

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

**Vergleich der Immunokritmethode mit der
Gesamtproteinbestimmung im Blutserum
zur Beurteilung der Kolostrumversorgung
neugeborener Kälber**

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

**vorgelegt von
Waldemar Debletz
Tierarzt aus Koktschetaw (Kasachstan)**

**Berlin 2022
Journal-Nr.: 4359**

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

**Vergleich der Immunokritmethode mit der Gesamtproteinbestimmung im Blutserum
zur Beurteilung der Kolostrumversorgung neugeborener Kälber**

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

vorgelegt von
Waldemar Debletz
Tierarzt aus Koktschetaw (Kasachstan)

Berlin 2022

Journal-Nr.: 4359

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Uwe Rösler
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenbiel
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Heidrun Gehlen
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Salah Amasheh

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

cattle, calves, cow colostrum, immune tolerance, immunoglobulins, blood serum, albumins,
fibrinogen, blood proteins, calve feeding

Tag der Promotion: 28.10.2022

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: 978-3-96729-192-6

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2022

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 2022 Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

*“But it ain’t about how hard you’re hit.
It’s about how hard you can get hit
and keep moving forward.
How much you can take and keep moving forward”*

Rocky Balboa

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VII
1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1 Kolostrum.....	3
2.1.1 Inhaltsstoffe und Bedeutung des Kolostrums	3
2.1.2 Immunglobuline	3
2.2 Einflussfaktoren auf die Kolostrumqualität.....	4
2.3 Einflussfaktoren auf die Kolostrummenge	6
2.4 Absorption maternaler Immunglobuline	6
2.5 Einflussfaktoren auf den Immunglobulintransfers	7
2.5.1 Zeitpunkt der ersten Kolostrumaufnahme.....	7
2.5.2 Kolostrummenge und Kolostrumqualität.....	8
2.5.3 Tränkemethode.....	8
2.5.4 Geschlecht des Kalbes	9
2.5.5 Geburtsverlauf und Anzahl geborener Kälber	10
2.6 Verlauf des Antikörpergehaltes beim Kalb.....	10
2.7 Unzureichende Immunglobulinversorgung	12
2.7.1 Ursachen einer unzureichenden Immunglobulinversorgung	12
2.7.2 Folgen einer unzureichenden Immunglobulinversorgung.....	13
2.8 Methoden zur Messung des Ig-Gehaltes im Serum.....	15
2.8.1 Direkte IgG-Nachweisverfahren.....	15
2.8.1.1 Radiale Immundiffusion (RID)	15
2.8.1.2 ELISA	15
2.8.2 Indirekte IgG-Nachweisverfahren	16
2.8.2.1 Bestimmung des Gesamteiweiß mittels Refraktometrie.....	16
2.8.2.2 Kolorimetrische Bestimmung des Gesamteiweiß mittels Biuret-Reaktion	17

2.8.2.3	Messung der γ -Glutamyltransferase-Aktivität.....	17
2.8.2.4	Bestimmung des Gesamteiweiß mittels Zinksulfat-Trübungstest.....	18
2.8.2.5	Bestimmung des Gesamteiweiß mittels Natriumsulfit-Trübungstest	18
2.8.2.6	Glutardialdehyd-Koagulationstest.....	18
2.9	Immunokritmethode zur Messung des Ig-Gehaltes im Serum.....	19
2.10	Anämie beim Saugkalb	21
2.10.1	Definition der Anämie	21
2.10.2	Ursachen der Anämie	22
2.10.3	Eisenmangelanämie	22
2.10.4	Neugeborenanämie	23
2.10.5	Folgen der Anämie	24
2.10.6	Prophylaxe von Anämien.....	24
3.	Material und Methoden	25
3.1	Untersuchungszeitraum, Standort der Untersuchungen und Probanden	25
3.1.1	Untersuchungsbetriebe.....	25
3.1.2	Kälber	26
3.1.3	Kälbermanagement und Kälberhaltung	26
3.2	Probengewinnung und Probenaufbereitung	27
3.3	Probenanalyse	27
3.3.1	Bestimmung der Hämoglobinkonzentration.....	28
3.3.2	Bestimmung des Hämatokritwertes	28
3.3.3	Bestimmung der Gesamteiweißkonzentration	28
3.3.4	Bestimmung der Albuminkonzentration	29
3.3.5	Bestimmung der Globulinkonzentration.....	29
3.3.6	Bestimmung der Fibrinogenkonzentration	29
3.3.7	Bestimmung des Immunokritwertes.....	29
3.4	Erhebung der Herdendaten	30
3.5	Erhebung der Kälberdaten.....	30

3.6	Statistische Methoden.....	31
4.	Ergebnisse	33
4.1	Übersicht deskriptive Statistik	33
4.2	Blutparameter	34
4.2.1	Hämoglobingehalt.....	34
4.2.2	Hämatokrit	34
4.2.3	Serum Totalprotein	35
4.2.4	Serum Albumin	36
4.2.5	Serum Globulin.....	36
4.2.6	Plasma Totalprotein.....	37
4.2.7	Plasma Albumin.....	38
4.2.8	Plasma Globulin.....	38
4.2.9	Fibrinogen.....	39
4.2.10	Immunokrit	40
4.3	Parameter Kalb	41
4.3.1	Kolostrumaufnahme innerhalb der ersten 4 Lebensstunden	41
4.3.2	Kolostrumaufnahme innerhalb der ersten 24 Lebensstunden	41
4.3.3	Tränketeknik	42
4.3.4	Geschlecht der Kälber	43
4.3.5	Altersverteilung der Kälber	43
4.3.6	Überlebensrate	44
4.3.7	Geburtsdatum	44
4.3.8	Geburtsverlauf	45
4.3.9	Laktationszahl des Muttertieres	45
4.4	Parameter Betrieb.....	46
4.4.1	Betriebsgröße	46
4.4.2	Trockenstehzeit	47
4.4.3	Tränkedauer	48

4.4.4	Milchleistung	48
4.4.5	Remontierungsrate	49
4.4.6	Zellzahl	50
4.4.7	Kälberbehandlungen.....	51
4.4.8	Kälberverluste.....	51
4.5	Zusammenhang zwischen Immunokrit und anderen Blutparametern.....	53
4.5.1	Zusammenhang zwischen Immunokrit und Serum Totalprotein.....	53
4.5.2	Zusammenhang zwischen Immunokrit und Serum Albumin.....	54
4.5.3	Zusammenhang zwischen Immunokrit und Serum Globulin	55
4.5.4	Zusammenhang zwischen Immunokrit und Plasma Totalprotein	56
4.5.5	Zusammenhang zwischen Immunokrit und Plasma Albumin	57
4.5.6	Zusammenhang zwischen Immunokrit und Plasma Globulin	58
4.5.7	Zusammenhang zwischen Immunokrit und Fibrinogen	59
4.5.8	Zusammenhang zwischen Immunokrit und Hämoglobin	60
4.5.9	Zusammenhang zwischen Immunokrit und Hämatokrit.....	61
4.6	Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und anderen Blutparametern.....	62
4.6.1	Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Serum Albumin.....	62
4.6.2	Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Serum Globulin.....	63
4.6.3	Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Plasma Totalprotein	64
4.6.4	Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Plasma Albumin	65
4.6.5	Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Plasma Globulin	66
4.6.6	Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Fibrinogen	67
4.6.7	Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Hämoglobin	68
4.6.8	Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Hämatokrit.....	69
4.7	Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und anderen Parametern	70
4.7.1	Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 4 Lebensstunden.....	70
4.7.2	Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 24 Lebensstunden.....	71

4.7.3	Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Tränketchnik	72
4.7.4	Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und dem Geschlecht	74
4.7.5	Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Überlebensrate	74
4.7.6	Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und dem Geburtsverlauf.....	75
4.7.7	Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Laktationszahl	76
4.7.8	Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Betriebsgröße	77
4.7.9	Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Milchleistung	78
4.7.10	Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Eisengabe	79
4.7.11	Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Mutterschutzimpfung.....	81
4.8	Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und anderen Parametern.....	82
4.8.1	Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 4 Lebensstunden.....	82
4.8.2	Zusammenhanb zwischen dem Serum Totalprotein und der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 24 Lebensstunden.....	83
4.8.3	Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der Tränketchnik....	84
4.8.4	Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und dem Geschlecht	85
4.8.5	Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Überleben 90 Tage p.p....	85
4.8.6	Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und dem Geburtsverlauf.	86
4.8.7	Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der Laktationszahl ...	87
4.8.8	Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der Betriebsgröße....	88
4.8.9	Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der Milchleistung	88
4.8.10	Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der Eisengabe	90
4.8.11	Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der Mutterschutzimpfung.....	91
5.	Diskussion.....	93
5.1	Feldmethoden	93
5.2	Zusammenhang zwischen Immunokrit und anderen Blutparametern.....	94
5.3	Einflussfaktoren auf den Immunokrit.....	94
5.3.1	Kolostrummenge 24 Stunden	94

5.3.2	Tränketchnik	95
5.3.3	Überlebensrate	95
5.3.4	Milchleistung	95
5.3.5	Eisengabe	96
5.3.6	Impfung des Muttertieres	96
5.3.7	Geburtsverlauf	96
5.4	Zusammenfassende Diskussion	97
6.	Schlussfolgerungen	99
7.	Zusammenfassung	100
8.	Summary	101
9.	Literaturverzeichnis	103
10.	Abbildungsverzeichnis	129
11.	Tabellenverzeichnis	131
12.	Danksagung	134
13.	Interessenskonflikte	135
14.	Selbstständigkeitserklärung	136

Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
a.p.	ante partum
Abb.	Abbildung
AG	Aktiengesellschaft
Alb	Albumin
ANOVA	analysis of variance, Varianzanalyse
ca.	circa
d	Tage
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
ELISA	Enzyme Linked Immunosorbent Assay
F	F-Wert
FcRn-Rezeptor	Neonataler Fc-Rezeptor (fragment crystallizable)
FPT	failure of passive transfer
FTM	Futtertrockenmasse
FU	Freie Universität
G	Gauge
g/l	Gramm pro Liter
GGT	Gamma-Glutamyltransferase
GH	growth hormone
Glob	Globulin
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
h	Stunden
Hb	Hämoglobin
HbA	Hämoglobin A
HbB	Hämoglobin B
Hk	Hämatokrit
IE/l	internationale Einheit pro Liter
Ig	Immunglobulin
IgA	Immunglobulin A
IgE	Immunglobulin E
IgG	Immunglobulin G
IgM	Immunglobulin M
kg	Kilogramm

L	Länge
l	Liter
LCN	Transformationslösung
MCH	mean corpuscular haemoglobin
MCHC	mean corpuscular haemoglobin concentration
MCV	mean corpuscular volume
mg/ml	Milligram pro Milliliter
min	Minuten
ml	Milliliter
n	Gesamtzahl
nm	Nanometer
p	Signifikanz
PCV	packed cell volume
PFPT	partial failure of passive transfer
r	Korrelationskoeffizient
R ²	Bestimmtheitsmaß
RBC	Red blood cell
RID	radial immunodiffusion
SDS-PAGE	sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis
Tab.	Tabelle
TEBK	Totale Eisenbindungskapazität
TM	Trockenmasse
TP	Totalprotein (Gesamteiweiß)
U/min	Umdrehungen pro Minute
y	Regressionsgleichung
Y-Globuline	Gamma-Globuline
Y-Glutamyltransferase	Gamma-Glutamyltransferase
ZnSO ₄	Zinksulfat
µg/ml	Mikrogramm pro Milliliter
µl	Mikroliter

1. Einleitung

In der Milchviehhaltung kommt es bei einigen Betrieben zu hohen Verlusten in der Kälberaufzucht. Die Verluste in der Bundesrepublik Deutschland liegen durchschnittlich bei 10-15 % (Peschke 2017; Kaske und Kunz 2003) und bis zu 50 % in Problembetrieben (Lipp 2005). Ohne eine intensive tierärztliche Betreuung wären die Verluste teilweise noch höher. Im Sinne des Tierwohls und der Betriebswirtschaftlichkeit ist es umso wichtiger, die Tierhaltung und das Betriebsmanagement kontinuierlich zu optimieren. So verenden in diesen Betrieben trotz intensiver Reinigung und Desinfektion der Ställe sowie Optimierung der Tränketchnik Kälber innerhalb der ersten drei bis vier Lebenswochen überwiegend an Darmentzündungen. Im späteren Lebensalter können Lungenentzündungen dazukommen. Neben der Mutterschutzimpfung und der Senkung des Infektionsdrucks stellt das Kolostrummanagement die effektivste Methode zur Verbesserung der Kälbergesundheit dar (Godden 2008).

Erhalten neugeborene Kälber nicht ausreichend Kolostrum von guter Qualität innerhalb der ersten Lebensstunden, spricht man von einer ungenügenden Kolostrumversorgung („failure of passive transfer“, FPT). Dabei definieren mehrere Autoren FPT als einen Serum-IgG-Gehalt von unter 10 g/l in den ersten 24 bis 48 Lebensstunden (Quigley et al. 2001; Parish et al. 1997; Tyler et al. 1996). Betroffene Kälber sind anfälliger für Infektionen und hängen in ihrer Entwicklung den anderen Kälbern deutlich hinterher (Raboison et al. 2016; Boyd 1972). Aus diesen Gründen sollte in Betrieben mit erhöhter Morbiditäts- und Mortalitätsrate stets die Immunglobulinversorgung der Kälber kontrolliert werden.

Hierfür stehen als direkte Methoden die radiale Immundiffusion (RID) und der Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) zur Verfügung (Ameri und Wilkerson 2008; Lee et al. 2008). Daneben gibt es noch die indirekten Methoden. Dazu gehören die Messung der γ -Glutamyltransferase-Aktivität (Perino et al. 1993; Braun et al. 1982), der Natriumsulfit-Trübungstest (Tyler et al. 1996), der Zinksulfat-Trübungstest (McEwan et al. 1970b), der Glutardialdehyd-Koagulationstest (Tennant et al. 1979) und die Bestimmung der Serum-Gesamtproteinkonzentration mittels Refraktometrie (McBeath et al. 1971; Deelen et al. 2014). In der Praxis hat sich die Refraktometrie durchgesetzt (Hampe und Wehrend 2019).

Ein neueres Verfahren ist die Immunokritmethode. Bei diesem Verfahren bilden die vorhandenen Immunglobuline im Serum spezifische Präzipitate mit dem hinzugefügten Ammoniumsulfat. Das Verhältnis zwischen Präzipitat und dem gesamten Serumvolumen der

Probe ergibt den Immunokritwert (Vallet et al. 2013). Dieser kann anhand einer Mikrohämatokrit-Tabelle ganz einfach abgelesen werden.

Ziel dieser Arbeit ist die Prüfung der Immunokritmethode als mögliches Verfahren zur Beurteilung der Kolostrumversorgung neugeborener Kälber im Vergleich zur Gesamteiweißbestimmung im Blutserum.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus dieser Arbeit sollen durch eine verbesserte Prüfbarkeit der Kolostrumversorgung dazu beitragen, die Kälbergesundheit in Aufzuchtbetrieben zu verbessern.

2. Literaturübersicht

2.1 Kolostrum

2.1.1 Inhaltsstoffe und Bedeutung des Kolostrums

Das Kolostrum ist die erste Nahrungsquelle für neugeborene Kälber. Es enthält neben wichtigen Energielieferanten wie Kohlenhydraten, Fetten und Proteinen besonders viele Immunglobuline. Aber auch Wachstumsfaktoren, somatische Zellen, Vitamine, Enzyme, Spuren- und Mengenelemente, Hormone, Zytokine und Interferone kommen in messbaren Mengen im Kolostrum vor (Ganz et al. 2018). Zudem besitzt es eine laxierende Wirkung, wodurch das Neugeborene beim Absetzen des Mekoniums unterstützt wird (Gürtler und Schweigert 2000).

Aufgrund der Semiplazenta epitheliochorialis cotyledonaria des Rindes kann intrauterin keine Übertragung von maternalen Antikörpern auf den Fetus erfolgen (Kruse 1983; Larson et al. 1980). Folglich kommen Kälber mit einer Agammaglobulinämie zur Welt und sind somit für die Ausbildung einer Immunität auf die Aufnahme von Immunglobulinen über das Kolostrum angewiesen (Weaver et al. 2000). Jedoch sind Kälber von Geburt an immunkompetent und können etwa 1g IgG₁ pro Tag endogen produzieren (Devery et al. 1979). In neueren Studien konnten bereits präkolostral geringe IgG- (0,022 bis 1,8 g/l), IgM- (0,008 bis 0,985 g/l) und IgA-Konzentrationen nachgewiesen werden, sodass man eher von einer Hypogammaglobulinämie sprechen muss (Bender 2004; Stengel 1998; Pickel et al. 1989; Schmidt et al. 1982).

2.1.2 Immunglobuline

Beim Rind lassen sich die Immunglobuline in drei Klassen einteilen: Immunglobulin G, M und A (Butler 1973; Duncan et al. 1972; Butler 1969). Das Immunglobulin G kann wiederum in drei Unterklassen geteilt werden: IgG₁, IgG_{2a} und IgG_{2b} (Duncan et al. 1972). Schäfer et al. (1998) konnten weiterhin in geringen Mengen IgE nachweisen. Den größten Anteil innerhalb der Ig-Klassen besitzt IgG₁ mit über 75 % (Korhonen et al. 2000). Als mittleren Wert der Gesamt-Ig-Konzentration im Erstkolostrum geben Scholz et al. (2011) 89 ± 35 g/l und des Gesamtproteingehalts 119 ± 39 g/l an. Karl und Staufenbiel (2017) haben in ihrer Studie eine durchschnittliche kolostrale Immunglobulinkonzentration von 65 g/l mit einer Standardabweichung von 10,67 g/l ermittelt. Für die mittlere IgG-Konzentration geben Conneely et al. (2013) 112 g/l an, wobei es hohe Varianzen (13 – 256 g/l) zwischen den einzelnen Kolostrumproben gibt.

Tabelle 1 zeigt vergleichend die Konzentrationen der einzelnen Ig-Klassen im Kolostrum und in der Milch (Ganz et al. 2018; Kehoe et al. 2011; Bender und Bostedt 2009; Buckley et al. 2002; Lindmark Månsson 2000).

Tab. 1: Immunglobulinkonzentrationen in bovinem Kolostrum und maturer Milch

Immunglobulin (Ig)	Kolostrum	Milch
Ig gesamt (g/l)	20-200	0,7-1,0
IgG1 (g/l)	35-90	0,51
IgG2 (g/l)	2,8-6,0	0,03
IgA (g/l)	1,6-1,7	0,02
IgM (g/l)	2,47-13,85	0,1

Das Immunglobulin G wird während der Kolostragenese etwa vier Wochen ante partum aus dem Blutkreislauf der Mutter in das Kolostrum übertragen (Sasaki et al. 1976; Brandon et al. 1971). Dazu bildet das Drüsengewebe unter Regulierung der Hormone Östrogen und Progesteron FcRn-Rezeptoren aus, mit denen das IgG aus dem maternalen Blutkreislauf durch Transcytosis in das Alveolarlumen transportiert werden kann. Im Unterschied dazu werden das Immunglobulin A und M von residenten Plasmazellen direkt in der Milchdrüse gebildet (Baintner 2007; Barrington et al. 2001; Barrington et al. 1997; Larson et al. 1980).

