag 2 p.p.	0,101	0,042	0,020	0,017	0,185
Pansenkontraktion 14 a.p.	-0,073	0,023	0,002	-0,119	-0,027
Calciumaufnahme Tag 1 p.p.	0,003	0,001	0,001	0,001	0,004
Serumphosphor Tag 2 p.p.	0,220	0,045	<0,001	0,131	0,309
Serummagnesium Tag 2 p.p.	-0,535	0,116	<0,001	-0,767	-0,304
Albumin Tag 7 a.p.	0,024	0,011	0,028	0,003	0,046

R-Quadrat = 0,613 (korrigiertes R-Quadrat = 0,581)

Weiterhin getestet und in der Varianzanalyse nicht signifikant sind folgende Faktoren:

- die Laktationsnummer, die Pansenkontraktion Tag 14 a.p., die Pansenfüllung am Tag 14 a.p., Tag 13 a.p., Tag 11 a.p., Tag 10 a.p., Tag 4 a.p. und Tag 2 a.p., der Lufttemperatur am Tag 1 p.p., der Regenmenge am Tag 1 p.p.
- die Trockensubstanzaufnahme am Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p., die Calciumaufnahme mit dem Futter am Tag 2 p.p., die Phosphoraufnahme mit dem Futter am Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p., die Magnesiumaufnahme mit dem Futter am Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p., der Kaliumaufnahme am Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p., der Schwefelaufnahme mit dem Futter am Tag 1 p.p., die Originalsubstanzaufnahme am Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p.

- die Serumcalciumkonzentration am Tag 1 p.p., der Phosphorkonzentration im Serum am Tag 21 a.p., die AST-Aktivität im Serum am Tag 21 a.p., Tag 14 a.p. und Tag 7 a.p., die GLDH-Konzentration im Serum am Tag 21 a.p., Tag 14 a.p. und Tag 7 a.p., die NEFA-Konzentration im Serum am Tag 1 p.p., die Harnstoffkonzentration im Serum am Tag 21 a.p., die Albuminkonzentration im Serum am Tag 21 a.p.
- die Harncalciumkonzentration am Tag 21 a.p. und Tag 7 a.p., die NH₄-Konzentration im Harn Tag 21 a.p., die Harnnatriumkonzentration Tag 21 a.p.
- der Hämatokrit a.p., der Anteil am Thrombozyten a.p. und der MCH a.p.

4.2.3.2 Varianzanalyse der äußeren Faktoren

Die univariate Varianzanalyse in Tabelle 83 zeigt die Abhängigkeit von der Pansenfüllung am Tag 2 p.p., der Pansenkontraktion Tag 14 a.p. und der Calciumaufnahme mit dem Futter am Tag 1 p.p.

Tabelle 83: Parameterschätzer für Calcium Tag 2 p.p. äußere Faktoren

Parameter	Regressions- koeffizient B	SEM	Sig.	95 % - Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	1,694	0,190	<0,001	1,317	2,071
Pansenfüllung Tag 2 p.p.	0,112	0,054	0,040	0,005	0,219
Pansenkontraktion Tag 14 a.p.	-0,081	0,028	0,004	-0,137	-0,026
Calciumaufnahme Tag 1 p.p.	0,003	0,001	0,002	0,001	0,005

R-Quadrat = 0,297 (korrigiertes R-Quadrat = 0,273)

Weiterhin getestet und in der Varianzanalyse nicht signifikant sind folgende Faktoren:

- die Laktationsnummer, die Pansenfüllung am Tag 14 a.p., Tag 13 a.p., Tag 11 a.p., Tag 10 a.p., Tag 4 a.p. und Tag 2 a.p., die Lufttemperatur am Tag 1 p.p., die Regenmenge am Tag 1 p.p.
- die Trockensubstanzaufnahme am Tag 1 p.p. und am Tag 2 p.p., der Calciumgehalt im Futter am Tag 2 p.p., der Phosphorgehalt im Futter am Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p., der Magnesiumgehalt im Futter am Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p., der Kaliumgehalt im Futter am Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p., der Schwefelgehalt im Futter am Tag 1 p.p., die Originalsubstanzaufnahme am Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p.

4.2.3.3 Varianzanalyse der Laborparameter

Calcium im Serum am Tag 2 p.p. zeigt bei der Betrachtung nur der Laborwerte in der univariate Varianzanalyse (Tabelle 84) die Abhängigkeit von der Serumphosphorkonzentration Tag

2 p.p., der Hämoglobinkonzentration a.p., der AST-Aktivität an Tag 21 a.p. und von der Harnstoffkonzentration im Serum am Tag 14 a.p.

Tabelle 84: Parameterschätzer für Calcium Tag 2 p.p. nur Laborparameter

Parameter	Regressions- koeffizient B	SEM	Sig.	95 % - Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	0,147	0,272	0,589	-0,393	0,687
Serumphosphor Tag 2 p.p.	0,366	0,054	<0,001	0,259	0,472
Hämatokrit a.p.	0,109	0,026	<0,001	0,057	0,161
AST Tag 21 a.p.	0,002	0,001	0,029	<0,001	0,004
Harnstoff Tag 14 a.p.	0,053	0,025	0,038	0,003	0,104

R-Quadrat = 0,460 (korrigiertes R-Quadrat = 0,435)

Weiterhin getestet und in der Varianzanalyse nicht signifikant sind folgende Faktoren:

- die Serumcalciumkonzentration am Tag 1 p.p., die Phosphorkonzentration im Serum Tag 21 a.p., die Serummagnesiumkonzentration am Tag 2 p.p. die AST-Aktivität im Serum am Tag 14 a.p. und Tag 7 a.p., die GLDH-Konzentration im Serum am Tag 21 a.p., Tag 14 a.p. und Tag 7 a.p., die NEFA-Konzentration im Serum am Tag 1 p.p., die Albuminkonzentration im Serum Tag 21 a.p. und Tag 7 a.p., die Harnstoffkonzentration im Serum am Tag 21 a.p.
- die Harncalciumkonzentration am Tag 21 a.p. und Tag 7 a.p., der NH_3 -Konzentration im Harn Tag 21 a.p., der Natriumkonzentration Tag 21 a.p.,
- der Anteil an Thrombozyten a.p. und der MCH a.p.

4.2.4 Calcium Tag 3 p.p.

4.2.4.1 Varianzanalyse aller Faktoren

Die univariate Varianzanalyse (Tabelle 85) zeigt die Abhängigkeit von Calcium im Serum am Tag 3 p.p. von der DCAB-Konzentration des Futters am Tag 1 p.p., der Calciumkonzentration im Serum Tag 2 p.p., der Magnesiumkonzentration im Serum Tag 2 p.p. und Tag 3 p.p., und der Natriumkonzentration im Serum Tag 3 p.p.

Tabelle 85: Parameterschätzer für Calcium Tag 3 p.p.

Parameter	Regressions- koeffizient B	SEM	Sig.	95 % - Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	0,164	0,639	0,798	-1,106	1,434
DCAB Tag 1 p.p.	-0,004	0,001	<0,001	-0,007	-0,002
Serumcalcium Tag 2 p.p.	0,477	0,081	<0,001	0,315	0,639
Serummagnesium Tag 2 p.p.	0,275	0,126	0,032	0,024	0,526
Serummagnesium Tag 3 p.p.	-0,804	0,139	<0,001	-1,080	-0,528
Serumnatrium Tag 3 p.p.	0,017	0,004	<0,001	0,008	0,025

R-Quadrat = 0,577 (korrigiertes R-Quadrat = 0,553)

Außerdem wurden folgende Faktoren getestet, die jedoch in der Varianzanalyse nicht signifikant sind:

- die Laktationsnummer, die 305 Tage Vorleistung Milchmenge, die Bewegung am Tag 1 p.p. und 3 p.p., die Lufttemperatur am Tag 0 und Tag 7 a.p., Erkrankung Tag 1 p.p., Tag 2 p.p. und Tag 3 p.p., die Pansenintensität Tag 3 p.p., die Pansenfüllung Tag 13 a.p., Tag 1 p.p. und Tag 3 p.p., die Rektaltemperatur Tag 3 p.p.
- die Trockensubstanzaufnahme Tag 1 p.p., die Originalsubstanzaufnahme Tag 14 a.p. und Tag 1 p.p., die Calciumaufnahme Tag 14 a.p., Tag 4 a.p. und Tag 1 p.p., die Phosphoraufnahme Tag 4 a.p., die Magnesiumaufnahme Tag 14 a.p., Tag 4 a.p. und Tag 1 p.p., der DCAB-Gehalt Tag 2 a.p., Tag 1 a.p., Tag 0, Tag 2 p.p. und Tag 3 p.p., die Schwefelaufnahme Tag 1 p.p.
- die Calciumkonzentration im Serum Tag 21 a.p., die Phosphorkonzentration im Serum Tag 3 p.p., die Serum NEFA-Konzentration Tag 14 a.p., die Serum BHB-Konzentration Tag 1 p.p. und Tag 3 p.p., die Serumkaliumkonzentration Tag 3 p.p., die AST-Aktivität im Serum Tag 21 a.p. und Tag 14 a.p., der GLDH-Konzentration im Serum Tag 3 p.p., der CK-Konzentration im Serum Tag 21 a.p. und Tag 14 a.p., der Serumbilirubinkonzentration Tag 14 a.p. und Tag 3 p.p., der Serumchloridkonzentration Tag 3 p.p., der Albuminkonzentration im Serum Tag 3 p.p., der Totalproteinkonzentration im Serum Tag 14 a.p.
- die Harncalciumkonzentration Tag 7 a.p., die Harnnatriumkonzentration Tag 14 a.p., die NH₃-Konzentration im Harn Tag 21 a.p. und
- die MCHC-Konzentration a.p.

4.2.4.2 Varianzanalyse äußerer Faktoren

Die univariate Varianzanalyse (Tabelle 86) zeigt die Abhängigkeit von Calcium im Serum am Tag 3 p.p. vom Bewegungsscore Tag 1 p.p., der Pansenintensität Tag 3 p.p., der Vorleistung 305 Tage und der DCAB-Gehalt Tag 2 p.p.

Tabelle 86: Parameterschätzer für Calcium Tag 3 p.p. äußere Faktoren

Parameter	Regressions-		Sig.	95 % - Konfidenzintervall	
	koeffizient B	SEM		Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	3,193	0,379	<0,001	2,440	3,945
Bewegung Tag 1 p.p.			0,001		
= Score 0	0,424	0,248	0,091	-0,069	0,917
= Score 1	0,096	0,263	0,717	-0,427	0,618
= Score 2	0,180	0,258	0,488	-0,333	0,693
= Score 3	0,387	0,264	0,147	-0,138	0,911
= Score 6	redundant				
Pansenintensität Tag 3 p.p.			0,015		
= leise	-0,419	0,148	0,006	-0,714	-0,124
= mäßig laut	0,033	0,057	0,560	-0,080	0,146
= laut	redundant				
Vorleistung Milchmenge 305 Tage	-4,252E-5	1,420E-5	0,004	-7,072E-5	-1,432E-5
DCAB Tag 2 p.p.	-0,004	0,001	0,002	-,007	-0,002

R-Quadrat = 0,322 (korrigiertes R-Quadrat = 0,262)

Außerdem wurden folgende Faktoren getestet, die jedoch in der Varianzanalyse nicht signifikant sind:

- die Laktationsnummer, die 305 Tage Vorleistung Milchmenge, die Bewegung am Tag 3 p.p., die Lufttemperatur Tag 7 a.p. und Tag 0, Erkrankung Tag 1 p.p., Tag 2 p.p. und Tag 3 p.p., die Pansenfüllung Tag 13 a.p., Tag 1 p.p. und Tag 3 p.p., der Rektaltemperatur Tag 3 p.p.
- die Trockensubstanzaufnahme Tag 1 p.p., die Originalsubstanzaufnahme Tag 14 a.p. und Tag 1 p.p., die Calciumaufnahme Tag 14 a.p., Tag 4 a.p. und Tag 1 p.p., die Phosphoraufnahme Tag 4 a.p., die Magnesiumaufnahme Tag 14 a.p., Tag 4 a.p. und Tag 1 p.p., die Schwefelaufnahme Tag 1 p.p., der DCAB-Gehalt Tag 2 a.p., Tag 1 a.p., Tag 0 und Tag 3 p.p.,

4.2.4.3 Varianzanalyse der Laborparameter

Die univariate Varianzanalyse (Tabelle 87) der Laborparameter von Calcium im Serum am Tag 3 p.p. zeigt die Abhängigkeit von der Calciumkonzentration im Serum Tag 2 p.p., der Phosphorkonzentration im Serum Tag 3 p.p., der Magnesiumkonzentration im Serum Tag

3 p.p., der AST-Aktivität im Serum Tag 14 a.p., der BHB-Konzentration im Serum am Tag 3 p.p. und der Albumin-Konzentration im Serum Tag 3 p.p.

Tabelle 87: Parameterschätzer für Calcium Tag 3 p.p. nur Laborparameter

Parameter	Regressions- koeffizient B	SEM	Sig.	95 % - Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	1,121	0,366	0,003	0,395	1,847
Serumcalcium Tag 2 p.p..	0,308	0,075	<0,001	0,159	0,458
Serumphosphor Tag 3 p.p.	0,214	0,052	<0,001	0,111	0,317
Serummagnesium Tag 3 p.p.	-0,520	0,125	<0,001	-0,768	-0,271
AST im Serum Tag 14 a.p.	0,003	0,001	0,005	0,001	0,004
BHB im Serum Tag 3 p.p.	-0,287	0,082	0,001	-0,450	-0,125
Albumin Tag 3 p.p.	0,019	0,009	0,041	0,001	0,037

R-Quadrat = 0,585 (korrigiertes R-Quadrat = 0,559)

Außerdem wurden folgende Faktoren getestet, die jedoch in der Varianzanalyse nicht signifikant sind:

- die Calciumkonzentration im Serum Tag 21 a.p., die Magnesiumkonzentration im Serum Tag 2 p.p., die Serum NEFA-Konzentration Tag 14 a.p., die GLDH-Konzentration im Serum Tag 3 p.p., die CK-Konzentration im Serum Tag 21 a.p. und Tag 14 a.p., die Serumbilirubinkonzentration Tag 14 a.p. und Tag 3 p.p., die Serumchloridkonzentration Tag 3 p.p., die Totalproteinkonzentration im Serum Tag 14 a.p., die Serumnatriumkonzentration Tag 3 p.p., die AST-Aktivität im Serum Tag 21 a.p., der BHB-Konzentration im Serum Tag 1 p.p., die Kaliumkonzentration im Serum Tag 3 p.p.
- die Harncalciumkonzentration Tag 7 a.p., die Harnnatriumkonzentration Tag 14 a.p., die NH₃-Konzentration im Harn Tag 21 a.p.
- und das MCHC a.p.

5 Diskussion

Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss von verschiedenen Faktoren um die Kalbezeit auf die Calciumkonzentration im Serum nach der Kalbung zu untersuchen und damit mögliche Risikofaktoren für eine postpartale Hypocalcämie zu bestimmen.

5.1 Betrachtung der Untersuchungsmethoden

Die durchgeführten Untersuchungen sind überwiegend Bestandteil der normalen allgemeinen und speziellen Untersuchung des Rindes und erfolgen, wie die Laboruntersuchungen, nach dem aktuellen Stand der veterinärmedizinischen Wissenschaft.

Das Bewertungsschema für die Pansenfüllungsbeurteilung nach Zaaijer et al. (2003) ist leicht zu erlernen und verständlich. Die Anpassung auf halbe Noten, wie in anderen Untersuchungen (Mahlkow-Nerge et al. 2002, Götze 2017), erfolgt zur Verfeinerung der Aussage und ist gut durchführbar. Nach Burfeind et al. (2010) ist es für die präzise Aussage der Pansenfüllungsnote wichtig, dass die Kühe alle vier Gliedmaßen gleichmäßig belasten. Dies ist durch die Haltung im Tiefstreu nur schwer zu beurteilen. Da alle Kühe in der gleichen Haltungsform aufgestellt sind, ist von einer gleichmäßigen Einflussnahme auszugehen. Ebenso kann eine Lahmheit die Pansenfüllungsnote beeinflusst haben, da sie zu einer Entlastung einzelner Gliedmaßen führt. Ein weiterer Einflussfaktor auf die Pansenfüllungsnote vor der Kalbung scheint die Trächtigkeit zu sein. Je nach Lage des Kalbes und der Fruchtwassermenge kann es zu einer Verlagerung des Pansens nach links kommen und damit zu einer abweichenden Füllung der Hungergrube. Auch in den Untersuchungen anderer Autoren (Bao et al. 1991, Ogilvie 1998) wurde eine Verlagerung des Pansens bei Zwillingsträchtigkeiten und großrahmigen Kühen beschrieben. So entsteht a.p. bei der Pansenfüllung häufig nur kurz unterhalb der Querfortsätze eine maximal handbreite Einsenkung in die Hungergrube und wölbt sich dann wieder hervor. Die Unterscheidung der Einsenkung in Dreieck oder Quadrat ist p.p. deutlich leichter, da das Abdomen nicht mehr durch die Trächtigkeit gewölbt wird. Weitere Untersuchungen auf die Aussagekraft von Pansenfüllungsnoten während der Hochträchtigkeit sind durchzuführen, um den genauen Einfluss der Trächtigkeit beurteilen zu können.

Die Erfassung der Ohrtemperatur mittels Palpation der äußeren Ohrmuschel ist eine semi-quantitative Messmethode. Ursächlich für dieses Vorgehen sind die Praktikabilität während des Betriebsalltages und die weitgehende Verbreitung dieser Methode zur Erfassung der Oberflächentemperatur durch Landwirte und Tierärzte (Jäschke 2007). Es ist jedoch zu beachten, dass die Umgebungstemperatur einen großen Einfluss auf die Ohrtemperatur hat (Rodríguez et al. 2017, Venjakob 2018) und die Ohrtemperatur auch durch starke Luftbewegungen und durch die Luftfeuchtigkeit verändert wird (Jäschke 2007).

5.2 Tierindividuelle Indikatoren

5.2.1 Laktationsnummer

Wie in Arbeiten anderer Autoren (Gelfert et al. 2007, Tietze 2010, Reinhardt et al. 2011, Bäuml 2014, Gild et al. 2015, Prußeit 2016) festgestellt, sinkt auch in dieser Untersuchung mit zunehmender Laktationszahl der Kühe und damit steigendem Alter die Calciumkonzentration im Serum. Es liegt eine mäßige Beziehung zwischen der Laktationsnummer und der Serumcalciumkonzentration Tag 0 ($r = -0,335$) und am Tag 3 p.p ($r = -0,332$) vor. Am Tag 2 p.p. ist die Beziehung nur schwach ($r = -0,243$), dies wird wahrscheinlich durch die Behandlung mit Calciuminfusionen am Tag 0 beeinflusst. Durch die abnehmende Osteoklasten- und Osteoblastenzahl sinkt mit zunehmenden Alter die Fähigkeit der Knochen das gespeicherte Calcium frei zu setzen. Gleichzeitig wird der durch den für die mit dem Alter wachsende Milchmenge benötigten Calciumbedarf der Verbrauch gesteigert (Venjakob et al. 2017).

Eine Ausnahme bildet die Calciumserumkonzentration am Tag 1 p.p., bei der sich keine Korrelation mit der Laktationsnummer zeigt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass ein solcher Zusammenhang durch die deutlich vermehrte Anzahl an Behandlungen am Tag 0 mit Calciuminfusionen maskiert wird.

5.2.2 Körperkondition

Die Rückenfettdickenmessungen in der gesamten vorliegenden Untersuchung liegen im Mittel zwischen 16 mm und 19 mm und damit oberhalb der von Staufenbiel et al. (2003) im Herdenmittel angegebenen Minimalkondition von 13 mm, um eine hohe Milchleistung bei entsprechender Gesundheit zu gewährleisten. In das Mittel nach Staufenbiel et al. (2003) wurden jedoch alle Kühe sämtlicher Laktationsstadien mit einbezogen. Ebenso ist zu beachten, dass in den Wochen nach Kalbung die Kühe durch die negative Energiebilanz deutlich abnehmen. Wird das Regressionsmodell nach Staufenbiel et al. (2003) betrachtet, liegen die durchgeführten Messungen der Rückenfettdicke vor und kurz nach der Kalbung unterhalb der angestrebten Rückfettdicke von 20 mm bis 25 mm.

Der BCS sollte zum Zeitpunkt des Trockenstellens zwischen 3,25 und 3,75 liegen und bis zum Kalben gleichbleiben (Metzner et al. 1993, Schröder 2000, Contreras et al. 2004). Die Kühe in der vorliegenden Arbeit sind auch bei dieser Betrachtung im Durchschnitt leicht unterkonditioniert.

Ein Zusammenhang zwischen der Rückenfettdicke und der Calciumserumkonzentration kann nur zwischen der Rückenfettdickenmessung p.p. und der Serumcalciumkonzentration Tag 0 ermittelt werden. Die Lebendmasse zum Zeitpunkt des Trockenstellens und p.p. korreliert mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 1 p.p. Dabei ist aber der Effekt auf die Serumcalci-

umkonzentration jeweils sowohl bei der Rückenfettdicke ($r = 0,206$) als auch bei der Lebendmasse (Zeitpunkt des Trockenstellen: $r = 0,266$ und p.p.: $r = 0,197$) sehr gering. Bei Möhringer (2017) zeigten festliegende Kühe dagegen eine stärkere Abnahme der Rückenfettdicke in der Trockenstehzeit als gesunde Kühe, aufgrund einer stärkeren Belastung des Energiestoffwechsels. Wie bei Pichon (2008) und Eckermann (2007) so kann auch in der vorliegenden Arbeit keine Korrelation zwischen dem BCS und der Serumcalciumkonzentration Tag 0 nachgewiesen werden. Dies steht im Gegensatz zu anderen Autoren (Roche et al. 2009, Perruchoud et al. 2017).

In der vorliegenden Untersuchung zeigt die Körpermasse keine starke Beeinflussung auf die Calciumkonzentration im Serum Tag 0. Dieser geringe Effekt der Körpermasse auf den Calciumserumkonzentration steht im Gegensatz zu Arbeiten anderer Autoren (Ostergaard et al. 1999, Houe et al. 2001). Eine hohe Körpermasse wird in Zusammenhang mit einer verfetteten Leber und damit einer geringeren Hydroxylierung von Vitamin D gesehen (Winkler 2014). Jedoch ist zu bedenken, dass der überwiegende Anteil der Kühe wie bei Dallmeyer (2007) normal bis unterkonditioniert sind. Dallmeyer (2007) konnte auch keine Beeinflussung der Körpermasse auf die Calciumkonzentration im Serum am Tag 0 zeigen.

5.2.3 Milchleistung

5.2.3.1 Vorlaktation

Eine Korrelation mit der 305 Tage Vorlaktationsleistung zeigt sich nur bei der Calciumkonzentration im Serum am Tag 3 p.p. Die Effektstärke am Tag 3 p.p. ist ebenfalls sehr gering ($r = 0,218$) und in der Varianzanalyse zeigt sich keine Korrelation, so dass in dieser Untersuchung wie bei Grohn et al. (1995) die Vorlaktationsleistung keinen Einfluss auf die Calciumkonzentration nach dem Kalben hat. Fleischer et al. (2001) kann bei der Betrachtung der pluriparen Kühe ebenfalls keinen Zusammenhang herstellen. Dies steht im Gegensatz zu den Untersuchungen anderer Autoren (Zepperitz 1992, Mahlkow-Nerge et al. 2002, Jawor et al. 2012).

5.2.3.2 Milchmenge nach der Kalbung

Ein Großteil der Autoren (Zepperitz 1992, Horst et al. 1997, Tietze 2010, Chamberlin et al. 2013, Gild et al. 2015) postulieren einen Zusammenhang zwischen der Milchmenge nach der Kalbung und der Serumcalciumkonzentration p.p. Dabei beeinflussen sich nach Aussage der Autoren beide Faktoren wechselseitig. Ein Zusammenhang zwischen der Milchleistung und der Calciumkonzentration p.p. ist in dieser Beobachtung nur vereinzelt darzustellen. Die Calciumkonzentration im Serum Tag 0 und die Milchmenge am Tag 3 p.p. weisen eine geringe Einflussnahme ($r = 0,206$) zueinander auf. Ebenfalls eine geringe Beziehung hat die Calciumkonzentration am Tag 3 p.p. ($r = 0,218$) mit der Milchmenge in der dritten Laktationswoche.

Eine mögliche Erklärung ist, dass die Beeinflussung zwischen der Milchmenge und der Calciumkonzentration einer zeitlichen Verzögerung unterliegt und daher sind die Korrelationen erst am Ende der Beobachtungen zu finden. van de Braak et al. (1986b) konnten in ihrer Untersuchung auch keinen Zusammenhang zwischen der Milchmenge p.p. und der Calciumkonzentration im Serum um die Kalbung nachweisen.

5.2.4 Erkrankung

Im Gegensatz zu den Beobachtungen von Pichon (2008) kann kein starker Zusammenhang zwischen der Calciumkonzentration im Serum und etwaigen Erkrankungen a.p. gezeigt werden.

Eine niedrige Serumcalciumkonzentration führt zu einer erhöhten Erkrankungsinzidenz p.p. Die Korrelation der Serumcalciumkonzentration Tag 3 p.p. mit der Erkrankung am Tag 1 p.p. bis Tag 3 p.p. ist sehr wahrscheinlich eher Folge dieses Umstandes und zeichnet keinen Risikofaktor für eine niedrigere Calciumkonzentration aus. Dass es vor Betrachtung der Calciumkonzentration im Serum Tag 3 p.p. zu keinem Zusammenhang mit den Erkrankungen gekommen ist, liegt vermutlich am guten Management. So werden die Kühe in der Transitzeit intensiv beobachtet. Die Kühe mit einem hohen Risiko für eine Erkrankung werden bereits prophylaktisch, z.B. mit einem Calciumbolus, versorgt. Bereits bei kleinstem Anzeichen einer Erkrankung der Kühe werden diese direkt nach dem aktuellen veterinärmedizinischen Standard behandelt. Des Weiteren werden alle festliegende Kühe am Liegeplatz mit Wasser und Futter ad libitum versorgt.

Die Arbeit von Goff (2008) weist im Gegensatz zu den Beobachtungen in dieser Untersuchung auf ein erhöhtes Erkrankungsrisiko bei niedrigerer Calciumkonzentration hin. So kommt es durch die reduzierte Calciumkonzentration im Blut zu einer niedrigen Kontraktilität des Pansens und des Labmagens sowie zu einer erhöhten Anfälligkeit für Labmagenverlagerung. Durch die geringere Kontraktilität der Schließmuskeln in den Zitzen entsteht bei den betroffenen Kühen ein erhöhtes Risiko für Mastitis. Auch Curtis et al. (1983) zeigte den Zusammenhang mit später in der Laktation auftretenden Krankheiten.

Bei Möhringer (2017) hatten Kühe mit Nachgeburtverhalten nur am Tag 3 p.p. und Tag 5 p.p. niedrigere Calciumkonzentrationen und er begründet diese Beobachtung mit der verminderten Futteraufnahme bei den erkrankten Tieren. Dagegen sahen andere Autoren (Houe et al. 2001, Roche et al. 2006) in der niedrigeren Calciumkonzentration und damit vermindertem Muskeltonus eher die Ursache als die Folge des Nachgeburtverhalten.

Bei Gild et al. (2015) konnte kein Zusammenhang zwischen einer niedrigen Serumcalciumkonzentration um die Kalbung und einem vermehrten Auftreten von Krankheiten p.p. dargestellt werden.

5.2.5 Bewegung

Nur die Bewegung von Tag 1 p.p. und Tag 3 p.p. korreliert negativ mit der Calciumkonzentration Tag 3 p.p. mit jeweils nur einem geringen Effekt ($r = -0,279$ und $r = -0,192$). Es ist nicht von einem Einfluss der Bewegungsfähigkeit auf die Calciumkonzentration auszugehen. Die geringe Calciumkonzentration im Serum ist wahrscheinlich die Ursache für die schlechte Bewegung der Kühe, da auch in anderen Arbeiten (Houe et al. 2001, Gelfert et al. 2005, Lesch 2005, Gelfert et al. 2007, Tietze 2010) die Kühe nach der Geburt mit abfallender Serumcalciumkonzentration häufiger festlagen oder einen schwankenden Gang zeigten. Unterstützt wird dies durch die Untersuchung von Staufenbiel et al. (2002). Er zeigte, dass bereits bei einem geringgradigen Abfall der Calciumkonzentration über 20 % der Kühe einen schwankenden Gang, Muskeltremor oder eine Kyphosestellung zeigten. Sank die Calciumkonzentration mittelgradig ab, liegen bereits 60 % der Kühe in Brustbauchlage ohne ein gestörtes Sensorium zu haben. Kühe mit einem hochgradigen Abfall der Calciumkonzentration präsentierten sich in Seitenlage. Durch die geringe Calciumkonzentration im Serum kommt es zu Lähmungen und in der quergestreiften Muskulatur zu abnehmenden Kontraktionen (Zepperitz 1992).

Zu bedenken ist jedoch, dass vor der Kalbung aufgrund des guten Managements und der Haltung im Tiefstroh a.p. keine höchstgradigen und kaum hochgradige Lahmheiten auftraten. Ob eine hochgradige Lahmheit und eine daraus resultierende geringerer Futtermittelaufnahme Einfluss auf die Calciumkonzentration haben würden, ist in weiteren Studien zu untersuchen.

5.2.6 Körpertemperatur

Andere Autoren (Larsson et al. 1983, Gelfert et al. 2005, Dirksen et al. 2006) beschreiben bei niedrigeren Calciumkonzentrationen eine geringere Körpertemperatur für Kühe nach der Kalbung. Venjakob et al. (2016) gab an, dass Kühe mit einer klinischen Hypocalcämie im Serum eine deutliche Hypothermie zeigten, dagegen wiesen Kühe mit einer subklinischen Hypocalcämie nur eine geringfügige Hypothermie auf. Er erklärt die Absenkung der Körpertemperatur mit verminderter Muskel- und Progesteronkonzentration sowie verminderter Futtermittelaufnahme und der daraus folglich verminderten Fermentationswärme. In der vorliegenden Untersuchung dagegen ist auffällig, dass ein Zusammenhang zwischen der Körpertemperatur und der Serumcalciumkonzentration nur am Tag 3 p.p. besteht und dieser außerdem negativ ($r = -0,206$) ist. Auch die geringe Varianz dieser Korrelation unterstützt die Annahme, dass sich in dieser Untersuchung die Calciumkonzentration im Serum und die Körpertemperatur nicht beeinflussen. Bei Lesch et al. (2006) zeigte auch nur ein geringer Anteil der Kühe mit niedriger Calciumkonzentration eine geringe Körpertemperatur.

5.2.7 Ohrtemperatur

Im Gegensatz zu anderen Autoren (Lesch et al. 2006, Tietze 2010) weist nur ein Anteil von maximal 6,4 % der Kühe in der vorliegenden Arbeit eine ausgeprägte Hypothermie im Bereich der Körperoberfläche auf. Jedoch kann ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Calciumkonzentration im Serum am Tag 1 p.p. und der Ohrtemperatur Tag 0 und am Tag 1 p.p. aufgezeigt werden. Auch bei Zepperitz (1992), Gelfert et al. (2005), Venjakob et al. (2016) und Houe et al. (2001) zeigten Kühe mit einer geringeren Oberflächentemperatur eine geringere Calciumkonzentration. Die verminderte Ohrtemperatur entsteht aufgrund der Zentralisation des Kreislaufes und der gestörten Temperaturregulation durch die geringere Calciumkonzentration im Blut (Zepperitz 1992). Bei Rodríguez et al. (2017) sank die Ohrtemperatur um 0,39°C bei einer Reduzierung der Serumcalciumkonzentration um 0,1 mmol/l. Jedoch ist zu bedenken, dass die Umgebungstemperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Windstärke einen großen Einfluss auf die Ohrtemperatur haben (Jäschke 2007, Rodríguez et al. 2017).

5.2.8 Pansen

5.2.8.1 Anzahl der Kontraktionen und Intensität

Die Anzahl der Pansenkontraktionen sinkt auch bei gesunden Kühen um bis zu 40 % um die Kalbung, jedoch bleibt die Stärke der Kontraktion gleich (Jorgensen et al. 1998). Durch eine verringerte Magendarmtätigkeit kann das Risiko für Hypocalcämien erhöht werden (Mahlkownerge et al. 2002). Eine sinkende Calciumkonzentration im Serum führt wiederum zu einer reduzierten Pansentätigkeit (Larsson et al. 1983, Zepperitz 1992, Jorgensen et al. 1998, Goff 2008). Jorgensen et al. (1998) fanden in seiner Studie heraus, dass bereits bei einer Konzentration von ionisiertem Calcium im Serum von 1,0 mmol/l die Stärke und die Frequenz der Pansenkontraktionen deutlich herabgesetzt waren. Ab einer Serumcalciumkonzentration von 0,6 mmol/l treten erste Phasen ohne Kontraktion auf und ab einer Konzentration von 0,53 mmol/l waren keine Kontraktionen mehr messbar. In der vorliegenden Untersuchung sind nur einzelne Korrelationen zwischen der Pansentätigkeit und der Serumcalciumkonzentration zu finden. Mit einer Ausnahme sind diese positiv und unterstützen damit die Feststellung der anderen Autoren, dass die Pansenkontraktion und die Calciumkonzentration miteinander korrelieren. Dabei beeinflusst aber die Calciumkonzentration sehr wahrscheinlich eher die Pansentätigkeit als umgekehrt.

5.2.8.2 Pansenfüllung

Die Pansenfüllung korreliert mit der Futterraufnahme (Burfeind et al. 2010, Götze 2017). Die Verteilung der Korrelationen der Pansenfüllung mit der Calciumkonzentration im Serum in der vorliegenden Arbeit entspricht in etwa denen der Trockenmasseaufnahme mit der Serumcalciumkonzentration. Durch den Zusammenhang mit der Trockenmasse entstehen auch die vorliegenden Korrelationen zwischen der Pansenfüllung und der Calciumkonzentration.

5.3 Kalbung

Die meisten Kühe brachten ein lebendes Kalb mit einem leichten Geburtsverlauf zur Welt. Wie bei anderen Autoren (Alpers 2007, Dallmeyer 2007, Pichon 2008, Gild et al. 2015, Venjakob et al. 2017) zeigen die Kühe keine Korrelation zwischen dem Kalbeverlauf und der Serumcalciumkonzentration. Dagegen brachten bei Möhringer (2017) Kühe mit Gebärparese schwerere Kälber zur Welt. Meistens waren aber auch bei den Kühen mit der Diagnose Gebärparese ältere Tiere betroffen.

5.4 Behandlung

Die Gabe und die Anzahl der Vitamin D₃-Injektionen hat in dieser Arbeit nur mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 0 eine negative Korrelation und an den restlichen Messpunkten liegt keinen Zusammenhang vor. Bei Zepperitz (1992) zeigen behandelte Kühe deutlich höhere Calciumkonzentrationen im Serum. Er erklärt dies mit erhöhten Resorptionsraten im Darm. Da der optimale Wirkzeitpunkt 2-3 Tagen nach der Injektion erreicht ist und etwa eine Woche anhält. Die Wirkung kann durch eine Wiederholung der Injektion verlängert werden (Zepperitz 1992).

Im Gegensatz zu anderen Autoren (Zepperitz 1992, Goff 1999, Thilsing-Hansen et al. 2002a, Afshar Farnia et al. 2018, Valdecabres et al. 2018) zeigt die Gabe von einem Calciumbolus nach der Kalbung keinen Einfluss auf die Calciumkonzentration. Jedoch ist zu bedenken, dass der Anteil der Kühe mit 4,6 %, die einen Bolus erhielten, sehr gering ist und damit nur bedingt repräsentativ anzusehen ist. Andere Autoren (Staufenbiel et al. 2002, Melendez et al. 2003, Prußbeit 2016) können auch keinen positiven Einfluss der oralen Calciumgabe auf die Calciumkonzentration im Serum finden. Goff (2008) beschrieb, dass eine orale Calciumgabe nicht als Behandlung einer akuten Hypocalcämie geeignet ist, sondern nur als präventive Maßnahme. Valdecabres et al. (2018) dagegen gab an, dass der Calciumbolus den Erfolg der Behandlung beeinflusst. Er berechnete in einer Simulation einen Netto-Gewinn von 3000\$ bis 5000\$ (US-Dollar, ~2534€ bis 4223€) bei 1000 Kalbungen.

Eine parenterale Zufuhr von Calcium soll den akuten Mangel an Calcium im Serum ausgleichen (Zepperitz 1992). Eine subcutane Injektion erhöht nur 4 – 5 Stunden lang die Konzentration von Calcium im Blut und die Wirkung ist deutlich schlechter als bei intravenösen Injektionen (Goff 1999, Goff 2008). Aufgrund der schlechten Kreislaufsituation mit einer schlechten peripheren Durchblutung bei geringen Calciumkonzentrationen ist die Aufnahme aus der Unterhaut in die Blutbahn schlecht und damit die Effektivität ungenügend (Alpers 2007). Zepperitz (1992) erreichte bei seiner Untersuchung bei der Applikation der vollen Dosis i.v. unmittelbar danach eine Konzentration von Calcium im Serum von 2,49 mmol/l. Wenn er die Hälfte i.v. und die andere Hälfte s.c. injizierte, erlangte er nur eine Calciumkonzentration von 1,61 mmol/l. Jedoch waren 1 Stunde nach der Applikation die Calciumkonzentrationen unabhängig von der Applikationsart gleich. In dieser Arbeit korreliert nur die Calciumkonzentration im Serum Tag 1 p.p. mit der Calciuminjektion Tag 0 und an Tag 1 p.p. stark positiv, danach ist keine Korrelation mehr nachvollziehbar. Parallel nimmt aber auch die Anzahl der behandelten Kühe ab. So ist zusammenfassend nur von einer eingeschränkten Beeinflussung der Calciumkonzentration im Serum durch die subcutane Injektion von Calcium in der vorliegenden Arbeit auszugehen.

5.5 Witterung

Bei der Betrachtung der Witterung ist zu beachten, dass die Beobachtung nicht ganzjährig erfolgt, sondern nur von Mai bis September.

Korrelationen zwischen der Lufttemperatur sowie der Niederschlagsmenge und der Serumcalciumkonzentration treten nur sehr vereinzelt auf und auch die vorliegenden Varianzen sind sehr gering. Die Calciumkonzentration im Serum Tag 0 wird in dieser Untersuchung von der Witterung nicht beeinflusst. Auch Erb et al. (1988) konnte keinen Zusammenhang zwischen der Witterung bzw. der Jahreszeit und dem Calciumkonzentration Tag 0 herstellen. Dies steht im Widerspruch zu Roche et al. (2006) und Larsen et al. (2001). Larsen et al. (2001) wies aber darauf hin, dass die Betrachtung der Witterung durch die Fütterung, die Aufstallung und die Bewegung beeinflusst wird.

5.6 Fütterung

Betrachtet man im Zeitraum um die Kalbung den Zusammenhang von Futteraufnahme und der Serumcalciumkonzentration ist festzustellen, dass wie bei Arbeiten anderer Autoren (Larsson et al. 1983, Goff 2008, Zhang et al. 2018) Kühe mit einer niedrigeren Calciumkonzentration niedrigere Futteraufnahmen zeigen. Hoops (2007) erklärte das verstärkte Risiko der Ausbildung einer Hypocalcämie bei Kühen mit geringer Futteraufnahme und damit einer negativen Energiebilanz über die gesteigerte Fettmobilisation aus dem Depotfett. Damit kommt es zu einer verstärkten Anflutung von freien Endotoxinen im Blut und wodurch eine

Verringerung der Calciumkonzentration im Blut entsteht (Abbildung 13). Dagegen zeigten bei van de Braak et al. (1986) überwiegend die Kühe mit einer hohen Futteraufnahme a.p. eine Hypocalcämie. Er vermutet, dass eventuell durch die vermehrte Aufnahme a.p. der Appetit p.p. geringer ist.

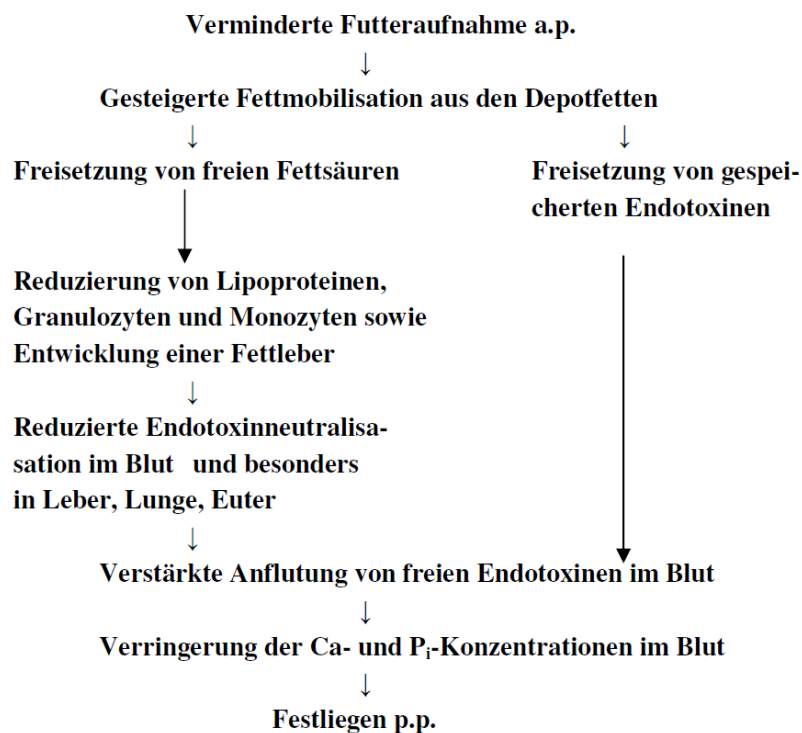


Abbildung 13: Förderung einer Gebärparese infolge einer verminderten Futteraufnahme a.p. (Hoops 2007)

Die Verteilung der Korrelationen über den Beobachtungszeitraum der einzelnen Futterelemente (Calcium, Phosphor, Magnesium, Kalium und Schwefel) ähnelt der Futteraufnahme in ihrer Verteilung. Die Korrelationen sind vermutlich nur eine Widerspiegelung dieser, da die Menge der Aufnahme der einzelnen Elemente sehr stark von der Originalsubstanzaufnahme abhängt. Um genauere Aussagen darüber treffen zu können, müssen Studien mit unterschiedlichen Futterzusammensetzungen durchgeführt werden und dabei die Futteraufnahme gemessen werden.

5.6.1 DCAB

Die gemessenen DCAB-Werte liegen im gesamten Versuchszeitraum oberhalb der empfohlenen Werte. Bei anderen Autoren korreliert eine sinkende DCAB mit höheren Calciumkonzentrationen im Serum und im Harn (Zepperitz 1992, Houe et al. 2001, Thilting-Hansen et al. 2002a, Frömer 2005, Afshar Farnia et al. 2018). Durch eine azidotische Stoffwechsellage zeigt das Parathormon eine höhere Sensibilität. Es kommt zu einer Steigerung der Knochenresorption und der renalen Produktion von 1,25 Dihydroxycholecalciferol (Houe et al. 2001, Seifi et

al. 2004). Ein Nachteil der Ansäuerung des Futters ist die verminderte Schmackhaftigkeit (Houe et al. 2001). In dieser Arbeit zeigen sich nur einzelne negative Korrelationen zwischen der DCAB und der Calciumkonzentration im Serum. Calcium Tag 1 p.p. korreliert sogar mit den DCAB-Konzentrationen von Tag 0 bis Tag 3 p.p. positiv. Eine mögliche Erklärung ist die nicht vorhandene Ansäuerung des Futters. Jedoch ist auch wiederum das Futter nicht sehr basisch und die gemessenen Konzentrationen der DCAB zeigen während des Jahresverlaufes fast keine Schwankungen, um einen maßgeblichen Unterschied darzustellen. Zusammenfassend ist in dieser Arbeit nicht von einem Zusammenhang zwischen der DCAB und der Calciumkonzentration im Serum auszugehen.

5.6.2 Calcium

Die meisten Autoren betrachten den Einfluss des über das Futter aufgenommenen Calciums auf die Serumcalciumkonzentration nur auf die Zeit um die Kalbung (van de Braak et al. 1986, Goff 2000, Hartmann et al. 2000). Auch in dieser Arbeit ist der überwiegende Teil der signifikanten Korrelationen um die Kalbung angeordnet. Wobei die Korrelation zwischen Calcium im Serum Tag 0 und aufgenommene Calciummenge am Tag 1 p.p. sehr wahrscheinlich eher durch die verminderte Futteraufnahme von den Kühen mit geringerer Calciumkonzentration im Serum entsteht. Durch die variierenden Futteraufnahmen ist auch die große Bandbreite an aufgenommen Calciummengen um die Kalbung zu erklären.

Sehr geringe und sehr hohe Calciummengen im Futter a.p. haben in vielen Untersuchungen eine positive Korrelation mit der Calciumkonzentration im Serum p.p. (van de Braak et al. 1986, Oetzel 1991, Zepperitz 1992, Thilsing-Hansen et al. 2002a). Dagegen steigern mittlere Konzentrationen das Risiko einer Hypocalcämie (Abbildung 14) (Oetzel 1991). Die Calciumaufnahme der beobachteten Kühe liegt im Mittel zwischen 67,2 g/d und 83,1 g/d und ist damit in der mittleren Konzentration einzuordnen.

Die vorhandenen Korrelationen zwischen der Aufnahmemenge und der Serumcalciumkonzentration sind mit einer Ausnahme positiv. Dabei zeigen sie jedoch nur schwache bis mittlere Effekte. Zusammenfassend ist nicht von einem starken Einfluss der aufgenommenen Calciummenge auf die Calciumkonzentration im Serum in der hier vorliegenden Untersuchung auszugehen. Wie bereits erwähnt, entspricht auch die Verteilung der Korrelationen ungefähr der Verteilung der Korrelationen mit der aufgenommenen Futtermenge. Dies entspricht den Beobachtungen von Chan et al. (2006). Jedoch ist zu bedenken, dass bei den Kühen, die nach der Kalbung eine niedrige Calciumaufnahme aufweisen, der erhöhte Calciumbedarf nach der Kalbung mit Einsetzen der Laktation sehr wahrscheinlich nicht gedeckt werden kann.

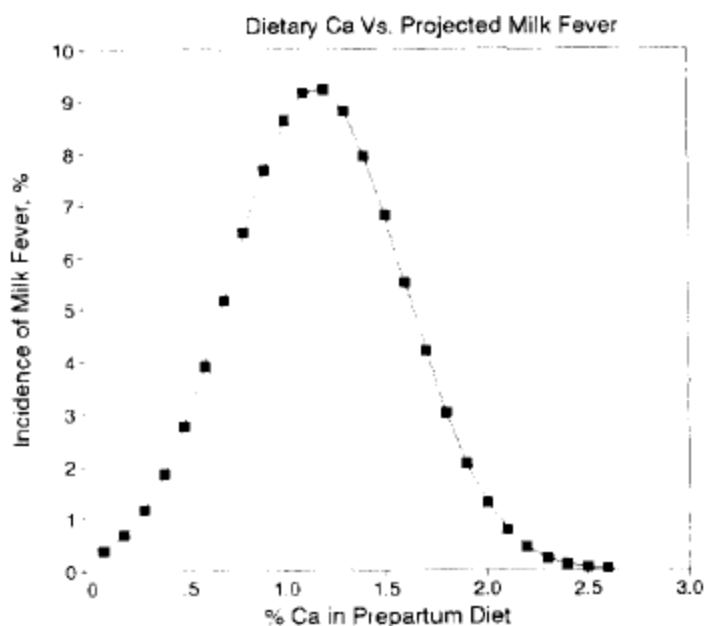


Abbildung 14: Verhältnis von Calciumgehalt im Futter zum Risiko zur Entstehung von Milchfieber (Oetzel 1991)

5.6.3 Phosphor

Die Calciumkonzentration im Serum ist höher, wenn die Phosphoraufnahme mit dem Futter rund um die Kalbung höher ist. Dies steht im Widerspruch zu anderen Autoren (Reinhardt et al. 1988, Peterson et al. 2005, Lean et al. 2006, DeGaris et al. 2008), die einen niedrigeren Calciumkonzentration im Serum beobachteten, wenn die Phosphoraufnahme mit dem Futter höher war. Oetzel (1991) konnte dagegen keinen Zusammenhang zwischen der Phosphoraufnahme und dem Calcium-Phosphor-Verhältnis im Futter mit der Calciumkonzentration im Serum finden. Es wird in der vorliegenden Arbeit zu einer Scheinkorrelation gekommen sein, da die vermehrte Phosphoraufnahme durch die vermehrte Futteraufnahme entstanden ist.

5.6.4 Magnesium

Die aufgenommene Magnesiummenge korreliert rund um die Kalbung positiv mit der Calciumkonzentration im Serum p.p. Dies wird von anderen Autoren bestätigt (Zepperitz 1992, Goff 2008). Goff (2008) erklärte diesen Zusammenhang damit, dass mit der niedrigeren Aufnahme über das Futter auch der Gehalt im Serum niedriger ist und damit auch das Risiko für Hypocalcämie entsprechend seinen Untersuchungen erhöht ist. Bei Lean et al. (2006) wurde das Hypocalcämierisiko gesenkt, wenn der Magnesiumgehalt im Futter a.p. höher war.

5.6.5 Kalium

Höhere Kaliumkonzentrationen im Futter können metabolische Alkalose erzeugen und beeinflussen darüber den Calciumstoffwechsel (Goff 2000, Martens et al. 2003). Entsprechend der

Literatur (Kronqvist et al. 2012) ist die Kaliumaufnahme mit dem Futter und die Calciumkonzentration im Serum positiv korreliert. Die Korrelationen in der vorliegenden Arbeit zeigen geringe bis mittlere Effekte und entsprechen in ihrer Verteilung den Korrelationen der Futteraufnahme, dem entsprechend ist nur eine geringe Beeinflussung von der Kaliumaufnahme auf die Calciumkonzentration p.p. anzunehmen. Oetzel (1991) konnte in seiner Meta-Analyse keinen signifikanten Zusammenhang darstellen.

5.6.6 Schwefel

Schwefel gilt innerhalb des DCAB-Konzepts als starkes Anion. Dementsprechend korreliert bei Oetzel (1991) ein höher Schwefelgehalt im Futter a.p. mit einem niedrigeren Milchfieberisiko und höheren Calciumkonzentration im Serum p.p. In dieser Arbeit zeigen sich nur einzelne Korrelationen zwischen der Calciumkonzentration im Serum und dem Schwefelgehalt und diese haben auch nur einen schwachen bis mittleren Effekt zueinander. Wie bei den anderen Futtermineralien entsprechen auch beim Schwefel die Korrelationen ungefähr denen der Futteraufnahme, so dass nicht von einer starken Beziehung zwischen der täglichen Schwefelaufnahme und die Calciumkonzentration im Serum in der vorliegenden Arbeit auszugehen ist.

5.7 Serumparameter

5.7.1 Calcium

Entsprechend anderen Autoren (Caixeta et al. 2015, Venjakob et al. 2017) steigt die Calciumkonzentration im Serum nach der Kalbung an. Bei Venjakob et al. (2017) zeigten 47 % der Kühe in den ersten 48 Stunden eine subklinische Hypocalcämie, dagegen liegt in der vorliegenden Untersuchung bei der Betrachtung der Mittelwerte nur der Mittelwert am Tag 0 im subklinischen Bereich und die 25%-Perzentile zeigen sich vom Zeitpunkt Tag 0 bis am Tag 2 p.p. nur geringgradig unterhalb des Referenzwertes.