Die einzelnen Klassen der Immunglobuline besitzen unterschiedliche Aufgaben. So bietet IgA einen lokalen Schutz durch Agglutination von Antigenen und verhindert somit eine Adhäsion von enteropathogenen Keimen an der Darmschleimhaut (Korhonen et al. 2000; Butler 1998). Dagegen bieten IgG und IgM einen systemischen Schutz durch Opsonisierung von Antigenen und komplementvermittelten bakteriolytischen Reaktionen (Korhonen et al. 2000).

2.2 Einflussfaktoren auf die Kolostrumqualität

Um die neugeborenen Kälber mit ausreichend Immunglobulinen versorgen zu können, muss das Kolostrum von guter Qualität sein. Mehrere Autoren geben hierfür eine IgG-Konzentration von mindestens 50 g/l bzw. ein spezifisches Gewicht von 1050 mg/ml an (Conneely et al. 2013; McGuirk und Collins 2004; Quigley et al. 2002; Weaver et al. 2000; Quigley und Drewry 1998). Die Kolostrumqualität hängt von einer Vielzahl von Einflussfaktoren ab. So hat eine zunehmende Laktationszahl der Kuh einen signifikant positiven Einfluss auf den IgG-Gehalt im Erstkolostrum (Shivley et al. 2018; Eger et al. 2017; Gulinski et al. 2006). Kehoe et al. (2011) stellten hierzu folgende IgG-Konzentrationen fest: 83,5 g/l in der ersten, 92,9 g/l in der zweiten,

107,4 g/l in der dritten und 113,3 g/l in der vierten Laktation. Phipps et al. (2017) konnten bei pluriparen Kühen ab der 4. Laktation die höchste Kolostrumqualität nachweisen (>50g/l IgG bei 49,3% Tiere). Kühe in der 2. Laktation wiesen dagegen die schlechteste Qualität auf (>50 g/l IgG bei 27,9 % der Tiere). Ab der 4. Laktation kommt es zu einer Stagnation der Ig-Konzentration (Gey 2018; Karl und Staufenbiel 2017).

Eine negative Auswirkung hingegen hat eine mangelhafte Tränkehygiene. Rienhoff et al. (2017) konnten in Betrieben mit vermehrten Atemwegserkrankungen bei Kälbern (>10 % der Kälber betroffen) starke Keimbelastungen des Erstkolostrums nachweisen. Die in der Literatur beschriebenen hohen Krankheitsinzidenzen bei Kälbern konnten die Autoren mit einer hohen Keimbelastung des Kolostrums in Zusammenhang bringen. Auch Morrill et al. (2012) konnten zeigen, dass eine hohe Keimbelastung zu einer Schwächung des Immunsystems führt und die Kälber krankheitsanfälliger machen kann.

Ebenfalls einen negativen Einfluss auf die Kolostrumqualität hat eine hohe Kolostrummenge (Conneely et al. 2013; Morin et al. 2010; Pritchett et al. 1991). Gey (2018) konnte in seinen Untersuchungen eine signifikant negative Korrelation zwischen der Menge des Erstkolostrums und dem TP-Gehalt ($p = 0,001$) nachweisen. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = -0,134$. Laut Scholz et al. (2011) haben Kühe mit einer Erstkolostrummenge von über 7,3 kg sowohl den niedrigsten Gesamteiweißgehalt (105 ± 33 g/l) als auch die geringste Ig-Konzentration (75 ± 29 g/l), wohingegen Kühe mit Kolostrummengen von unter 4,5 kg einen Gesamteiweißgehalt von 126 ± 40 g/l und eine Ig-Konzentration von 96 ± 36 g/l aufwiesen.

Über den Einfluss der Länge der Trockenstehzeit gibt es unterschiedliche Angaben in der Literatur. Laut Karl und Staufenbiel (2017) besteht hier ein positiver Zusammenhang. So führte in ihrer Studie eine Verlängerung der Trockenstehdauer um 10 Tage zu einer Erhöhung der Ig-Konzentration um 2,2 g/l. Andere Autoren konnten keinen signifikanten Einfluss auf die Kolostrumqualität feststellen (Mansfeld et al. 2012; Watters et al. 2008; Pritchett et al. 1991). Eine verkürzte oder gar fehlende Trockenstehzeit führt jedoch durch einen Verdünnungseffekt zu signifikant niedrigeren IgG-Konzentrationen (Mansfeld et al. 2012).

Vergrößert sich das Zeitintervall zwischen der Geburt und dem ersten Melken, kommt es ebenfalls durch den Verdünnungseffekt zu einer Herabsetzung der Kolostrumqualität (Conneely et al. 2013; Pritchett et al. 1991).

Die Heritabilität der Ig-Konzentration im Kolostrum beträgt 0,10. Dadurch können gezielt Bullen eingesetzt werden, deren weibliche Nachkommen Kolostrum guter Qualität produzieren (Karl und Staufenbiel 2017; Conneely et al. 2013).

2.3 Einflussfaktoren auf die Kolostrummenge

Die Menge des Erstkolostrums unterscheidet sich bei Tieren unterschiedlichen Alters. So konnte Klingbeil (2015) nachweisen, dass Tiere in der ersten Laktation signifikant weniger Erstkolostrum geben als pluripare Tiere. Während die durchschnittliche Kolostrummenge bei pluriparen Tieren bei 6,3 kg liegt, geben Tiere in der ersten Laktation 2,4 kg weniger Kolostrum als Tiere in der 4. – 10. Laktation.

Zahlreiche andere Autoren konnten nachweisen, dass die Kolostrummenge ab der dritten Laktation signifikant höher ist als bei jüngeren Tieren (Gey 2018; Karl und Staufenbiel 2016; Conneely et al. 2013; Chelack et al. 1993).

Die Trockenstehzeit sollte nicht weniger als 40 Tage betragen, da die Kolostrummenge sonst verringert wird (Hosse 2012; Losand 2010). Grund hierfür ist eine zu kurze Zeitdauer für die Involution, welche etwa 21 Tage dauert, und die erneute Anbildung der Milchdrüse, die etwa drei bis vier Wochen vor der Kalbung einsetzt. Karl und Staufenbiel (2016) haben gezeigt, dass eine Verlängerung der Trockenstehphase um einen Tag zu einer Zunahme der Erstkolostrummenge von 0,03 l führt. Die Autoren empfehlen eine Trockenstehperiode von mindestens 50 Tagen für eine hohe Kolostrummenge. Auch Gey (2018) konnte zeigen, dass die Trockenstehzeit einen signifikanten Einfluss hat und bestätigt damit Ergebnisse von Gulinski et al. (2006), Scholz et al. (2011) und Klingbeil (2015). Die Vorbereitungszeit hingegen hat keinen Einfluss auf die Kolostrummenge (Klingbeil 2015).

Zwischen dem Kälbergewicht und der Kolostrummenge besteht eine signifikante Korrelation. Eine Zunahme des Geburtsgewichts um ein Kilogramm erhöht die Kolostrummenge um 0,15 kg (Klingbeil 2015). In derselben Studie wurde ein hochsignifikanter Unterschied zwischen Kühen mit männlichen und weiblichen Kälbern festgestellt. Die Geburt eines Bullenkalbes hat eine um 0,7 kg höhere Kolostrummenge zur Folge.

Den größten Einfluss auf die Kolostrummenge hat die Genetik. Ein Hinweis dafür sind der starke Einfluss der Genetik des Vaters sowie die mittlere Milchmenge in den ersten sieben Tagen der Laktation (Karl und Staufenbiel 2016). Andere Autoren haben gezeigt, dass die Kolostrummenge zwischen verschiedenen Rinderrassen signifikante Unterschiede aufweist (Franklin et al. 2005; Kruse 1970).

2.4 Absorption maternaler Immunglobuline

Hauptort der Resorption von Immunglobulinen beim Kalb ist der Dünndarm (Kindlein et al. 2008; Bessi et al. 2002; Jochims et al. 1994; Fetcher et al. 1983). Um nicht bereits im Labmagen Immunglobuline durch Proteolyse zu zerstören, ist die Säurekonzentration hier beim neugeborenen Kalb herabgesetzt. Durch einen kolostralen Trypsininhibitor wird die

Spaltung der Immunglobuline ebenfalls verhindert (Kruse 1983; Carlsson et al. 1980). Die Resorptionsfähigkeit nimmt im Dünndarm von kranial nach kaudal zu, sodass sie im Duodenum am geringsten und im Ileum am höchsten ist (Jochims et al. 1994; Fetcher et al. 1983).

Neonatale Enterozyten besitzen in den ersten 24 bis 36 Stunden nach der Geburt die Fähigkeit, durch Pinozytose Makromoleküle nicht-selektiv zu absorbieren (Broughton und Lecce 1970).

In den Enterozyten befinden sich leere Vakuolen, die dann mit Immunglobulinen gefüllt werden. Die Pinozytose verläuft rezeptorvermittelt über den FcRn-Rezeptor. Jedoch scheint dieser Rezeptor beim Wiederkäuer für die Ig-Absorption, anders als bei anderen Tierarten (z.B. Ratte, Ferkel), eine untergeordnete Rolle zu spielen (Guo et al. 2016; Rojas und Apodaca 2002). Durch Exozytose werden die Immunglobuline dann in das lymphatische System gegeben, von wo aus sie in die Blutbahn gelangen (Staley et al. 1972). Dass dieser Prozess nicht-selektiv durchgeführt wird, zeigen die erhöhten Konzentrationen von anderen Proteinmakromolekülen und erhöhte Enzymaktivitäten, wie die der γ -Glutamyltransferase (GGT) nach Kolostrumaufnahme (Thompson und Pauli 1981; Staley et al. 1972).

An der Sezernierung zurück in das Darmlumen ist der FcRn-Rezeptor jedoch entscheidend beteiligt. Sezernierte Antikörper führen zu einer lokalen Immunität im Darm und die Halbwertszeit zirkulierender Immunglobuline wird verlängert (Cervenak und Kacs Kovics 2009).

2.5 Einflussfaktoren auf den Immunglobulintransfers

2.5.1 Zeitpunkt der ersten Kolostrumaufnahme

Der Faktor Zeit spielt bei der Aufnahme von Immunglobulinen eine entscheidende Rolle. Während der ersten vier Stunden nach der Geburt ist der Immunglobulintransport optimal und bereits nach zwölf Stunden beginnt er rasch abzunehmen (Matte et al. 1982; Bush und Staley 1980; Stott et al. 1979b). Nach 24 bis 36 Stunden werden keine Makromoleküle mehr absorbiert (Stott et al. 1979a). Ursächlich für diesen Verschluss der Darmschranke sind eine Erschöpfung der pinozytotischen Fähigkeit und ein Enterozytenersatz durch eine reifere Population von Darmepithelzellen (Smeaton und Simpson-Morgan 1985; Broughton und Lecce 1970). Diese reifen Enterozyten sind proteolytisch aktiver als ihre Vorgänger, sodass Immunglobuline und andere Makromoleküle nicht mehr unverdaut in die Blutbahn aufgenommen werden können (Kindlein et al. 2008; Bessi et al. 2002; Jochims et al. 1994; Kruse 1983). Werden Kälber mit derselben Kolostrummenge und -qualität getränkt, so haben die Kälber, die das Kolostrum frühzeitiger erhalten, signifikant höhere IgG-Serumkonzentrationen als die Kälber, die das Kolostrum später erhalten (Stott et al. 1979c).

Die maximale Ig-Serumkonzentration wird 24 bis 36 Stunden nach der Kolostrumaufnahme erreicht (Stott et al. 1979a).

2.5.2 Kolostrummenge und Kolostrumqualität

Neben der Zeitdauer bis zur ersten Kolostrumaufnahme sind die Menge und die Qualität des Kolostrums von entscheidender Bedeutung für die Ausbildung einer adäquaten Immunität des neugeborenen Kalbes. So nimmt die Rate an Kälbern mit einer inadäquaten Immunglobulinversorgung deutlich ab, sobald die Kälber mehr als 100 g kolostrales IgG erhalten (Besser et al. 1991). Dieselben Autoren stellten auch fest, dass lediglich 36% der Kolostrumproben eine ausreichende Immunglobulinversorgung (>100 g IgG) gewährleisten, wenn 2 Liter Kolostrum an die Kälber verabreicht werden. Erhalten die Kälber 4 Liter Kolostrum, so gewährleisten mehr als 85 % der Kolostrumproben eine ausreichende Immunglobulinversorgung. In einer aktuelleren Studie konnte gezeigt werden, dass für eine adäquate Versorgung kolostrale IgG-Mengen von 150 bis 200 g notwendig sind (Chigerwe et al. 2008). Die Autoren empfehlen hierfür 3 Liter Kolostrum innerhalb der ersten 2 Lebensstunden mit Hilfe einer Schlundsonde zu verabreichen.

Als Zielwerte für eine solche Immunglobulinversorgung sollten 55 g/l Totalprotein oder 15 g/l IgG-Serumkonzentration angestrebt werden (Boyd et al. 1974; Irwin 1974).

In der Literatur gibt es verschiedene Empfehlungen, um eine adäquate Kolostrumversorgung zu erreichen. Godden et al. (2003) empfehlen dazu, dem Kalb 6 Liter Kolostrum innerhalb der ersten zwölf Lebensstunden zu verabreichen. Andere Autoren empfehlen das Drenchen von 4 Liter Kolostrum mit der ersten Mahlzeit (Weaver et al. 2000). So wird sichergestellt, dass jedes Kalb rechtzeitig die ausreichende Menge Kolostrum erhält. Jaster (2005) stellte fest, dass die Kälber, die zweimal 2 Liter Kolostrum im Abstand von 12 Stunden erhielten, höhere IgG-Serumkonzentrationen erreichten als solche, die einmalig 4 Liter erhielten. Unabhängig von der Tränkemethode spielt die Hygiene eine wichtige Rolle, da der Keimgehalt im Kolostrum die Resorption der Immunglobuline negativ beeinflusst (Godden et al. 2003).

2.5.3 Tränkemethode

Da die Kolostrumaufnahme nur schwer zu kontrollieren ist, wenn Kälber bei der Mutterkuh bleiben und frei am Euter saugen, werden die meisten Kälber mit einer Saugflasche oder einem Saugeimer getränkt. Aus Gründen der Arbeitserleichterung ist man besonders in Großbetrieben dazu übergegangen, jedes Kalb mit drei bis vier Liter Kolostrum innerhalb der ersten zwei Lebensstunden zu drenchen.

Zahlreiche Autoren haben untersucht, ob die Tränkemethode eine Auswirkung auf den Transfer von Antikörpern hat. Dabei stellten mehrere Autoren fest, dass es zu erhöhten FPT Raten kommt, wenn das Kalb bei der Mutterkuh verbleibt und frei saufen kann (Besser et al. 1991; Adams et al. 1985; Brignole und Stott 1980). Besser et al. (1991) wiesen in einem solchen Betrieb mit 61,4 % die höchsten FPT Raten nach. Dagegen lag die Rate bei einem Betrieb, in dem die Kälber mit einer Saugflasche getränkt wurden, bei 19,3 % und bei einem Betrieb, in dem die Kälber gedrencht wurden, nur bei 10,8 %.

Eine Erklärung dafür könnte sein, dass Kälber, die bei der Mutterkuh bleiben, relativ spät Kolostrum aufnehmen und die aufgenommene Menge nicht ausreichend ist (Schmidt et al. 1982; Brignole und Stott 1980). So konnten Selman et al. (1970) in ihrer Studie zeigen, dass nur 76,7% der Saugkälber innerhalb der ersten 8 Lebensstunden mit dem Saugen an der Mutterkuh beginnen. Klaus et al. (1969) wiesen bei 30% der Saugkälber Serum IgG Konzentrationen von unter 4 g/l nach. Besonders gefährdet sind die Kälber von Primiparen, da deren Kolostrum relativ arm an Immunglobulinen ist (Schmidt et al. 1982).

Andere Studien konnten keine Unterschiede bezüglich der IgG-Resorption zwischen Saugkälbern und Kälbern, die mit Saugflaschen getränkt wurden, zeigen (Rajala und Castren 1995).

Davon abweichend waren in der Studie von Adams et al. (1985) die IgG-Serumkonzentrationen bei den Kälbern, die mit einer Saugflasche getränkt wurden, geringgradig höher als bei den Kälbern, die mit einer Sonde getränkt wurden. Auch in der Studie von Poborská et al. (2021) hatten die mit einer Saugflasche getränkten Kälber durchschnittlich signifikant höhere Serum-Gesamteiweißkonzentrationen (56,5 g/l) als diejenigen Kälber, die gedrencht wurden (51,8 g/l). Kaske et al. (2005) wiederum konnten zwischen der 12. und 72. Stunde p.n. statistisch signifikant höhere IgG-Serumkonzentrationen bei gedrenchten Kälbern im Vergleich zu Kälbern, die mit einer Saugflasche getränkt wurden, feststellen.

Als nachteilig anzusehen ist der ausbleibende Schlundrinnenreflex bei der Tränke per Sonde (Lateur-Rowet und Breukink 1983). Es ist davon auszugehen, dass das Kolostrum zunächst in den Pansen gelangt und deshalb erst später im Dünndarm ankommt, von wo aus die Immunglobuline verzögert absorbiert werden (Labussiere et al. 2014; Zaremba 1983). Das könnte auch der Grund dafür sein, weshalb Zaremba (1983) und Zaremba et al. (1984) bei gedrenchten Kälbern signifikant niedrigere IgG-Serumkonzentrationen im Vergleich zu Kälbern, die das Kolostrum freiwillig aufgenommen haben, feststellten.

2.5.4 Geschlecht des Kalbes

Ob das Geschlecht des Kalbes einen Einfluss auf die Immunglobulinabsorption hat, konnte noch nicht eindeutig geklärt werden. Während einige Autoren keinen Zusammenhang

zwischen Geschlecht und IgG-Gehalt im Serum von Kälbern feststellen konnten (Filteau et al. 2003; Perino et al. 1995; Donovan et al. 1986), wies Roy (1990) bei weiblichen Kälbern höhere IgG-Konzentrationen im Serum nach als bei männlichen Kälbern. Ungeklärt ist jedoch, ob nicht das größere Blutvolumen bei männlichen Kälbern die Ursache hierfür ist. Odde (1988) konnte ebenfalls höhere FPT Raten bei männlichen Kälbern nachweisen.

2.5.5 Geburtsverlauf und Anzahl geborener Kälber

Es ist davon auszugehen, dass eine verlängerte Geburtsdauer bzw. ein komplizierter Geburtsverlauf das Kalb schwächen und es deshalb verzögert Kolostrum aufnimmt. Beam et al. (2009) stellten fest, dass die FPT Rate bei Schweregeburten höher liegt als bei normalen Geburten. Dieses Ergebnis konnte Reinicke (2006) nicht bestätigen. In ihrer Studie konnte kein Zusammenhang zwischen IgG-Absorption und Schwere der Geburt festgestellt werden. Jedoch war bei 139 beobachteten Geburten auch nur eine Schweregeburt dabei. Adams et al. (1993) fanden bei Zwillingskälbern aus Mutterkuhherden in den ersten 48 Lebensstunden signifikant niedrigere Serumimmunglobulinspiegel als bei Einzelkälbern.