Ante partum zeigen die Kühe nur vereinzelte Korrelationen mit den Konzentrationen p.p. und diese nur mit geringer Effektstärke. Es ist eine geringe Beeinflussung der Konzentrationen a.p. auf die Konzentrationen p.p. anzunehmen. Dies entspricht auch den Beobachtungen von Eckermann (2007). Eine starke Beeinflussung der Calciumkonzentration im Serum p.p. ist nur von einem zum anderen Tag erkennbar.

5.7.2 Phosphor

Wie in Untersuchungen anderer Autoren (Gelfert et al. 2005, Metzner et al. 2005, Braun et al. 2006, Eckermann 2007, Winkler 2014, Venjakob et al. 2017) kann man eine enge positive Korrelation zwischen der Phosphorkonzentration und der Calciumkonzentration im Serum erkennen. Zu beachten ist aber auch, dass Phosphor eine Laktationsdynamik zeigt. Hier ist der Tiefpunkt ähnlich, wie beim Calcium, um die Kalbung (Staufenbiel et al. 2002, Schwartau 2011).

Die Serumcalciumkonzentration Tag 0 und an Tag 1 p.p. wird stark von der Phosphorkonzentration des jeweiligen Vortages beeinflusst. Auch korreliert die Serumcalciumkonzentration Tag 0 und am Tag 2 p.p. mit der Serumphosphorkonzentration am Tag danach. Beide Beobachtungen unterstützen die enge Beziehung zwischen Calcium und Phosphor.

5.7.3 Magnesium

Ein Großteil Kühe zeigte Magnesiumkonzentrationen im unteren Referenzbereich oder leicht darunter. Entsprechend den Arbeiten anderer Autoren (Klimiene et al. 2005, Metzner et al. 2005, Winkler 2014, Venjakob et al. 2017) sind Calcium und Magnesium am selben Tag p.p. negativ miteinander korreliert. Venjakob et al. (2017) erklärte diese Beobachtung damit, dass bei einer hohen Parathormonkonzentration die Nierenschwelle für die Magnesiumausscheidung erhöht ist. Im Gegensatz dazu war bei Eckermann (2007) keine Korrelation feststellbar und die Messwerte lagen immer im Normalbereich. Bei Goff (2008) stieg sogar die Gefahr für eine Hypocalcämie, wenn die Magnesiumkonzentration im Serum sank. In Phasen einer Hypomagnesämie sind die Nieren und die Knochen durch die reduzierte Synthese von Adenylatcyclase und Phospholipase C weniger sensitiv für Parathormon und welches wiederum vermindert ausgeschüttet wird (Goff 2004).

5.7.4 NEFA

Übereinstimmend mit anderen Autoren (Reinhardt et al. 2011, Chamberlin et al. 2013) korreliert die NEFA-Konzentration Tag 0 signifikant negativ mit der Serumcalciumkonzentration (Abbildung 15). Durch die stärkere negative Energiebilanz um die Kalbung müssen hypocalcämische Kühe schneller mehr Lipide mobilisieren. Sie zeigen den höchsten Peak der NEFA-Konzentrationen am Tag 0. Dagegen zeigen normocalcämische Kühe diesen Peak erst 3 Tage p.p. (Reinhardt et al. 2011, Chamberlin et al. 2013). In dieser Arbeit sind bei der Betrachtung der Mittelwerte (am Tag 0: 0,8 mmol/l und am Tag 3 p.p.: 0,7 mmol/l) beide voran besprochene Peaks nachvollziehbar. Vor der Kalbung und am Tag 1 p.p. sowie 2 p.p. ist die Konzentration der NEFA im Mittel niedriger. Dies spricht dafür, dass sowohl hypocalcämische, als auch normocalcämische Kühe in der vorliegenden Untersuchung vorhanden sind.

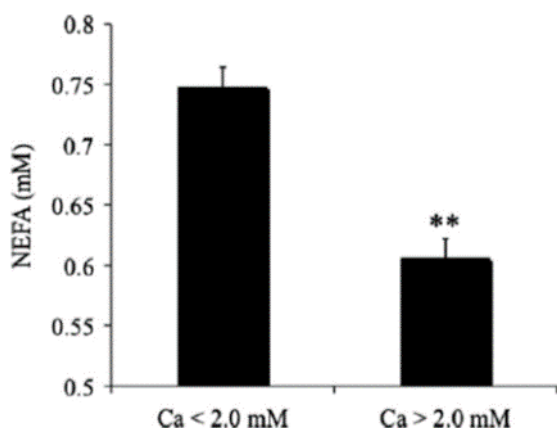


Abbildung 15: Mittelwert der NEFA-Konzentration für hypocalcämische Kühe ($Ca < 2,0$) und normocalcämische Kühe ($Ca > 2,0$) (Reinhardt et al. 2011)

5.7.5 BHB

Mit Ausnahme von zwei Messpunkten (BHB Tag 1 p.p. und Tag 3 p.p. mit Calcium Tag 3 p.p.) zeigt sich zwischen der BHB und dem Calcium keine Korrelationen. Dies entspricht auch den Beobachtungen anderer Autoren (Metzner et al. 2005, Eckermann 2007, Schwartau 2011, Möhringer 2017).

Eine mögliche Ursache dafür ist, dass sich die Kühe mit einer niedrigeren Calciumkonzentration im Serum in einem ähnlichen energetischen Zustand befinden wie Kühe mit einer hohen Calciumkonzentration im Serum. Sie mobilisieren auch nicht mehr Fett als Kühe mit einer hohen Calciumkonzentration, da die Wege in den Gruppen sehr kurz sind und festliegende Kühe sehr gut mit Futter versorgt werden. Eckermann (2007) konnte in ihrer Arbeit ähnliches beobachten.

Dass die Korrelationen zwischen dem BHB und der Calciumkonzentration erst mit Tag 3 p.p. auftreten, kann auch daran liegen, dass mit den steigenden Milchmengen eine Energiemangelsituation entwickelt wird. Dadurch mobilisieren die Kühe mehr Fett, was wiederum mehr Ketonkörper freisetzt. Möhringer (2017) vermutete, dass Kühe auch als Folge einer Ketose eine Hypocalcämie entwickeln können.

5.7.6 Kalium

Ähnlich wie bei Eckermann (2007) und Schwartau (2011) zeigen die untersuchten Kühe nur vereinzelte Korrelationen zwischen der Calcium- und dem Kaliumkonzentration im Serum. Daher ist von keiner Beeinflussung von Kalium auf Calcium im Serum auszugehen. Bei Klimiene et al. (2005) stieg die Kaliumkonzentration p.p. bei einer niedrigen Calciumkonzentration an, blieb aber im Referenzbereich. Er geht eher davon aus, dass diese Veränderung der Kaliumkonzentration eine Folge und keine Ursache der Hypocalcämie ist. Dies schließt er aus der Wechselwirkung der einzelnen Elemente im Blut. Winkler (2014) und Larsen et al.

(2001) konnten im Widerspruch dazu eine enge Korrelation zwischen den beiden Parametern finden. Winkler (2014) zählt Kalium zu den veränderlichen Parametern für die Entstehung der Gebärparese.

5.7.7 Weitere Serumparameter

➤ *AST*

Im Gegensatz zu anderen Autoren (Zepperitz 1992, Schwartau 2011, Chamberlin et al. 2013) zeigt die Serumcalciumkonzentration am Tag 2 p.p. und Tag 3 p.p. positive Korrelationen mit den AST-Aktivitäten a.p. Auch Lesch et al. (2006) hatte bei der Hälfte der Versuchstiere erhöhte Konzentrationen, jedoch fanden ihre Messungen der AST nur p.p. statt. Sie führt es auf die Muskulatschäden als Teil des Krankheitsgeschehens zurück.

➤ *Albumin:*

Der Albuminverlauf entspricht, wie in verschiedenen Studien, dem Verlauf des Totalproteins (Eckermann 2007, Winkler 2014). Im Gegensatz zu Eckermann (2007) und Schwartau (2011) zeigen sich in der vorliegenden Arbeit einzelne Korrelationen. Die positive Korrelation an 3 p.p. steht vermutlich mit der Futteraufnahme und den Entzündungsprozessen nach der Kalbung in Zusammenhang (Eckermann 2007).

➤ *Bilirubin:*

Eine negative Korrelation, wie bei Untersuchungen anderer Autoren (Lesch et al. 2006, Eckermann 2007, Hoops 2007, Tietze 2010, Winkler 2014) zwischen Calcium und Bilirubin, zeigt sich nur zwischen der Bilirubinkonzentration am Tag 2 p.p. und Tag 3 p.p. mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 3 p.p. Eckermann (2007) und Hoops (2007) erklären den negativen Zusammenhang mit der verminderten Futteraufnahme und damit einer erhöhten Mobilisation von Depofett, wodurch es zu einer stärkeren Belastung des Energiestoffwechsels kommt (Möhringer 2017). Auch Chamberlin et al. (2013), Schwartau (2011) und Zepperitz (1992) konnten keinen Zusammenhang zu der Calciumkonzentration herstellen.

➤ *Creatininkinase:*

Wie auch bei Eckermann (2007) kann in dieser Arbeit kein Zusammenhang zwischen der Aktivität der Creatininkinase und der Calciumkonzentration im Serum hergestellt werden. Es treten nur vereinzelt Korrelationen mit nur geringer Effektstärke auf. Dies liegt vermutlich auch an dem geringen Anteil an festliegenden Kühen p.p. Im Gegensatz dazu zeigt sich bei Metzner et al. (2005) und Winkler (2014) eine negative Korrelation. Metzner et al. (2005) und Hoops (2007) vermuten, dass der Zusammenhang zwischen der Calciumkonzentration und der Creatininkinase, als muskelspezifisches Enzym, aufgrund der durch das vermehrte Liegen produzierten Drucknekrosen bei einer niedrigeren Calciumkonzentration entsteht. Winkler (2014) weist des Weiteren

auf den Zusammenhang zwischen der Creatininkinase und entzündlichen Prozessen bei der Gebärparese hin. Auch bei Lesch et al. (2006) zeigt über die Hälfte der Kühe mit niedrigem Serumcalciumkonzentration erhöhte Aktivitäten der Creatininkinase.

➤ *Chlorid:*

Zwischen der Chlorid- und der Calciumkonzentration im Serum zeigen sich nur vereinzelt negative Zusammenhänge mit einer geringen Effektstärke, so dass wie bei anderen Autoren (Schwartau 2011, Winkler 2014) nicht von einem signifikanten Zusammenhang auszugehen ist. Im Gegensatz dazu findet Metzner et al. (2005) einen statistisch signifikanten Zusammenhang.

➤ *Cholesterin:*

Im Gegensatz zu Tietze (2010), Hoops (2007) und Winkler (2014) korreliert die Cholesterinkonzentration in dieser Untersuchung nur zweimal mit der Serumcalciumkonzentration, einmal positiv und einmal negativ. Dazu ist auch jeweils der Effekt zwischen beiden Parametern sehr gering, so dass nicht von einem relevanten Zusammenhang auszugehen ist. Dies entspricht der Untersuchung anderer Autoren (Eckermann 2007, Schwartau 2011) Hoops (2007). Obwohl Eckermann (2007) aufgrund verminderter Trockenmasseaufnahme von Kühen mit einer geringeren Calciumkonzentration dies erwartet hätte.

➤ *GGT:*

Die GGT und die Calciumkonzentration im Serum zeigen mit einer Ausnahme keine Korrelationen miteinander. Dies entspricht den Untersuchungen von Eckermann (2007) und Chamberlin et al. (2013). Es ist nicht davon auszugehen, dass die GGT-Aktivität einen Einfluss auf die Calciumkonzentration p.p. hat.

➤ *GLDH:*

Mit Ausnahme von Tag 2 p.p. zeigt die Serumcalciumkonzentration kein Zusammenhang mit der GLDH-Aktivität. Dies entspricht auch den Angaben in der Literatur (Metzner et al. 2005, Lesch et al. 2006, Eckermann 2007, Winkler 2014). Winkler (2014) vermutete, dass es durch die Gebärparese nicht zu einer Störung der Leberfunktion kommt.

➤ *Glukose:*

Eine Korrelation zwischen den einzelnen Glukose- und Calciumkonzentrationen im Serum ist nur zwischen der Calciumkonzentration Tag 0 und der Glukosekonzentration am Tag 3 p.p. darstellbar. Von einem starken Zusammenhang zwischen beiden Parametern ist nicht auszugehen. Bei Schwartau (2011) zeigen sich ebenfalls keine Korrelation, nur die Odds Ratio weist auf erhöhtes Risiko an Gebärparese zu erkranken hin, wenn die Glukosekonzentration außerhalb des Referenzbereiches liegt. Dagegen ist

bei Winkler (2014) am Diagnosetag in der Gebärparesegruppe die Glukosekonzentration signifikant erhöht und sinkt dann wieder am Folgetag in den physiologischen Bereich. Auch bei Larsen et al. (2001) ist Glukose und Calcium positiv miteinander korreliert.

➤ *Harnstoff:*

Im Gegensatz zur Arbeit von Winkler (2014) zeigt sich keine enge Korrelation zwischen den Harnstoff- und den Calciumkonzentrationen. Dies entspricht auch den Beobachtungen von Schwartau (2011) und Zepperitz (1992). Bei Eckermann (2007) zeigte sich ebenfalls nur an einem Tag eine Korrelation zwischen dem Harnstoff und dem Calcium im Serum, daher ist nicht von einer Beeinflussung der Calciumkonzentration durch die Harnstoffkonzentration im Serum auszugehen. Weiterhin beschrieb Bäuml (2014) eine gesteigerte Harnstoffkonzentration bei Festliegern Tag 0 unabhängig vom Calciumstatus der Kuh.

➤ *Kreatinin:*

Zwischen dem Kreatinin und der Calciumkonzentration im Serum zeigt sich, wie bei Schwartau (2011) keine Korrelation. Bei Eckermann (2007) war auch nur p.p. ein Zusammenhang zwischen Calcium und Kreatinin festzustellen. Sie vermutete, dass die Kühe, die festliegen, den Flüssigkeitsverlust nicht entsprechend ausgleichen konnten und daher die Kreatininkonzentration stärker anstieg, als bei Kühen die selbstständig zur Tränke laufen konnten. In der vorliegenden Untersuchung werden alle Kühe direkt nach dem Kalben getränkt und allen festliegenden Kühen wurde Wasser erreichbar im unmittelbaren Liegebereich zur freien Aufnahme und ad libitum angeboten. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es durch diese Maßnahmen ein zu starker Flüssigkeitsverlust verhindert wird bzw. dieser gut ausgeglichen werden kann und es daher in der vorliegenden Untersuchung keinen Zusammenhang zwischen der Kreatinin- und der Calciumkonzentration im Serum gibt. Dies ist in weiteren Untersuchungen zu überprüfen.

➤ *Natrium:*

Nur zwischen Natrium Tag 3 p.p. und Calcium Tag 3 p.p. zeigt sich eine Korrelation und diese weist auch nur einen geringen Effekt ($r = 0,224$) auf. Daher ist im Gegensatz zu Metzner et al. (2005) kein Zusammenhang zwischen Natrium und Calcium auszumachen. Auch bei Schwartau (2011), Bäuml (2014) und Winkler (2014) waren kein signifikanter Unterschied zwischen Kühen mit Gebärparese und den Kontrolltieren darstellbar. Jedoch waren die Natriumkonzentration bei Winkler (2014) am Tag der Diagnosestellung und am Tag 1 p.p. bei allen Kühen signifikant höher als am Tag 14 p.p. Eckermann (2007) fand dagegen, dass bei den festliegenden Kühen einige

Tage p.p. geringere Natriumkonzentrationen als bei den Kontrolltieren gemessen wurden, diese sind jedoch nicht signifikant. Sie vermutete, dass diese Veränderung aufgrund der geringeren Futterraufnahme erfolgte und damit eher Folge als Ursache des geringeren Calciumspiegels ist.

➤ *Totalprotein:*

Circa 50 % des Calciums sind proteingebunden (Goff 1999, Winkler 2014). Nach der Kalbung kommt es zu Entzündungsprozessen durch die Geburtsverletzungen sowie bei Beginn der Futterraufnahme zu einem Anstieg der Proteinkonzentration im Serum. Dieser wird in den nachfolgenden Tagen wieder ausgeglichen (Eckermann 2007, Winkler 2014). Schwartau (2011) und Bäuml (2014) konnten keinen Zusammenhang zwischen dem Totalprotein und der Calciumkonzentration im Serum feststellen. Dies entspricht den Beobachtungen der vorliegenden Untersuchung.

Zepperitz (1992) stellte bei sinkender Calciumkonzentration eine steigende Proteinkonzentration fest und begründete dies mit einer Verschiebung der Calciumfraktionen bei hypocalcämischen Kühen. Möhringer (2017) konnte erst 14 Tage p.p. eine gesteigerte Proteinkonzentration bei festliegenden Kühen feststellen.

5.8 Hämatologie

Eine weitere Fragestellung war, ob die Parameter der Hämatologie an den Messpunkten vor und nach der Kalbung einen Einfluss auf die Calciumkonzentration im Serum nach der Kalbung haben.

Im Gegensatz zu Winkler (2014) zeigt sich keine Korrelation zwischen den Leukozyten a.p. und der Calciumkonzentration im Blut, obwohl Leukozyten als Zeichen für Entzündung in einem engen Zusammenhang mit Gebärparese gebracht werden (Winkler 2014). Die Beobachtungen in dieser Arbeit werden durch die Arbeit von Schwartau (2011) bestätigt.

Die Thrombozyten a.p. korrelieren positiv mit der Serumcalciumkonzentration Tag 1 p.p. und Tag 2 p.p. Der Effekt ist an beiden Tagen ($r=0,210$ und $r=0,246$) als sehr schwach zu bezeichnen, wodurch nicht von einer engen Beziehung auszugehen ist.

Das rote Blutbild a.p. zeigt in der vorliegenden Untersuchung nur vereinzelt positive Korrelationen mit jeweils nur schwache bis mäßige Effekte. Eine enge Beziehung zwischen dem roten Blutbild und Calcium lässt sich daraus nicht ableiten. Auch bei Winkler (2014) sind die Erythrozyten und der Hämatokrit bei Kühen mit Gebärparese nicht signifikant erhöht. Eine Ausnahme bildet in dieser Arbeit die Hämoglobinkonzentration am Tag der Feststellung der Gebärparese, dort ist Hämoglobin signifikant erhöht, normalisiert sich aber am nachfolgenden Tag wieder.

5.9 Harn

Im nachfolgenden Abschnitt wird der Einfluss der Harnparameter um die Kalbung auf die Calciumkonzentration nach der Kalbung betrachtet.

5.9.1 Calcium

Die Harncalciumkonzentration spiegelt die azidotischen Stoffwechsellage wider und stellt nicht die Calciumversorgung der Kuh dar. Bei einer azidotischen Stoffwechsellage wird mit Hilfe der erhöhten Calciumausscheidung die gesteigerte Mobilisation aufgezeigt (Gelfert et al. 2004). Im Gegensatz zu Eckermann (2007) zeigen sich nur vereinzelte Zusammenhänge zwischen der Harncalciumkonzentration und der Konzentration im Serum. Diese sind zwar ebenfalls positiv korreliert, jedoch ist die Effektstärke sehr gering, so dass nicht von einem starken Zusammenhang der Calciumkonzentration im Harn a.p. mit den Calciumkonzentrationen im Serum p.p. auszugehen ist.

5.9.2 Phosphor

Wie bei Eckermann (2007) zeigen sich keine Zusammenhänge zwischen der Phosphorkonzentration im Harn a.p. und der Serumcalciumkonzentration p.p.

5.9.3 Magnesium

Die Magnesiumkonzentration im Harn ist von den Trockenstehern bis zur Laktation starken Schwankungen unterworfen. Der Abfall direkt vor der Kalbung könnte mit der verminderten Futteraufnahme in Zusammenhang stehen (Eckermann 2007). Eine positive Korrelation wie bei Bender (2002) lässt sich nur beim Zusammenhang von Harnmagnesium am Tag 14 a.p. mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 1 p.p. nachvollziehen. Von einem starken Zusammenhang ist nicht auszugehen.

5.9.4 pH-Wert

Im Gegensatz zu anderen Autoren (Seifi et al. 2004, Frömer 2005) korreliert in dieser Untersuchung der pH-Wert nicht stark mit der Serumcalciumkonzentration. Nur am Tag 7 a.p. korreliert der pH-Wert negativ mit der Calciumkonzentration im Serum Tag 1 p.p., was den oben genannten Untersuchungen entsprechen würde. Jedoch ist auch der Effekt der beiden Parameter aufeinander nur schwach ($r = -0,244$), so dass in der vorliegenden Untersuchung nicht von einer Beziehung zwischen dem pH-Wert und der Calciumkonzentration im Serum auszugehen ist. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass die untersuchten Kühe keine so unterschiedlichen Stoffwechsellagen aufweisen, um einen Unterschied feststellen zu können. Es ist aber auch möglich, dass die Ergebnisse eventuell durch die Kompensation der Stoffwechsellage durch die Kuh verfälscht wurden (Eckermann 2007). Charbonneau et al. (2006) zeigte, dass eine Reduzierung des Harn pH-Wertes auf pH 7 eine sehr gute Prophylaxe für die Vermeidung von Gebärpareserkrankungen darstellt.

5.9.5 NSBA

Ähnlich wie beim pH- Konzentration zeigt sich zwischen der NSBA und der Serumcalciumkonzentration keine Korrelation. Dies widerspricht den Ergebnissen der Untersuchungen von Bender (2002), Hoops (2007) und Möhringer (2017), bei welchen eine negative Korrelation festgestellt wurde. Hoops (2007) erklärt die geringere NSBA-Konzentration mit der verminderten Futteraufnahme. Diese Feststellung unterstützt die Vermutung, dass die Stoffwechsellage der in dieser Arbeit untersuchten Kühe nicht unterschiedlich genug war, um einen signifikanten Unterschied zu zeigen.

5.9.6 Kalium

Entsprechend Eckermann (2007) nimmt die Kaliumkonzentration a.p. zur Kalbung hin ab. Nur am Tag 14 a.p. korreliert die Kaliumkonzentration im Harn positiv mit der Calciumkonzentration Tag 1 p.p., jedoch nur mit einem sehr geringen Effekt ($r = 0,193$). Daher ist nicht von einem Zusammenhang zwischen der Calciumkonzentration im Serum und der Kaliumkonzentration im Harn auszugehen. Hoops (2007) beobachtete dagegen bei Kühen mit verminderter Calciumkonzentration im Serum eine geringere Kaliumkonzentration im Harn aufgrund verminderter Kaliumaufnahme mit dem Futter.

5.9.7 Weitere Harnparameter

Dass jeweils zwischen den Basen, den Säuren, dem Ammoniak und dem BSQ im Harn mit der Calciumkonzentration im Serum keine bzw. nur einzelne Korrelationen mit geringem Effekt bestehen, entspricht den Betrachtungen des pH-Wertes und der NSBA mit der Calciumkonzentration im Serum. Möhringer (2017) konnte ebenfalls keine Abnahme des BSQ feststellen. Hoops (2007) hatte im Gegensatz zu den vorliegenden Beobachtungen niedrigere Basenkonzentrationen aufgrund verminderter Futteraufnahme bei verminderter Calciumkonzentration im Serum.

Die Natriumkonzentration im Harn korreliert negativ nur am Tag 21 a.p. mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 2 p.p. sowie die Natriumkonzentration im Harn am Tag 14 a.p. mit der Calciumkonzentration im Serum am Tag 3 p.p. Der Effekt ist aber jeweils nur schwach ($r = -0,279$ und $r = -0,201$). Eine mögliche Erklärung für diesen negativen Zusammenhang ist, dass im Gegenstromprinzip in der Niere vorliegt und Natrium ein Gegenspieler von Calcium ist (Bender 2002).

Eine Beziehung zwischen der Kreatininkonzentration sowie der Chloridkonzentration im Harn mit der Calciumkonzentration im Serum ist nicht auszumachen. Bei Hoops (2007) hatten die Kühe mit Hypocalcämie geringere Kreatininkonzentrationen aufgrund verminderter Wasseraufnahme. Kreatinin zeigt des Weiteren eine Laktationsdynamik entsprechend dem Calciumstoffwechsel (Bender 2002).

5.10 Varianzanalyse

5.10.1 Calcium Tag 0

Die Betrachtung der Varianzanalyse aller Faktoren gegen die Serumcalciumkonzentration Tag 0 bestätigt die obige Betrachtung der einzelnen Parameter.

Die Futteraufnahme (Trockensubstanzaufnahme) unmittelbar am Tag 0 hat einen engen Zusammenhang mit der Calciumkonzentration und auch mit der entsprechenden Pansen­­tätigkeit. Die Korrelationen zwischen Serumphosphor und Serumcalcium ist bereits hinreichend beschrieben worden und entspricht der Literatur. Eine biologische Ursache für den signifikanten Zusammenhang mit dem Serumalbumin am Tag 21 a.p. ist nicht sehr wahrscheinlich, vermutlich entstand dies aufgrund rechnerischer Beziehungen.

Werden nur die äußeren Faktoren analysiert, zeigt sich erneut der Zusammenhang zwischen der Futteraufnahme (Trockensubstanzaufnahme) und der Calciumkonzentration im Serum. Hinzu kommt der Einfluss der Laktationszahl, welcher bereits ebenfalls häufig in der Literatur beschrieben wurde. Bei der Betrachtung der einzelnen Laktationszahlen zeigt jedoch nur noch die 2. und 3. eine signifikante Korrelation. Bei Kühen mit einer höheren Laktationszahl scheinen andere Einflüsse eine stärkere Rolle zu spielen.

In der Varianzanalyse der Laborparameter zeigt sich ebenfalls die Phosphorkonzentration höchst signifikant und unterstützt damit den engen Zusammenhang zwischen Calcium und Phosphor. Die Beziehung mit der NEFA-Konzentration Tag 0 spiegelt das Futteraufnahmeverhalten wider. Auch hier ist die Korrelation von Serumalbumin am Tag 21 a.p. und AST am Tag 14 a.p. mit der Calciumkonzentration Tag 0 in der Varianzanalyse sehr wahrscheinlich rechnerischen Ursprungs und steht nicht in einem biologischen Zusammenhang.

5.10.2 Calcium Tag 1 p.p.

Bei der Betrachtung aller Faktoren zeigt sich der starke Einfluss der Calciuminfusion. Am Tag 1 p.p. wird der überwiegende Teil der Kühe mit Calcium behandelt. Die Calciuminfusion a.p. scheint den Effekt der Futteraufnahme zu überlagern. Erwartungsgemäß zeigen Kühe, welche am Tag 0 eine niedrigere Calciumkonzentration im Serum aufweisen, auch am Tag 1 p.p. eine niedrigere Calciumkonzentration im Serum. Dies spiegelt die langsame Calciumregulation nach der Kalbung wider. Entsprechend der Varianzanalyse der Calciumkonzentration am Tag 0, zeigt sich der Zusammenhang zwischen der Phosphorkonzentration und der Calciumkonzentration im Serum.

Bei der Betrachtung der äußeren Faktoren ist die Korrelation mit der Ohrtemperatur am Tag 0 ein Hinweis auf die bereits schlechtere Kreislaufsituation bei jenen Kühen, welche dann am Tag 1 p.p. einer niedrigeren Calciumkonzentration im Serum aufweisen. Unterstützt wird diese

Annahme durch die Betrachtung der einzelnen Kategorien, da nur kalte Ohren mit der Calciumkonzentration korrelieren. Bereits zum Einstellen kann eine sehr hohe Körperkondition das Risiko für eine niedrigere Calciumkonzentration begünstigen, da während der Trockenstehphase die Körperkondition eher zunimmt. Tiere mit einer höheren Körperkondition zum Kalben neigen häufiger zu einer niedrigeren Calciumkonzentration als Kühe mit einer geringeren Körperkondition. Dies ist in vielen Literaturquellen beschrieben. Aufgrund einer höheren Kaliumaufnahme kann durch eine metabolische Alkalose eine Veränderung der Calciumkonzentration entstanden sein. Eine biologische Ursache für den signifikanten Zusammenhang mit der Pansenfüllung Tag 9 a.p. ist nicht sehr wahrscheinlich, vermutlich ist die Korrelation aufgrund rechnerischer Beziehungen entstanden.

Bei der Auswertung der Laborparameter mit dem Calcium Tag 1 p.p. spiegelt sich die Erwartungen der Literatur wider und entspricht im Großteil den Betrachtungen bei Calcium an Tag 0 (Korrelation zwischen Phosphor und Calcium im Serum sowie NEFA und Calcium im Serum). Der starke Zusammenhang zwischen Magnesium und Calcium wurde bereits von mehreren Autoren und auch in der Einzelbetrachtung der Serumelemente in der vorliegenden Arbeit beschrieben.

5.10.3 Calcium Tag 2 p.p.

Auch bei Calcium Tag 2 p.p. zeigt sich der Zusammenhang mit der Futteraufnahme durch die Korrelation mit der Pansenfüllung am Tag 2 p.p., da sie ein sehr guter Indikator für die Futteraufnahme darstellt. Unterstützt wird dieser Zusammenhang durch die Korrelation mit der Calciumaufnahme am Tag 1 p.p. Dagegen ist bei anderen Autoren vor allem eine Korrelation zwischen der Calciumaufnahme a.p. mit der Calciumkonzentration im Serum nach der Kalbung zu finden. Die Beziehungen zu Phosphor und Magnesium im Serum entsprechen den Beobachtungen am Tag 0 und am Tag 1 p.p. Die signifikanten Korrelationen zwischen der Pansenkontraktion Tag 14 a.p. und Albumin Tag 7 a.p. sind sehr wahrscheinlich eher rechnerisch entstanden, als biologisch kausal.

Die Varianzanalyse der äußeren Faktoren entspricht den Betrachtungen aller Faktoren, in dem die Zusammenhänge von Calcium von der Betrachtung aller Faktoren die äußeren Faktoren gleichbleiben und nur die Laborparameter entfallen.

Die Korrelation mit Phosphor bei der Betrachtung der Laborparameter entspricht den vorher genannten Beziehungen zwischen Calcium und Phosphor. Die Zusammenhänge zwischen Calcium und dem Hämatokrit a.p., der AST 21 a.p. und dem Harnstoff 14 a.p. sind sehr wahrscheinlich wieder rechnerischen Ursprungs.

5.10.4 Calcium Tag 3 p.p.

Die Korrelation zwischen der DCAB 1 p.p. und der Calciumkonzentration Tag 3 p.p. zeigt den Einfluss des Säure-Basen-Haushaltes auf die Calciumhomöostase. Die Korrelationen zwischen Calcium im Serum mit der Calciumkonzentration im Serum am vorhergehenden Tag sowie mit Magnesium im Serum entsprechen den Betrachtungen an den vorhergehenden Tagen. Der Zusammenhang zu Natrium im Serum Tag 3 p.p. spiegelt einerseits den Säure-Basen-Haushalt wider, andersherum sinkt auch bei geringerer Futteraufnahme durch eine geringere Calciumaufnahme die Natriumkonzentration im Blut.

Bei der Varianzanalyse der äußeren Faktoren zeigt über die Korrelation zur DCAB wieder den Zusammenhang zwischen der Fütterung und der Calciumkonzentration im Serum durch die Beeinflussung des Säure-Basen-Haushaltes. Auch kann durch eine schlechtere Bewegungsfähigkeit weniger Futter aufgenommen worden sein und dadurch die Serumcalciumkonzentration sinken. Jedoch ist eine Korrelation zwischen der Bewegung Tag 1 p.p. und die Calciumkonzentration Tag 3 p.p. nur in der Gesamtbetrachtung erkennbar und zeigt sich nicht in der Einzelwertbetrachtung. Bei vielen Autoren ist ein Zusammenhang zwischen der Vorlaktationsleistung und der Calciumkonzentration nach der Kalbung erkennbar. Jedoch ist in dieser Arbeit nur ein Zusammenhang zwischen der Serumcalciumkonzentration Tag 3 p.p. und der Vorlaktationsleistung erkennbar, sodass nur von einer geringen Beeinflussung auf das Gesamtcalcium nach der Kalbung auszugehen ist.

Entsprechend den vorhergingen Betrachtungen zeigen sich auch bei der Analyse der Laborparameter die Zusammenhänge zu den Serumparametern Calcium am vorhergehenden Tag, Phosphor und Magnesium. Die Korrelation zwischen der BHB-Konzentration Tag 3 p.p. und die Calciumkonzentration Tag 3 p.p zeigt die Veränderungen durch eine verminderte Futteraufnahme und damit einer veränderten Fettmobilisation bei einer geringeren Calciumkonzentration im Blut. Auch die Beziehung zu der Albuminkonzentration Tag 3 p.p. symbolisiert die Abhängigkeit zwischen der Futteraufnahme und der Calciumkonzentration im Serum. Die Korrelation zu der AST-Aktivität Tag 14 a.p. ist sehr wahrscheinlich rechnerisch entstanden.

6 Schlussfolgerungen

- Aus den tierindividuellen Faktoren a.p. (Laktationsnummer, Körperkondition, Milchleistung, Erkrankungen, Bewegung) lassen sich keine starken Rückschlüsse auf die Calciumkonzentration im Serum p.p. ziehen. Lediglich aus der Laktationsnummer kann eine Vorhersage getroffen werden. Je höher die Laktationsnummer ist, desto niedriger ist die Calciumkonzentration p.p.
- Nach der Kalbung haben die Ohrtemperatur und die Pansenfüllung einen Einfluss auf die Calciumkonzentration. Eine geringere Bewegung in dieser Untersuchung ist, aufgrund der guten Versorgungslage der Kühe mit Futter und Wasser, vermutlich eher durch eine niedrigere Calciumkonzentration entstanden, als dass das Bewegungsvermögen der Kühe die Calciumkonzentration im Serum beeinflusst hat. Kein Effekt auf die Serumcalciumkonzentration p.p. zeigte die Milchmenge und die Körpertemperatur.
- Eine Hypocalcämie in der vorliegenden Arbeit mit den verwendeten Medikamenten zu beeinflussen, ist nur begrenzt möglich. Die Gabe von Vitamin D₃ beeinflusst nur die Calciumkonzentration am Tag 0. Mittels der subcutanen Calciuminfusionen p.p. kann lediglich die Calciumkonzentration am Tag 1 p.p. beeinflusst werden. Die Bolusgabe von Calcium zeigt keine Wirkung auf die Calciumkonzentration.
- Keinerlei Beeinflussung und damit Vorhersagekraft zeigt die Witterung und die Kalbung (Verlauf und Anzahl Kälber bzw. Totgeburt) auf die Calciumkonzentration im Serum p.p.
- Ein guter Vorhersagewert für die Serumcalciumkonzentration p.p. ist die Futteraufnahme ab Tag 1 a.p. Eine Aussage über die Calciumkonzentration im Serum p.p. kann mittels der Futteraufnahme a.p. vor Tag 1 a.p. nicht mehr gemacht werden. Nach der Kalbung kann zwischen der Trockensubstanzaufnahme am Tag 1 p.p. und allen Calciumkonzentrationen im Serum p.p. ein Zusammenhang hergestellt werden.
- Die Variabilität der DCAB in der vorliegenden Arbeit ist sehr gering und dadurch zeigt die DCAB auch keinen Zusammenhang mit der Serumcalciumkonzentration.
- Die Menge der aufgenommenen Futterelemente hängt sehr stark von der Futteraufnahmemenge ab. Dementsprechend sind auch die Korrelationen verteilt. Mit Ausnahme von Schwefel zeigen die bei den untersuchten Elementen auftretenden Korrelationen einen positiven Zusammenhang mit der Calciumkonzentration nach der Kalbung. Schwefel hat dagegen eine negative Korrelation mit Calcium.
- Einen Einfluss auf die Hypocalcämie p.p. konnte durch die Blutserumcalciumkonzentrationen a.p. nicht nachgewiesen werden. Ein Zusammenhang zwischen den einzelnen Calciumkonzentrationen entsteht erst p.p., aber auch nur von einem Tag zum nächsten.

- Die Blutserumphosphorkonzentration zeigt dieselben Zusammenhänge mit Calcium wie zwischen den Calciumkonzentrationen. Dadurch entsteht nur p.p. von der Phosphorkonzentration von einem Tag zu der Calciumkonzentration im Serum am nächsten Tag eine Möglichkeit der Vorhersage.
- Der Zusammenhang zwischen Calcium und Magnesium ist sogar nur am gleichen Tag zu finden.
- Die NEFA -Konzentration zeigt nur um die Kalbung eine Korrelation mit der Calciumkonzentration im Serum. BHB und das Kalium im Serum haben keine Beeinflussung auf die Serumcalciumkonzentration.
- Die Betrachtung der weiteren Serumkonzentrationen bringt nur Zusammenhänge zwischen den AST-Aktivitäten und den Albuminkonzentrationen mit der Calciumkonzentration im Serum zu Tage. Vermutlich aufgrund der guten Versorgungslage zeigten die weiteren gemessenen Serumkonzentrationen keinen Einfluss auf die Calciumkonzentration.
- Die im roten Blutbild a.p. untersuchten Parameter zeigen nur vereinzelt und dann auch nur sehr schwache Zusammenhänge mit der Calciumkonzentration im Serum p.p.
- Die Harnparameter a.p. zeigen kein Zusammenhang mit der Serumcalciumkonzentration p.p. und können damit auch nicht als Vorhersageinstrument genutzt werden.

7 Zusammenfassung

Die Hypocalcämie ist immer noch mit einem hohen Risikopotential für die Kühe nach der Kalbung und mit hohen Kosten durch die Behandlung und den Folgekosten verbunden. Trotz intensiver Forschungsarbeit sind immer noch nicht alle Zusammenhänge über die Entstehung von Hypocalcämien bei Milchkühen geklärt. Als eine der häufigsten Produktionskrankheiten ist es wichtig, Ansatzpunkte zu erforschen, die eine Möglichkeit bieten, der Hypocalcämie vorzubeugen.

Dazu werden im Rahmen dieser Arbeit 109 pluripare Kühe der Rasse Holstein-Friesian im peripartalen Zeitraum betrachtet. Vor der Kalbung erfolgen die Untersuchungen ab 3 Wochen vor dem errechneten Kalbedatum montags und donnerstags um 6 Uhr im wöchentlichen Abstand. Direkt nach der Kalbung (Tag 0) findet eine Untersuchung statt und dann an den folgenden 3 Tagen täglich eine Untersuchung um 9 Uhr. Die Untersuchungen erfassen dabei den allgemeinen Gesundheitsstatus mittels einer Allgemeinuntersuchung und den Body Condition Score. Entsprechend dem Probenplan werden Blut- und Harnuntersuchungen sowie Rückenfettdickemessungen und Wägungen durchgeführt. Zusätzlich werden die Fütterungs-, Milchleistungs- und Krankheitsdaten erhoben. Die erfassten Daten werden unter Anwendung der Regressionsanalyse und dem Varianzmodell mit den Calciumkonzentrationen in Beziehung gesetzt.

Die Calciumkonzentration im Serum nach der Kalbung wird von vielen verschiedenen Faktoren signifikant beeinflusst. Vor der Kalbung hat vor allem die Laktationszahl und die Futteraufnahme am Tag 1 a.p. eine Beziehung zu der Serumcalciumkonzentration nach der Kalbung. Mit zunehmender Laktationszahl steigt das Risiko nach der Kalbung eine Hypocalcämie zu steigen. Die Futteraufnahme um die Kalbung hat einen starken Einfluss auf die Calciumkonzentration. Je höher die Futteraufnahme in diesem Zeitraum ist, desto höher ist die Calciumkonzentration im Serum nach der Kalbung.

Nach der Kalbung zeigen die Ohrtemperatur, die Pansenfüllung, die Futteraufnahme, die Calciumkonzentration, die Phosphorkonzentration und die Magnesiumkonzentration im Serum eine signifikante Korrelation mit der Calciumkonzentration im Serum p.p. Vereinzelt treten noch Zusammenhänge mit anderen Laborwerten auf. Diese sind aber nicht sehr signifikant. Wärmere Ohren und eine stärkere Pansenfüllung haben einen positiven Effekt auf eine höhere Calciumkonzentration p.p. Eine Beeinflussung durch Medikamente ist nur begrenzt möglich. Ein Zusammenhang mit der Witterung konnte nicht hergestellt werden.

Durch die geringe Variabilität der DCAB konnte in dieser Arbeit kein Zusammenhang mit der Calciumkonzentration hergestellt werden, des Weiteren wird der Einfluss durch die Fütterungselemente durch die Futterraufnahme überlagert. Die Futterraufnahme zeigt ab Tag 1 a.p. einen Zusammenhang mit den Calciumkonzentrationen im Serum.

Die Messwerte von Calcium, Phosphor und Magnesium im Serum beeinflussen die Calciumkonzentration im Serum p.p. entweder nur am selben Tag oder maximal ein Tag im Vorhinein. Dabei sind die Calciumkonzentrationen untereinander sowie mit den Phosphorkonzentrationen positiv miteinander korreliert. Im Gegensatz dazu zeigt sich zwischen den Magnesiumkonzentrationen mit den Calciumkonzentrationen eine negative Korrelation. Mittels der Parameter des roten Blutbildes a.p. und der Harnuntersuchung wird die Calciumkonzentration im Serum p.p. nicht stark beeinflusst.

8 Summary

Investigation of influencing factors on the postpartum calcium concentration in the blood serum of Holstein-Friesian cows

Hypocalcemia still is associated with a high-risk potential for cows after calving and with high costs due to treatment and follow-up costs. Despite intensive research, not all correlations in the development of hypocalcemia in dairy cows are, yet to be clarified. Since it is one of the most frequent production diseases, it is important to explore approaches to provide a way to prevent hypocalcemia.

For this purpose, I observed 109 pluriparous Holstein-Friesian cows in the peripartal period. Before calving weekly examinations take place starting 3 weeks before the expected date of calving on Monday or Thursday at 6.00. The next examinations take places immediately after calving (day 0) an investigation occur and the following three days at 9.00. The examinations include the general health status recorded through a general examination and the body condition score. Blood and urine tests as well as back fat thickness and body weight measurements are carried out according to the sampling plan. In addition data about, the feeding, milk performance and diseases are registered. The recorded data connected with the concentrations of calcium by using the regression analysis and the variance model.

The serum calcium concentration after calving is significantly influenced by many different factors. Before calving especially the lactation number and the feed intake on day 1 a.p. have a correlation with the serum calcium concentration after calving. With increasing lactation number the risk of hypocalcemia rises after calving. Feed intake around calving has a strong influence on the calcium concentration. The higher the feed intake during this period, the higher is the serum calcium concentration after calving.

After calving, the ear temperature, rumen filling, feed intake, calcium concentration, phosphorus concentration and serum magnesium concentration show a significant correlation with the serum calcium concentration p.p. Occasionally there are correlations with other laboratory values. However, these are not or hardly significant. Warmer ears and a stronger rumen fill have a positive effect on a higher calcium concentration p.p. The influence of medication is limited and a connection with the weather could not be seen.

Due to the low variability of DCAB no correlation calcium concentration could be seen in this work. Furthermore the influence of the feeding elements is overshadowed by the feed intake. From day 1 a.p., the feed intake shows a connection with the calcium concentrations in the serum.

The measured values of calcium, phosphorus and magnesium in the serum correlates to the calcium concentration in the serum p.p. either only for one day or most one day before. The calcium concentrations are positively correlated with one another and with the phosphorus concentrations. Opposed to this, the magnesium concentration and calcium concentrations, are negativly correlated. The calcium concentration in the serum is not affected by parameters of the haemogram and urin alysis.

9 Literaturverzeichnis

- Aeberhard, K., R. Bruckmaier, U. Kuepfer und J. Blum (2001)
"Milk yield and composition, nutrition, body conformation traits, body condition scores, fertility and diseases in high-yielding dairy cows—part 1"
Journal Of Veterinary Medicine Series A 48(2): 97-110
- Afshar Farnia, S., A. Rasooli, M. Nouri, A. Shahryari, M. Khosravi Bakhtiary und P. D. Constable (2018)
"Effect of postparturient oral calcium administration on serum total calcium concentration in Holstein cows fed diets of different dietary cation-anion difference in late gestation"
Research In Veterinary Science 117: 118-124
- Alpers, I. (2007).
"Untersuchung über den Einfluss einer intramuskulären Injektion von 10 Millionen IE Vitamin D 3 auf den Behandlungserfolg bei der hypokalzämischen Gebärparese"
Dissertation Freie Universität Berlin
- Bao, J. und P. Giller (1991)
"Observations on the changes in behavioral activities of dairy-cows prior to and after parturition"
Irish Veterinary Journal 44(4-6): 43-47.
- Bäumel, D. (2014).
"Vorkommen und Bedeutung von Normokalzämien bei post partum festliegenden Kühen"
Dissertation Universität Leipzig
- Bender, S. (2002).
"Einsatz der Harnuntersuchung zur Beurteilung des Säure-Base- und Mineralstoffhaushaltes im Rahmen der prophylaktischen Bestandsbetreuung von Milchviehherden"
Dissertation Freie Universität Berlin
- Bendixen, P., B. Vilson, I. Ekesbo und D. J. P. v. m. Åstrand (1987)
"Disease frequencies in dairy cows in Sweden. III. Parturient paresis"
Preventive Veterinary Medicine 5(2): 87-97
- Benzaquen, M., K. N. Galvao, A. E. Coleman, J. E. Santos, J. P. Goff und C. A. Risco (2015)
"Effect of oral mineral and energy supplementation on blood mineral concentrations, energetic and inflammatory profile, and milk yield in dairy cows affected with dystocia"
The Veterinary Journal 204(2): 186-191
- Block, E. (1984)
"Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever"
Journal Of Dairy Science 67(12): 2939-2948
- Bouillon, R., S. Van Cromphaut und G. Carmeliet (2003)
"Intestinal calcium absorption: Molecular vitamin D mediated mechanisms"
Journal Of Cellular Biochemistry 88(2): 332-339
- Braun, U., W. Jehle, N. Siegwart, U. Bleul und M. Hässig (2006)
"Behandlung der Gebärparese mit hochdosiertem Kalzium"
Schweizer Archiv für Tierheilkunde 148(3): 121-129

- Breves, G. (1991)
"Physiologische Grundlagen des gastrointestinalen P-Umsatzes und Bedeutung einer nicht bedarfsdeckenden P-Versorgung bei kleinen Wiederkäuern"
Übersichten Zur Tierernährung 19: 23-44
- Breves, G. (2002)
"Ursachen und Wirkungen von Hypophosphatämien aus physiologischer Sicht"
Kongressband 2. Leipziger Tierärztekongress: 266-267
- Bronner, F. (2003)
"Mechanisms of intestinal calcium absorption"
Journal Of Cellular Biochemistry 88(2): 387-393
- Bühl, A. (2008)
"SPSS 16: Einführung in die moderne Datenanalyse"
Pearson Deutschland GmbH
- Burfeind, O. (2011)
"Validation of possible cow-side parameters for early detection of sickness in dairy cattle"
Dissertation Freie Universität Berlin
- Burfeind, O., P. Sepulveda, M. A. von Keyserlingk, D. M. Weary, D. M. Veira und W. Heuwieser (2010)
"Technical note: Evaluation of a scoring system for rumen fill in dairy cows"
Journal Of Dairy Science 93(8): 3635-3640
- Burfeind, O., M. A. von Keyserlingk, D. M. Weary, D. M. Veira und W. Heuwieser (2010)
"Short communication: repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows"
Journal Of Dairy Science 93(2): 624-627
- Caixeta, L. S., P. A. Ospina, M. B. Capel und D. V. Nydam (2015)
"The association of subclinical hypocalcemia, negative energy balance and disease with bodyweight change during the first 30 days post-partum in dairy cows milked with automatic milking systems"
The Veterinary Journal 204(2): 150-156
- Chamberlin, W. G., J. R. Middleton, J. N. Spain, G. C. Johnson, M. R. Eilersieck und P. Pithua (2013)
"Subclinical hypocalcemia, plasma biochemical parameters, lipid metabolism, postpartum disease, and fertility in postparturient dairy cows"
Journal Of Dairy Science 96(11): 7001-7013
- Chan, P. S., J. W. West und J. K. Bernard (2006)
"Effect of prepartum dietary calcium on intake and serum and urinary mineral concentrations of cows"
Journal Of Dairy Science 89(2): 704-713
- Charbonneau, E., D. Pellerin und G. R. Oetzel (2006)
"Impact of lowering dietary cation-anion difference in nonlactating dairy cows: a meta-analysis"
Journal Of Dairy Science 89(2): 537-548
- Christakos, S. (2012)
"Recent advances in our understanding of 1,25-dihydroxyvitamin D3 regulation of intestinal calcium absorption"
Archives Of Biochemistry and Biophysics 523(1): 73-76

- Cohen, J. (1992)
"A power primer"
Psychological Bulletin 112(1): 155
- Contreras, L. L., C. M. Ryan und T. R. Overton (2004)
"Effects of dry cow grouping strategy and prepartum body condition score on performance and health of transition dairy cows"
Journal Of Dairy Science 87(2): 517-523
- Correa, M. T., H. Erb und J. Scarlett (1993)
"Path analysis for seven postpartum disorders of Holstein cows"
Journal Of Dairy Science 76(5): 1305-1312
- Curtis, C., H. Erb, C. Sniffen, R. Smith, P. Powers, M. Smith, M. White, R. Hillman und E. Pearson (1983)
"Association of parturient hypocalcaemia with eight periparturient disorders in Holstein cows"
Journal Of The American Veterinary Medical Association 183: 559 - 561
- Dallmeyer, M. (2007)
"Untersuchungen zum peripartalen Festliegen von Kühen unter Berücksichtigung der Wirksamkeit einer oralen Zusatztherapie mit einem Calcium-Phosphor-Präparat"
Dissertation Freie Universität Berlin
- DeGaris, P. J. und I. J. Lean (2008)
"Milk fever in dairy cows: a review of pathophysiology and control principles"
The Veterinary Journal 176(1): 58-69
- Dirksen, G. und W. Baumgartner (2006)
"Innere Medizin und Chirurgie des Rindes - Kapitel: Hypokalzämische Gebärlähmung"
Parey
- Dirksen, G., H. Gründer und M. Stöber von Enke (2012)
"Die klinische Untersuchung des Rindes"
Enke
- Drackley, J. K. (1999)
"ADSA foundation scholar award. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier?"
Journal Of Dairy Science 82(11): 2259-2273
- Drackley, J. K. (2002)
"The Role of Nutrition and Management in Prevention of Metabolic Disorders in Periparturient Dairy Cows"
BPT-Kongress Nürnberg, Vortragszusammenfassungen: 28-45
- Düring, F. und E. Ernst (1989)
"Influence of breed and non-genetic effects on the frequency of health disorders in North German dairy herds"
Journal Of Animal Breeding and Genetics 106(1-6): 129-140
- Dyrendahl, I., B. Henricson und G. J. Z. f. V. R. A. Jönsson (1972)
"Clinical puerperal paresis and hypocalcaemia in cattle a statistical and genetic investigation"
Zentralblatt Für Veterinärmedizin Reihe A 19(8): 621-638

- Eckermann, K. (2007)
"Stoffwechseluntersuchungen in der Trockenstehperiode bei gesunden und postpartum festliegenden Kühen"
Dissertation Universität Leipzig
- Erb, H. und Y. Grohn (1988)
"Epidemiology of metabolic disorders in the periparturient dairy cow"
Journal Of Dairy Science 71(9): 2557-2571
- Espino, L., M. L. Suarez, G. Santamarina, A. Goicoa und L. E. Fidalgo (2005)
"Effects of dietary cation-anion difference on blood cortisol and ACTH levels in reproducing ewes"
Journal Of Veterinary Medicine Series A 52(1): 8-12
- Fleischer, P., M. Metzner, M. Beyerbach, M. Hoedemaker und W. Klee (2001)
"The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows"
Journal Of Dairy Science 84(9): 2025-2035
- Frey, H.-H. und W. Löscher (2002)
"Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin"
Enke
- Frömer, S. (2005)
"Untersuchungen zum Effekt verschiedener Anionenergänzungen auf die renale Elektrolytausscheidung und ihre diagnostische Aussagekraft hinsichtlich eines Einsatzes in der Gebärdpareseprophylaxe bei Milchkühen"
Dissertation Freie Universität Berlin
- Gast, D. R., R. L. Horst, N. A. Jorgensen und H. F. DeLuca (1979)
"Potential use of 1,25-dihydroxycholecalciferol for prevention of parturient paresis"
Journal Of Dairy Science 62(6): 1009-1013
- Gebreselassie, H. (2009)
"Prophylaktische Wirkung zweimaliger oraler Calciumchlorid-Gaben gegen Gebärdparese bei Kühen"
Dissertation Universität Leipzig
- Gelfert, C.-C. (2011)
"Untersuchungen zur peripartalen Hypokalzämie und Gebärdparese der Milchkuh"
Habilitationsschrift Freie Universität Berlin
- Gelfert, C., M. Zarrath, S. Eustermann und R. Staufenbiel (2004)
"Überwachung des Einsatzes saurer Salze in Milchviehherden durch Futter- und Harnuntersuchungen"
Praktischer Tierarzt 85: 422-430
- Gelfert, C. C., I. Alpers, M. Dallmeyer, M. Decker, A. Huting, S. Lesch, W. Baumgartner und R. Staufenbiel (2007)
"Factors affecting the success rate of treatment of recumbent dairy cows suffering from hypocalcaemia"
Journal Of Veterinary Medicine Series A 54(4): 191-198

Gelfert, C. C., S. Hauser, A. Loptien, N. Montag, M. Passmann, W. Baumgartner und R. Staufenberg (2006)

"Impact of a simultaneous application of anionic salts and rumen buffer on acid-base-balance and mineral metabolism in dairy cows"

Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift 119(5-6): 244-250

Gelfert, C. C., S. Leonie Loeffler, S. Fromer, M. Engel, H. Hartmann, K. Manner, W. Baumgartner und R. Staufenberg (2007)

"The impact of dietary cation anion difference (DCAD) on the acid-base balance and calcium metabolism of non-lactating, non-pregnant dairy cows fed equal amounts of different anionic salts"

Journal Of Dairy Research 74(3): 311-322

Gelfert, C. C., S. Lesch, I. Alpers, M. Decker, A. Hüting, W. Baumgartner und R. Staufenberg (2005)

"Untersuchungen zum Auftreten der Gebärdparese in verschiedenen Regionen Deutschlands und zum Einsatz unterschiedlicher Therapien im Vergleich zur Kalziuminfusion* Teil 1: Klinische Symptome und Verhalten der Mengenelemente"

Tierärztliche Praxis Großtiere 33(6): 411-418

Gelfert, C. C. und R. Staufenberg (2008)

"The role of dietary calcium concentration in the use of anionic salts to prevent parturient paresis in dairy cows"

Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift 121(7-8): 256-262

Gild, C., N. Alpert und M. Van Straten (2015)

"The influence of subclinical hypocalcemia on production and reproduction parameters in Israeli dairy herds"

Israel Journal Of Veterinary Medicine 70(1): 16-21.