2.6 Verlauf des Antikörpergehaltes beim Kalb

Husband et al. (1972) konnten mittels einfacher radialer Immundiffusion präkolostrale Immunglobulinkonzentrationen im Serum von IgG₁ 0,70 g/l, IgG₂ 0,16 g/l, IgM 0,97 g/l und IgA 0,29 g/l nachweisen. In einer aktuelleren Studie von Bender und Bostedt (2008) wurden für IgG Werte von 0,022 – 3,89 g/l und für IgM 0,008 – 0,985 g/l nachgewiesen. Als Ursache für die große Varianz führen die Autoren eine mögliche intrauterine Immunantwort an.

Die endogene Produktion von IgG ist bereits zum Zeitpunkt der Geburt möglich. Jedoch scheint es einen Mechanismus zu geben, der durch negatives Feedback die endogene Produktion von IgG hemmt, sobald das Kalb maternales IgG über das Kolostrum aufgenommen hat (Husband und Lascelles 1975). Die Autoren fanden in ihrer Studie heraus, dass Kälber, die kein Kolostrum erhalten haben, bereits eine Woche post natum IgG endogen synthetisieren konnten. Dagegen konnte bei mit Kolostrum versorgten Kälbern erst ab der vierten Lebenswoche eine endogene Produktion nachgewiesen werden (Logan et al. 1974; Husband et al. 1972). Signifikante Mengen von endogen produziertem IgG₁-, IgG₂- und IgM konnten zwischen dem 8. und 16. Lebenstag im Kälberserum festgestellt werden (Husband et al. 1972). Dagegen konnte IgA frühestens um den 64. Lebenstag nachgewiesen werden (Husband et al. 1972).

Erhard et al. (1999 a, b) wiesen bereits 12 Stunden nach der ersten Kolostrumaufnahme durchschnittliche Maximalwerte von IgG₁ = 9,3 g/l und IgG₂ = 0,8 g/l nach. Andere Autoren

fanden erst nach 24 Stunden durchschnittliche Maximalwerte für IgG von 16,67 g/l (Lack 2006), 6,7 g/l (Stengel 1998) und 7,4 g/l (Bender 2004).

Der Verlauf der Gesamt-IgG-Menge im Serum neugeborener Kälber lässt sich in vier Phasen einteilen (Erhard et al. 1999 a). In der Phase 1 kommt es etwa 12 Stunden nach erfolgter Kolostrumaufnahme zu einem Anstieg des Gesamt-IgG von 0,45 auf 22,6 g/l. In der folgenden Phase 2, die etwa bis zum 11. Lebenstag dauert, fällt der IgG-Gehalt auf 17,6 g/l ab. Dieser Wert bleibt in Phase 3 bis zum 28. Lebenstag relativ konstant und steigt dann bis zur 11. Lebenswoche auf 49,3 g/l an (Phase 4). Ab der 12. Lebenswoche findet man bei Kälbern ähnlich hohe IgG-Gehalte wie bei adulten Tieren (Erhard et al. 1999 a; Logan et al. 1973). Herr et al. (2011) geben für adulte Kühe acht Wochen a. p. IgG-Serumkonzentrationen von 36,8 (\pm 11,6) g/l an. Dieser Wert fällt einen Tag a. p. auf 18,0 (\pm 9,1) g/l ab, da die Immunglobuline aus dem Serum der Kuh in die Milchdrüse wandern.

In einer aktuellen Studie von Wilm et al. (2018) haben die Autoren bei 12 neugeborenen Kälbern den Serum IgG-Gehalt und den Serum Gesamteiweißgehalt in den ersten 10 Lebenstagen täglich bestimmt (Tab. 2).

Tab. 2: Serum Totalproteingehalt und IgG-Konzentration zu verschiedenen Zeitpunkten (Wilm et al. 2018)

Zeitpunkt der Messung	Serum Totalprotein (g/l)	IgG-Konzentration (g/l)
Ca. 30 min vor Kolostrum	46,1 (\pm 3,0)	0,6 (\pm 0,6)
24 Stunden nach Kolostrum	58,3 (\pm 7,3)	22,2 (\pm 9,6)
10. Lebenstag	57,8 (\pm 5,2)	16,1 (\pm 7,3)

Im Zeitraum von 24 Stunden nach erfolgter Kolostrumaufnahme bis zum 10. Lebenstag betrug der tägliche Abfall des IgG-Gehaltes in dieser Studie 0,69 g/l.

Horn (2013) hat in ihrer Studie mittels ELISA die Immunglobulinewerte im Plasma von 19 Kälbern ermittelt (Tab. 3).

Tab. 3: Immunglobulingehalte im Plasma zu verschiedenen Zeitpunkten (Horn 2013)

	Präkolostral	Nach Kolostrum- aufnahme	42. Lebenstag
IgG ₁ (g/l)	0,76 \pm 0,06	6,45 \pm 1,57	11,43 \pm 1,47
IgG ₂ (g/l)	3,60 \pm 0,27	4,07 \pm 0,39	6,37 \pm 0,81
IgM (g/l)	0,92 \pm 0,39	3,27 \pm 1,11	4,29 \pm 1,05

2.7 Unzureichende Immunglobulinversorgung

2.7.1 Ursachen einer unzureichenden Immunglobulinversorgung

Die Versorgung neugeborener Kälber mit kolostralen Immunglobulinen ist aufgrund des Schlusses der Darmschranke zeitabhängig. Erhalten Kälber nicht ausreichend hohe Mengen Immunglobuline, spricht man von einer nicht adäquaten Kolostrumversorgung oder „failure of passive transfer“ (FPT). Einige Autoren definieren FPT als einen Serum-IgG-Gehalt von unter 10 g/l in den ersten 24 bis 48 Lebensstunden (Quigley et al. 2001; Parish et al. 1997; Tyler et al. 1996). Dies entspricht einem Serum-Gesamteiweißgehalt von 52 g/l (Tyler et al. 1996). Um eine ausreichende IgG-Serumkonzentration von 10 g/l oder höher zu erreichen, müssen Kälber in den ersten acht Lebensstunden mindestens 120 g IgG aufnehmen (Quigley et al. 2001). Andere Autoren teilen die Immunglobulinversorgung wie in Tab. 4 dargestellt ein.

Tab. 4: Beurteilung der Immunglobulinversorgung (Furman-Fratczak et al. 2011, Weaver et al. 2000, Quigley und Drewry 1998)

Serum Immunglobulingehalt (g/l)	Beurteilung der Versorgung
< 5	FPT (failure of passive transfer)
5-10	PFPT (partial failure of passive transfer)
10-15	Gut
15-20	Sehr gut
> 20	Optimal

Um das Kolostrummanagement in Milchviehbeständen beurteilen zu können, empfehlen McGuirk und Collins (2004) jeweils 12 neugeborene Kälber im Alter von 24 Stunden bis 8 Tagen im Betrieb zu beproben und eine Einteilung anhand des Gesamtproteins im Serum vorzunehmen (Tab. 5).

Tab. 5: Beurteilung des Kolostrummanagements (McGuirk und Collins 2004)

Anzahl Kälber \leq 55 g/l	Anteil Kälber (%)	Interpretation
0/12	0	Sehr gutes Management
1/12	8	Gutes Management
2/12	17	Grenzwertiges Management
3/12	25	„Alarm-Level“ für FPT
\geq 4/12	33 und mehr	FPT als Bestandsproblem

Laut Beam et al. (2009) lag der Anteil an Kälbern mit FPT in den USA im Jahr 2007 bei 19,2 %. In Neuseeland lag er 2015 sogar zwischen 25 - 33 % (Cuttance et al. 2017; Lawrence et al. 2017). McMorrان (2006) stellte in einer bundesweiten Studie bei 18,4 % der Kälber FPT (0 - 4,9 g IgG/l Serum) und bei 20,4 % PFPT (5 - 9,9 g IgG/l Serum) fest. Diese Zahlen lassen den Schluss zu, dass die Kälbergesundheit durch Optimierung des Kolostrummanagements verbessert werden könnte.

Für eine unzureichende Immunglobulinversorgung kommen zahlreiche Gründe infrage. Entscheidend sind die Qualität und die Menge des aufgenommenen Kolostrums sowie die Zeitdauer von der Geburt bis zur ersten Kolostrumaufnahme (Fischer et al. 2018; Weaver et al. 2000). Jene Einflussfaktoren wurden bereits ausführlich in vorhergehenden Kapiteln beschrieben (siehe Kap. 2.2. und 2.3.), ebenso die Bedeutung der Tränkemethode (siehe Kap. 2.5.3.).

Bei lebensschwachen Kälbern und Schweregeburten ist die Sauglust oft herabgesetzt, sodass die Kolostrumaufnahme verspätet und nicht in ausreichenden Mengen stattfindet (Kolb und Seehawer 2002). Diese Kälber sind besonders gefährdet, eine FPT zu entwickeln. Aber auch Erkrankungen auf Seiten der Mutterkuh wie Ketose, Fettlebersyndrom, Gebärparesen oder Mastitis können durch eine verminderte Milchbildung zu einer unzureichenden Immunglobulinversorgung bei neugeborenen Kälbern führen (Kolb und Seehawer 2002). Donovan et al. (1986) konnten beobachten, dass auch die Umgebungstemperatur am Tag der Geburt einen Einfluss auf den passiven Transfer von Immunglobulinen hat.

2.7.2 Folgen einer unzureichenden Immunglobulinversorgung

Die Folge einer unzureichenden Immunglobulinversorgung ist primär eine Hypo- bzw. Agammaglobulinämie. Betroffene Kälber haben keinen ausreichenden immunologischen Schutz und sind deshalb anfälliger für Erkrankungen wie Durchfall oder Atemwegsentzündungen (Raboisson et al. 2016; Vasseur et al. 2010; Boyd 1972). So konnte in verschiedenen Studien gezeigt werden, dass die Wahrscheinlichkeit eine Pneumonie zu entwickeln, mit sinkenden Serum-Ig-Gehalten steigt (Virtala et al. 1999; Williams et al. 1975). Einige Autoren fanden auch eine positive Korrelation zwischen dem Serum-Ig-Gehalt und dem verminderten Auftreten von Darmerkrankungen (Lipp 2005; Pare et al. 1993; Nocek et al. 1984; Myers 1976). Andere Autoren konnten diesen Zusammenhang jedoch nicht bestätigen (Gutzwiller 2002; Rajala und Castren 1995; Woode et al. 1975; Bush et al. 1971). Bei vielen Durchfallerregern ist besonders die lokale Immunität im Darm entscheidend (Tzipori 1981). Es wird daher empfohlen, das Kolostrum noch einige Tage nach der Geburt zu tränken, da auch nach dem Schluss der Darmschranke eine lokale Immunität durch IgA vermittelt wird (Quigley 2002). Besonders bei Mutterschutzvakzinen spielen diese sekretorischen Antikörper eine

entscheidende Rolle. Der Mechanismus der Resekretion von Antikörpern über den FcRn Rezeptor zurück in das Darmlumen dient ebenfalls der lokalen Immunabwehr (Besser et al. 1988). Ein hoher Ig-Gehalt im Serum muss deshalb nicht zwingend vor Darminfektionen schützen (Pickel et al. 1989). Bei Infektionen mit *E. coli* schützen die Serum-IgG jedoch vor einer Septikämie (Logan und Penhale 1971).

Folglich haben Tiere mit einer unzureichenden Immunglobulinversorgung auch schlechtere Tageszunahmen, wodurch sie in ihrer Entwicklung zurückbleiben (Yang et al. 2015; Wells et al. 1996; DeNise et al. 1989; Robison et al. 1988; Donovan et al. 1986). In einer Studie von Virtala et al. (1996) wurden verminderte Tageszunahmen von durchschnittlich 48 g im ersten Lebensmonat bei Kälbern mit FPT (≤ 8 g IgG/l Serum) beobachtet. Donovan et al. (1998) konnten in ihrer Studie zeigen, dass bei Kälbern mit einer FPT (Serum TP-Gehalt < 50 g/l) die Wahrscheinlichkeit, in den ersten sechs Lebensmonaten zu verenden, 3 bis 6 -mal höher ist als bei optimal versorgten Kälbern (Serum TP-Gehalt > 60 g/l). Andere Autoren kamen zu ähnlichen Ergebnissen (Raboisson et al. 2013; Robison et al. 1988; McGuire et al. 1976; Boyd 1972; McEwan et al. 1970a). DeNise et al. (1989) konnten weiterhin eine positive Korrelation zwischen aufgenommener Kolostrummenge und erster Laktationsleistung der Kühe beobachten. Auch Stefanska et al. (2021) konnten bei Kälbern mit hohen Gesamteiweißgehalten im Blutserum (> 60 g/l) eine höhere Milchleistung in der ersten Laktation beobachten als bei Kälbern mit geringen Gesamteiweißgehalten (< 55 g/l).

Eine Unterschreitung des Grenzwertes für FPT muss jedoch nicht zwingend eine Erkrankung des Kalbes nach sich ziehen. Liegt durch gute Betriebshygiene ein geringer Erregerdruck vor, können Tiere auch mit einem geringen Serum-Ig-Gehalt gesund bleiben. Umgekehrt besteht bei einem hohen Infektionsdruck die Gefahr, dass Kälber auch mit höherem Serum-Ig-Gehalt erkranken (Dam 1968).

Eine zu geringe Spezifität der Antikörper kann ebenfalls dazu führen, dass Kälber trotz ausreichend hohem Serum-Ig-Gehalt erkranken (McGuire et al. 1976). Dazu kann es kommen, wenn die Mutterkuh nicht genügend Zeit hatte, Antikörper gegen die Antigene in ihrer Umgebung zu bilden oder wenn primipare Tiere noch keinen Kontakt mit bestimmten Antigenen hatten. Eine Mutterschutzvakzine bewirkt die Erhöhung spezifischer Antikörper und kann so die Kälber vor Infektionen schützen (Crouch et al. 2000).

2.8 Methoden zur Messung des Ig-Gehaltes im Serum

2.8.1 Direkte IgG-Nachweisverfahren

2.8.1.1 Radiale Immundiffusion (RID)

Zur Bestimmung des Immunglobulingehaltes im Serum gibt es zahlreiche Verfahren, wobei die radiale Immundiffusion (RID) und der Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) als Referenzmethoden gelten (Ameri und Wilkerson 2008; Lee et al. 2008).

Direkte Nachweisverfahren sind in der Rindermedizin trotz ihrer hohen Spezifität und Sensitivität nicht weit verbreitet. Als Ursache sind hier höhere Kosten und ein größerer Arbeitsaufwand als bei den indirekten Nachweisverfahren zu nennen. Weiterhin ist in der Rindermedizin die Herdengesundheit wichtiger als ein exakt bestimmter Wert eines Einzeltieres (Kaske et al. 2009).

Das Prinzip der Radialen Immundiffusion beruht auf einer Antigen-Antikörper-Reaktion und der Präzipitation der dabei entstehenden Komplexe (Mancini et al. 1965). Dazu wird eine Serumprobe in ein Agargel mit darin enthaltenen spezifischen Antikörpern gegen bovines IgG gegeben. Zusätzlich werden vergleichend Standardseren mit bekannter IgG-Konzentration hinzugegeben. Durch die Diffusion der IgG-Antigene im Agargel und die folgende Reaktion mit den IgG-Antikörpern kommt es zur Bildung sog. Präzipitatrings. Der Durchmesser des Präzipitatrings der Serumprobe wird dann gemessen und mit denjenigen der Standardseren verglichen. Über diesen Vergleich der Durchmesser lässt sich der IgG-Gehalt in der Probe ermitteln (Hampe und Wehrend 2019). Trotz der fehlenden absoluten Messwerte bei dieser Methode geben mehrere Autoren die RID als Goldstandard zur quantitativen Bestimmung der IgG an (Hogan et al. 2016; Hogan et al. 2015; Deelen et al. 2014; Fecteau et al. 2013).

2.8.1.2 ELISA

Der ELISA (Enzyme-linked Immunosorbent Assay) beruht auf einer Antigen-Antikörper-Reaktion. Durch die Verwendung eines enzymmarkierten Antikörpers kommt es zu einer Farbreaktion. Mithilfe eines Fotometers kann anhand der Farbreaktion die Antigenkonzentration ermittelt werden. Die Empfindlichkeit des ELISA ist sehr hoch (0,0005 µg/ml) und dem RID-Test deutlich überlegen (Gränzer 1986). Bei dem direkten ELISA ist der mit dem Antigen reagierende Antikörper bereits enzymmarkiert. Dagegen ist beim indirekten ELISA ein Zwischenschritt in Form eines unmarkierten Primärantikörpers notwendig. Ein weiterer enzymmarkierter Sekundärantikörper bindet dann an den Primärantikörper und es folgt eine Farbreaktion. Durch diesen Zwischenschritt wird das Farbsignal und damit die Sensitivität

erhöht. Bei dem kompetitiven ELISA wird ein Kompetitorantigen eingesetzt. Dieses ist markiert und konkurriert mit den nachzuweisenden Antikörpern. Die Farbintensität verhält sich bei dieser Methode umgekehrt proportional zu der in der Probe vorliegenden Antikörpermenge (Lack 2006). Der von Bender (2004) weiterentwickelte kompetitive ELISA wird von einigen Autoren als Referenzmethode angewandt (Zakian et al. 2018).

Da die direkten Nachweisverfahren für die Praxis zu kosten-, arbeits- und zeitintensiv sind, wurden indirekte Verfahren entwickelt, die auf einer Korrelation zwischen der Immunglobulinkonzentration und der Konzentration verwendeter Parameter basieren (Bender und Bostedt 2009).

Neben den direkten, quantitativen Methoden gibt es noch weitere indirekte Methoden zur qualitativen Bestimmung. Dazu gehören die Bestimmung des Gesamteiweiß mittels Refraktometer, der Natriumsulfit-Trübungstest, der Zinksulfat-Trübungstest, die Messung der Aktivität der γ -Glutamyltransferase und der Glutaraldehyd-Koagulationstest (Elsohaby et al. 2015; Lee et al. 2008; Tyler et al. 1996).

2.8.2 Indirekte IgG-Nachweisverfahren

2.8.2.1 Bestimmung des Gesamteiweiß mittels Refraktometrie

Bei der Refraktometrie wird mithilfe eines Refraktometers die Lichtbrechung beim Übergang des Lichtes von einer Lösung mit unbekannter Stoffkonzentration in ein Prisma gemessen. Durch den Brechungsindex kann dann die Konzentration eines Inhaltsstoffes (z. B. die Proteinkonzentration) oder die spezifische Dichte dieser Lösung ermittelt werden.

Da die Fraktion der Immunglobuline einen Teil der Gesamtproteine darstellt, besteht zwischen beiden eine signifikant positive Korrelation (McBeath et al. 1971). Deelen et al. (2014) beobachteten in ihrer Studie eine sehr hohe Korrelation ($r = 0,93$) zwischen RID-Messung und Gesamtproteinbestimmung mittels Refraktometrie. Elsohaby et al. (2019) konnten in ihren Untersuchungen eine hohe Korrelation ($r = 0,75$) zwischen dem mittels Refraktometrie gemessenen Serum Gesamteiweißgehalt und dem mittels RID bestimmten IgG-Gehalt beobachten. Auch Sutter et al. (2020) konnten in ihren Untersuchungen eine hohe Korrelation von $r = 0,84$ nachweisen. Als Grenzwert für eine adäquate Kolostrumaufnahme wird von mehreren Autoren eine Serum-Gesamtproteinkonzentration von mindestens 52 g/l angegeben (Hogan et al. 2015; McGuirk und Collins 2004; Tyler et al. 1999; Tyler et al. 1996). Bei an Durchfall erkrankten Kälbern sollte ein Wert von 55 g/l zum Ausschluss einer FPT gewählt werden, da es bei diesen Tieren infolge von Dehydratation zu erhöhten

Gesamtproteinkonzentrationen im Serum kommen kann (Tyler et al. 1999). Braun und Tennant (1983) konnten 24 - 48 Stunden nach Kolostrumaufnahme anhand der Gesamtproteinkonzentration ein hohes (< 50 g/l), ein mittleres (50 - 54 g/l) und ein niedriges (> 54 g/l) Erkrankungsrisiko beobachten. Zu beachten ist, dass die Gesamtproteinkonzentration im Serum ca. 10 g/l niedriger als im Plasma ist.

Die Refraktometrie eignet sich für die Herdenüberwachung und erlaubt insbesondere in den ersten 8-10 Tagen bei gesunden Kälbern den FTP-Status einigermaßen genau einzuschätzen. Als schnelle und kostengünstige Methode hat sie sich in der Praxis bewährt (Hampe und Wehrend 2019).

2.8.2.2 Kolorimetrische Bestimmung des Gesamteiweiß mittels Biuret-Reaktion

Bei der Biuret-Reaktion reagiert zweiwertiges Kupfer in alkalischer Lösung mit der Peptidbindung der Eiweiße, sodass ein purpurfarbener Biuretkomplex entsteht. Die photometrisch gemessene Farbintensität ist direkt proportional zu der Eiweißkonzentration (Weichselbaum 1946).

2.8.2.3 Messung der γ -Glutamyltransferase-Aktivität

Die γ -Glutamyltransferase-Aktivität ist beim Rind in der Milchdrüse besonders hoch, da sie vermutlich zur Milchproduktion benötigt wird. Im Kolostrum ist ihre Aktivität im Vergleich zum Serum adulter Rinder sogar 300- (Braun et al. 1982; Sobiech und Wieczorek 1981) bis zu 800-fach (Thompson und Pauli 1981; Braun et al. 1982) erhöht. Nach Aufnahme von Kolostrum erhöht sich die GGT-Serumaktivität bei Kälbern enorm (Cuttance et al. 2017; Schlerka und Bucher 2003; Boediker 1991). Braun et al. (1982) konnten einen Anstieg von post natum 10-31 IE/l auf maximale Werte von 370-5000 IE/l am 1. bzw. 2. Lebenstag beobachten. Es folgte ein Abfall auf 133 IE/l bis zum 20. Lebenstag. In einer anderen Studie von Perino et al. (1993) konnte ein Zusammenhang zwischen Serum-GGT und Serum-IgG nachgewiesen werden. Aufgrund einer niedrigen Korrelation ($r = 0,72$) können zwar Rückschlüsse auf die Kolostrumaufnahme gezogen werden, eine adäquate passive Immunisierung kann jedoch nicht geprüft werden (Schlerka und Bucher 2003; Braun et al. 1982). Zwischen der 6. und 12. Lebensstunde ist die Resorption der GGT über den Darm abgeschlossen (Zanker et al. 2001). Andere Autoren haben versucht, Richtwerte zur Prüfung eines FPT zu definieren. So sollten 1 Tag alte Kälber eine GGT-Aktivität von > 200 U/l, 4 Tage alte Kälber von > 100 U/l und 1 Woche alte Kälber > 75 U/l aufweisen (Parish et al. 1997).

Da die Messung der GGT-Aktivität nur zuverlässige Hinweise auf die Kolostrumaufnahme liefert, nicht aber sicher einen FPT ausschließen kann, eignet sich diese Methode nur bedingt für den Gebrauch in der Praxis.

2.8.2.4 Bestimmung des Gesamteiweiß mittels Zinksulfat-Trübungstest

Bei dem Zinksulfat-Trübungstest werden die γ -Globuline im Serum einer Probe durch Zinkionen ausgefällt und es kommt zu einer Trübung der Probe. Der Trübungsgrad lässt sich dann makroskopisch oder fotometrisch bestimmen und gibt Rückschlüsse auf die Antikörperkonzentration. Bei der Durchführung mit 0,1 ml Serum und 6,0 ml Testlösung (bestehend aus 350 mg ZnSO_4 in 1 l destilliertem Wasser) und einer Wartezeit von 30 Minuten beträgt die Spezifität 0,77 und die Sensitivität 0,94 Kälber mit FPT zu erkennen (Hudgens et al. 1996). McEwan et al. (1970b) stellten einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen der Trübung und der Immunglobulinkonzentration fest ($r = 0,962$). Die Korrelation mit der RID-Messung beträgt $r = 0,89$ (Naylor und Kronfeld 1977). Als Störfaktoren sind die Temperatur, die Wartezeit bis zur Beurteilung der Trübung, die Instabilität der Lösung bei atmosphärischem Kohlendioxid und eine mögliche Hämolyse zu nennen (Hampe und Wehrend 2019). Diese Störfaktoren und eine unbefriedigende Spezifität machen den Zinksulfat-Trübungstest trotz der einfachen Durchführung nur bedingt zur Prüfung einer adäquaten Kolostrumversorgung brauchbar.

2.8.2.5 Bestimmung des Gesamteiweiß mittels Natriumsulfit-Trübungstest

Der Natriumsulfit-Trübungstest beruht so wie der Zinksulfat-Trübungstest auf der Präzipitation von Immunglobulinen durch eine Testlösung. Bei diesem semiquantitativen Messverfahren werden 1,9 ml einer 18 % Natriumsulfitlösung mit 0,1 ml Serum gemischt und nach 15 Minuten bei Zimmertemperatur beurteilt. Ist eine Zeitung hinter dem Röhrchen nicht mehr zu lesen, ist der Test positiv ausgefallen (Kaske et al. 2009). Laut Tyler et al. (1996) liegt die Sensitivität bei 0,85 und die Spezifität bei 0,87. In der Praxis findet dieser Test kaum Anwendung.

2.8.2.6 Glutardialdehyd-Koagulationstest

Bei diesem Test wird einer Serumprobe eine 10 % Glutardialdehydlösung hinzugegeben. Die Lösung verbindet sich bevorzugt mit basischen und aromatischen Aminosäuren, welche sich insbesondere in Fibrinogen und Gammaglobulinen befinden. Nach einer gewissen Zeit kommt es zur Gelbildung. Ein hoher Gehalt an Immunglobulinen beschleunigt dabei die Gelbildung.

Bleibt nach einer Wartezeit von einer Stunde die Gelbildung aus, so ist von einem FPT auszugehen (Kaske et al. 2009). In der Praxis ist dieser Test ebenfalls kaum von Bedeutung.

2.9 Immunokritmethode zur Messung des Ig-Gehaltes im Serum

Die meisten bislang vorhandenen Methoden zur Prüfung der Kolostrumversorgung sind mit Ausnahme der Refraktometrie für den praktischen Gebrauch entweder zu aufwendig und kostenintensiv oder zu ungenau. Vallet et al. (2013) entwickelten aus diesem Grund eine Methode, mit der die Kolostrumversorgung bei neugeborenen Ferkeln möglichst einfach, kostengünstig und zeitnah beurteilt werden kann.

Das Prinzip der Immunokritmethode beruht auf der spezifischen Präzipitation von Ammoniumsulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ mit Immunglobulinen (Page et al. 1996; Heide und Schwick 1978). Das Verhältnis zwischen Präzipitität und dem gesamten Serumvolumen der Probe ergibt den sogenannten Immunokritwert (Vallet et al. 2013). Anhand einer Mikrohämatokrit-Tabelle kann der Wert abgelesen werden. In Abb. 1 ist die Ermittlung des Immunokritwertes mit Hilfe eines Lineals dargestellt.

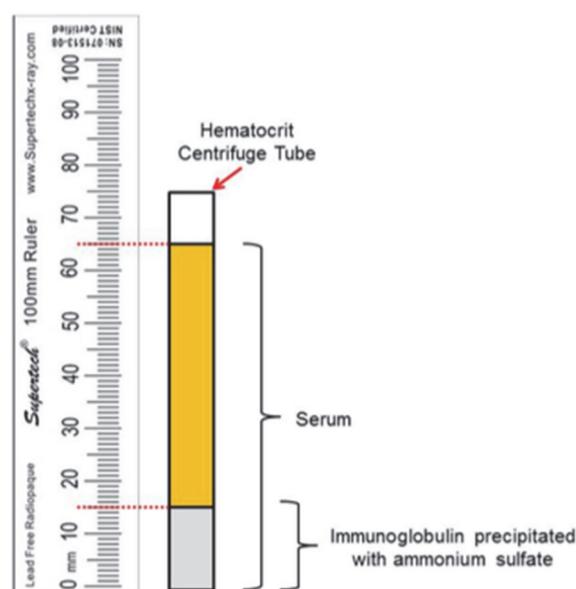


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Mikrohämatokritröhrchens und eines Lineals zur Bestimmung des Immunokritwertes (Vallet et al. 2013)

In der Studie von Vallet et al. (2013) wurden zur Bestimmung des Immunokritwertes 50 µl Ferkelserum mit 50 µl einer 40 % Ammoniumsulfat-Lösung gemischt und in einem Mikrohämatokrit-Kapillarröhrchen 5 min bei 12.700 g zentrifugiert. Zur Validierung der erhaltenen Ergebnisse wurde vergleichend eine SDS-PAGE-Densitometrie durchgeführt. Zusätzlich wurden Standardproben genutzt, um den ermittelten Immunokritwert mit der tatsächlichen IgG-Konzentration vergleichen zu können. Die Autoren konnten einen linearen Zusammenhang zwischen Immunokritwert und IgG-Gehalt beobachten ($r^2 = 0,98$). Die Wiederholgenauigkeit betrug 0,91 und ist somit präzise. In einer anderen Studie konnten Thompson et al. (2017) eine Korrelation zwischen der Immunokritmethode und der radialen Immundiffusion (RID) von 0,71 ($p < 0,001$) feststellen. Die Autoren untersuchten hier Kälberserum und nutzten eine 55 % Ammoniumsulfat-Lösung.

Vallet et al. (2013) konnten zeigen, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Absetzgewicht der Ferkel und dem Immunokritwert gibt ($p < 0,01$). Ein Anstieg des Wertes um 0,01 bedeutet einen Anstieg des Absetzgewichtes von 0,02 kg.

Auch auf die Saugferkelmortalität hat der durchschnittliche Immunokritwert eines Wurfes einen signifikanten Einfluss ($p = 0,05$). Ein Anstieg um 0,013 bewirkt eine Reduktion der Saugferkelsterblichkeit um 1 %. Andere Studien konnten keinen Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Saugferkelsterblichkeit bzw. der täglichen Tageszunahmen feststellen (Peters et al. 2016). Jungsauen haben pro Wurf einen geringeren durchschnittlichen Immunokritwert als Sauen im zweiten oder späteren Wurf (Peters et al. 2016; Vallet et al. 2013). In darauffolgenden Untersuchungen konnten Vallet et al. (2015) zeigen, dass geringe Immunokritwerte am 1. Lebenstag außerdem ein reduziertes Wachstum ($p < 0,01$), einen verzögerten Eintritt in die Pubertät ($p < 0,01$), eine reduzierte Anzahl lebend geborener Ferkel ($p < 0,05$) sowie geringere durchschnittliche Immunokritwerte pro Wurf bewirken. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass die Immunokritmethode ein geeignetes Verfahren zur Prüfung der Kolostrumversorgung bei neugeborenen Ferkeln darstellt (Vallet et al. 2013). Die Studie von Thompson et al. (2017) zeigte, dass sich diese Methode auch bei neugeborenen Kälbern anwenden lässt. Die Autoren wählten zur Bestimmung von FPT einen Immunokrit-Grenzwert von 11 %, da die Sensitivität hier 0,88 (95% Konfidenzintervall, 0,79 bis 0,97) und die Spezifität 0,51 (95 % Konfidenzintervall, 0,44 bis 0,58) beträgt. Ein weiterer Vorteil dieser Methode besteht darin, dass die Präzipitation nicht speziesspezifisch ist, sodass die passive Immunisierung auch bei anderen Tierarten geprüft werden kann (Thompson et al. 2017).

2.10 Anämie beim Saugkalb

2.10.1 Definition der Anämie

Von einer Anämie oder Blutarmut spricht man bei einer Verminderung der roten Blutzellen, des Hämoglobingehaltes oder des Hämatokrits (Bhardwaj et al. 2010; Jazek et al. 2009). Gründer (2006) gibt eine Übersicht der Referenzwerte zur Beurteilung des roten Blutbildes für adulte Rinder (Tab. 6).

Tab. 6: Referenzwerte für das rote Blutbild bei adulten Rindern (Gründer 2006)

Hämatokrit (Hk oder PCV)	0,28-0,39 l/l	28-39 %
Hämoglobin (Hb)	5,6-8,7 mmol/l	90-140 g/l
Erythrozytenzahl (RBC)	5,0-8,0 T/l	
Mittleres Volumen der Erythrozyten (MCV)	45-65 fl	
Mittlerer Hämoglobingehalt der Erythrozyten (MCH)	0,9-1,5 fmol	14-24 pg
Mittlere Hämoglobinkonzentration (MCHC)	16-21 mmol/l	26-34 g/100ml
Serumeisengehalt	13-44 µmol/l	750-2500 µg/l
Totale Eisenbindungskapazität (TEBK)	29-53 µmol/l	1620-3000 µg/l

Für neugeborene Kälber gibt Gründer (2006) einen Hämoglobingehalt von 110g/l an. Zwischen dem 30. und 60. Lebenstag sinkt dieser Wert bei Milchernährung auf 80 g/l ab und steigt mit zunehmender Raufutteraufnahme an. Die niedrigsten Hb- und Serumeisenwerte treten laut Gründer (2006) zwischen der 3. und 10. Lebenswoche und laut Reif et al. (2019) zwischen der 5. und 8. Lebenswoche. Für den Hämatokrit gilt, dass die höheren Werte zum Zeitpunkt der Geburt mit der ersten Kolostrumaufnahme sinken und bis zu maximal einem halben Jahr unter dem Niveau adulter Rinder bleiben (Gründer 2006). Die Referenzbereiche für Hämoglobin und Hämatokrit stimmen mit den Werten von Heindl (2012) überein.

Bünger et al. (1988) teilen Anämien anhand der Hämoglobinwerte in eine hochgradige ($Hb < 70 \text{ g/l} \triangleq 4,3 \text{ mmol/l}$) und mittelgradige Form ($80 - 100 \text{ g/l} \triangleq 5,0 - 6,2 \text{ mmol/l}$) ein. Ein intravasaler Eisenwert von $< 20 \text{ µmol/l}$ gilt beim Kalb allgemein als akuter Eisenmangel (Bostedt 2010).

Bostedt et al. (1990) konnten nachweisen, dass bei 20 % der neugeborenen Kälber bereits präkolostral eine Anämie unterschiedlichen Grades vorhanden ist. Andere Autoren wie Bomba et al. (1986) und Völker und Rotermund (2000) berichten von noch höheren Anteilen. Tennant et al. (1975) stellten in ihren Untersuchungen bei 15,8 % der beprobten Kälber in den ersten 3 Lebenstagen und Benesi et al. (2019) bei 14,29 % in den ersten 30 Lebenstagen eine Anämie ($Hk < 25 \%$) fest. In der Studie von Rengifo et al. (2010) waren sogar 8 von 26 Kälbern (30,7 %) am 5. Lebenstag anämisch.

Ramin et al. (2012) untersuchten in ihrer Studie zur Beurteilung der Anämie 164 Holstein Kälber in einem Alter bis zu 4 Monaten. Sie definierten dabei den Grad der Anämie mittels Hämatokrit wie folgt: > 24 % keine Anämie, 20 - 23,99 % milde, 12-19,99 % mittelschwere und < 12 % schwere Anämie. Es zeigte sich, dass 17,7 % der beprobten Tiere an einer Anämie litten. Davon zeigten 14 % eine milde und 3,7 % eine mittelschwere Form. Der Anteil weiblicher Tiere überwog, war jedoch nicht signifikant.

Tennant et al. (1975) konnten weiterhin beobachten, dass die Häufigkeit einer Anämie bei Zwillingsgeburten signifikant höher war als bei Einfachgeburten. Auffällig war auch, dass immer nur ein Zwillingsskalb pro Geburt betroffen war. Eine signifikante Abhängigkeit zwischen der postnatalen Hämoglobinkonzentration und der Geburtsmasse konnten Büniger et al. (1980) feststellen.

2.10.2 Ursachen der Anämie

Für das Auftreten von Anämien werden in der Literatur viele Ursachen genannt (Gründer 2006; Okabe et al. 1996; Mitruka und Rawnsky 1981). Durch Blutverluste z. B. infolge eines Traumas, Befall mit Blutparasiten oder Blutgerinnungsstörungen kommt es zu einer hämorrhagischen Anämie. Bei der hämolytischen Anämie hingegen zerfallen intravaskulär Erythrozyten durch bakterielle Toxine, Blutparasiten oder Störungen der Blutisotonie. Daneben gibt es noch die hypoplastische Anämie, auch Blutbildungsanämie genannt. Diese Form tritt bei Schädigungen des Knochenmarks sowie bei angeborenen oder mangelbedingten Störungen der Hämoglobinbildung auf (Gründer 2006; Dilov et al. 1981).

Als häufigste Ursache beim Kalb wird in der Literatur ein Eisenmangel in den ersten Lebenswochen beschrieben (Benesi et al. 2019; Ramin et al. 2012; Weiss 2010; Völker und Rotermund 2000; Tennant et al. 1975). Diese Form der Anämie gilt als die „klassische“ Eisenmangelanämie.

2.10.3 Eisenmangelanämie

Bei der „klassischen“ Eisenmangelanämie handelt es sich um eine hypochrome, mikrozytäre Anämie (Kraft und Dürr 2005). Bereits bei der Geburt liegt bei bovinen Neonaten eine reduzierte Eisenkonzentration vor, welche sich in den ersten 48 Lebensstunden weiter vermindert (Bostedt 2010). Als durchschnittliche Plasmaeisenwerte zum Zeitpunkt der Geburt geben Bostedt et al. (1990) $27,7 \pm 9,6 \mu\text{mol/l}$ und am vierten Lebenstag $18,0 \pm 3,0 \mu\text{mol/l}$ an. Die Kälber kommen zwar aufgrund ausreichender Eisenvorräte in Leber und Milz nicht anämisch zur Welt, entwickeln aber in den ersten drei bis zehn Lebenswochen bei ausschließlicher Vollmilchtränke eine Anämie. Der Grund dafür sind zu niedrige Eisengehalte

in der Kuhmilch. Laut Staufenbiel (2006) beträgt der Eisenbedarf bei Kälbern 70-100 mg/kg FTM. Die Eisengehalte in Normalmilch und Kolostrum reichen für die Bedarfsdeckung alleine jedoch nicht aus (3-5 und 9-15 mg/kg TM). Folglich kann keine physiologische Hämoglobinbildung mehr stattfinden. Hinzu kommen noch postnatal physiologische Veränderungen im hämatopoetischen System: Fetales Hämoglobin wird abgebaut und eisenreicheres adultes Hämoglobin (HbA und HbB) muss aufgebaut werden (Bostedt 2010). Zusätzlich besteht in dieser Phase ein erhöhter Eisenbedarf aufgrund der hohen Wachstumsleistung (Benesi et al. 2019).