Goff, J. P. (1999)

"Treatment of calcium, phosphorus, and magnesium balance disorders"

Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice 15(3): 619-639, viii

Goff, J. P. (2000)

"Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders"

Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice 16(2): 319-337, vii

Goff, J. P. (2004)

"Macromineral disorders of the transition cow"

Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice 20(3): 471-494, v

Goff, J. P. (2006)

"Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders"

Animal Feed Science And Technology 126(3): 237-257

Goff, J. P. (2008)

"The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows"

The Veterinary Journal 176(1): 50-57

Goff, J. P. (2014)

"Calcium and magnesium disorders"

Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice 30(2): 359-381, vi

- Goff, J. P., E. C. Brummer, S. J. Henning, R. K. Doorenbos und R. L. Horst (2007)
"Effect of application of ammonium chloride and calcium chloride on alfalfa cation-anion content and yield"
Journal Of Dairy Science 90(11): 5159-5164
- Goff, J. P. und R. L. Horst (1993)
"Oral administration of calcium salts for treatment of hypocalcemia in cattle"
Journal Of Dairy Science 76(1): 101-108
- Goff, J. P. und R. L. Horst (1994)
"Calcium salts for treating hypocalcemia: carrier effects, acid-base balance, and oral versus rectal administration"
Journal Of Dairy Science 77(5): 1451-1456
- Goff, J. P., R. L. Horst, F. J. Mueller, J. K. Miller, G. A. Kiess und H. H. Dowlen (1991)
"Addition of chloride to a prepartal diet high in cations increases 1,25-dihydroxyvitamin D response to hypocalcemia preventing milk fever"
Journal Of Dairy Science 74(11): 3863-3871
- Goff, J. P., A. Liesegang und R. L. Horst (2014)
"Diet-induced pseudohypoparathyroidism: A hypocalcemia and milk fever risk factor"
Journal Of Dairy Science 97(3): 1520-1528
- Götze, K. (2017).
"Untersuchungen zur Aussagekraft der Pansenfüllungsbenotung als antepartaler Indikator für die Gesundheit, Fruchtbarkeit und Milchleistung in der Folgelaktation bei Holstein-Friesian Kühen"
Dissertation Freie Universität Berlin
- Grabherr, H., M. Spolders, G. Flachowsky und M. Fürll (2008)
"Influence of zeolite A supplementation during the dry period of dairy cows on feed intake, on the macro and trace element metabolism around calving and milk yield in the following lactation"
Berliner Und Munchener Tierärztliche Wochenschrift 121(1-2): 41-52
- Grabherr, H., M. Spolders, M. Fürll und G. Flachowsky (2009)
"Effect of several doses of zeolite A on feed intake, energy metabolism and on mineral metabolism in dairy cows around calving"
Journal Of Animal Physiology and Animal Nutrition 93(2): 221-236
- Grohn, Y. T., S. W. Eicker und J. A. Hertl (1995)
"The association between previous 305-day milk yield and disease in New York State dairy cows"
Journal Of Dairy Science 78(8): 1693-1702
- Hall, J. E. (2016)
"Gyton and Hall: Textbook of medical physiology"
Elsevier
- Hartmann, H. und C. Bandt (2000)
"Pathophysiological mechanisms of metabolism of calcium (Ca) and magnesium (Mg), and the importance of renal fractional excretion (FE) for the diagnosis of electrolyte disturbances in cattle"
Tierärztliche Praxis Ausgabe Grobtiere Nutztiere 28(4): 190-198

- Hoops, M. (2007).
"Peripartaler Stoffwechsel und Morbidität bei Hochleistungskühen während eines Jahres [Dissertation med. vet]"
Dissertation Universität Leipzig
- Horst, R. L., J. P. Goff und T. A. Reinhardt (1994)
"Calcium and vitamin D metabolism in the dairy cow"
Journal Of Dairy Science 77(7): 1936-1951
- Horst, R. L., J. P. Goff und T. A. Reinhardt (2003)
"Role of vitamin D in calcium homeostasis and its use in prevention of bovine periparturient paresis"
Acta Veterinaria Scandinavica Supplementum 97: 35-50
- Horst, R. L., J. P. Goff, T. A. Reinhardt und D. R. Buxton (1997)
"Strategies for preventing milk fever in dairy cattle"
Journal Of Dairy Science 80(7): 1269-1280
- Houe, H., S. Ostergaard, T. Thilising-Hansen, R. J. Jorgensen, T. Larsen, J. T. Sorensen, J. F. Agger und J. Y. Blom (2001)
"Milk fever and subclinical hypocalcaemia - an evaluation of parameters on incidence risk, diagnosis, risk factors and biological effects as input for a decision support system for disease control"
Acta Veterinaria Scandinavica 42(1): 1-29
- Husband, J. (2005)
"Strategies for the control of milk fever"
In Practice 27(2): 88-92.
- Jäschke, K. (2007)
"Untersuchungen zum Vorhersagewert tierindividueller Indikatoren zur Erkennung von Krankheiten bei Milchkühen in der Transitionsphase"
Dissertation Freie Universität Berlin
- Jawor, P. E., J. M. Huzzey, S. J. LeBlanc und M. A. von Keyserlingk (2012)
"Associations of subclinical hypocalcemia at calving with milk yield, and feeding, drinking, and standing behaviors around parturition in Holstein cows"
Journal Of Dairy Science 95(3): 1240-1248
- Jessen, A. (2010)
"Untersuchungen zur Verbesserung des praktischen Einsatzes von Anionenrationen zur sicheren und wirkungsvollen Prophylaxe der Hypokalzämie auf Herdenebene"
Dissertation Freie Universität Berlin
- Jorgensen, R. J., N. R. Nyengaard, S. Hara, J. M. Enemark und P. H. Andersen (1998)
"Rumen motility during induced hyper- and hypocalcaemia"
Acta Veterinaria Scandinavica 39(3): 331-338
- Kerwin, A. und T. Overton (2018)
"Dietary management of subclinical hypocalcemia with zeolite A"
Pro Dairy: 1-2
- Kirchgeßner, M. (2004)
"Tierernährung "
DLG-Verlags-GmbH

- Klimiene, I., V. Spakauskas und A. Matusевичius (2005)
"Correlation of different biochemical parameters in blood sera of healthy and sick cows"
Veterinary Research Communications 29(2): 95-102
- Kocabagli, N. (2018)
"Prevention of Milk Fever: A Herd Health Approach to Dairy Cow Nutrition"
Archives Of Animal Husbandry & Dairy Science 1(1): 1-3
- Kronqvist, C., U. Emanuelson, R. Sporndly und K. Holtenius (2011)
"Effects of prepartum dietary calcium level on calcium and magnesium metabolism in periparturient dairy cows"
Journal Of Dairy Science 94(3): 1365-1373
- Kronqvist, C., U. Emanuelson, M. Traven, R. Sporndly und K. Holtenius (2012)
"Relationship between incidence of milk fever and feeding of minerals during the last 3 weeks of gestation"
Animal 6(8): 1316-1321.
- Kutas, F. (1965)
"Determination of net acid-base excretion in the urine of cattle. A method for the estimation of acid-base equilibrium"
Acta Veterinaria Academiae Scientiarum Hungaricae 15: 147-153
- Larsen, T., G. Moller und R. Bellio (2001)
"Evaluation of clinical and clinical chemical parameters in periparturient cows"
Journal Of Dairy Science 84(7): 1749-1758
- Larsson, L., K. A. Bjorsell, C. Kvarn und S. Ohman (1983)
"Clinical signs and serum ionized calcium in parturient paretic cows"
Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A 30(6): 401-409
- Lean, I. J., P. J. DeGaris, D. M. McNeil und E. Block (2006)
"Hypocalcemia in Dairy Cows: Meta-analysis and Dietary Cation Anion Difference Theory Revisited"
Journal Of Dairy Science 89(2): 669-684
- Lesch, S. (2005).
"Untersuchungen zum peripartalen Festliegen von Kühen der Rassen Fleckvieh und Holstein-Friesian"
Dissertation Freie Universität Berlin
- Lesch, S., C. Gelfert und R. Staufenbiel (2006)
"Untersuchungen zum peripartalen Festliegen von Kühen"
Praktischer Tierarzt 7(5): 380-386
- Littledike, E. T. und R. L. Horst (1982)
"Vitamin D3 toxicity in dairy cows"
Journal Of Dairy Science 65(5): 749-759
- Mahlkow-Nerge, K. und L. Schlewig-Holstein (2002)
"Gesunderhaltung der Hochleistungskuh durch gezielte Fütterungsmaßnahmen"
Großtierpraxis 4: 08

- Martens, H. und M. Schweigel (2003)
"Influence of potassium on Mg- and Ca-metabolism in cows: effects and side effects of scientific research"
Schweizer Archiv Für Tierheilkunde 145(12): 577-583
- Martín-Tereso, J. und H. Martens (2014)
"Calcium and magnesium physiology and nutrition in relation to the prevention of milk fever and tetany (dietary management of macrominerals in preventing disease)"
Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice 30(3): 643-670
- Martin-Tereso, J., H. ter Wijlen, H. van Laar und M. W. Verstegen (2014)
"Peripartal calcium homeostasis of multiparous dairy cows fed rumen-protected rice bran or a lowered dietary cation/anion balance diet before calving"
Journal Of Animal Physiology And Animal Nutrition 98(4): 775-784
- Martinez, N., C. A. Risco, F. S. Lima, R. S. Bisinotto, L. F. Greco, E. S. Ribeiro, F. Maunsell, K. Galvão und J. E. P. Santos (2012)
"Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease"
Journal Of Dairy Science 95(12): 7158-7172
- McArt, J. und G. Oetzel (2015)
"A stochastic estimate of the economic impact of oral calcium supplementation in postparturient dairy cows"
Journal Of Dairy Science 98(10): 7408-7418
- Melendez, P., G. Donovan, C. Risco, R. Littell und J. Goff (2003)
"Effect of calcium-energy supplements on calving-related disorders, fertility and milk yield during the transition period in cows fed anionic diets"
Theriogenology 60(5): 843-854
- Metzner, M., W. Heuwieser und W. Klee (1993)
"Die Beurteilung der Körperkondition (body condition scoring) im Herdenmanagement"
Der Praktische Tierarzt: 991-998
- Metzner, M. und W. Klee (2005)
"Klinische Befunde und Serumparameter bei festliegenden Kühen unter besonderer Berücksichtigung der Serumphosphorkonzentrationen"
Tierärztliche Umschau 60: 13-22
- Möhringer, F. (2017)
"Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen den Blutserumkonzentrationen an Kalzium und anorganischem Phosphor und dem postpartalen Krankheitskomplex sowie der Leistung von Holstein Friesian Milchkühen"
Dissertation Freie Universität Berlin
- Moritz, A., W. Kraft und U. M. Dürr (2013)
"Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin"
Schattauer Verlag
- Oetzel, G. R. (1991)
"Meta-analysis of nutritional risk factors for milk fever in dairy cattle"
Journal Of Dairy Science 74(11): 3900-3912

- Oetzel, G. R. (2013)
"Oral calcium supplementation in peripartum dairy cows"
Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice 29(2): 447-455
- Ogilvie, T. H. (1998)
"Large animal internal medicine"
Williams & Wilkins
- Ostergaard, S. und Y. Grohn (1999)
"Effects of diseases on test day milk yield and body weight of dairy cows from danish research herds"
Journal Of Dairy Science 82: 1188 - 1201
- Pallesen, A., F. Pallesen, R. J. Jørgensen und T. Thilising (2008)
"Effect of pre-calving zeolite, magnesium and phosphorus supplementation on periparturient serum mineral concentrations"
The Veterinary Journal 175(2): 234-239
- Perruchoud, T., A. Maeschli, H. Bachmann, M. Walkenhorst, G. Schüpbach, M. Mevissen und P. Zanolari (2017)
"Diagnose, Therapie und prophylaktische Massnahmen der Gebärparese beim Rind: Ergebnisse der Online-Umfrage bei Schweizer Tierärzten"
Schweizer Archiv Für Tierheilkunde
- Peterson, A. B., M. W. Orth, J. P. Goff und D. K. Beede (2005)
"Periparturient responses of multiparous holstein cows fed different dietary phosphorus concentrations prepartum"
Journal Of Dairy Science 88(10): 3582-3594
- Pfeffer, E. (2002)
"Wieviel Phosphor braucht die Kuh?"
Kongressband 2. Leipziger Tierärztekongress: 262-265
- Phillippo, M., G. W. Reid und I. M. Nevison (1994)
"Parturient hypocalcaemia in dairy cows: effects of dietary acidity on plasma minerals and calciotropic hormones"
Research In Veterinary Science 56(3): 303-309
- Piatkowski, B., H. Gürtler und J. Voigt (1995)
"Grundzüge der Wiederkäuerernährung, Intermediärstoffwechsel"
Gustav Fischer Verlag Jena
- Pichon, S. (2008)
"Analyse von Festliegerursachen bei Kühen : eine Praxisstudie"
Dissertation Universität Leipzig
- Prußbeit, J. (2016)
"Effekt einer zusätzlichen Kalziumgabe und/oder der Variation des Milchentzuges auf die Wirkung einer Anionenration zur Prophylaxe der Hypokalzämie von Milchkühen"
Dissertation Freie Universität Berlin
- Razzaghi, A., H. Aliarabi, M. M. Tabatabaei, A. A. Saki, R. Valizadeh und P. Zamani (2012)
"Effect of Dietary Cation-Anion Difference during Prepartum and Postpartum Periods on Performance, Blood and Urine Minerals Status of Holstein Dairy Cow"
Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences 25(4): 486-495

- Reinhardt, T. A., R. L. Horst und J. P. Goff (1988)
"Calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis in ruminants"
Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice 4(2): 331-350
- Reinhardt, T. A., J. D. Lippolis, B. J. McCluskey, J. P. Goff und R. L. Horst (2011)
"Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds"
The Veterinary Journal 188(1): 122-124
- Ringarp, N., C. Rydberg, O. Damberg und B. Boström (1967)
"Versuch einer vorbeugenden Behandlung der Puerperalparese bei Kühen mittels peroraler Zufuhr von Kalziumchlorid-Gel"
Zentralblatt Für Veterinärmedizin Reihe A 14(3): 242-251
- Riond, J. L. (2001)
"Animal nutrition and acid-base balance"
European Journal Of Nutrition 40(5): 245-254
- Roche, J. R. und D. P. Berry (2006)
"Periparturient climatic, animal, and management factors influencing the incidence of milk fever in grazing systems"
Journal Of Dairy Science 89(7): 2775-2783
- Roche, J. R., N. C. Friggens, J. K. Kay, M. W. Fisher, K. J. Stafford und D. P. Berry (2009)
"Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare"
Journal Of Dairy Science 92(12): 5769-5801
- Rodríguez, E. M., A. Arís und A. Bach (2017)
"Associations between subclinical hypocalcemia and postparturient diseases in dairy cows"
Journal Of Dairy Science 100(9): 7427-7434
- Rosenberger, G. und G. Dirksen (1978)
"Krankheiten des Rindes"
Parey
- Rossow, N., F. Horsch, S. Magnus, E. Uecker und W. Verter (1984)
"Innere Krankheiten der landwirtschaftlichen Nutztiere"
Gustav Fischer Verlag
- Sampson, J. D., J. N. Spain, C. Jones und L. Carstensen (2009)
"Effects of calcium chloride and calcium sulfate in an oral bolus given as a supplement to postpartum dairy cows"
Veterinary Therapeutics: Research In Applied Veterinary Medicine 10(3): 131-139
- Schmutzer, S. (2010)
"Untersuchungen zum moderaten Einsatz von Anionenrationen zur Gebärpareseprophylaxe in der antepartalen Transitperiode"
Dissertation Freie Universität Berlin
- Schroder, B. und G. Breves (2006)
"Mechanisms and regulation of calcium absorption from the gastrointestinal tract in pigs and ruminants: comparative aspects with special emphasis on hypocalcemia in dairy cows"
Animal Health Research Reviews 7(1-2): 31-41

Schröder, U. J. (2000).

"Untersuchungen zur Konditionsbeurteilung mittels ultrasonografischer Messung der Rückenfettdicke als Grundlage zur Anwendung in der Bestandsbetreuung von Milchviehherden"
Dissertation Freie Universität Berlin

Schröder, U. J. und R. Staufenbiel (2006)

"Invited Review: Methods to Determine Body Fat Reserves in the Dairy Cow with Special Regard to Ultrasonographic Measurement of Backfat Thickness"
Journal Of Dairy Science 89(1): 1-14

Schwartau, K. (2011)

"Peripartale hämatologische und klinisch-chemische Blutuntersuchungen zur Frühdiagnostik der Dislocatio abomasi, Gebärparese, Retentio secundinarum und Mastitis bei Milchkühen"
Dissertation Universität Leipzig

Seifi, H. A., M. Mohri, N. Farzaneh, H. Nemati und S. V. Nejhad (2010)

"Effects of anionic salts supplementation on blood pH and mineral status, energy metabolism, reproduction and production in transition dairy cows"
Research In Veterinary Science 89(1): 72-77

Seifi, H. A., M. Mohri und J. Kalamati Zadeh (2004)

"Use of pre-partum urine pH to predict the risk of milk fever in dairy cows"
The Veterinary Journal 167(3): 281-285

Staufenbiel, R. (1992)

"Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes-Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke"
Journal Of Veterinary Medicine 47: 467-474

Staufenbiel, R. (2011)

"Übersicht zur Prophylaxe der Gebärparese unter besonderer Berücksichtigung von DCAB-Regulatoren".
von http://www.tgdsachsen-anhalt.de/rind/rind_fb_arc.html#017

Staufenbiel, R., M. Dallmeyer, S. Horner und C. Gelfert (2002)

"Gebärparese des Rindes–Neue Aspekte zum klinischen Bild und zur Therapie"
BPT-Kongress Nürnberg, Vortragszusammenfassungen

Staufenbiel, R., U. Schröder, C.-C. GELFERT und L. Panicke (2003)

"Körperkondition und Stoffwechselstabilität als Grundlage für eine hohe Milchleistung bei ungestörter Fruchtbarkeit und allgemeiner Gesundheit von Milchkühen"
Archives Animal Breeding 46: 513-526

Suzuki, Y., C. P. Landowski und M. A. Hediger (2008)

"Mechanisms and regulation of epithelial Ca²⁺ absorption in health and disease"
Annual Review Of Physiology 70: 257-271

Thilsing-Hansen, T. und R. J. Jorgensen (2001)

"Hot topic: prevention of parturient paresis and subclinical hypocalcemia in dairy cows by zeolite A administration in the dry period"
Journal Of Dairy Science 84(3): 691-693

Thilsing-Hansen, T., R. J. Jorgensen und S. Ostergaard (2002a)

"Milk fever control principles: a review"
Acta Veterinaria Scandinavica 43(1): 1-19

- Tietze, R. (2010)
"Untersuchungen zum Festliegen von Milchkühen im peripartalen Zeitraum und in der Laktation"
Dissertation Freie Universität Berlin
- Union, E. (2019)
"Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung in der Fassung vom 12. Juni 2019"
von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1572529372206&uri=CELEX:02003R1831-20190703>
- Valdecabres, A., J. A. A. Pires und N. Silva-del-Río (2018)
"Effect of prophylactic oral calcium supplementation on postpartum mineral status and markers of energy balance of multiparous Jersey cows"
Journal Of Dairy Science 101(5): 4460-4472
- van Abel, M., S. Huybers, J. G. Hoenderop, A. W. van der Kemp, J. P. van Leeuwen und R. J. Bindels (2006)
"Age-dependent alterations in Ca²⁺ homeostasis: role of TRPV5 and TRPV6"
American Journal Of Physiology-Renal Physiology 291(6): F1177-F1183
- van de Braak, A., A. van't Klooster, A. Malestein und J. Faber (1986b)
"Effects of low and high calcium intake prepartum on calcium mobilization rate around parturition in dairy cows"
The Veterinary Quarterly 8: 41 - 52
- van de Braak, A. E., A. T. van 't Klooster und A. Malestein (1986)
"Influence of prepartum calcium intake on calcium mobilization rate around parturition in dairy cows fed at a high prepartum feeding level"
The Veterinary Quarterly 8(1): 24-37
- Venjakob, P. L., S. Borchardt und W. Heuwieser (2017)
"Hypocalcemia-Cow-level prevalence and preventive strategies in German dairy herds"
Journal Of Dairy Science 100(11): 9258-9266
- Venjakob, P. L., S. Borchardt, G. Thiele und W. Heuwieser (2016)
"Evaluation of ear skin temperature as a cow-side test to predict postpartum calcium status in dairy cows"
Journal Of Dairy Science 99(8): 6542-6549
- vetidata (2016)
"Ursovit D3 wässrig pro inj. 1 Mio. IE/ml, Injektionslösung für Rinder"
von https://www.vetidata.de/public/details/paeparat_details.php?params=113,74,65,74,139,131,74,67,74,50,123,117,137,50,75,131,74,68,74,50,67,72,68,64,50,75,141#collapsePharmakologie.
- vetidata (2016)
"Vitamin D3 1.000.000 I.E. ad us. vet., Injektionslösung für Rinder"
von http://vetidata.de/paepview/paeparat_allangaben.php?para=NjU0NjM=.
- von Engelhardt, W. und G. Breves (2010)
"Physiologie der Haustiere"
Enke, 3. Auflage

- Wasserman, R. H. (2004)
"Vitamin D and the dual processes of intestinal calcium absorption"
Journal Of Nutrition 134(11): 3137-3139
- Wilkins, M. R., N. Mrochen, G. Breves und B. Schröder (2011)
"Gastrointestinal calcium absorption in sheep is mostly insensitive to an alimentary induced challenge of calcium homeostasis"
Comparative Biochemistry And Physiology Part B: Biochemistry And Molecular Biology 158(3): 199-207
- Wilkins, M. R., C. Praechter, G. Breves und B. Schroder (2015)
"Stimulating effects of a diet negative in dietary cation-anion difference on calcium absorption from the rumen in sheep"
Journal Of Animal Physiology and Animal Nutrition
- Winkler, K. R. (2014)
"Hämatologisch-immunologische Verlaufsuntersuchungen bei Kühen mit Gebärparese"
Dissertation Universität Leipzig
- Zaaijer, D. und J. P. Noorrdhuizen (2003)
"A novel scoring system for monitoring the relationship between nutritional efficiency and fertility in dairy cows"
Irish Veterinary Journal 56: 145-156
- Zebeli, Q., D. C. Beitz, B. J. Bradford, S. M. Dunn und B. N. Ametaj (2013)
"Peripartal alterations of calcitonin gene-related peptide and minerals in dairy cows affected by milk fever"
Veterinary Clinical Pathology 42(1): 70-77
- Zepperitz, H. (1992)
"Untersuchungen zur Diagnostik, Prophylaxe und Therapie der Gebärparese des Rindes unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens des ionisierten Calciums im Blut und des Einsatzes von Vitamin D₃ und 25-bzw. 1 α -Hydroxycholecalciferol [1 α -Hydroxycholecalciferol]"
Habilitationsschrift Universität Leipzig
- Zhang, G., E. Dervishi und B. N. Ametaj (2018)
"Milk fever in dairy cows is preceded by activation of innate immunity and alterations in carbohydrate metabolism prior to disease occurrence"
Research In Veterinary Science 117: 167-177