Benesi et al. (2019) haben in ihrer Studie bei 55 anämischen und 55 gesunden Kälbern die durchschnittlichen Hämatokrit-, Hämoglobin- und Eisenwerte gemessen (Tab. 7).

Tab. 7: Blutwerte von anämischen und gesunden Kälbern (Benesi et al. 2019)

Parameter	Anämie	Gesund
Hämatokrit (%)	21.56 ± 1.90	32.00 ± 4.46
Hämoglobin (g/dl)	6.40 ± 0.96	9.72 ± 1.54
Eisen (µg/dl)	63.27 ± 35.33	109.53 ± 50.53

Es lassen sich signifikante Unterschiede in den Blutparametern zwischen anämischen und gesunden Kälbern feststellen. Durch eine Eisensupplementierung lässt sich dieser Mangel aber relativ schnell ausgleichen (Tennant et al. 1975; Hibbs et al. 1963).

2.10.4 Neugeborenanämie

Bei der Neugeborenanämie liegt bereits zum Zeitpunkt der Geburt eine Anämie vor (Staufenbiel 2021). Staufenbiel gibt hier als Richtwerte einen Hämoglobinwert < 80 g/l und einen Hämatokrit < 0,25 an. Die Ursachen konnten noch nicht abschließend geklärt werden. Hibbs et al. (1963) und Tennant et al. (1975) konnten einen bereits pränatal vorhandenen Eisenmangel nicht ausschließen. Ein Defekt im transplazentaren Eisentransport scheint als Ursache hierfür möglich zu sein (Hibbs et al. 1963). Die präpartale Eisenübertragung von der Kuh auf das Kalb ist nicht genau geklärt. Man vermutet, dass ebenso wie beim Schwein und Pferd Uteroferrin als Eisen-Transport-Glykoprotein benötigt wird (Ducsay et al. 1984; Renegar et al. 1982). Die Mutterkühe der anämischen Kälber erschienen in der Studie von Hibbs et al. (1963) gesund und hatten normale Eisen- und Hämoglobinwerte. In einer älteren Studie von Bostedt et al. (1974) konnte bei allen untersuchten Kühen (n=75) beobachtet werden, dass im Zeitraum von der 32. Graviditätswoche bis zur Geburt die Eisenwerte abnahmen. Miltenburg

et al. (1991) konnten nur schwache Korrelationen zwischen den hämatologischen Parametern der Mutterkuh und ihres Kalbes beobachten. In ihrer Studie hatten die Kälber zum Zeitpunkt der Geburt deutlich höhere Eisengehalte in der Leber als die Mutterkühe. Als mögliche Ursache vermuteten sie die verschiedenen Hauptspeicherorte für Eisen. Während bei Kälbern die Eisenkonzentration in der Leber höher als in der Milz ist, ist es bei den Kühen umgekehrt (Gooneratne und Christensen 1989; Blum und Zuber 1975).

2.10.5 Folgen der Anämie

Die Folgen einer Eisenmangelanämie sind ein verzögertes Wachstum, verminderte Sauflust, Trägheit, reduzierte Leistungsfähigkeit, Lecksucht und „Zungenspielen“ (Staufenbiel 2006). Auch andere Autoren konnten Leistungseinbußen als Folgen einer Anämie beobachten (Ramin et al. 2000; Moosavian et al. 2010). Bostedt (2010) führt als Ursache eine mangelhafte Oxygenierung der Gewebe bei Eisenmangel auf, wodurch das Wachstumspotential nicht vollständig ausgeschöpft wird. Steinhardt und Thielscher (2004) konnten in ihren Untersuchungen bei Kälbern mit einem Hämoglobinwert von unter 84 g/l eine geringere Wachstumsleistung nachweisen. Eine andere Erklärung für das geringere Wachstum ist die verminderte Produktion des Wachstumshormons GH bei vorhandenem Eisenmangel (Ceppi und Blum 1994). Laut Benesi et al. (2019) kann Blutarmut als schwächender Faktor sogar die Morbidität und Mortalität erhöhen. Eine normale Entwicklung anämischer Kälber ist jedoch durch kompensatorische Mechanismen ebenfalls möglich (Tennant et al. 1975; Settlemire et al. 1964).

2.10.6 Prophylaxe von Anämien

Zur Prophylaxe empfehlen einige Wissenschaftler die Zugabe von Eisen über das Futter oder per Injektion (Moosavian et al. 2010; Völker und Rotermund 2000). Staufenbiel (2006) empfiehlt grundsätzlich Kälbern am 1. Lebenstag mit der Tränkemilch einmal 0,5-2,0 g Eisen zu verabreichen. In den ersten 12 Lebensstunden sollte Fe-III-Dextran und danach oral anwendbare Fe⁺⁺-Verbindungen eingesetzt werden. Auch Bostedt (2010) empfiehlt generell eine Eisensupplementierung am 1. Lebenstag, um das Wachstums- und Gesundheitspotential zu fördern. Der gezielte Einsatz von Eisenpräparaten führt zu signifikant höheren Tageszunahmen (Völker und Rotermund 2000) und einer geringeren Krankheitsinzidenz (Völker und Rotermund 2000; Bostedt et al. 2000).

3. Material und Methoden

3.1 Untersuchungszeitraum, Standort der Untersuchungen und Probanden

Die Untersuchungen fanden im Zeitraum vom 06.08.2018 bis zum 21.02.2019 statt. Es wurden im Raum Niedersachsen und Nordrheinwestfalen in 50 Milchviehbetrieben jeweils 10 neugeborene Kälber im Alter von 0 bis 7 Tagen beprobt. Die Beprobungen fanden im Rahmen der regelmäßigen Bestandsuntersuchungen statt.

Den Kälbern wurden aus der Vena jugularis externa zwei Blutproben zur Gewinnung von Serum und Plasma entnommen. Somit lagen Serum- und Plasmaproben von 500 Probanden vor. Das Geschlecht und die Rasse der Kälber unterlagen keinen Restriktionen. Da die meisten männlichen Kälber nach 14 Tagen in die Kälbermast verkauft wurden, gibt es teilweise keine Angaben darüber, ob sie die ersten 90 Lebenstage überlebt haben.

3.1.1 Untersuchungsbetriebe

Die Untersuchungsbetriebe sind für die Region Niedersachsen und Nordrheinwestfalen typische Milchviehbetriebe gewesen. Die Betriebsgröße reichte von 80 bis 1.000 Kühen plus eigene Aufzucht. Die überwiegende Mehrzahl der Betriebe besaß Milchkühe der Rasse Holstein Frisian (n=46). Die restlichen 4 Betriebe haben Fleckviehkühe (n=1), 3-Rassenkreuzung (Holstein-Friesian x Norwegisches Rotvieh X Montbeliard, n=1) bzw. eine Kreuzung aus Fleckvieh und Holstein Frisian Kühen (n=2) gehalten. Die durchschnittliche Milchleistung pro Tier und Jahr reichte von 7.000 bis 12.000 kg und die Remontierungsrate betrug durchschnittlich 29,1 %. Die Trockenstehzeit lag durchschnittlich bei 46,7 Tagen und die Zellzahl bei 201.200 Zellen/ml (80.000 - 300.000). In 18 Betrieben wurden die Kühe mit einer Mutterschutzvakzine gegen E. coli, Bovines Rotavirus und Bovines Coronavirus geimpft (Rotavec® Corona). Weitere Impfungen waren solche gegen BVD (n=3), Clostridien (n=2), Salmonellen (n=2) und BRSV/ Pi3/ M. haemolytica (n=1). In 27 Betrieben wurden die Kühe nicht geimpft. Die durchschnittlichen Kälberverluste lagen bei 6,5 %. Um einen besseren Eindruck von der Kälbergesundheit zu erhalten, wurde neben der Kälbermortalität auch die Kälbermorbidity erfasst. Hierfür gaben die Landwirte an, wie viele Kälber in den ersten 30 Lebenstagen medikamentös behandelt werden mussten (geschätzt in %). Dieser Wert betrug im Schnitt 34,0 % und bezog sich auf die Behandlungen des letzten Jahres.

3.1.2 Kälber

Um verschiedene Einflussfaktoren auf die Kälbergesundheit beurteilen zu können, wurde zu jedem Kalb ein Fragebogen ausgefüllt. Die 500 untersuchten Kälber in dieser Studie waren zwischen 0 und 7 Tage alt. Darunter waren 225 männlich, 275 weiblich und 26 Kälber waren Zwillingskälber. Da der Geburtsverlauf laut einiger Autoren einen Einfluss auf die Immunglobulinversorgung hat, wurde dieser auch erfasst. 455 Kühe konnten das Kalb ohne Hilfe zur Welt bringen. 37 Geburten waren mäßig schwer, sodass manuelle Geburtshilfe durch eine Person nötig war und bei 8 Geburten war Hilfe durch mindestens zwei Personen und der Einsatz eines Geburtshelfers nötig (sehr schwere Geburt). Keines der beprobten Kälber kam durch einen Kaiserschnitt zur Welt.

Um den Einfluss der Laktationszahl auf die Kolostrumqualität und somit auf die Immunglobulinversorgung des Kalbes zu prüfen, wurde zu jedem Kalb auch die Laktationszahl der Mutter notiert. Die Studie umfasste 159 Färsen, 112 Zweitlaktierende, 100 Kühe befanden sich in der dritten und die restlichen 129 Kühe in der 4. bis 9. Laktation.

Des Weiteren wurde die Kotbeschaffenheit der Kälber zum Zeitpunkt der Beprobung dokumentiert. So sollte festgestellt werden, ob Kälber häufiger an Durchfall erkranken, wenn sie eine unzureichende Kolostrumversorgung aufweisen. Bei 360 Tieren war die Kotbeschaffenheit unverändert bzw. physiologisch und bei 115 breiartig/pastös. 21 Kälber hatten dünnen Kot und 4 wässrigen Durchfall. Nachfolgend wurde auch die Überlebensrate der Kälber in den ersten 90 Lebenstagen erfasst. Dazu wurden die Landwirte telefonisch kontaktiert oder bei einem weiteren Bestandsbesuch befragt. Von den beprobten Tieren waren 246 noch im Betrieb, 25 waren verendet, 159 verkauft und von 70 Kälbern lagen keine Angaben vor.

3.1.3 Kälbermanagement und Kälberhaltung

In allen Betrieben dieser Studie wurden die Kälber nach der Trennung von der Kuh in Einzelboxen auf Stroh gehalten. Einige Betriebe haben die Kälber in Iglos (teilweise überdacht) aufgestellt, andere hatten hierzu Einzelboxen in einem Warmstall stehen. Männliche Kälber sind in den meisten Fällen mit Vollendung der 2. Lebenswoche in die Kälbermast verkauft worden.

Die meisten Betriebe verabreichten den neugeborenen Kälbern das Erstkolostrum mit einer Saugflasche oder einem Nuckeleimer (n=34). Zwölf Betriebe haben gedrencht und vier ließen das Kalb in den ersten 1-2 Lebenstagen frei bei der Kuh saugen. Die verabreichte Menge rangierte zwischen 2 und 4 Litern. Beim Drenchen wurden 3-4 Liter innerhalb der ersten 2 bis 4 Lebensstunden eingegeben. In einigen Betrieben wurde das Kolostrum erst zur nächsten

Melkzeit verabreicht. In diesen Betrieben war eine exakte Datenerfassung nicht möglich, da die Kälber unbeobachtet Erstkolostrum unbekannter Menge bereits bei der Kuh aufgenommen haben könnten. In allen Betrieben wurde versucht, das Kolostrum der eigenen Mutterkuh zu nutzen. Lediglich in einzelnen Betrieben haben Kälber von primiparen Kühen Kolostrum von älteren Tieren erhalten. Nach 3 bis 5 Mahlzeiten mit Kolostrum wurden die Kälber auf Milchaustauscher bzw. Vollmilch umgestellt. Nach durchschnittlichen 86,5 Tagen erfolgte das Absetzen von der Milch.

Zur Beurteilung von Anämien wurde auch die Eisenversorgung der Kälber erfasst. Dabei zeigte sich, dass die Supplementation von Eisen in der untersuchten Region nicht üblich ist. Lediglich 70 Kälber wurden in den ersten Lebenstagen durch subkutane Injektion mit Eisen-Dextran versorgt.

3.2 Probengewinnung und Probenaufbereitung

Die Blutentnahme erfolgte aus der Vena jugularis externa durch Punktion mittels steriler Einwegkanüle (18G x 1½“ Neopoint®, Servoprax GmbH) und anschließender Aspiration in ein aufgestecktes Röhrchen. Für die Serumgewinnung wurden Serumröhrchen (Kabevette® L 7,5 ml, KABE Labortechnik GmbH), für die Plasmagewinnung EDTA-Röhrchen (Kabevette® L 4,9 ml, KABE Labortechnik GmbH) verwendet. Unmittelbar nach der Blutentnahme wurden die Plasmaproben kurz geschwenkt, um eine Gerinnung zu vermeiden. Die Proben wurden dann für einige Stunden bei 8°C bis zur weiteren Bearbeitung senkrecht gelagert und spätestens am folgenden Tag mit einer Heraeus® Megafuge® 1.0 der Firma Kendro Laboratory Products GmbH bei 3.000 Umdrehungen pro Minute (U/min) für 15 Minuten zentrifugiert. Anschließend wurden ca. 2 ml des Serums bzw. des Plasmas mit einer sterilen Einwegpipette in ein Probenröhrchen (*Röhre 5 ml, SARSTEDT AG & Co*) abpipettiert und mit einem Stopfen verschlossen. Die beschrifteten Proben wurden dann bei ca. -20°C aufbewahrt.

3.3 Probenanalyse

Die Messungen der Hämoglobinkonzentration und des Hämatokrit erfolgten im Praxislabor. Hier wurden auch die Serum- und Plasmaproben bei etwa -20°C gelagert. Im Labor der Klinik für Kleintiere an der FU Berlin wurden sowohl Albumin und Gesamteiweiß in Serum und Plasma als auch der Immunokritwert im Serum bestimmt.

3.3.1 Bestimmung der Hämoglobinkonzentration

Die Hämoglobinkonzentration wurde mit dem Laborsystem LP 450 (Absorptionsphotometer) der Firma Hach Lange GmbH aus Düsseldorf (Deutschland) photometrisch bei einer Wellenlänge von 546 nm bestimmt. Vor jeder Messung wurde der Nullpunkt am Photometer mit dem Leerwert (Transformationslösung) eingestellt und anschließend wurde das Gerät mit einer Humanblutprobe (Hämoglobin-Kontrolle, Diaglobal GmbH) kalibriert.

Die gekühlten Vollblutproben in den EDTA-Röhrchen wurden zunächst bei Zimmertemperatur etwa 1 Stunde aufgewärmt und anschließend für etwa 5 Minuten geschwenkt. Im nächsten Schritt wurden mit Hilfe einer Dosiervorrichtung 2,5 ml einer Transformationslösung (Hämoglobinlösung LCN 043, Hach Lange GmbH) in ein Reagenzglas aus Kunststoff gegeben. Anschließend wurden 10 µl des Vollblutes abpipettiert (Pipette: Thermo Scientific™ Finnpipette™ F2 Fisher Scientific GmbH) und nach äußerer Reinigung der Pipettenspitze mit flusenfreiem Zellstoff in das Reagenzglas gegeben. Die Pipettenspitze wurde dabei mehrfach mit der Lösung ausgespült und die Probenlösung schließlich mit der Spitze vermischt. Nach 3 Minuten Wartezeit wurde die Lösung in die Küvette des Laborsystems gegeben und der Hämoglobingehalt photometrisch bestimmt. Das Gerät zeigt das Ergebnis in [g/dl] an. Durch Multiplikation mit dem Faktor 0,6207 kann der Wert in [mmol/l] umgerechnet werden.

3.3.2 Bestimmung des Hämatokritwertes

Der Hämatokrit wurde mit dem Laborsystem LP 450 der Firma Hach Lange GmbH photometrisch bei einer Wellenlänge von 546 nm bestimmt. Die Proben wurden wie in Abschnitt 3.3.1 bearbeitet und anschließend 10 µl des Vollblutes in den Küvetten-Test LKM 144 gegeben. Nach 3 - 15 Minuten Wartezeit und erneutem Schwenken wurde die Küvette zur Messung in das Photometer gelegt. Das Ergebnis wird in [%] angezeigt.

Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen gemessener Extinktion und Hämatokrit, da das Produkt aus Erythrozytenzahl und mittlerem Zellvolumen dem Hämatokrit entspricht (Herstellerangabe).

3.3.3 Bestimmung der Gesamteiweißkonzentration

Vor der Messung mussten die gefrorenen Proben zunächst bei Zimmertemperatur auftauen. Proben, die Präzipitate enthielten, wurden vor dem Test zentrifugiert.

Die Gesamteiweißkonzentration in Serum und Plasma wurde im Labor der Klinik für Kleintiere an der FU Berlin mit dem Analysegerät Cobas Mira plus der Firma Hoffmann-La Roche AG aus Basel (Schweiz) bestimmt. Das Gerät nutzt als Analysemethode die Biuret-

Reaktion (kolorimetrischer Test). Dabei reagiert zweiwertiges Kupfer in alkalischer Lösung mit der Peptidbindung der Eiweiße zum charakteristischen purpurfarbenen Biuretkomplex. Mit Natrium-Kalium-Tartrat wird die Ausfällung von Kupferhydroxid und mit Kaliumjodid die Autoreduktion des Kupfers verhindert. Die Farbintensität ist direkt proportional zum photometrisch gemessenen Eiweißgehalt.

3.3.4 Bestimmung der Albuminkonzentration

Der Albumingehalt in Serum und Plasma wurde im Labor der Klinik für Klauentiere an der FU Berlin mit dem Analysegerät Cobas Mira plus der Firma Hoffmann-La Roche AG bestimmt. Das Gerät nutzt als Analysemethode einen photometrischen Test mit Bromkresolgrün. Dabei bewirkt Albumin in Anwesenheit von Bromkresolgrün in schwach saurem Milieu eine Farbveränderung des Indikators von gelb-grün zu grün-blau. Die Farbveränderung wird photometrisch gemessen und ist proportional zur Albuminkonzentration in der Probe.

3.3.5 Bestimmung der Globulinkonzentration

Der Globulingehalt wurde rechnerisch durch Subtraktion ermittelt.

$$\text{Globulingehalt (g/l)} = \text{Totalprotein (g/l)} - \text{Albumin (g/l)}$$

3.3.6 Bestimmung der Fibrinogenkonzentration

Der Fibrinogengehalt wurde rechnerisch durch Subtraktion ermittelt.

$$\text{Fibrinogen (g/l)} = \text{Plasma Totalprotein (g/l)} - \text{Serum Totalprotein (g/l)}$$

3.3.7 Bestimmung des Immunokritwertes

Die Bestimmung des Immunokritwertes erfolgte im Labor der Klinik für Klauentiere an der FU Berlin. Für die Herstellung der 55 %igen Ammoniumsulfat-Lösung sind 5,5 g Ammoniumsulfat ((NH₄)₂SO₄) mit 10 ml destilliertem Wasser in einem Glasgefäß aufgelöst worden. Anschließend sind jeweils 250 µl einer Serumprobe und 250 µl Ammoniumsulfatlösung in ein Eppendorfgefäß pipettiert worden. Nach kurzem Mischen auf dem Vortex wurde die Probe in ein Hämatokritröhrchen aufgezogen und mit Kit verschlossen. Das Hämatokritröhrchen wurde 5 Minuten lang bei 12.000 Umdrehungen pro Minute in einer Hämatokritzentrifuge zentrifugiert. Der Anteil des Präzipitates in der Lösung (Immunokritwert, %) wurde anschließend mithilfe einer Mikro-Hämatokrit-Tabelle bestimmt.

3.4 Erhebung der Herdendaten

Für die Erhebung der Herdendaten ist von jedem Betrieb ein kurzer Fragebogen ausgefüllt worden. Der Fragebogen enthielt folgende Parameter:

- Postleitzahl des Betriebes
- Betriebsgröße (Tierzahl)
- Rasse
- Bodenart
- Futtermittelgrundlage der Kühe (Grobfutter)
- Milchleistung (kg/Tier/Jahr)
- Remontierungsrate
- Trockenstehzeit (Zeitdauer, ein- oder zweiphasige Fütterung)
- Durchschnittliche Zellzahl
- Impfungen der Kühe
- Kolostrummanagement (Menge, Zeitpunkt, Tränkemethode)
- Milchversorgung (Vollmilch, Art des Milchaustauschers)
- Tränkesystem und Dauer der Tränkeperiode
- Kälbergesundheit (behandelte Kälber in den ersten 30 Lebenstagen, geschätzt in %)
- Kälberverluste
- Eisensupplementation bei Kälbern

3.5 Erhebung der Kälberdaten

Zu jedem Probanden wurde gemeinsam mit den Landwirten oder deren Mitarbeitern ein kurzer Fragebogen ausgefüllt. Folgende Parameter wurden dabei erfasst:

- Datum der Probenentnahme
- Geburtsdatum des Kalbes
- Ohrmarkennummer
- Geschlecht
- Laktationszahl der Mutter
- Anzahl geborener Kälber (1,2)
- Kolostrumversorgung in den ersten 4 Stunden
- Kolostrumversorgung in den ersten 24 Stunden

- Eisensupplementation
- Geburtsverlauf (Score 0-4), siehe Tab. 8
- Durchfallgrad (Grad 1-4), siehe Tab. 9
- Sonstige Bemerkungen
- Überleben nach 90 Lebenstagen

Tab. 8: Einteilung des Geburtsverlaufs

Score 0	unbeobachtete Geburt in der Gruppe, keine Hilfe
Score 1	Spontangeburt, ohne Hilfe, beobachtet
Score 2	mäßig schwere Geburt, Anwendung manueller Geburtshilfe durch 1 Person
Score 3	sehr schwere Geburt, Hilfe durch ≥ 2 Personen, mechanischer Geburtshelfer
Score 4	Kaiserschnitt, Geburtshilfe durch den Tierarzt

Tab. 9: Einteilung des Durchfalls

Grad 1	unverändert
Grad 2	breiartig, pastös
Grad 3	dünn
Grad 4	wässrig

3.6 Statistische Methoden

Die in der Studie erhobenen Daten wurden zunächst in einer Excel® -Tabelle erfasst und mit dem Statistikprogramm SPSS Version 25 (Firma IBM Deutschland GmbH) ausgewertet. Anhand der Milchleistung wurden die Betriebe in 4 Gruppen eingeteilt (Gruppe 1: < 8.501 Liter, Gruppe 2: 8501 - 9250 Liter, Gruppe 3: 9251 - 9900 Liter, Gruppe 4: > 9900 Liter). Ebenso erfolgte eine Einteilung nach der Betriebsgröße (Gruppe 1: < 101 Kühe, Gruppe 2: 101 - 250 Kühe, Gruppe 3: 251 - 500 Kühe, Gruppe 4: > 500 Kühe). Die Kühe wurden anhand ihrer Laktationszahl in vier Gruppen zusammengefasst (Gruppe 1: 1. Laktation, Gruppe 2: 2. Laktation, Gruppe 3: 3. + 4. Laktation, Gruppe 4: ab 5. Laktation). Die Kälber wurden nach der aufgenommenen Kolostrummenge innerhalb der ersten 4 Lebensstunden (Gruppe 1: < 3 Liter, Gruppe 2: 3 Liter, Gruppe 3: > 3 Liter) bzw. innerhalb der ersten 24 Lebensstunden (Gruppe 1: < 4,5 Liter, Gruppe 2: 4,5 - 6 Liter, Gruppe 3: > 6 Liter) in Gruppen aufgeteilt. Bei 129

Probanden konnten zu der Kolostrumaufnahme innerhalb der ersten 4 und 24 Lebensstunden keine Angaben gemacht werden, da die Kälber z.B. über Nacht geboren wurden oder bei der Kuh verblieben sind. Zu der Überlebensrate konnte bei 229 Probanden ebenfalls keine Angabe gemacht werden, da die Tiere vor ihrem 30. Lebenstag verkauft wurden. Diese Werte wurden als fehlend erfasst. Eine deskriptive Statistik wurde durchgeführt und die Lageparameter Minimum, Maximum, Mittelwert, Median, 1. Quartil und 3. Quartil ermittelt. Die kontinuierlichen Variablen wurden über den Kolmogorow-Smirnow Test auf Normalverteilung geprüft. Das Signifikanzniveau (α) wurde auf 5 % festgelegt ($p < 0,05$).

Um den Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und den anderen Blutparametern zu untersuchen, wurden lineare Regressionsanalysen durchgeführt und der Korrelationskoeffizient nach Pearson bestimmt. Zusätzlich wurden Streudiagramme mit Regressionsgeraden erstellt. Dieselben Analysen erfolgten anschließend auch für das Serum Totalprotein. Mit der einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) wurde getestet, welche Variablen einen signifikanten Einfluss auf den Immunokrit bzw. auf das Serum Totalprotein aufweisen. Als Post-hoc-Test wurde der Tukey-Test durchgeführt. Die Prüfung der Varianzhomogenität erfolgte mit dem Levene-Test. Bei nicht gegebener Varianzgleichheit wurde der Welch-Test als robustes Verfahren herangezogen. Für die Prüfung von Variablen mit zwei Gruppen wurde der t-Test durchgeführt.

4. Ergebnisse

4.1 Übersicht deskriptive Statistik

Eine Übersicht der deskriptiven Statistik ist in Tab. 10 dargestellt. Von den erhobenen Parametern wurden der Mittelwert, der Median, das Minimum, das Maximum, das erste sowie das dritte Quartil ermittelt.

Tab. 10: Übersicht deskriptive Statistik

Variable	n	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	1. Quartil	3. Quartil
Alter (d)	500	3,5	3	0	7	2	5
Hb (g/l)	500	102,8	103	48	178	88,2	117
Hct (%)	500	23,4	23,4	8,9	44,7	19,4	27,2
Laktation	500	2,5	2	1	9	1	4
Kolostrum 4h (l)	371	2,8	3	0	5	2	4
Kolostrum 24h (l)	371	5,5	6	0	9	4	7
Serum TP (g/l)	500	60,2	59,2	37,5	92,8	53,3	65,9
Serum Alb (g/l)	500	30,5	30,5	21,5	38,7	28,9	32,1
Serum Glob (g/l)	500	29,7	28,9	11,8	66	22,2	36,1
Plasma TP (g/l)	500	61,8	61,0	40,8	91,7	54,9	68,1
Plasma Alb (g/l)	500	31,5	31,5	23,1	38,9	29,9	33,0
Plasma Glob (g/l)	500	30,3	29,4	12,3	65,9	23,7	36,2
Fibrinogen (g/l)	500	1,5	1,5	-17,5	18,5	-0,6	3,7
Immunokrit (%)	500	11	11	4	23	8	14
Betriebsgröße	50	275	230	80	1000	147	320
Trockenstehzeit (d)	50	46,7	49	30	65	42	51,2
Milchleistung (kg)	50	9.329	9.250	7.000	12.000	8.500	9925
Remontierung (%)	50	29,1	30	20	40	25	32,2
Zellzahl (Zellen/ml)	50	201.200	200.000	80.000	300.000	150.000	250.000
Tränkedauer (d)	50	86,4	84	52	135	77	98
Behandlungen (%)	50	34	35	5	100	10	50
Verluste (%)	50	6,5	5	1	45	3	8

4.2 Blutparameter

4.2.1 Hämoglobingehalt

Die Hämoglobinwerte sind normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov-Test: Signifikanz 0,200). Bei einem Minimum von 48 g/l und einem Maximum von 178 g/l sind die Werte breit gestreut. Der Mittelwert beträgt 102,82 g/l (Abb. 2).

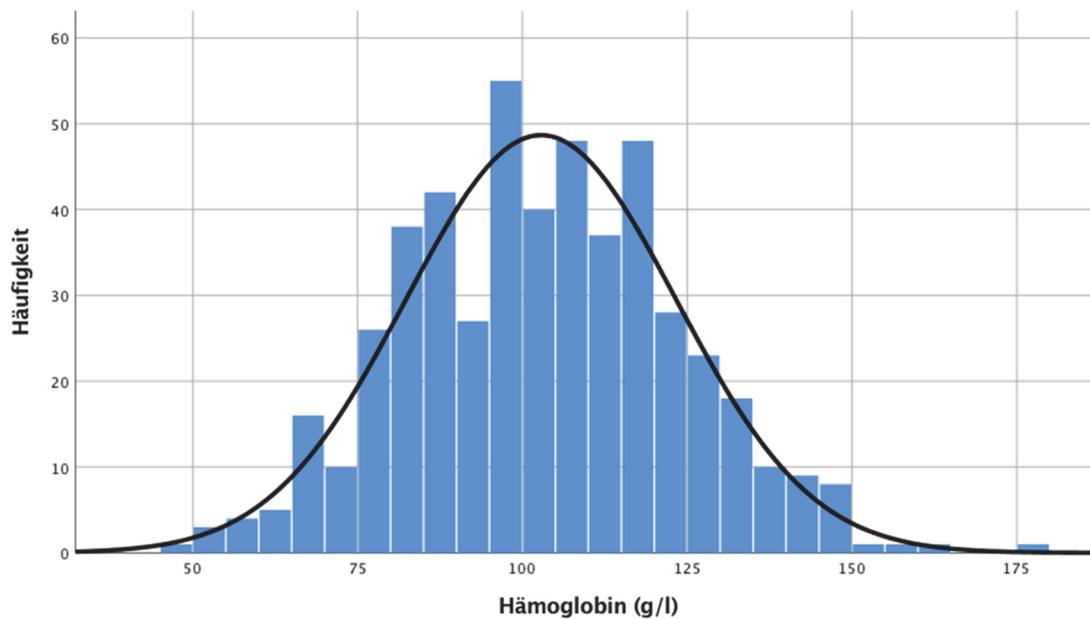


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung Hämoglobin

4.2.2 Hämatokrit

Auch bei den Hämatokritwerten zeigt sich eine Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test: Signifikanz 0,200). Die Werte rangieren zwischen 8,9 % und 44,7 %. Der Mittelwert beträgt 23,46 % (Abb. 3).

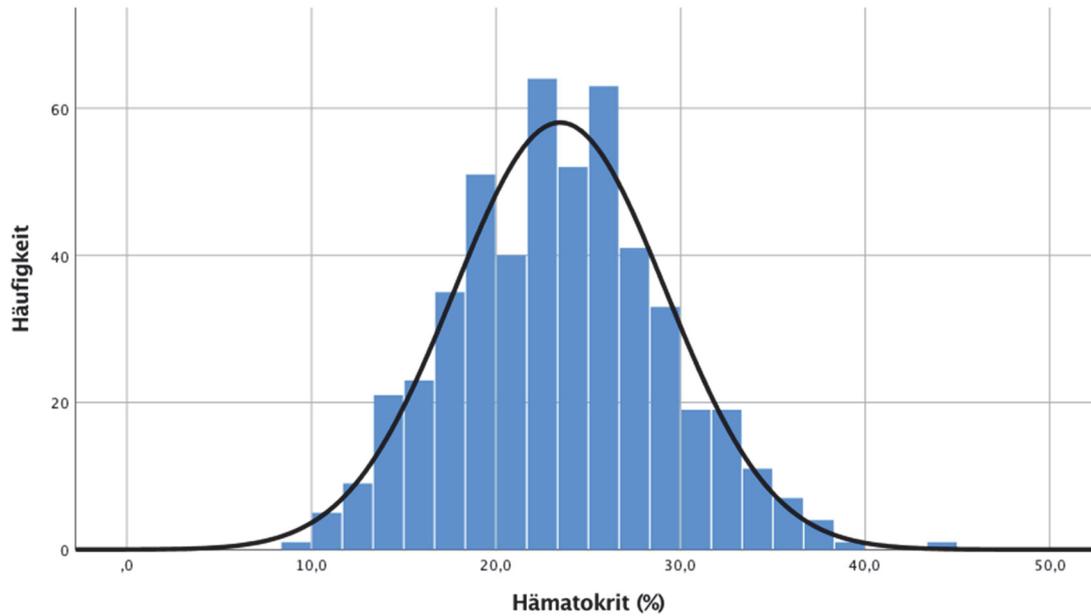


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung Hämatokrit

4.2.3 Serum Totalprotein

Die Totalproteingehalte im Serum sind nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,011). Eine Tendenz zur Normalverteilung ist erkennbar. Das Minimum beträgt 37,5 g/l, das Maximum 92,8 g/l und der Mittelwert liegt bei 60,2 g/l (Abb. 4).

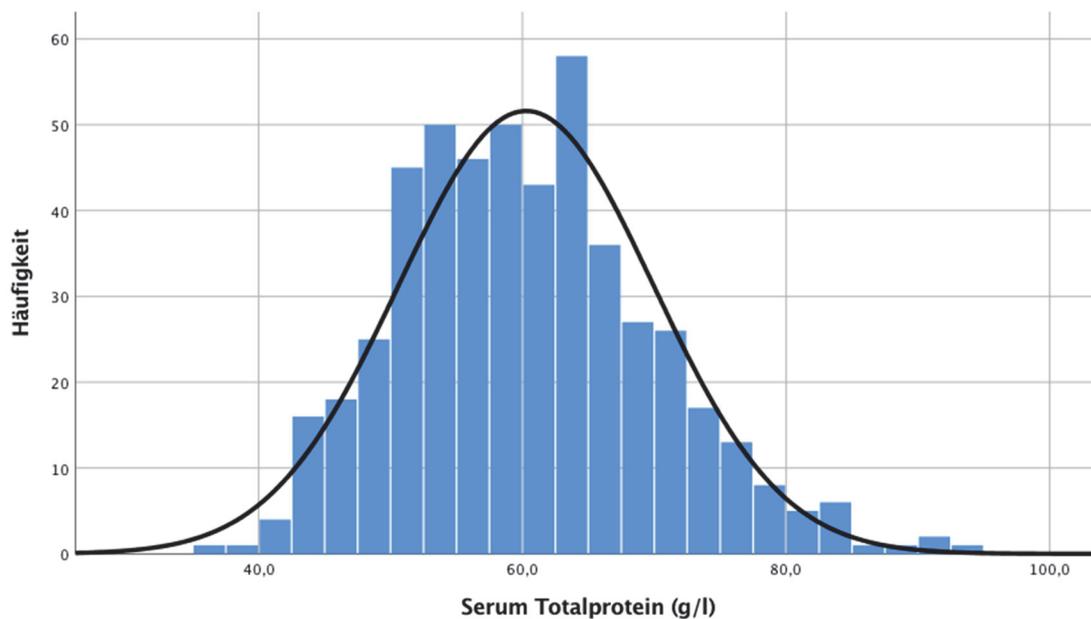


Abb. 4: Häufigkeitsverteilung Serum Totalprotein

4.2.4 Serum Albumin

Die Albumingehalte im Serum sind nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,021). Eine Tendenz zur Normalverteilung ist aber erkennbar. Das Minimum beträgt 21,5 g/l, das Maximum 38,7 g/l und der Mittelwert 30,5 g/l (Abb. 5).

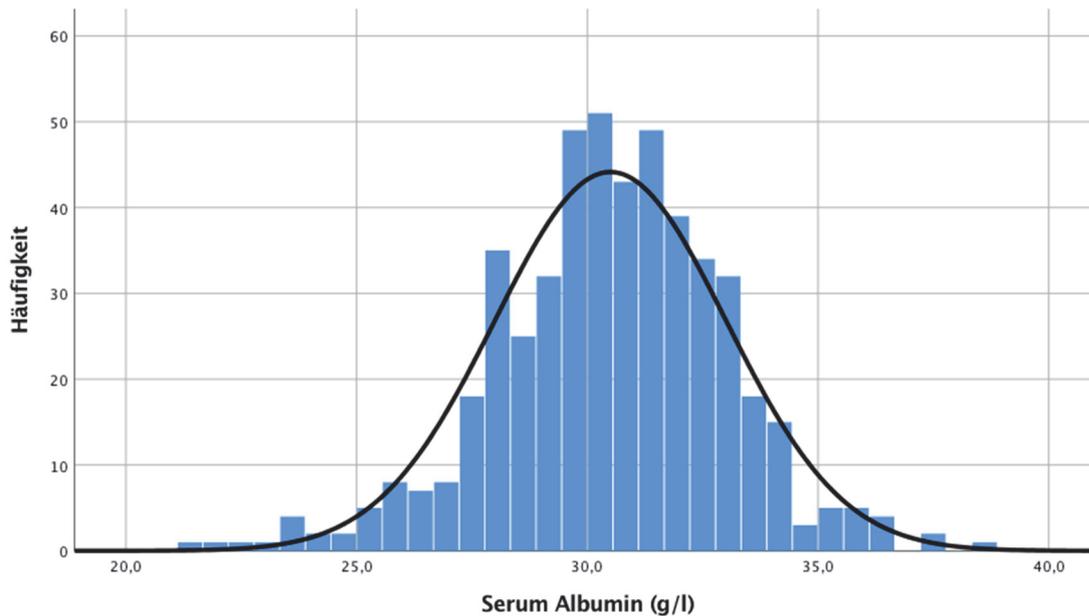


Abb. 5: Häufigkeitsverteilung Serum Albumin

4.2.5 Serum Globulin

Die Globulingehalte im Serum sind nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,000). Eine Tendenz zur Normalverteilung ist erkennbar. Das Minimum beträgt 11,8 g/l, das Maximum 66,0 g/l und der Mittelwert liegt bei 29,7 g/l (Abb. 6).