10 Anhang

10.1 Übersicht über die DCAB Wirkung ausgewählter Futtermittel

Tabelle 88: Übersicht DCAB Wirkung ausgewählter Futtermittel (Husband 2005)

Futtermittel	meq/kg TM	Bemerkungen
Kohl	+806	
Melasse	+681	
Grassilage	+390	Extrem variabel, bis +1000, höher mit Leguminosen
Kartoffeln	+343	
Futterrübe	+300	
Sojaextrakt	+203	
Maissilage	+194	Weniger variabel als Grassilage
Futterweizen	+177	
Ganzpflanzensilage	+158	Konsequent niedrige DCAB
Stroh	+139	
Maiskleber	+137	
Zuckerrübenschnitzel	+123	
Gerste	+25	
Weizen	-6	
Getreideschlempe	-12	
Rapsextrakt	-201	
Biertreber	-220	Kann nützlich sein, um die hohe DCAB von Silage zu „senken“

10.2 Studienvergleich verschiedener DCAB-Werte

Tabelle 89: ausgewählten Überblick über verschiedene eingesetzte DCAB-Rationen und ihre Wirkungen

DCAB (meq/kg TM)	Eingesetzter Stoff	Menge	Wirkung	Literatur
+535	NaHCO ₃ CaCO ₃ MgO CaHPO ₄ ·2H ₂ O	13,3 % 6,7 % 1,7 % 1,7 %	Die Konzentration von Calcium war um die Kalbung geringer als in der Vergleichsfütterung. Am Tag der Kalbung hatten nur 5 von 11 Tieren eine Calciumkonzentration über 2,0 mmol/l. Die Konzentration von Phosphor war zwei Tage nach der Kalbung niedriger und die Magnesiumkonzentration war um die Kalbung höher.	(Phillippo et al. 1994)
+188	Kaliumcarbonat	110 g/d	Es wird eine metabolische Alkalose mit respiratorischer Kompensation induziert. Durch die Alkalose wird der Anteil des totalen Calciums gesenkt.	(Goff et al. 2014)
+181	Ohne anionischem Salz (Calcium-reduziert)		Der Anteil der pluriparen Kühe mit subklinischer Hypocalcämie war nach der Kalbung (74 %) und Tag 1 p.p. (55 %) signifikant erhöht zur Vergleichsfütterung. Der Calciumkonzentration nach der Geburt betrug 1,83 mmol/l. Die Inzidenz für Gebärparese war stark signifikant erhöht und lag bei 10,2 %.	(Jessen 2010)
+100	NH ₄ Cl, CaCl ₂ , MgSO ₄ , CaSO ₄	0,21 % TM	Am Tag 1 p.p. war die Plasma-Calciumkonzentration niedriger als in der Vergleichsfütterung. Am Tag 2 p.p. und Tag 3 p.p. zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Jedoch war die Harncalciumkonzentration am Tag 2 p.p. geringer. Es traten Kühe mit Hypocalcämie auf. Es zeigte sich kein Einfluss auf die Phosphorkonzentration.	(Razzaghi et al. 2012)
+54	Mit anionischem Salz		Der Anteil der pluriparen Kühe mit subklinischer Hypocalcämie war nach der Kalbung (57 %) und Tag 1 p.p. (47 %) signifikant niedriger zur Vergleichsfütterung. Der Calciumkonzentration nach der Geburt betrug 1,93 mmol/l. Die Inzidenz für Gebärparese war stark signifikant niedriger und lag bei 6,3 %	(Jessen 2010)
-8 bis -59	NaCl CaCl ₂ ·2H ₂ O MgCl ₂ ·6H ₂ O CaHPO ₄ ·2H ₂ O	9,3 % 9,8 % 8,4 % 1,7 %	Die Konzentration von Calcium war an den Tagen nach der Kalbung signifikant höher als in der Vergleichsfütterung und alle Kühe lagen bereits am Tag der Kalbung über 2,0 mmol/l. Die Phosphorkonzentration war zwei Tage nach der Kalbung signifikant höher und die Magnesiumkonzentration um die Kalbung signifikant niedriger. Umso niedriger die DCAB	(Phillippo et al. 1994)

			war, umso höher war die Vitamin D Konzentration um die Kalbung. So wurde das Risiko für Milchfieber gesenkt und es trat auch keine Klinik auf.	
-82	Ammoniumchlorid, Magnesiumsulphat, Calciumchlorid	140 g/d 60 g/d 36 g/d	Der Calciumkonzentration stieg signifikant an. Die Inzidenz von Milchfieber war 5 -11 Mal geringer als in der Kontrollgruppe. Es zeigten sich keine Effekte auf Phosphor.	(Seifi et al. 2010)
-100	NH ₄ Cl, CaCl ₂ , MgSO ₄ , CaSO ₄	1,64 % TM	Am Tag 1 war der Plasma-Calciumgehalt höher als in der Vergleichsfütterung. Am Tag 2 p.p. und Tag 3 p.p. zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Jedoch war die Harn-Calciumkonzentration am Tag 2 p.p. höher. Es traten keine Kühe mit Hypocalcämie auf. Es zeigte sich kein Einfluss auf die Phosphorkonzentration. Die Futteraufnahmen antepartum waren geringer, jedoch postpartum höher.	(Razzaghi et al. 2012)

10.1 Futterzusammensetzung

Tabelle 89: Durchschnittszusammensetzung a.p.

Futtermittel	% FM	% TM	Rp (g/kg TM)	Rfa (g/kg TM)	Rfe (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)	RNB (g/kg TM)	NEL (MJ)	DCAB (meq)
Maissilage	43,9	32,5	73,1	162,4	38	139,2	-10,6	7,3	82,0
Grassilage	27,5	18,7	200,1	227,6	41,4	148,3	8,3	6,5	532,0
Stroh	11,0	19,6	32,0	480,9	18,7	76,3	-7,0	3,8	337,9
Fuchtkornmais	6,8	10,0	93,1	21,5	43,5	161,6	-11,0	8,5	31,5
RES	8,5	15,2	38,1	127,8	37,2	253,3	21,5	7,2	-132,1
Futterkalk	0,3	0,5							
Konservierung ¹	0,3	0,6	256,7			214,8	6,7	8,6	
Glycerin	0,9	1,8						9,7	1665,5
Mineralfutter	0,6	1,1							

(1- TMR Schaumasil / Silostar liquid)

Tabelle 90: Durchschnittszusammensetzung a.p.

Futtermittel	Ca (g)	P (g)	Na (g)	Mg (g)	K (g)	Cl (g)	S(g)
Maissilage	2,0	2,4	0,2	1,4	7,0	1,5	1,1
Grassilage	5,0	4,8	0,9	2,0	35,7	10,1	2,3
Stroh	3,1	0,7	3,4	0,5	15,7	5,7	0,8
Fuchtkornmais	0,2	3,5	0,4	1,3	3,8	0,5	1,1
RES	8,5	12,0	0,2	5,2	13,5	0,6	7,5
Futterkalk	380						
Konservierung ¹							
Glycerin							
Mineralfutter	0,2	97,8	128,3	112,1	2,0	138,5	1,0

(1- TMR Schaumasil / Silostar liquid)

Tabelle 91: Durchschnittsrationszusammensetzung p.p.

Futtermittel	% FM	% TM	Rp (g/kg TM)	Rfa (g/kg TM)	Rfe (g/kg TM)	nXP (g/kg TM)	RNB (g/kg TM)	NEL (MJ)	DCAB (meq)
Maissilage	18,6	12,6	75,7	175,4	38,3	138,2	-10,1	7,1	95,3
Grassilage	32,9	23,0	183,7	223,1	38,1	147,0	5,8	6,6	427,0
Luzernesilage	13,8	10,5	173,8	322,9	19,1	123,2	8,1	5,0	427,1
Luzerneheu	2,5	4,2	156,7	334,1	14,3	135,4	3,4	5,0	324,1
Futterstroh	1,1	2,4	32,2	483,8	18,8	76,8	-7,1	3,8	340,0
Presssilage- schnittzel	4,1	2,0	79,0	186,0	5,0	139,0	-9,6	7,3	-89,0
Trocken- schnittzel	3,0	5,5	88,4	231,0	14,4	146,2	-9,3	7,3	61,4
Feuchtkorn- mais	7,5	10,7	93,1	21,5	43,6	161,7	-11	8,5	31,5
RES	7,5	13,3	388,2	127,8	37,2	253,4	21,5	7,2	-132,1
Mischfutter ¹	7,3	13,0	123,2	44,5	39,5	177,9	-8,9	9,1	47,0
Futterkalk/ Viehsalz/ NaHCO ₃	0,1	0,1							
Futterfett	0,3	0,6			963,8			23,4	
Konservie- rung ²	0,1	0,4	38,3			25,0		8,4	
Konservie- rung ³								9,6	
Glycerin	0,5	1,0						9,6	
Mineralfut- ter	0,3	0,7							-141,2

(1- 25 % Gerste, 25 % Roggen, 36 % Mais, 10 % Lupine, 2 % Glycerin, 2 % Zuckerrübenmasse; 2-
Schaumasil; 3- Silostar)

Tabelle 92: Durchschnittsrationszusammensetzung p.p.

Futtermittel	Ca (g)	P (g)	Na (g)	Mg (g)	K (g)	Cl (g)	S(g)
Maissilage	2,2	2,4	0,2	1,4	7,7	1,6	1,1
Grassilage	5,3	3,9	1,1	1,8	27,3	8,0	2,3
Luzernesilage	16,6	3,5	1,6	2,2	21,3	2,3	2,0
Luzerneheu	11,1	2,2	0,3	1,5	21,2	4,5	1,7
Futterstroh	3,2	0,7	3,4	0,5	15,8	5,7	0,8
Presssilage-schnitzel	11,8	0,9	1,2	2,1	3,0	0,2	3,4
Trocken-schnitzel	9,9	0,8	0,6	2,0	5,1	0,4	1,3
Feuchtkorn-mais	0,2	3,5	0,4	1,3	3,8	0,5	1,1
RES	8,5	12	0,2	5,2	13,5	0,6	7,5
Mischfutter ¹	0,9	3,4	0,6	1,2	5,7	1,5	1,3
Futterkalk	323,2						
Viehsalz			371,8				
NaHCO ₃			314,1				
Futterfett							
Konservierung ²							
Konservierung ³							
Glycerin							
Mineralfutter	179,9		125,3	62,6	2,0	197,8	1,0

(1- 25 % Gerste, 25 % Roggen, 36 % Mais, 10 % Lupine, 2 % Glycerin, 2 % Zuckerrübenmasse; 2- Schaumasil; 3- Silostar)

10.2 Pansenfüllung

Tabelle 93: Beurteilung der Pansenfüllung

Score	Wirbelquerfortsätze	Letzte Rippe	Form
1	Hohlraumbildung mehr als eine HB unter den QF	Hohlraumbildung mehr als eine HB hinter der letzten Rippe	Rechteck
1,5	Hohlraumbildung mehr als eine HB unter den QF	Hohlraumbildung eine HB hinter der letzten Rippe	Rechteck
2	Hohlraumbildung eine HB innen unter den QF	Hohlraumbildung eine HB hinter der letzten Rippe	Dreieck
2,5	Hohlraumbildung weniger als eine HB innen unter den QF	Hohlraumbildung weniger als eine HB hinter der letzten Rippe	Dreieck
3	Fällt etwa eine HB senkrecht nach unten und wölbt sich dann hervor	Hohlraumbildung weniger als eine HB hinter der letzten Rippe	
3,5	Fällt weniger als eine HB senkrecht nach unten und wölbt sich dann hervor	Hohlraumbildung weniger als eine HB hinter der letzten Rippe	
4	Wölbt sich unmittelbar unter den QF hervor	Haut bedeckt die Gegend hinter der letzten Rippe	
4,5	Wölbt sich sehr deutlich hervor, wobei QF gerade noch sichtbar sind	Haut bedeckt die Gegend hinter der letzten Rippe	
5	QF nicht sichtbar	Letzte Rippe nicht sichtbar	

10.3 Codierung der Parameter der allgemeinen Untersuchung

Tabelle 94: Codierung Parameter der allgemeinen Untersuchung

Parameter	Codierung
Allgemeinbefinden	0 Allgemeinbefinden ungestört 1 Allgemeinbefinden ggr. gestört 2 Allgemeinbefinden mgr. Gestört 3 Allgemeinbefinden hgr. Gestört
Verhalten	0 obB 1 somnolent 2 komatös 3 andere Auffälligkeit
Haltung	0 obB 1 krummer Rücken 2 entlastet 3 Zehenspitzenstand 4 Fußt nicht mehr 5 liegt fest 6 Sägebockstellung
Lunge	0 obB 1 leichtes Atemgeräusch 2 schweres Atemgeräusch
Pflegezustand	gut mäßig schlecht
Intensität Pansenkontraktion	0 keine Kontraktion 1 leise (+) 2 mäßig laut + 3 laut ++ 4 sehr laut +++
Kotkonsistenz	1 Fäzes dünnflüssig und nicht geformt 2 Fäzes dünnbreiig; beim Auftreffen auf harten Boden spritzen die Fäzes weit auseinander 3 Fäzes dickbreiig und zerfließen; beim Auftreffen auf den Boden ist ein ploppendes Geräusch wahrzunehmen. Stiefelprobe: Sohlenprofil bleibt nicht zurück 4 Fäzes pastös und fallen mit deutlich ploppendem Geräusch auf den Boden, Stiefelprobe: Sohlenprofil bleibt auf Kuhfladen zurück 5 Fäzes hart und geformt wie Pferdeäpfel, Stiefelprobe: Sohlenprofil bleibt auf Kuhfladen zurück
Kotstruktur	1 Fäzes fühlen sich an wie rahmige Emulsion und sind homogen. Keine unverdauten Futterbestandteile 2 Fäzes fühlen sich an wie rahmige Emulsion und sind homogen. Einzelne unverdaute Futterbestandteile fühlbar

	3	Fäzes sind inhomogen und es sind unverdaute Futterbestandteile zu fühlen. Beim Auskneifen mit der Hand bleiben unverdaute Futterpartikel an den Fingern haften
	4	In den Fäzes sind grobe Futterpartikel fühlbar und deutlich sichtbar. Beim Auskneifen mit der Hand bleibt ein Konglomerat von unverdauten Pflanzenfasern zurück
	5	Größere Futterbestandteile sind fühlbar. Unverdaute Bestandteile sind deutlich zu erkennen
Bauchdeckenspannung		weich mittel fest nb nicht beurteilbar
Steelband	0	negativ
	1	links positiv
	2	rechts positiv
	3	beidseits positiv
	4	nicht/ingeschränkt beurteilbar (festliegend)
Vaginalschleimhaut	0	rosa, feucht, glatt, glänzend, ohne Auflagerungen
	1	dunkelrosa
	2	mit Hämatomen
	3	ingerissen
	4	trocken, rosa, glatt, glänzend, ohne Auflagerungen
	5	blassrosa, feucht, glatt, glänzend, ohne Auflagerungen
	6	mit Eiter im dorsalen Winkel
	7	dunkelrosa bis rötlich
Vaginalausfluss	0	negativ
	1	Nachgeburt
	2	Schleim geruchs- und farblos/Geburtsschleim
	3	Schleim verfärbt
	4	Schleim eitriger Geruch und verfärbt
Ohrtemperatur		warm kühl kalt

10.4 Serumprofile

Tabelle 95: Auswahl Serumparameter für Profil 1 und Profil 2

Parameter	Profil 1	Profil 2
Calcium	X	X
Phosphor	X	X
Magnesium	X	X
NEFA	X	X
BHB	X	X
Kalium	X	
AST	X	
Albumin	X	
Bilirubin	X	
Creatininkinase	X	
Cholesterin	X	
Chlorid	X	
GGT	X	
GLDH	X	
Glucose	X	
Harnstoff	X	
Kreatinin	X	
Natrium	X	
Totalprotein	X	

10.5 Analysemethoden der Serumparameter

Tabelle 96: Analysemethoden der Serumparameter

Parameter	Analysegerät	Analysemethode
Calcium	Atomabsorptionsspektrofotometer, M6-Serie der Firma Thermo Fischer	Atomabsorptionsspektrometrie
Phosphor	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Anorganisches Phosphat bildet in Schwefelsaurer Lösung einen Ammonium-Phosphomolybdat-Komplex, der bei 340nm gemessen wird
Magnesium	Atomabsorptionsspektrofotometer, M6-Serie der Firma Thermo Fischer	Atomabsorptionsspektrometrie
NEFA	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Colorimetrische Methode
BHB	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Kinetisch enzymatische Methode
Kalium	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Ionensensitive Elektrode
AST	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Optimierter UV-Test nach IFCC (International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine)
Albumin	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Serumalbumin bildet mit Bromcresolgrün einen Farbkomplex, der bei 578nm gemessen wird
Bilirubin	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Jedrassik & Grof
CK	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Optimierte Standardmethode nach den Empfehlungen der deutschen Gesellschaft für Klinische Chemie

Parameter	Analysegerät	Analysemethode
Cholesterin	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	CHOD-PAP, Endpunkt.
Chlorid	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Ionensensitive Elektrode
GGT	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Kinetischer photometrischer Test nach IFCC
GLDH	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Optimierte Standardmethode nach den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für klinische Chemie
Glukose	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Enzymatischer kinetischer UV-Test mit Hexokinase
Harnstoff	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Vollenzymatische UV Methode (Urease/GLDH)
Kreatinin	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Jaffè, ohne Enteiweißung
Natrium	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Ionensensitive Elektrode
Totalprotein	Cobas Mira Plus von der Firma Roche	Serumeiweiß bildet in alkalischer Lösung mit Kupferionen einen blauen Farbkomplex. Die Intensität der blauen Farbe ist der Eiweißkonzentration proportional

10.6 Analysemethoden rotes Blutbild

Tabelle 97: Analysemethoden der Parameter des Roten Blutbildes

Parameter	Analysegerät	Analysemethode
Leukozyten	Scil Vet ABC	Impedanzmethode Widerstandsmessung
Erythrozyten	Scil Vet ABC	Impedanzmethode Widerstandsmessung
Hämoglobin	Scil Vet ABC	Photometrisch
Hämatokrit	Scil Vet ABC	Berechnung (Hämatokrit = MCV * Erythrozyten)
Thrombozyten	Scil Vet ABC	Impedanzmethode Widerstandsmessung
MCV	Scil Vet ABC	Impedanzmethode Widerstandsmessung
MCH	Scil Vet ABC	Photometrisch
MCHC	Scil Vet ABC	Berechnung (MCHC = Hämoglobinkonzentration im Blut / Hämatokrit)

10.7 Analysemethoden Harnparameter

Tabelle 98: Harnanalyse

Parameter	Analysegerät	Analysemethode
Calcium	Atomabsorptionsspektrofotometer M6-Serie der Firma Thermo Fischer (Sitz in Drei Eich)	Atomabsorptionsspektrometrie
Phosphat	Cobas Mira Plus der Firma Roche	Ammonium-Phosphomolybdat-Komplex in schwefelsaurer Lösung
Magnesium	Atomabsorptionsspektrofotometer M6-Serie der Firma Thermo Fischer (Sitz in Drei Eich)	Atomabsorptionsspektrometrie
pH- Konzentration	pH Meter 526 der Firma WTW	
NSBA	pH Meter 526 der Firma WTW	Fraktionierte NSBA nach (Bender 2002)
Kalium	Atomabsorptionsspektrofotometer M6-Serie der Firma Thermo Fischer (Sitz in Drei Eich)	Atomabsorptionsspektrometrie
Basen, Säuren, Ammoniak, BSQ	pH Meter 526 der Firma WTW	Titration nach (Kutas 1965)
Natrium	Atomabsorptionsspektrofotometer M6-Serie der Firma Thermo Fischer (Sitz in Drei Eich)	Atomabsorptionsspektrometrie
Kreatinin	Cobas Mira Plus der Firma Roche	Jaffé, ohne Enteiweißung
Chlorid	Chloridmeter 50 der Firma Krienbaum Neo Science GmbH	Coulometrische Titration

10.8 Korrelation Milchmenge

Tabelle 99: Korrelation Milchmenge p.p. mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Milchmenge	r	-0,129	-0,156	-0,001	0,033
Tag 2 p.p.	p	0,235	0,155	0,989	0,765
(kg)	n	86	85	86	86
Milchmenge	r	-0,206	-0,167	-0,063	-0,027
Tag 3 p.p.	p	0,036	0,093	0,530	0,787
(kg)	n	103	102	103	103
Milchmenge	r	-0,113	-0,059	0,037	0,025
Tag 4 p.p.	p	0,253	0,552	0,707	0,804
(kg)	n	104	103	104	104
Milchmenge	r	-0,039	-0,024	0,043	0,070
Tag 5 p.p.	p	0,688	0,806	0,665	0,478
(kg)	n	106	105	106	106
Milchmenge	r	-0,013	-0,058	0,135	0,042
Tag 6 p.p.	p	0,898	0,558	0,169	0,673
(kg)	n	105	104	105	105
Milchmenge	r	-0,047	-0,052	0,048	0,060
Tag 7 p.p.	p	0,638	0,599	0,627	0,546
(kg)	n	104	103	104	104
Milchmenge	r	-0,043	-0,079	0,009	0,007
Tag 3-7 p.p.	p	0,657	0,422	0,923	0,943
(kg)	n	107	106	107	107
Milchmenge	r	0,052	-0,038	-0,029	0,176
Tag 8-14 p.p.	p	0,596	0,702	0,772	0,072
(kg)	n	105	104	105	105
Milchmenge	r	0,145	0,096	0,107	0,218
Tag 15-21 p.p.	p	0,139	0,332	0,277	0,026
(kg)	n	105	104	105	105

10.9 Korrelation Erkrankung

Tabelle 100: Korrelation Erkrankung mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Erkrankung Tag 21 a.p.	r p n	-0,157 0,129 95	-0,003 0,981 94	0,057 0,583 95	-0,005 0,965 95
Erkrankung Tag 14 a.p.	r p n	0,053 0,591 106	0,110 0,262 105	-0,049 0,615 106	0,004 0,969 106
Erkrankung Tag 7 a.p.	r p n	-0,084 0,438 88	0,030 0,783 87	0,004 0,967 88	-0,115 0,284 88
Erkrankung Tag 0	r p n	-0,086 0,373 109	-0,122 0,208 108	0,014 0,881 109	-0,118 0,223 109
Erkrankung Tag 1 p.p.	r p n	-0,061 0,528 109	-0,089 0,360 108	-0,072 0,458 109	-0,258 0,007 109
Erkrankung Tag 2 p.p.	r p n	-0,087 0,370 109	-0,057 0,559 108	-0,076 0,432 109	-0,228 0,017 109
Erkrankung Tag 3 p.p.	r p n	-0,094 0,332 109	0,055 0,573 108	-0,082 0,394 109	-0,323 0,001 109

10.10 Korrelation Rektaltemperatur

Tabelle 101: Korrelation Rektaltemperatur und Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Rektaltemperatur Tag 21 a.p. (°C)	r p n	0,025 0,812 95	-0,149 0,151 94	0,045 0,662 95	0,080 0,443 95
Rektaltemperatur Tag 14 a.p. (°C)	r p n	0,133 0,173 106	0,151 0,124 105	0,025 0,799 106	-0,029 0,767 106
Rektaltemperatur Tag 7 a.p. (°C)	r p n	-0,136 0,207 88	-0,009 0,935 87	-0,063 0,562 88	0,133 0,216 88
Rektaltemperatur Tag 0 (°C)	r p n	-0,104 0,280 109	0,117 0,227 108	-0,126 0,190 109	-0,055 0,570 109
Rektaltemperatur Tag 1 p.p. (°C)	r p n	-0,140 0,147 109	-0,025 0,799 108	0,004 0,963 109	0,014 0,884 109
Rektaltemperatur Tag 2 p.p. (°C)	r p n	0,064 0,509 109	0,023 0,812 108	-0,057 0,554 109	-0,175 0,069 109
Rektaltemperatur Tag 3 p.p. (°C)	r p n	0,115 0,234 109	0,171 0,078 108	0,005 0,962 109	-0,206 0,032 109

10.11 Korrelation Ohrtemperatur

Tabelle 102: Korrelation Ohrtemperatur mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Ohrtemperatur Tag 21 a.p.	r p n	0,058 0,575 95	-0,030 0,778 94	-0,077 0,459 95	-0,094 0,366 95
Ohrtemperatur Tag 14 a.p.	r p n	-0,047 ,633 106	-0,092 0,350 105	0,026 0,790 106	0,074 0,452 106
Ohrtemperatur Tag 7 a.p.	r p n	-0,037 0,731 88	0,036 0,739 87	-0,127 0,237 88	-0,031 0,772 88
Ohrtemperatur Tag 0	r p n	0,174 0,070 109	0,212 0,028 108	-0,060 0,536 109	-0,007 0,941 109
Ohrtemperatur Tag 1 p.p.	r p n	0,065 0,505 109	0,261 0,006 108	0,003 0,977 109	-0,005 0,959 109
Ohrtemperatur Tag 2 p.p.	r p n	0,060 0,538 109	0,013 0,892 108	0,031 0,746 109	0,098 0,313 109
Ohrtemperatur Tag 3 p.p.	r p n	-0,089 0,356 109	-0,016 0,866 108	-0,102 0,290 109	0,151 0,116 109