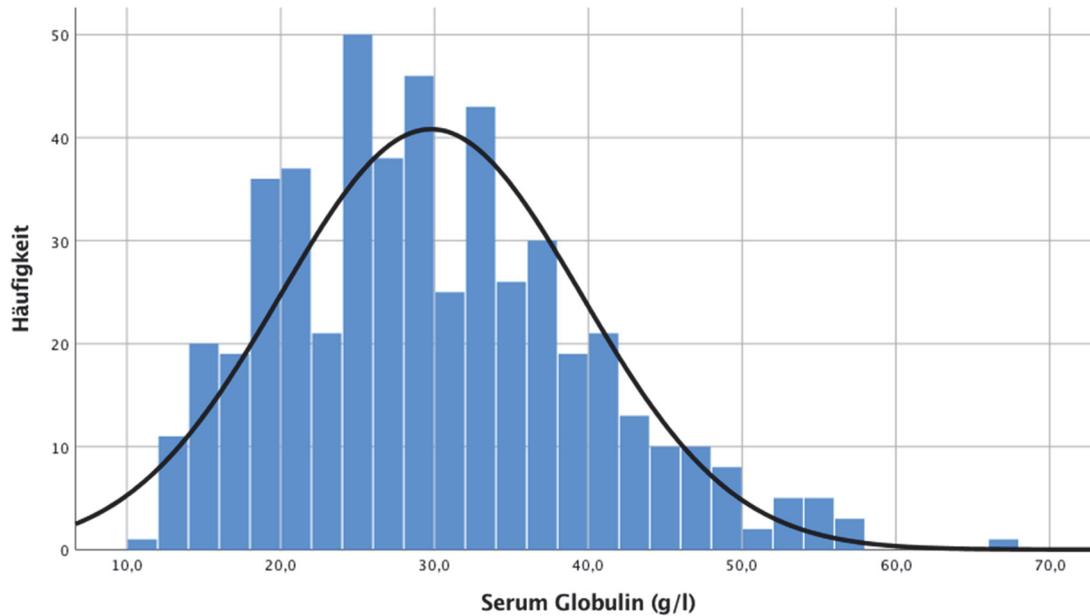


Abb. 6: Häufigkeitsverteilung Serum Globulin

4.2.6 Plasma Totalprotein

Die Gehalte des Totalproteins im Plasma sind nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,033). In der weiteren Statistik wird jedoch von einer Normalverteilung ausgegangen, da eine Tendenz zur Normalverteilung besteht. Das Minimum beträgt 40,8 g/l, das Maximum 91,7 g/l und der Mittelwert 61,8 g/l (Abb. 7).

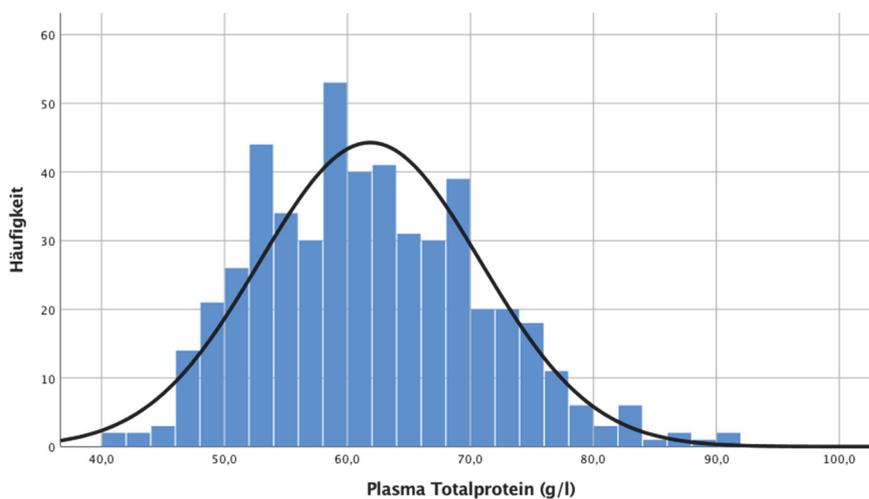


Abb. 7: Häufigkeitsverteilung Plasma Totalprotein

4.2.7 Plasma Albumin

Die Albumingehalte im Plasma sind normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov-Test: Signifikanz 0,200). Das Minimum beträgt 23,1 g/l und das Maximum 38,9 g/l. Der Mittelwert liegt bei 31,5 g/l (Abb. 8).

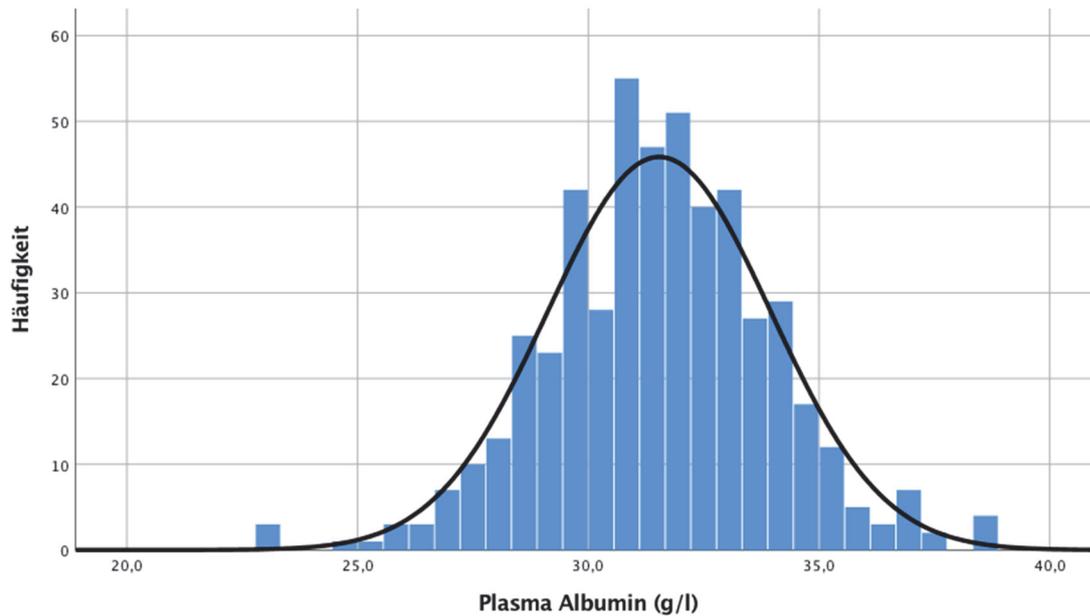


Abb. 8: Häufigkeitsverteilung Plasma Albumin

4.2.8 Plasma Globulin

Die Globulingehalte im Plasma sind nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,000). Eine Tendenz zur Normalverteilung ist aber erkennbar. Bei einem Minimum von 12,3 g/l und einem Maximum von 65,9 g/l ist die Spannweite sehr hoch. Der Mittelwert beträgt 30,31 g/l (Abb. 9).

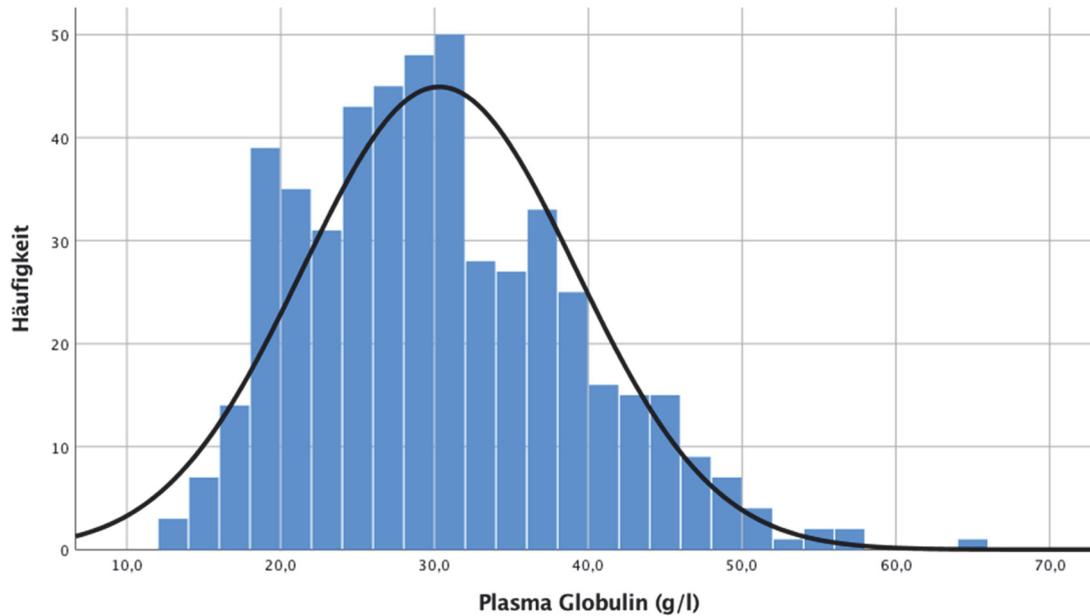


Abb. 9: Häufigkeitsverteilung Plasma Globulin

4.2.9 Fibrinogen

Da die Fibrinogenkonzentration rechnerisch ermittelt worden ist (Plasma Totalprotein minus Serum Totalprotein), gibt es auch nicht-reale, negative Werte. Die Werte sind nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,008). Eine Tendenz zur Normalverteilung ist aber gegeben. Das Minimum beträgt -17,53 g/l bzw. 0, das Maximum 18,56 g/l und der Mittelwert 1,57 g/l (Abb. 10).

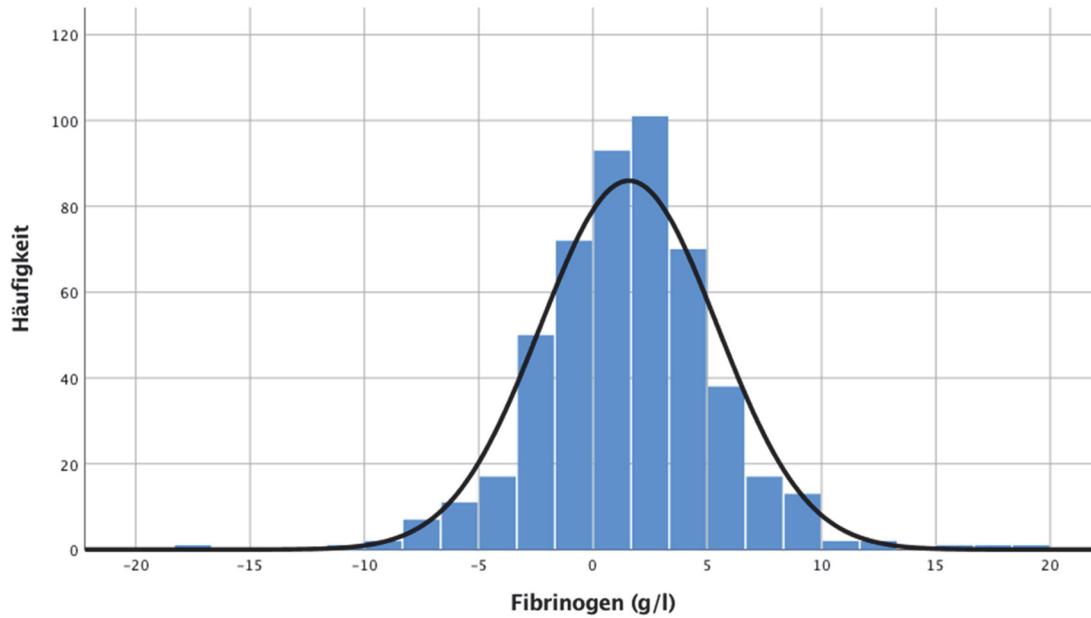


Abb. 10: Häufigkeitsverteilung Fibrinogen

4.2.10 Immunokrit

Die Immunokritwerte sind nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,000). Eine Tendenz zur Normalverteilung ist jedoch erkennbar. Das Minimum beträgt 4, das Maximum 23 und der Mittelwert 11 (Abb. 11).

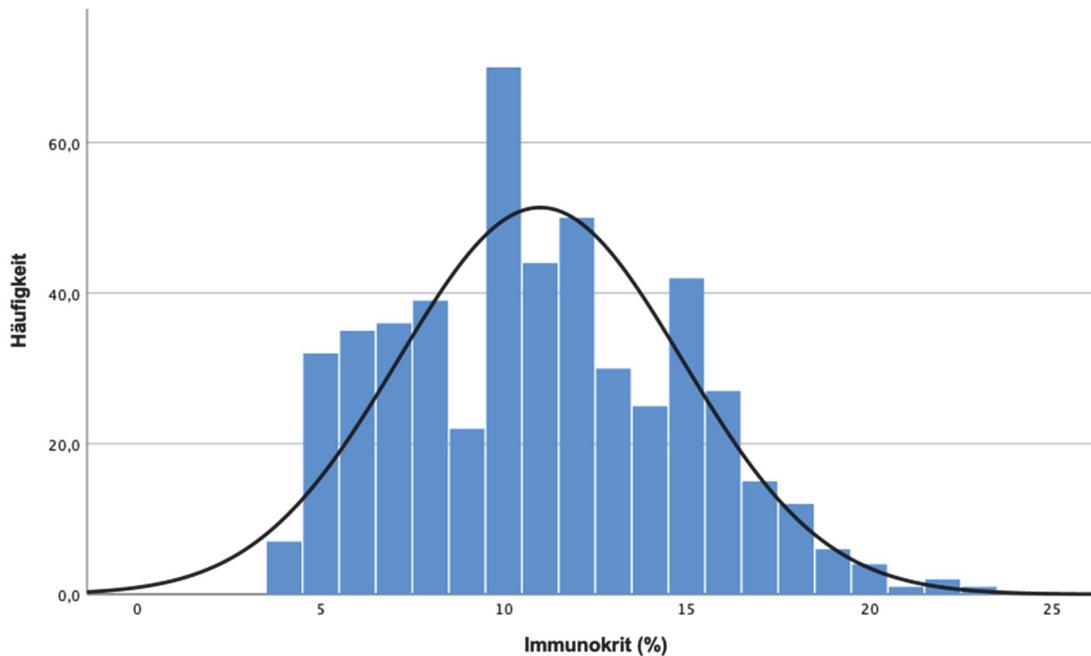


Abb. 11: Häufigkeitsverteilung Immunokrit

4.3 Parameter Kalb

4.3.1 Kolostrumaufnahme innerhalb der ersten 4 Lebensstunden

Das verabreichte Kolostrum innerhalb der ersten 4 Lebensstunden ist nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,000). Die Mengen rangieren von 0 bis 5,0 Liter. Der Mittelwert beträgt 2,8 Liter. Am häufigsten wurden 3 Liter ($n = 127$) und 4 Liter ($n = 111$) verabreicht (Abb. 12). Da einige Kälber unbeobachtet geboren wurden bzw. die ersten Lebensstunden bei der Kuh verbracht haben, konnte bei diesen Probanden ($n = 129$) nicht genau erfasst werden, ob und wieviel Kolostrum diese Probanden aufgenommen haben. In diesen Fällen fehlt der Wert.

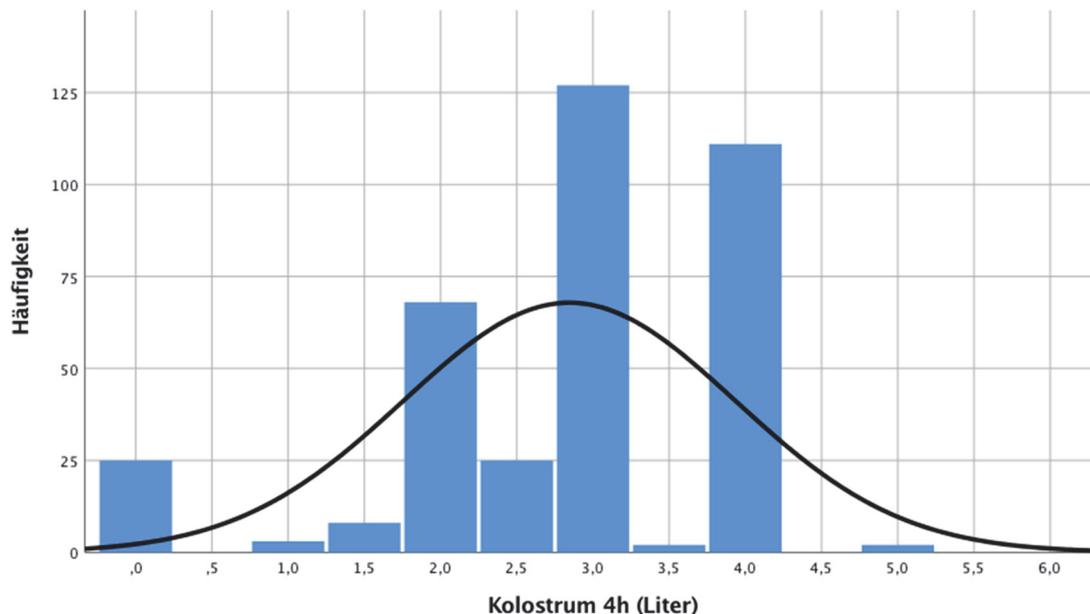


Abb. 12: Häufigkeitsverteilung der aufgenommenen Kolostrummenge innerhalb der ersten 4 Lebensstunden

4.3.2 Kolostrumaufnahme innerhalb der ersten 24 Lebensstunden

Das verabreichte Kolostrum innerhalb der ersten 24 Lebensstunden ist nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,000). Die Mengen rangieren von 0 bis 9,0 Liter. Der Mittelwert beträgt 5,6 Liter. Am häufigsten wurden 6 Liter ($n = 141$) verabreicht (Abb. 13). Da einige Kälber unbeobachtet geboren wurden bzw. in den ersten Lebensstunden bei der Kuh

verbracht haben, konnte bei diesen Probanden (n = 129) nicht genau definiert werden, ob und wieviel Kolostrum diese Probanden aufgenommen haben. In diesen Fällen fehlt der Wert.

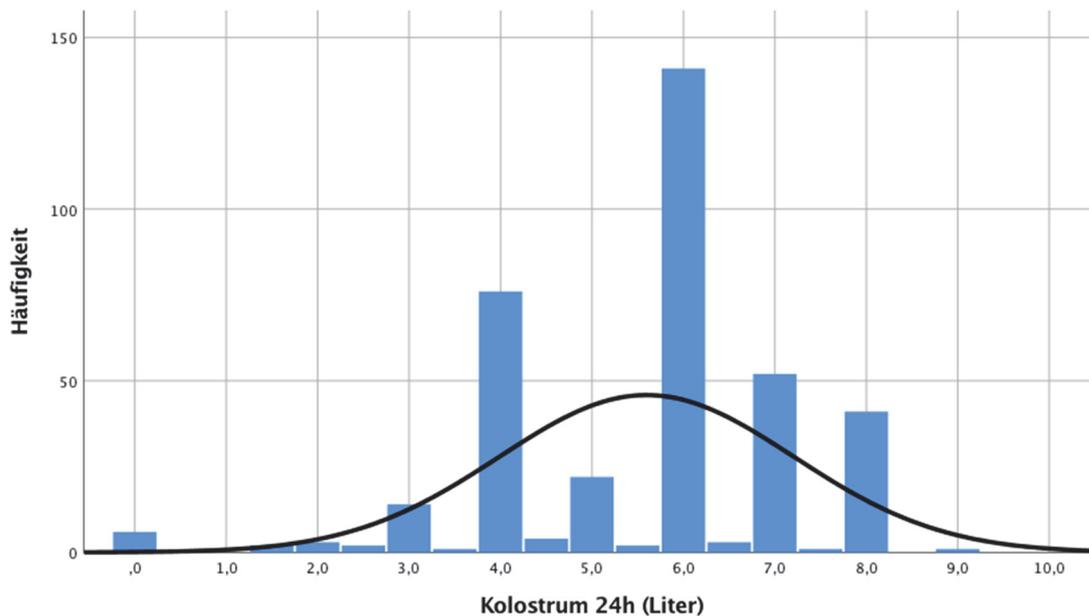


Abb. 13: Häufigkeitsverteilung der aufgenommenen Kolostrummenge innerhalb der ersten 24 Lebensstunden

4.3.3 Tränketechnik

Die Betriebe in dieser Studie haben zur Kolostrumversorgung ihrer Kälber drei verschiedenen Tränketechniken angewandt. Mehr als die Hälfte der Kälber wurde mit Nuckeleimer/-flasche (n = 277, 55,4 %) getränkt, 119 Kälber (23,8 %) wurden gedrencht und 104 (20,8 %) haben das Kolostrum bei der Kuh aufgenommen (Tab. 11).