10.12 Korrelation Pansenfüllung

Tabelle 103: Korrelation Pansenfüllung mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Pansenfüllung	r	0,131	0,061	0,253	0,121
Tag 14 a.p.	p	0,200	0,554	0,012	0,237
	n	98	97	98	98
Pansenfüllung	r	0,166	-0,002	0,239	0,228
Tag 13 a.p.	p	0,099	0,984	0,017	0,023
	n	100	99	100	100
Pansenfüllung	r	0,092	0,006	0,107	0,116
Tag 12 a.p.	p	0,365	0,956	0,289	0,249
	n	100	99	100	100
Pansenfüllung	r	0,023	-0,083	0,318	0,111
Tag 11 a.p.	p	0,817	0,411	0,001	0,269
	n	101	100	101	101
Pansenfüllung	r	0,160	-0,026	0,248	0,149
Tag 10 a.p.	p	0,105	0,796	0,011	0,134
	n	103	102	103	103
Pansenfüllung	r	0,022	-0,196	0,123	-0,001
Tag 9 a.p.	p	0,823	0,048	0,213	0,991
	n	104	103	104	104
Pansenfüllung	r	0,150	-0,010	0,164	0,106
Tag 8 a.p.	p	0,126	0,917	0,093	0,279
	n	106	105	106	106
Pansenfüllung	r	0,152	-0,070	0,051	0,004
Tag 7 a.p.	p	0,117	0,472	0,601	0,969
	n	108	107	108	108
Pansenfüllung	r	0,060	0,020	0,128	0,004
Tag 6 a.p.	p	0,539	0,834	0,186	0,966
	n	108	107	108	108
Pansenfüllung	r	0,006	-0,042	0,018	-0,029
Tag 5 a.p.	p	0,949	0,671	0,856	0,769
	n	108	107	108	108
Pansenfüllung	r	0,088	-0,111	0,215	0,012
Tag 4 a.p.	p	0,364	0,252	0,025	0,901
	n	109	108	109	109
Pansenfüllung	r	0,033	-0,112	0,175	0,053
Tag 3 a.p.	p	0,735	0,248	0,069	0,583
	n	109	108	109	109
Pansenfüllung	r	0,278	0,109	0,269	0,120
Tag 2 a.p.	p	0,003	0,264	0,005	0,215
	n	109	108	109	109

Anhang

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Pansenfüllung	r	0,173	-0,059	0,177	0,146
Tag 1 a.p.	p	0,071	0,546	0,066	0,131
	n	109	108	109	109
Pansenfüllung	r	0,337	0,132	0,076	-0,003
Tag 0	p	<0,001	0,178	0,439	0,975
	n	107	106	107	107
Pansenfüllung	r	0,261	0,045	0,188	0,262
Tag 1 p.p.	p	0,007	0,651	0,053	0,006
	n	107	106	107	107
Pansenfüllung	r	0,179	-0,121	0,343	0,178
Tag 2 p.p.	p	0,064	0,213	<0,001	0,066
	n	108	107	108	108
Pansenfüllung	r	0,204	0,012	0,282	0,293
Tag 3 p.p.	p	0,034	0,906	0,003	0,002
	n	108	107	108	108

10.13 Korrelation Witterung

10.13.1 Lufttemperatur

Tabelle 104: Korrelation Temperatur mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Lufttemperatur Tag 21 a.p. (°C)	r	-0,083	-0,090	-0,114	0,007
	p	0,422	0,390	0,272	0,949
	n	95	94	95	95
Lufttemperatur Tag 14 a.p. (°C)	r	-0,105	-0,010	-0,055	0,090
	p	0,284	0,923	0,573	0,360
	n	106	105	106	106
Lufttemperatur Tag 7 a.p. (°C)	r	-0,113	-0,092	-0,145	0,258
	p	0,296	0,399	0,177	0,015
	n	88	87	88	88
Lufttemperatur Tag 0 (°C)	r	0,124	-0,026	-0,001	0,189
	p	0,199	0,789	0,996	0,049
	n	109	108	109	109
Lufttemperatur Tag 1 p.p. (°C)	r	0,026	0,102	0,213	0,139
	p	0,785	0,294	0,026	0,148
	n	109	108	109	109
Lufttemperatur Tag 2 p.p. (°C)	r	-0,043	0,004	-0,104	0,023
	p	0,658	0,965	0,282	0,811
	n	109	108	109	109
Lufttemperatur Tag 3 p.p. (°C)	r	0,006	0,001	-0,020	0,125
	p	0,947	0,995	0,838	0,195
	n	109	108	109	109

10.13.2 Niederschlag

Tabelle 105: korrelation Niederschlagsmenge mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Niederschlag	r	-0,035	-0,016	-0,081	-0,114
Tag 21 a.p. (mm)	p	0,738	0,880	0,436	0,270
	n	95	94	95	95
Niederschlag	r	-0,165	-0,005	0,006	0,145
Tag 14 a.p. (mm)	p	0,091	0,962	0,955	0,138
	n	106	105	106	106
Niederschlag	r	0,001	0,008	-0,110	0,126
Tag 7 a.p. (mm)	p	0,996	0,938	0,307	0,244
	n	88	87	88	88
Niederschlag	r	0,137	0,013	0,065	0,037
Tag 0 (mm)	p	0,155	0,893	0,505	0,703
	n	109	108	109	109
Niederschlag	r	-0,043	0,139	0,203	0,052
Tag 1 p.p. (mm)	p	0,657	0,151	0,035	0,592
	n	109	108	109	109
Niederschlag	r	0,053	0,010	-0,161	-0,049
Tag 2 p.p. (mm)	p	0,584	0,916	0,094	0,616
	n	109	108	109	109
Niederschlag	r	0,028	0,041	0,059	-0,016
Tag 3 p.p. (mm)	p	0,776	0,677	0,545	0,869
	n	109	108	109	109

10.14 Korrelation Fütterung

10.14.1 Kalium

Tabelle 106: Korrelation Kalium im Futter mit Calcium im Serum p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Kalium Futter	r	-0,104	0,077	0,145	-0,172
Tag 14 a.p. (g/d)	p	0,319	0,466	0,165	0,097
	n	94	93	94	94
Kalium Futter	r	0,070	0,003	0,047	-0,081
Tag 13 a.p. (g/d)	p	0,508	0,977	0,658	0,443
	n	91	90	91	91
Kalium Futter	r	0,118	0,093	0,055	0,009
Tag 12 a.p. (g/d)	p	0,244	0,362	0,589	0,931
	n	100	99	100	100
Kalium Futter	r	0,028	0,052	0,011	-0,061
Tag 11 a.p. (g/d)	p	0,785	0,608	0,911	0,547
	n	99	98	99	99
Kalium Futter	r	0,092	0,074	-0,054	-0,044
Tag 10 a.p. (g/d)	p	0,368	0,473	0,601	0,668
	n	98	97	98	98
Kalium Futter	r	0,055	0,044	0,148	0,068
Tag 9 a.p. (g/d)	p	0,589	0,666	0,144	0,505
	n	99	98	99	99
Kalium Futter	r	0,115	0,039	0,065	0,064
Tag 8 a.p. (g/d)	p	0,264	0,705	0,527	0,534
	n	97	96	97	97
Kalium Futter	r	0,069	0,117	-0,003	0,094
Tag 7 a.p. (g/d)	p	0,487	0,240	0,978	0,347
	n	103	102	103	103
Kalium Futter	r	0,121	0,014	0,098	0,072
Tag 6 a.p. (g/d)	p	0,219	0,888	0,325	0,468
	n	104	103	104	104
Kalium Futter	r	0,139	0,050	0,103	0,072
Tag 5 a.p. (g/d)	p	0,157	0,616	0,296	0,467
	n	105	104	105	105
Kalium Futter	r	0,082	0,018	0,060	0,142
Tag 4 a.p. (g/d)	p	0,409	0,860	0,546	0,152
	n	103	102	103	103
Kalium Futter	r	0,154	0,077	0,072	0,027
Tag 3 a.p. (g/d)	p	0,117	0,436	0,464	0,785
	n	105	104	105	105

Anhang

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Kalium Futter	r	0,202	-0,012	0,060	0,035
Tag 2 a.p. (g/d)	p	0,039	0,908	0,546	0,726
	n	105	104	105	105
Kalium Futter	r	0,298	0,120	0,002	-0,058
Tag 1 a.p. (g/d)	p	0,002	0,229	0,982	0,559
	n	104	103	104	104
Kalium Futter	r	0,495	0,145	0,142	-0,027
Tag 0 (g/d)	p	<0,001	0,156	0,163	0,794
	n	98	97	98	98
Kalium Futter	r	0,360	0,287	0,306	0,104
Tag 1 p.p. (g/d)	p	<0,001	0,005	0,002	0,310
	n	97	96	97	97
Kalium Futter	r	0,107	-0,023	0,206	0,041
Tag 2 p.p. (g/d)	p	0,281	0,821	0,036	0,683
	n	104	103	104	104
Kalium Futter	r	0,119	0,088	0,026	-0,102
Tag 3 p.p. (g/d)	p	0,239	0,385	0,797	0,312
	n	100	99	100	100

10.14.2 Schwefel

Tabelle 107: Korrelation Schwefel im Futter mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Schwefel Futter	r	-0,010	0,098	0,131	-0,178
Tag 14 a.p. (g/d)	n	0,926	0,352	0,210	0,086
	p	94	93	94	94
Schwefel Futter	r	0,077	0,002	0,029	-0,123
Tag 13 a.p. (g/d)	p	0,466	0,982	0,782	0,244
	n	91	90	91	91
Schwefel Futter	r	0,121	0,117	0,080	0,013
Tag 12 a.p. (g/d)	p	0,231	0,248	0,430	0,897
	n	100	99	100	100
Schwefel Futter	r	0,051	0,074	0,019	-0,042
Tag 11 a.p. (g/d)	p	0,619	0,470	0,853	0,683
	n	99	98	99	99
Schwefel Futter	r	0,089	0,078	-0,050	-0,072
Tag 10 a.p. (g/d)	p	0,382	0,447	0,625	0,482
	n	98	97	98	98
Schwefel Futter	r	0,072	0,011	0,104	0,016
Tag 9 a.p. (g/d)	p	0,480	0,914	0,305	0,873
	n	99	98	99	99
Schwefel Futter	r	0,103	0,041	0,059	0,063
Tag 8 a.p. (g/d)	p	0,317	0,689	0,567	0,543
	n	97	96	97	97
Schwefel Futter	r	0,069	0,084	-0,027	0,083
Tag 7 a.p. (g/d)	p	0,486	0,400	0,786	0,406
	n	103	102	103	103
Schwefel Futter	r	0,115	-0,034	0,051	0,101
Tag 6 a.p. (g/d)	p	0,246	0,730	0,605	0,308
	n	104	103	104	104
Schwefel Futter	r	0,074	-0,006	0,069	0,101
Tag 5 a.p. (g/d)	p	0,452	0,956	0,486	0,307
	n	105	104	105	105
Schwefel Futter	r	0,054	-0,029	0,031	0,203
Tag 4 a.p. (g/d)	p	0,590	0,770	0,753	0,040
	n	103	102	103	103
Schwefel Futter	r	0,190	0,052	0,073	0,082
Tag 3 a.p. (g/d)	p	0,052	0,598	0,460	0,407
	n	105	104	105	105
Schwefel Futter	r	0,226	0,008	0,093	0,099
Tag 2 a.p. (g/d)	p	0,021	0,938	0,346	0,315
	n	105	104	105	105

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Schwefel Futter	r	0,271	0,119	-0,041	-0,001
Tag 1 a.p. (g/d)	p	0,005	0,231	0,683	0,991
	n	104	103	104	104
Schwefel Futter	r	0,497	0,110	0,155	0,029
Tag 0 (g/d)	p	<0,001	0,285	0,127	0,779
	n	98	97	98	98
Schwefel Futter	r	0,348	0,198	0,326	0,220
Tag 1 p.p. (g/d)	p	<0,001	0,053	0,001	0,030
	n	97	96	97	97
Schwefel Futter	r	0,133	-0,129	0,235	0,141
Tag 2 p.p. (g/d)	p	0,177	0,196	0,016	0,153
	n	104	103	104	104
Schwefel Futter	r	0,136	-0,004	0,063	0,020
Tag 3 p.p. (g/d)	p	0,176	0,970	0,537	0,841
	n	100	99	100	100

10.15 Serumparameter

10.15.1 Häufigkeitsverteilung

Tabelle 108: Häufigkeitsverteilung weiterer Serumparameter

	n	Mittelwert	Median	SD	x ₂₅	x ₇₅	min	max
AST Tag 21 a.p. (IU/l)	95	70,4	62,3	26,2	54,7	79,1	37,6	218,6
AST Tag 14 a.p. (IU/l)	106	72,6	67,5	21,8	58,5	81,8	40,2	170
AST Tag 7 a.p. (IU/l)	88	79,2	70,7	24,6	61,8	92,9	46,6	159,4
AST Tag 3 p.p. (IU/l)	108	114	106,3	30,6	95,1	127,1	69,8	218,5
Albumin Tag 21 a.p. (g/l)	95	35,5	35,5	1,8	34,4	36,7	28,2	39,2
Albumin Tag 14 a.p. (g/l)	106	35,8	35,8	1,8	34,7	37,1	29,9	40,6
Albumin Tag 7 a.p. (g/l)	88	36,2	36,4	2	35	37,4	30,8	41,1
Albumin Tag 3 p.p. (g/l)	109	36,1	36,3	2	34,9	37,7	28,8	41,7
Bilirubin Tag 21 a.p. (µmol/l)	95	2,1	2,1	1	1,6	2,7	-1,5	5,3
Bilirubin Tag 14 a.p. (µmol/l)	106	2,5	2,5	1,2	1,8	3	0,2	9,9
Bilirubin Tag 7 a.p. (µmol/l)	88	2,6	2,5	1,1	2	3,2	-0,5	6,1
Bilirubin Tag 3 p.p. (µmol/l)	109	7,2	6,1	4,3	4,1	9	1,6	22,1
CK Tag 21 a.p. (IU/l)	95	176,9	77,9	323,1	63,5	126,9	33,2	2138,8
CK Tag 14 a.p. (IU/l)	106	152,1	89,7	246,6	70	126,4	40,4	1966,3
CK Tag 7 a.p. (IU/l)	88	281,7	97,4	590	72,2	166,7	43,4	4798,3
CK Tag 3 p.p. (IU/l)	108	309,6	188,3	306,3	125,5	339,1	51,5	1551,5
Chol Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	2,4	2,5	0,5	2,1	2,7	1,3	3,9
Chol Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	2,2	2,2	0,5	1,9	2,5	1,1	3,8
Chol Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	2	2	0,5	1,7	2,3	0,8	3,4
Chol Tag 3 p.p. (mmol/l)	109	1,6	1,6	0,3	1,4	1,8	0,9	2,3
Chlorid Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	102,3	102,5	3,1	100	104,1	94,9	113,2
Chlorid Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	103,3	103,4	4,5	101,8	104,9	77,7	115,5
Chlorid Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	104,1	104,4	3,2	102,1	106	95,7	112,3
Chlorid Tag 3 p.p. (mmol/l)	109	103,2	103,4	3,3	101	105,2	94,3	112,9
GGT Tag 21 a.p. (IU/l)	95	28,3	28	8,2	23	31,3	15,8	58
GGT Tag 14 a.p. (IU/l)	106	27	26	7,2	21,7	30,7	13,4	53,1
GGT Tag 7 a.p. (IU/l)	88	26	25,3	7,3	20,8	29,5	11,9	48,4
GGT Tag 3 p.p. (IU/l)	109	25,2	24,1	7,2	20,1	29,1	10,9	51,2
GLDH Tag 21 a.p. (IU/l)	95	16,6	12,1	12	8,4	21,6	1,8	55,5
GLDH Tag 14 a.p. (IU/l)	106	16,4	12,2	11,4	8,2	21,5	0,9	73,3
GLDH Tag 7 a.p. (IU/l)	88	17,1	13	12,3	8,8	21,7	0,8	68,3
GLDH Tag 3 p.p. (IU/l)	109	16,9	13,3	11,1	9,5	19,9	3,5	52,5

Anhang

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
Glucose Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	4	4	0,3	3,8	4,2	2,9	5
Glucose Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	4	4	0,4	3,8	4,3	3	5,1
Glucose Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	4	3,9	0,4	3,7	4,2	3	5,2
Glucose Tag 3 p.p. (mmol/l)	109	3,3	3,2	0,7	2,9	3,6	1,6	8
HN Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	3,8	3,6	0,8	3,2	4,4	2,2	5,9
HN Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	4	3,9	0,9	3,5	4,5	2	6,7
HN Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	3,9	3,8	0,9	3,3	4,4	2,1	6,2
HN Tag 3 p.p. in mmol/l	109	4,1	3,7	1,4	3,3	4,5	2,3	10,4
Kreatinin Tag 21 a.p. (µmol/l)	95	98,4	97,4	11,5	89,6	104	81,6	138,7
Kreatinin Tag 14 a.p. (µmol/l)	106	99,4	99	11,3	91,2	106,7	81	133,2
Kreatinin Tag 7 a.p. (µmol/l)	88	101,9	101,7	10,7	93,5	107,7	78,3	125,7
Kreatinin Tag 3 p.p. (µmol/l)	109	100,1	98,1	13,8	91,3	107,9	72,8	151,7
Natrium Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	140,3	140,4	5,7	136	144,8	126	153,3
Natrium Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	140,5	140,2	6,6	136,9	143,5	112,4	158
Natrium Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	141,1	141,2	5,1	138,5	144,3	130,5	154,4
Natrium Tag 3 p.p. (mmol/l)	109	141,2	141,6	5,4	137,2	144,9	123,2	159,6
TP Tag 21 a.p. (g/l)	95	75	73,8	6,5	70	79,6	62,4	92,4
TP Tag 14 a.p. (g/l)	106	74	73,1	6,6	69,6	79,6	54,4	91
TP Tag 7 a.p. (g/l)	88	72,4	71,2	6,5	67,7	77,1	58,2	88,6
TP Tag 3 p.p. (g/l)	109	69,2	68,9	6	64,7	73,2	53,9	87,1

10.15.2 Korrelation

10.15.2.1 NEFA

Tabelle 109: Korrelation von Calcium p.p. mit NEFA

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
NEFA im Serum	r	-0,029	-0,047	0,165	0,045
Tag 21 a.p. (mmol/l)	n	0,781	0,655	0,111	0,664
	p	95	94	95	95
NEFA im Serum	r	-0,003	0,075	0,056	0,243
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,975	0,445	0,567	0,012
	n	106	105	106	106
NEFA im Serum	r	-0,149	0,020	-0,060	-0,066
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,167	0,854	0,578	0,544
	n	88	87	88	88
NEFA im Serum	r	-0,379	-0,243	-0,123	0,065
Tag 0 (mmol/l)	p	<0,001	0,011	0,202	0,502
	n	109	108	109	109
NEFA im Serum	r	-0,250	-0,228	-0,243	-0,186
Tag 1 p.p. (mmol/l)	p	0,009	0,017	0,011	0,054
	n	108	108	108	108
NEFA im Serum	r	-0,147	-0,019	-0,127	-0,102
Tag 2 p.p. (mmol/l)	p	0,128	0,844	0,188	0,289
	n	109	108	109	109
NEFA im Serum	r	0,038	0,034	-0,035	-0,071
Tag 3 p.p. (mmol/l)	p	0,698	0,726	0,715	0,464
	n	109	108	109	109

10.15.2.2 BHB

Tabelle 110: Korrelation von BHB mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
BHB im Serum	r	0,033	0,052	0,050	-0,159
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,754	0,619	0,634	0,124
	n	95	94	95	95
BHB im Serum	r	0,107	-0,038	-0,021	-0,084
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,275	0,702	0,827	0,393
	n	106	105	106	106
BHB im Serum	r	-0,022	-0,085	-0,085	-0,145
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,838	0,432	0,429	0,179
	n	88	87	88	88
BHB im Serum	r	0,144	0,016	0,131	-0,081
Tag 0 (mmol/l)	p	0,134	0,867	0,176	0,401
	n	109	108	109	109
BHB im Serum	r	0,085	0,028	0,002	-0,206
Tag 1 p.p. (mmol/l)	p	0,380	0,776	0,986	0,032
	n	108	108	108	108
BHB im Serum	r	-0,092	-0,177	-0,141	-0,122
Tag 2 p.p. (mmol/l)	p	0,339	0,067	0,142	0,205
	n	109	108	109	109
BHB im Serum	r	-0,162	-0,038	-0,058	-0,246
Tag 3 p.p. (mmol/l)	p	0,092	0,695	0,548	0,010
	n	109	108	109	109

10.15.2.3 Kalium

Tabelle 111: Korrelation Kalium mit Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Serumkalium Tag 21 a.p. (mmol/l)	r	-0,101	0,026	0,014	0,119
	p	0,328	0,805	0,893	0,249
	n	95	94	95	95
Serumkalium Tag 14 a.p. (mmol/l)	r	-0,252	0,047	0,169	0,122
	p	0,010	0,639	0,086	0,219
	n	104	103	104	104
Serumkalium Tag 7 a.p. (mmol/l)	r	-0,088	0,087	0,108	0,147
	p	0,413	0,422	0,316	0,172
	n	88	87	88	88
Serumkalium Tag 3 p.p. (mmol/l)	r	-0,077	-0,076	0,015	0,262
	p	0,425	0,435	0,874	0,006
	n	109	108	109	109

10.15.2.4 weitere

Tabelle 112: Korrelation zwischen den weiteren Serumparametern und Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
AST im Serum	r	0,107	0,112	0,233	0,226
Tag 21 a.p. (IU/l)	n	0,303	0,283	0,023	0,028
	p	95	94	95	95
AST im Serum	r	0,239	0,137	0,237	0,255
Tag 14 a.p. (IU/l)	p	0,014	0,163	0,015	0,008
	n	106	105	106	106
AST im Serum	r	0,099	-0,016	0,219	0,087
Tag 7 a.p. (IU/l)	p	0,358	0,885	0,041	0,421
	n	88	87	88	88
AST im Serum	r	-0,010	0,113	0,058	-0,120
Tag 3 p.p. (IU/l)	p	0,920	0,248	0,552	0,216
	n	108	107	108	108
Albumin im Serum	r	0,277	0,122	0,211	0,201
Tag 21 a.p. (g/l)	p	0,007	0,241	0,040	0,051
	n	95	94	95	95
Albumin im Serum	r	0,162	-0,010	0,190	0,162
Tag 14 a.p. (g/l)	p	0,097	0,916	0,051	0,098
	n	106	105	106	106
Albumin im Serum	r	0,071	0,003	0,275	0,022
Tag 7 a.p. (g/l)	p	0,509	0,978	0,010	0,840
	n	88	87	88	88
Albumin im Serum	r	0,164	-0,050	0,125	0,242
Tag 3 p.p. (g/l)	p	0,088	0,604	0,195	0,011
	n	109	108	109	109
Bilirubin im Serum	r	0,040	-0,120	0,016	0,057
Tag 21 a.p. (µmol/l)	p	0,701	0,251	0,878	0,586
	n	95	94	95	95
Bilirubin im Serum	r	-0,012	-0,027	0,176	0,279
Tag 14 a.p. (µmol/l)	p	0,904	0,787	0,072	0,004
	n	106	105	106	106
Bilirubin im Serum	r	-0,070	0,084	0,039	-0,056
Tag 7 a.p. (µmol/l)	p	0,520	0,441	0,718	0,606
	n	88	87	88	88
Bilirubin im Serum	r	-0,027	0,051	-0,191	-0,269
Tag 3 p.p. (µmol/l)	p	0,784	0,601	0,046	0,005
	n	109	108	109	109
CK im Serum	r	0,215	0,029	0,144	0,256
Tag 21 a.p. (IU/l)	p	0,036	0,779	0,163	0,012
	n	95	94	95	95

Anhang

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
CK im Serum	r	0,175	-0,080	0,111	0,193
Tag 14 a.p. (IU/l)	p	0,073	0,416	0,255	0,047
	n	106	105	106	106
CK im Serum	r	-0,087	0,051	0,033	0,058
Tag 7 a.p. (IU/l)	p	0,420	0,639	0,760	0,591
	n	88	87	88	88
CK im Serum	r	-0,043	0,116	0,068	-0,062
Tag 3 p.p. (IU/l)	p	0,656	0,235	0,486	0,522
	n	108	107	108	108
Chol im Serum	r	0,233	-0,014	0,114	0,155
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,023	0,891	0,270	0,134
	n	95	94	95	95
Chol im Serum	r	0,239	-0,050	0,135	0,096
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,014	0,615	0,167	0,326
	n	106	105	106	106
Chol im Serum	r	0,136	-0,104	0,136	0,127
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,208	0,336	0,206	0,239
	n	88	87	88	88
Chol im Serum	r	0,264	0,141	0,138	0,155
Tag 3 p.p. (mmol/l)	p	0,006	0,145	0,154	0,107
	n	109	108	109	109
Chlorid im Serum	r	-0,037	-0,058	-0,068	-0,034
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,720	0,579	0,511	0,743
	n	95	94	95	95
Chlorid im Serum	r	-0,288	-0,098	-0,069	-0,015
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,003	0,318	0,482	0,882
	n	106	105	106	106
Chlorid im Serum	r	-0,211	-0,069	-0,183	-0,059
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,048	0,523	0,088	0,583
	n	88	87	88	88
Chlorid im Serum	r	-0,174	-0,097	-0,319	-0,262
Tag 3 p.p. (mmol/l)	p	0,071	0,319	0,001	0,006
	n	109	108	109	109
GGT im Serum	r	0,022	0,059	0,131	0,078
Tag 21 a.p. (IU/l)	p	0,830	0,575	0,206	0,454
	n	95	94	95	95
GGT im Serum	r	0,173	0,113	0,149	0,078
Tag 14 a.p. (IU/l)	p	0,075	0,250	0,129	0,425
	n	106	105	106	106
GGT im Serum	r	0,126	0,010	-0,020	0,001
Tag 7 a.p. (IU/l)	p	0,244	0,924	0,853	0,993
	n	88	87	88	88

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
GGT im Serum	r	0,079	0,227	0,114	0,122
Tag 3 p.p. (IU/l)	p	0,413	0,018	0,237	0,205
	n	109	108	109	109
GLDH im Serum	r	-0,050	-0,057	0,244	0,156
Tag 21 a.p. (IU/l)	p	0,632	0,586	0,017	0,132
	n	95	94	95	95
GLDH im Serum	r	0,190	0,007	0,224	0,146
Tag 14 a.p. (IU/l)	p	0,052	0,943	0,021	0,136
	n	106	105	106	106
GLDH im Serum	r	0,057	-0,185	0,221	0,093
Tag 7 a.p. (IU/l)	p	0,597	0,086	0,038	0,390
	n	88	87	88	88
GLDH im Serum	r	0,084	-0,038	0,251	0,245
Tag 3 p.p. (IU/l)	p	0,388	0,693	0,008	0,010
	n	109	108	109	109
Glucose im Serum	r	0,111	0,029	0,121	0,069
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,284	0,780	0,241	0,505
	n	95	94	95	95
Glucose im Serum	r	0,086	-0,056	0,144	0,117
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,382	0,572	0,142	0,232
	n	106	105	106	106
Glucose im Serum	r	0,160	-0,033	0,182	0,045
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,137	0,761	0,090	0,680
	n	88	87	88	88
Glucose im Serum	r	0,193	0,096	0,168	0,107
Tag 3 p.p. (mmol/l)	p	0,044	0,325	0,082	0,267
	n	109	108	109	109
HN im Serum	r	0,053	0,003	0,303	0,168
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,612	0,974	0,003	0,103
	n	95	94	95	95
HN im Serum	r	0,065	-0,123	0,237	0,072
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,505	0,210	0,015	0,462
	n	106	105	106	106
HN im Serum	r	-0,004	-0,105	0,159	-0,021
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,972	0,332	0,139	0,849
	n	88	87	88	88
HN im Serum	r	-0,054	0,035	-0,062	-0,147
Tag 3 p.p. (mmol/l)	p	0,579	0,719	0,520	0,126
	n	109	108	109	109
Kreatinin im Serum	r	0,122	0,106	-0,019	0,053
Tag 21 a.p. (µmol/l)	p	0,239	0,310	0,858	0,613
	n	95	94	95	95

Anhang

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Kreatinin im Serum Tag 14 a.p. (µmol/l)	r p n	-0,087 0,378 106	0,072 0,467 105	-0,002 0,985 106	-0,069 0,482 106
Kreatinin im Serum Tag 7 a.p. (µmol/l)	r p n	0,039 0,719 88	-0,047 0,665 87	-0,060 0,581 88	0,147 0,172 88
Kreatinin im Serum Tag 3 p.p. (µmol/l)	r p n	-0,057 0,559 109	-0,025 0,794 108	0,027 0,778 109	0,016 0,869 109
Natrium im Serum Tag 21 a.p. (mmol/l)	r p n	0,050 0,630 95	0,067 0,520 94	0,011 0,918 95	-0,119 0,251 95
Natrium im Serum Tag 14 a.p. (mmol/l)	r p n	-0,167 0,087 106	-0,061 0,535 105	-0,147 0,131 106	-0,085 0,388 106
Natrium im Serum Tag 7 a.p. (mmol/l)	r p n	-0,069 0,523 88	-0,039 0,721 87	-0,107 0,321 88	0,043 0,693 88
Natrium im Serum Tag 3 p.p. (mmol/l)	r p n	-0,061 0,527 109	-0,017 0,858 108	-0,046 0,635 109	0,224 0,019 109
TP im Serum Tag 21 a.p. (g/l)	r p n	-0,072 0,489 95	0,253 0,014 94	-0,079 0,446 95	-0,182 0,077 95
TP im Serum Tag 14 a.p. (g/l)	r p n	-0,171 0,080 106	0,115 0,243 105	-0,087 0,376 106	-0,228 0,019 106
TP im Serum Tag 7 a.p. (g/l)	r p n	0,006 0,957 88	0,173 0,110 87	0,044 0,686 88	-0,177 0,100 88
TP im Serum Tag 3 p.p. (g/l)	r p n	-0,086 0,373 109	0,207 0,032 108	-0,067 0,487 109	-0,132 0,172 109

10.16 Harnparameter

10.16.1 Häufigkeitsverteilung

Tabelle 113: Häufigkeitsverteilung der weitem Harnparameter

	n	Mittelwert	Median	SD	X ₂₅	X ₇₅	min	max
Basen Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	188,7	188,0	54,4	149,0	219,0	60,0	322,0
Basen Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	178,1	175,0	57,7	144,0	216,3	50,0	324,0
Basen Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	167,7	168,5	52,1	125,3	206,3	67,0	355,0
Säure Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	69,4	67,0	21,3	55,0	82,0	31,0	131,0
Säure Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	65,9	63,5	19,3	52,0	78,0	32,0	142,0
Säure Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	66,3	64,0	20,1	51,0	80,8	26,0	108,0
Ammoniak Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	5,6	5,0	2,6	4,0	7,0	1,0	18,0
Ammoniak Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	5,6	5,0	3,0	4,0	7,0	2,0	15,0
Ammoniak Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	4,9	5,0	2,5	3,0	6,8	1,0	13,0
BSQ Tag 21 a.p.	95	2,9	2,7	0,9	2,2	3,5	1,4	6,0
BSQ Tag 14 a.p.	106	2,8	2,8	1,1	2,2	3,3	0,7	6,7
BSQ Tag 7 a.p.	88	2,7	2,4	0,9	2,0	3,1	1,2	5,5
Natrium Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	69,5	70,1	35,6	43,1	89,2	1,7	172,5
Natrium Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	68,0	56,0	44,0	34,7	98,9	1,2	189,1
Natrium Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	70,6	61,5	38,6	37,9	98,8	5,5	177,3
Kreatinin Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	9,5826	8,870	3,7726	7,23	11,32	2,380	24,59
Kreatinin Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	9,2698	8,875	3,3243	7,38	10,6825	1,880	21,02
Kreatinin Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	10,1039	9,690	4,1718	7,27	12,345	0,824	28,02
Chlorid Tag 21 a.p. (mmol/l)	95	151,2	149,0	47,9	121,0	180,0	44,8	283,0
Chlorid Tag 14 a.p. (mmol/l)	106	146,0	145,5	54,0	112,8	176,5	39,4	305,0
Chlorid Tag 7 a.p. (mmol/l)	88	149,2	149,0	53,7	109,3	189,8	34,1	268,0

10.16.2 Korrelation

10.16.2.1 NSBA

Tabelle 114: Korrelation NSBA a.p. und Calcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
NSBA	r	0,047	-0,046	0,044	0,073
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,649	0,662	0,673	0,482
	n	95	94	95	95
NSBA	r	-0,022	0,154	0,002	-0,119
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,823	0,116	0,984	0,226
	n	106	105	106	106
NSBA	r	-0,159	-0,195	-0,045	-0,001
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,139	0,071	0,675	0,992
	n	88	87	88	88

10.16.2.2 Kalium

Tabelle 115: Korrelation von Kalium im Harn a.p. mit Serumcalcium p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Kalium Harn	r	0,060	0,029	0,125	-0,031
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,561	0,780	0,229	0,765
	n	95	94	95	95
Kalium Harn	r	0,140	0,193	0,142	-0,027
Tag 14 a.p.(mmol/l)	p	0,153	0,048	0,147	0,785
	n	106	105	106	106
Kalium Harn	r	-0,050	-0,047	0,059	0,030
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,647	0,666	0,585	0,781
	n	88	87	88	88

10.16.2.3 Weitere

Tabelle 116: Korrelation von weiteren Harnparametern und Calcium im Serum p.p.

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Basen	r	0,038	-0,040	0,043	0,036
Tag 21 a.p. (mmol/l)	n	0,713	0,699	0,678	0,730
	p	95	94	95	95
Basen	r	0,058	0,196	0,039	-0,065
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,554	0,046	0,692	0,505
	n	106	105	106	106
Basen	r	-0,145	-0,182	-0,046	-0,001
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,178	0,091	0,670	0,991
	n	88	87	88	88
Säuren	r	-0,087	-0,008	0,101	-0,036
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,403	0,936	0,332	0,730
	n	95	94	95	95
Säuren	r	0,185	0,158	0,153	0,110
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,057	0,107	0,117	0,260
	n	106	105	106	106
Säuren	r	-0,102	-0,044	<0,001	0,070
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,344	0,683	0,998	0,519
	n	88	87	88	88
Ammoniak	r	0,022	0,081	0,220	0,220
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,835	0,436	0,032	0,032
	n	95	94	95	95
Ammoniak	r	0,139	-0,051	0,012	0,175
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,154	0,607	0,903	0,073
	n	106	105	106	106
Ammoniak	r	0,028	0,102	-0,079	-0,070
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,794	0,346	0,463	0,520
	n	88	87	88	88
BSQ	r	0,087	-0,002	-0,022	0,061
Tag 21 a.p.	p	0,402	0,987	0,830	0,559
	n	95	94	95	95
BSQ	r	-0,115	0,085	-0,075	-0,172
Tag 14 a.p.	p	0,239	0,387	0,444	0,077
	n	106	105	106	106
BSQ	r	-0,077	-0,150	-0,080	-0,024
Tag 7 a.p.	p	0,475	0,165	0,458	0,827
	n	88	87	88	88
Natrium	r	-0,073	-0,068	-0,279	-0,155
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,484	0,514	0,006	0,134
	n	95	94	95	95

Anhang

		Serumcalcium Tag 0 (mmol/l)	Serumcalcium Tag 1 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 2 p.p. (mmol/l)	Serumcalcium Tag 3 p.p. (mmol/l)
Natrium	r	-0,149	0,161	-0,102	-0,201
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,127	0,101	0,296	0,039
	n	106	105	106	106
Natrium	r	-0,160	-0,112	-0,153	0,056
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,136	0,301	0,154	0,605
	n	88	87	88	88
Kreatinin	r	-0,109	-0,018	-0,017	-0,125
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,292	0,862	0,867	0,227
	n	95	94	95	95
Kreatinin	r	0,137	0,164	0,122	0,088
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,163	0,095	0,211	0,369
	n	106	105	106	106
Kreatinin	r	-0,122	0,032	-0,139	-0,012
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,258	0,772	0,196	0,914
	n	88	87	88	88
Chlorid	r	0,047	0,144	-0,003	-0,075
Tag 21 a.p. (mmol/l)	p	0,651	0,166	0,976	0,471
	n	95	94	95	95
Chlorid	r	-0,004	0,144	-0,072	-0,174
Tag 14 a.p. (mmol/l)	p	0,971	0,143	0,462	0,074
	n	106	105	106	106
Chlorid	r	0,115	0,104	0,037	0,071
Tag 7 a.p. (mmol/l)	p	0,284	0,337	0,733	0,509
	n	88	87	88	88

11 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

11.1 Tabellen

<i>Tabelle 1: Richtkonzentratione zur Beurteilung des Effektes einer Anionenration über die Harnuntersuchung bei gepoolten Proben (Schmutzer 2010)</i>	19
<i>Tabelle 2: Differenzierter Einsatz saurer Salze in Abhängigkeit vom DCAB-Bereich in Kombination mit anderen Prophylaxemaßnahmen (Schmutzer 2010)</i>	20
<i>Tabelle 3: Probenplan ante partum</i>	30
<i>Tabelle 4: Probenplan post partum</i>	32
<i>Tabelle 5: Untersuchungsparameter klinische Untersuchung</i>	33
<i>Tabelle 6: Referenzwert Serum (Moritz et al. 2013)</i>	35
<i>Tabelle 7: Referenzwerte Rotes Blutbild (Labor Klinik für Klautiere FU Berlin)</i>	36
<i>Tabelle 8: Referenzwerte Harn (Moritz et al. 2013)</i>	36
<i>Tabelle 9: Häufigkeitsverteilung der Laktationsnummer</i>	39
<i>Tabelle 10: Häufigkeitsverteilung der einzelnen Laktationen</i>	39
<i>Tabelle 11: Korrelation Laktationsnummer mit Calcium p.p.</i>	39
<i>Tabelle 12: Häufigkeitsverteilung der Körperkonditionsmessung</i>	40
<i>Tabelle 13: Korrelation Körperkondition mit Calcium p.p.</i>	40
<i>Tabelle 14: Häufigkeitsverteilung der Milchleistung 305 Tage Vorlaktation</i>	41
<i>Tabelle 15: Korrelation von 305 Tage Milchleistung Vorlaktation zu Calcium p.p.</i>	41
<i>Tabelle 16: Häufigkeitsverteilung der Milchmenge post partum täglich bzw. wöchentlich</i>	42
<i>Tabelle 17: Häufigkeitsverteilung Erkrankung ja/nein aus Allgemeinuntersuchung</i>	43
<i>Tabelle 18: Häufigkeitsverteilung des Bewegungsscores</i>	43
<i>Tabelle 19: Korrelation Bewegungsscore mit Calcium p.p.</i>	43
<i>Tabelle 20: Häufigkeitsverteilung der Rektaltemperatur</i>	45
<i>Tabelle 21: Häufigkeitsverteilung der Ohrtemperatur</i>	45
<i>Tabelle 22: Häufigkeitsverteilung der Pansenkontraktionen in 2 min</i>	46
<i>Tabelle 23: Korrelation Pansenkontraktionen mit Calcium p.p.</i>	46
<i>Tabelle 24: Häufigkeitsverteilung der Intensität der Pansenkontraktionen</i>	47
<i>Tabelle 25: Korrelation Intensität mit Calcium p.p.</i>	47
<i>Tabelle 26: Häufigkeitsverteilung der Pansenfüllung</i>	48
<i>Tabelle 27: Häufigkeitsverteilung bei der Kalbung</i>	50
<i>Tabelle 28: Korrelation Kalbung mit Calcium p.p.</i>	50
<i>Tabelle 29: Häufigkeitsverteilung der Vitamin D₃ Injektionen</i>	51
<i>Tabelle 30: Korrelation Anzahl der Vitamin D₃ Injektionen mit Calcium p.p.</i>	51
<i>Tabelle 31: Häufigkeitsverteilung des Abstandes zur letzten D₃ Injektion der behandelten Kühe vor der Kalbung</i>	51
<i>Tabelle 32: Korrelation Abstand der letzten Vitamin D₃ Injektion in Tagen mit Calcium p.p.</i> .	52

<i>Tabelle 33: Häufigkeitsverteilung der Subcutane Calciuminfusion</i>	52
<i>Tabelle 34: Verteilung der Menge Calcium s.c. bei behandelten Kühen</i>	52
<i>Tabelle 35: Verteilung der Menge Calcium s.c. bei allen Kühen</i>	52
<i>Tabelle 36: Korrelation Calciuminjektion s.c. erfolgt / nicht erfolgt bei allen Kühen mit Calcium p.p.</i>	53
<i>Tabelle 37: Häufigkeitsverteilung der Gabe von Calciumbolusse</i>	53
<i>Tabelle 38: Korrelation Calciumbolus p.p. mit Calcium p.p.</i>	53
<i>Tabelle 39: Häufigkeitsverteilung der Lufttemperatur</i>	54
<i>Tabelle 40: Häufigkeitsverteilung des Niederschlages</i>	54
<i>Tabelle 41: Häufigkeitsverteilung der Futteraufnahme Originalsubstanzaufnahme Tag 14 a.p. bis 3 p.p.</i>	55
<i>Tabelle 42: Korrelation der Originalsubstanzaufnahme auf die Calciumkonzentration</i>	56
<i>Tabelle 43: Häufigkeitsverteilung der Futteraufnahme Trockensubstanz Tag 14 a.p. bis 3 p.p.</i>	58
<i>Tabelle 44: Korrelation Trockensubstanzaufnahme mit Calcium p.p.</i>	59
<i>Tabelle 45: Häufigkeitsverteilung der DCAB je kg TS</i>	61
<i>Tabelle 46: Korrelation DCAB mit Calcium p.p.</i>	61
<i>Tabelle 47: Häufigkeitsverteilung der Calciumaufnahme mit dem Futter</i>	63
<i>Tabelle 48: Korrelation von Calcium Futter mit Calcium Serum p.p.</i>	64
<i>Tabelle 49: Häufigkeitsverteilung der Phosphoraufnahme mit dem Futter</i>	66
<i>Tabelle 50: Korrelation Phosphor Futter mit Calcium Serum</i>	67
<i>Tabelle 51: Häufigkeitsverteilung der Magnesiumaufnahme mit dem Futter</i>	69
<i>Tabelle 52: Korrelation Magnesium im Futter mit Calcium p.p.</i>	70
<i>Tabelle 53: Häufigkeitsverteilung der Kaliumaufnahme mit dem Futter</i>	72
<i>Tabelle 54: Häufigkeitsverteilung der Schwefelaufnahme mit dem Futter</i>	73
<i>Tabelle 55: Häufigkeitsverteilung des Calcium im Serum</i>	74
<i>Tabelle 56: Korrelation von Calciums a.p. zu Calcium p.p.</i>	75
<i>Tabelle 57: Häufigkeitsverteilung des Phosphors im Serum</i>	76
<i>Tabelle 58: Korrelation Phosphor a.p. und p.p. mit Calcium p.p.</i>	77
<i>Tabelle 59: Häufigkeitsverteilung des Magnesiums im Serum</i>	78
<i>Tabelle 60: Korrelation Magnesium im Serum a.p. und p.p. mit Serumcalcium p.p.</i>	78
<i>Tabelle 61: Häufigkeitsverteilung der NEFA</i>	79
<i>Tabelle 62: Häufigkeitsverteilung des BHBS</i>	80
<i>Tabelle 63: Häufigkeitsverteilung des Kaliums im Serum</i>	80
<i>Tabelle 64: Rotes Blutbild</i>	85
<i>Tabelle 65: Korrelation Differentialblutbild a.p. mit Calcium p.p.</i>	86
<i>Tabelle 66: Häufigkeitsverteilung des Calciums im Harn</i>	87

<i>Tabelle 67: Korrelation von Harncalcium a.p. mit Serumcalcium p.p.</i>	87
<i>Tabelle 68: Häufigkeitsverteilung des Phosphors im Harn</i>	87
<i>Tabelle 69: Korrelation Harnphosphor a.p. mit Serumcalcium p.p.</i>	88
<i>Tabelle 70: Häufigkeitsverteilung des Magnesiums im Harn</i>	88
<i>Tabelle 71: Korrelation von Harnmagnesium a.p. mit Serumcalcium p.p.</i>	89
<i>Tabelle 72: Häufigkeitsverteilung des Harn-pHs</i>	89
<i>Tabelle 73: Korrelation pH a.p. mit Calcium p.p.</i>	89
<i>Tabelle 74: Häufigkeitsverteilung der NSBA</i>	90
<i>Tabelle 75: Häufigkeitsverteilung der Kaliums im Harn</i>	90
<i>Tabelle 76: Parameterschätzer für Calcium Tag 0</i>	93
<i>Tabelle 77: Parameterschätzer für Calcium Tag 0 äußerer Faktoren</i>	94
<i>Tabelle 78: Parameterschätzer für Calcium Tag 0 nur Laborparameter</i>	95
<i>Tabelle 79: Parameterschätzer Calcium Tag 1 p.p.</i>	96
<i>Tabelle 80: Parameterschätzer für Calcium Tag 1 p.p. äußere Faktoren</i>	97
<i>Tabelle 81: Parameterschätzer für Calcium Tag 1 p.p. nur Laborparameter</i>	97
<i>Tabelle 82: Parameterschätzer für Calcium Tag 2 p.p.</i>	98
<i>Tabelle 83: Parameterschätzer für Calcium Tag 2 p.p. äußere Faktoren</i>	99
<i>Tabelle 84: Parameterschätzer für Calcium Tag 2 p.p. nur Laborparameter</i>	100
<i>Tabelle 85: Parameterschätzer für Calcium Tag 3 p.p.</i>	101
<i>Tabelle 86: Parameterschätzer für Calcium Tag 3 p.p. äußere Faktoren</i>	102
<i>Tabelle 87: Parameterschätzer für Calcium Tag 3 p.p. nur Laborparameter</i>	103
<i>Tabelle 88: Übersicht DCAB Wirkung ausgewählter Futtermittel (Husband 2005)</i>	147
<i>Tabelle 89: Durchschnittszusammensetzung a.p.</i>	150
<i>Tabelle 90: Durchschnittszusammensetzung a.p.</i>	151
<i>Tabelle 91: Durchschnittsrationszusammensetzung p.p.</i>	152
<i>Tabelle 92: Durchschnittsrationszusammensetzung p.p.</i>	153
<i>Tabelle 93: Beurteilung der Pansenfüllung</i>	154
<i>Tabelle 94: Codierung Parameter der allgemeinen Untersuchung</i>	155
<i>Tabelle 95: Auswahl Serumparameter für Profil 1 und Profil 2</i>	157
<i>Tabelle 96: Analysemethoden der Serumparameter</i>	158
<i>Tabelle 97: Analysemethoden der Parameter des Roten Blutbildes</i>	160
<i>Tabelle 98: Harnanalyse</i>	161
<i>Tabelle 99: Korrelation Milchmenge p.p. mit Calcium p.p.</i>	162
<i>Tabelle 100: Korrelation Erkrankung mit Calcium p.p.</i>	163
<i>Tabelle 101: Korrelation Raktaltemperatur und Calcium p.p.</i>	164
<i>Tabelle 102: Korrelation Ohrtemperatur mit Calcium p.p.</i>	165
<i>Tabelle 103: Korrelation Pansenfüllung mit Calcium p.p.</i>	166

<i>Tabelle 104: Korrelation Temperatur mit Calcium p.p.</i>	168
<i>Tabelle 105: korrelation Niederschlagsmenge mit Calium p.p.</i>	169
<i>Tabelle 106: Korrelation Kalium im Futter mit Calcium im Serum p.p.</i>	170
<i>Tabelle 107: Korrelation Schwefel im Futter mit Calcium p.p.</i>	172
<i>Tabelle 108: Häufigkeitsverteilung weiterer Serumparameter</i>	174
<i>Tabelle 109: Korrelation von Calcium p.p. mit NEFA</i>	176
<i>Tabelle 110: Korrelation von BHB mit Calcium p.p.</i>	177
<i>Tabelle 111: Korrelation Kalium mit Calcium p.p.</i>	178
<i>Tabelle 112: Korrelation zwischen den weiteren Serumparametern und Calcium p.p.</i>	179
<i>Tabelle 113: Häufigkeitsverteilung der weitem Harnparameter</i>	183
<i>Tabelle 114: Korrelation NSBA a.p. und Calcium p.p.</i>	184
<i>Tabelle 115: Korrelation von Kalium im Harn a.p. mit Serumcalcium p.p.</i>	184
<i>Tabelle 116: Korrelation von weiteren Harnparametern und Calcium im Serum p.p.</i>	185

11.2 Abbildungen

<i>Abbildung 1: Intestinaler transepithelialer Transport von Calcium (Martín-Tereso et al. 2014)</i>	4
<i>Abbildung 2: Calciumhomeostase einer Kuh (Staufenbiel 2011)</i>	5
<i>Abbildung 3: Renaler transepithelialer Transport von Calcium (Martín-Tereso et al. 2014)</i>	5
<i>Abbildung 4: Einfluss der verschiedenen Hormone auf den Calciumhaushalt (von Engelhardt et al. 2010)</i>	6
<i>Abbildung 5: Phosphorhomeostase einer 500kg Kuh (Goff 2000)</i>	8
<i>Abbildung 6: Die Serumcalciumkonzentration in Abhängigkeit von der Laktationszahl (Reinhardt et al. 2011)</i>	11
<i>Abbildung 7: Serum Calciumkonzentration mit (●) und ohne (○) anionische Salze (Seifi et al. 2010)</i>	17
<i>Abbildung 8: Zusammenhang vom Milchfiebrisiko und der DCAB (DeGaris et al. 2008)</i>	18
<i>Abbildung 9: Zusammenhang des Harn pH-Wertes und der DCAB (DeGaris et al. 2008)</i>	19
<i>Abbildung 10: Serumkonzentration von Ca (●), Ca²⁺(○), Mg(■) und Mg²⁺(□) während der Transitperiode (Riond 2001)</i>	24
<i>Abbildung 11: Verlauf der Calciumkonzentration bei einer Jersey Kuh nach der Gabe von 50g Calcium (●) und 100g Calcium (□) (Goff 1999)</i>	26
<i>Abbildung 12: Position der Rückenfettdickenmessung (Schröder et al. 2006)</i>	31
<i>Abbildung 13: Förderung einer Gebärparese infolge einer verminderten Futteraufnahme a.p. (Hoops 2007)</i>	112
<i>Abbildung 14: Verhältnis von Calciumgehalt im Futter zum Risiko zur Entstehung von Milchfieber (Oetzel 1991)</i>	114
<i>Abbildung 15: Mittelwert der NEFA-Konzentration für hypocalcämische Kühe (Ca<2,0) und normocalcämische Kühe (Ca>2,0) (Reinhardt et al. 2011)</i>	117

12 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zu der Entstehung meiner Doktorarbeit beigetragen haben.

Einen besonderen Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr. Staufenbiel für die Überlassung dieses praxisnahen Themas und die jederzeit gewährte Unterstützung, vor allem in den zahlreichen Hinweisen und Anregungen.

Meiner Familie, im Besonderen meinem Mann René, möchte ich von ganzem Herzen bedanken. Sie haben mich immer in meinem Vorhaben unterstützt und viel Geduld mit mir gehabt.

Ein weiter Dank gilt Katharina Götze für ihre Unterstützung sowohl in Iden als auch drum herum.

Beim Team der LLFG Iden möchte ich mich hiermit besonders bedanken. Die Unterstützung bei der Probennahme und die sehr gute Erfassung der Kuhdaten waren mit maßgeblich für die Verfassung der Arbeit.

Den Mitarbeitern des Labors der Kleintierklinik der Freien Universität Berlin danke ich für die zu verlässliche und schnelle Untersuchung meiner genommenen Proben. Ein besonderer Dank gilt hier Frau Waberowski.

Ein weiterer Dank gilt Frau Dr. Pieper und Herrn Gonzales für ihre tatkräftige Unterstützung bei allen Fragen der Statistik.

Ramona Brühl gilt ein ganz besonderer Dank für das fleißige Korrekturlesen.

13 Selbständigkeitserklärung

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

Borkheide, den 16.07.2021

Patricia Crivellaro



9 783967 291308
mbvberlin mensch und buch verlag

49,90 Euro | ISBN: 978-3-96729-130-8