Tab. 11: Häufigkeitsverteilung der Tränketechnik

Tränketechnik	n	Prozent
Bei der Kuh	104	20,8
Nuckel	277	55,4
Drenchen	199	23,8
Gesamt	500	100

4.3.4 Geschlecht der Kälber

In Tab. 12 ist die Häufigkeitsverteilung des Geschlechts der Probanden dargestellt. Von den 500 Kälbern (100 %) waren 225 weiblich (45,0 %), 275 männlich (55,0 %) und 26 waren Zwillingskälber (5,2 %).

Tab. 12: Häufigkeitsverteilung des Geschlechts

Geschlecht	n	Prozent
Männlich	225	45
Weiblich	275	55
Gesamt	500	100

4.3.5 Altersverteilung der Kälber

Die beprobten Kälber waren zwischen 0 und 7 Tage alt (Tab. 13). Davon waren die meisten Kälber 6 Tage (n = 108), die wenigsten 7 Tage alt (n = 10).

Kälber, die am Tag ihrer Geburt beprobt wurden, sind als „0 Tage alt“ definiert. Kälber, die am Tag nach der Geburt beprobt worden sind, befinden sich in der Gruppe „1 Tag alt“. Durch die Tatsache, dass einige Kälber teilweise erst spät abends unbemerkt geboren und am folgenden Tag beprobt wurden, rutschen diese Kälber in die Gruppe „1 Tag alt“, obwohl sie jünger als 24 Stunden waren.

Tab. 13: Häufigkeitsverteilung des Alters

Alter (Tage)	n	Prozent
0	29	5,8
1	71	14,2
2	83	16,6
3	70	14,0
4	60	12,0
5	69	13,8
6	108	21,6
7	10	2,0
Gesamt	500	100

4.3.6 Überlebensrate

In Tab. 14 ist die Überlebensrate der Kälber in den ersten 90 Lebenstagen zu sehen. Von den 500 Probanden sind 5 % (n = 25) bis dahin verendet, 49,2 % (n = 246) haben nach 90 Tagen noch gelebt und von 45,8 % (n = 229) fehlen hierzu Angaben, da diese Kälber den Aufzuchtbetrieb vorzeitig verlassen haben.

Tab. 14: Häufigkeitsverteilung der Überlebensrate

	n	Prozent
Überlebt	246	49,2
Verendet	25	5,0
Fehlend	229	45,8
Gesamt	500	100

4.3.7 Geburtsdatum

Die Verteilung der Geburtsdaten der Probanden dieser Studie ist in Abb. 14 dargestellt.

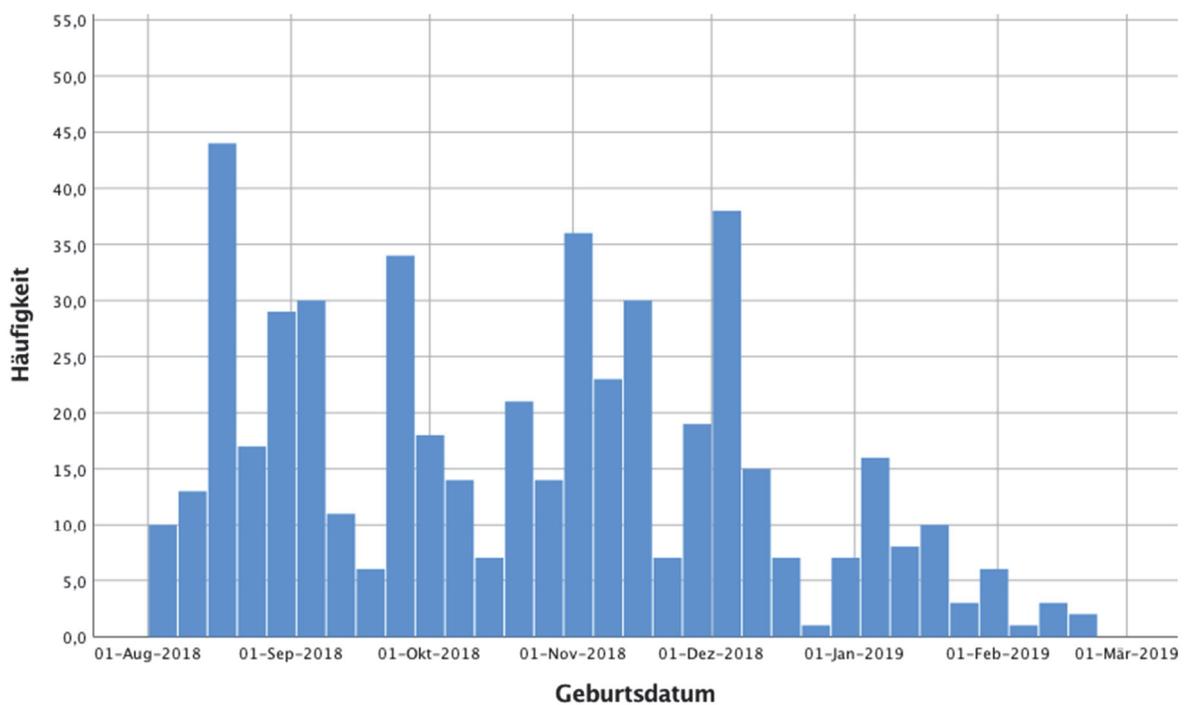


Abb. 14: Häufigkeitsverteilung Geburtsdatum

4.3.8 Geburtsverlauf

Die große Mehrheit der Geburten ($n = 455$, 91,0 %) verlief ohne Probleme, sodass eine Geburtshilfe nicht notwendig war. Davon kamen 267 Kälber (53,4 %) unbeobachtet und 188 (37,6 %) beobachtet zur Welt. Bei 37 Geburten (7,4 %) war aufgrund von Geburtsstockungen manuelle Hilfe durch eine Person notwendig und 8 Kälber (1,6 %) mussten durch den Einsatz eines Geburtshelfers und die Hilfe von zwei Personen auf die Welt gebracht werden. Bei keinem der untersuchten Tiere war ein Kaiserschnitt erforderlich (Tab. 15).

Tab. 15: Häufigkeitsverteilung des Geburtsverlaufs

Geburtsverlauf	n	Prozent
Score 0	267	53,4
Score 1	188	37,6
Score 2	37	7,4
Score 3	8	1,6
Score 4	0	0
Gesamt	500	100

4.3.9 Laktationszahl des Muttertieres

In Tab. 16 ist die Häufigkeitsverteilung der Laktationszahl des Muttertieres angegeben. In der durchgeführten Untersuchung stammen 159 Kälber von primiparen und insgesamt 334 Kälber von pluriparen Kühen der 2. bis 6. Laktation. 7 Kälber (1,4 %) kamen von Kühen in der 7. bis 9. Laktation.

Tab. 16: Häufigkeitsverteilung der Laktationszahl

Laktation	n	Prozent
1	159	31,8
2	112	22,4
3	100	20,0
4	71	14,2
5	35	7,7
6	16	3,2
7	5	1,0
8	1	0,2
9	1	0,2
Gesamt	500	100

4.4 Parameter Betrieb

4.4.1 Betriebsgröße

Die Häufigkeitsverteilung der Betriebsgröße ist in Abb.15 dargestellt. Die Betriebsgröße ist nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,000). Der kleinste Betrieb in dieser Studie besitzt 80 Kühe, der größte 1.000 Kühe. Der Mittelwert beträgt 275. Die größte Gruppe (n = 20) in dieser Studie bilden Betriebe mit 100 bis 200 Kühen.

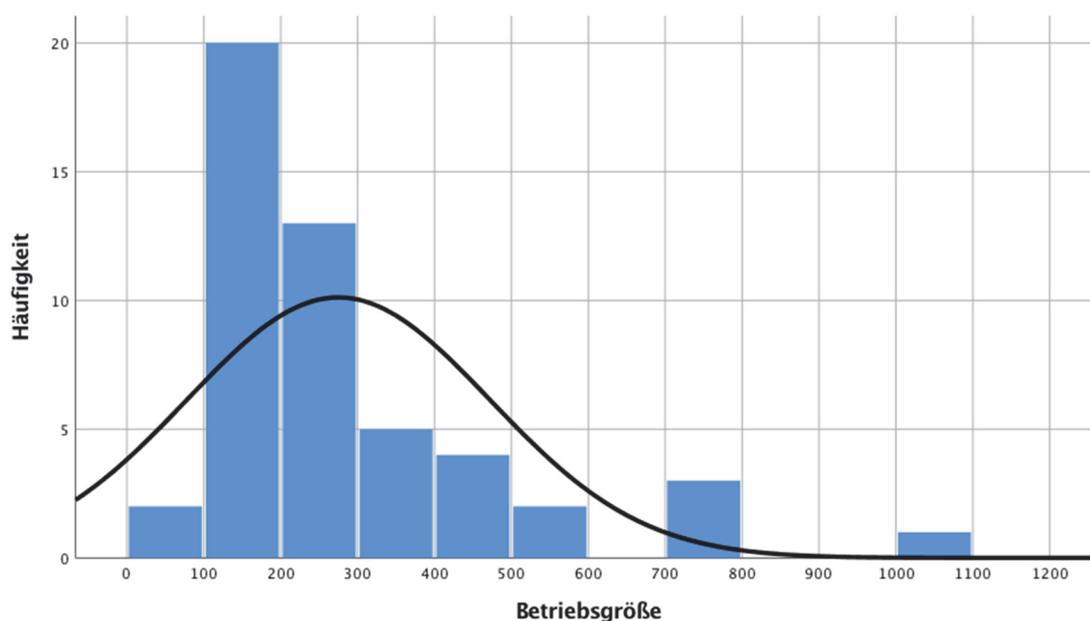


Abb. 15: Häufigkeitsverteilung Betriebsgröße

4.4.2 Trockenstehzeit

Die Trockenstehzeit ist nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,001). Die kürzeste Trockenstehzeit beträgt 30 Tage, die längste 65 Tage. Der Mittelwert beträgt 46,7 Tage (Tab. 17).

Tab. 17: Häufigkeitsverteilung der Trockenstehzeit

Trockenstehzeit (d)	n	Prozent
30	1	2
35	5	10
40	1	1
42	15	30
45	2	4
49	12	24
50	2	4
55	1	2
56	9	18
60	1	2
65	1	2
Gesamt	50	100

4.4.3 Tränkedauer

Die Tränkedauer ist nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,000). Sie liegt zwischen 52 und 135 Tagen. Der Mittelwert beträgt 86,4 Tage (Tab. 18).

Tab. 18: Häufigkeitsverteilung der Tränkedauer

Tränkedauer (d)	n	Prozent
52	1	2
60	1	2
70	7	14
74	1	2
75	1	2
77	7	14
80	2	4
84	14	28
90	2	4
91	1	2
98	2	4
100	4	8
104	2	4
112	1	2
120	2	4
135	2	4
Gesamt	50	100

4.4.4 Milchleistung

Die Milchleistung der 50 Versuchsbetriebe ist normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,200). Die Werte reichen von 7.000 bis 12.000 kg Milch. Der Mittelwert liegt bei 9.329 kg (Abb. 16).

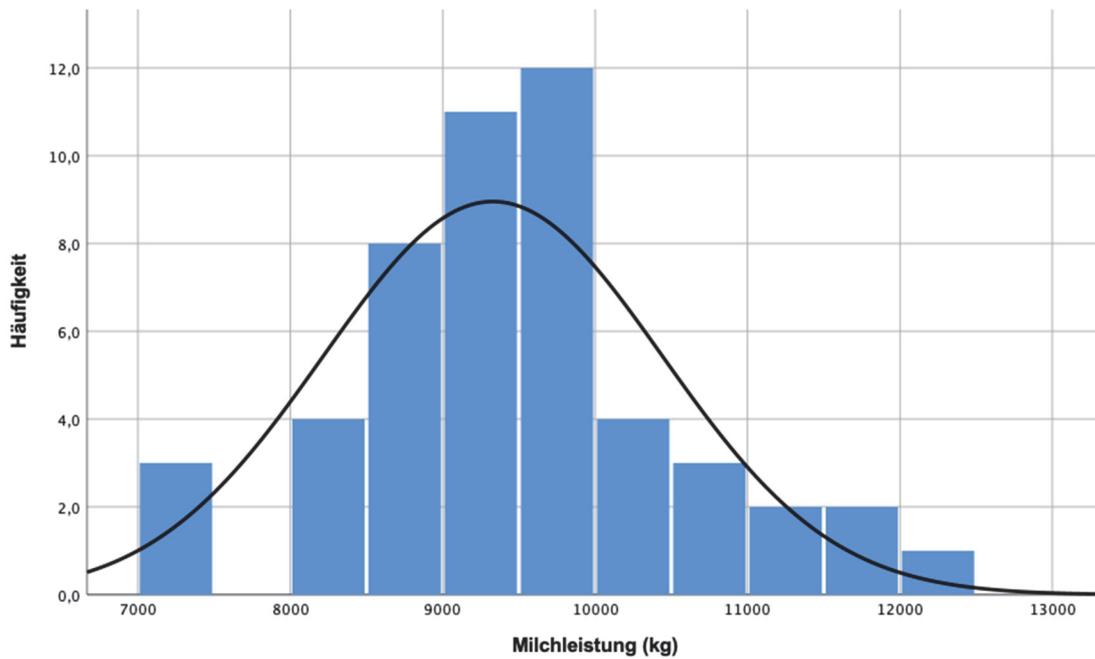


Abb. 16: Häufigkeitsverteilung Milchleistung

4.4.5 Remontierungsrate

Die Remontierungsrate ist nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,000). Sie liegt bei den 50 Betrieben zwischen 20 % und 40 %. Der Mittelwert beträgt 29,14 % (Abb.17).

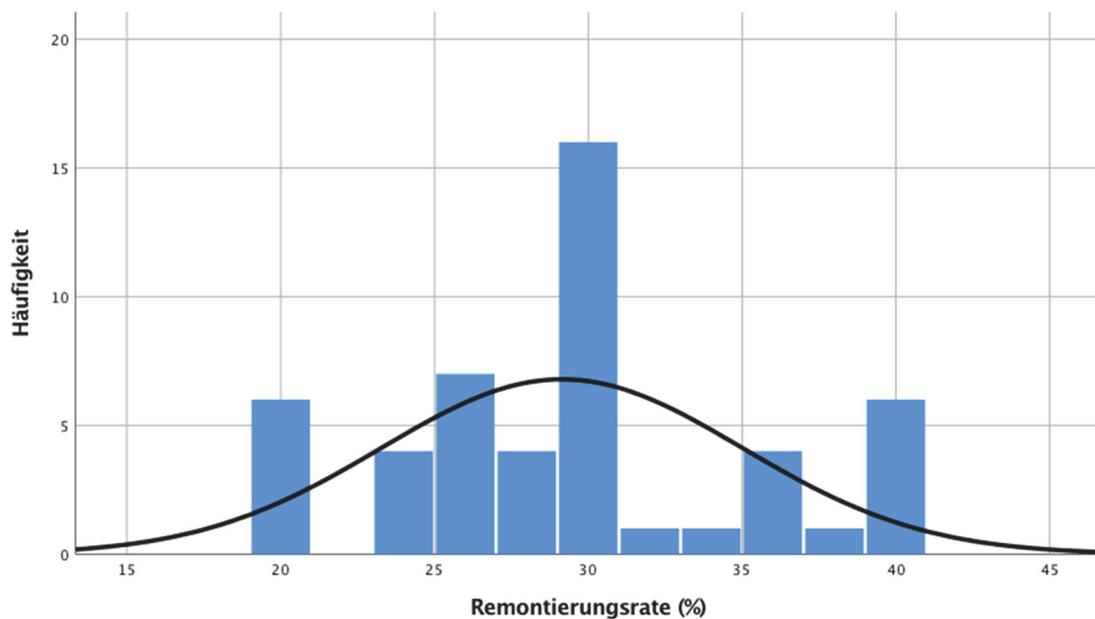


Abb. 17: Häufigkeitsverteilung Remontierungsrate

4.4.6 Zellzahl

Die Häufigkeitsverteilung der Zellzahl ist in Tab. 19 dargestellt. Sie ist nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,008). Das Minimum beträgt 80.000 Zellen/ml Milch, das Maximum 300.000 Zellen/ml Milch und der Mittelwert 201.200 Zellen/ml Milch.

Tab. 19: Häufigkeitsverteilung der Zellzahl

Zellzahl	n	Prozent
80000	1	2
100000	1	2
110000	1	2
130000	1	2
140000	2	4
150000	7	14
160000	2	4
170000	1	2
180000	6	12
200000	10	20
220000	2	4
230000	1	2
240000	1	2
250000	7	14
280000	1	2
300000	6	12
Gesamt	50	100

4.4.7 Kälberbehandlungen

Um eine Einschätzung über die Behandlungsintensität der Betriebe zu bekommen, wurden die Landwirte gebeten, Angaben über die Behandlungshäufigkeit ihrer Kälber zu machen. Angegeben wurde der geschätzte Prozentsatz der antibiotisch behandelten Kälber in den ersten 30 Lebenstagen (Tab. 20). Der geringste Wert liegt hier bei 5 % und der höchste bei 100 %. Der Mittelwert beträgt 34 %. Die Behandlungen sind nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,000).

Tab. 20: Häufigkeitsverteilung der Behandlungen

Behandlungen (%)	n	Prozent
5	5	10
8	2	4
10	6	12
15	2	4
20	4	8
25	4	8
30	2	4
40	1	2
50	21	42
70	2	4
100	1	2
Gesamt	50	100

4.4.8 Kälberverluste

In Tab. 21 ist die Häufigkeitsverteilung der Verluste dargestellt. Dies Verluste beziehen sich auf die verendeten Kälber bis zum 90. Lebenstag im Zeitraum des letzten Jahres zum Zeitpunkt der Befragung. Die Werte liegen zwischen 1 % und 45 %. Der Mittelwert beträgt 6,5 %. Da der Maximalwert der einzige Ausreißer nach oben hin ist, beträgt der Median 5 %. Die Verluste sind nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Test: Signifikanz 0,000).

Tab. 21: Häufigkeitsverteilung der Verluste

Verluste in %	n	Prozent
1	1	2
2	5	10
3	9	18
4	6	12
5	8	16
6	2	4
8	8	16
10	8	16
11	1	2
12	1	2
45	1	2
Gesamt	50	100

4.5 Zusammenhang zwischen Immunokrit und anderen Blutparametern

4.5.1 Zusammenhang zwischen Immunokrit und Serum Totalprotein

Zwischen dem Immunokrit und dem Serum Totalprotein besteht ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,000$). Es liegt eine sehr hohe und lineare Korrelation ($r = 0,888$) vor. Der Regressionskoeffizient B für das Serum Totalprotein beträgt dabei $0,36$. Das bedeutet, dass der Immunokrit um den Wert $0,36$ steigt, wenn das Serum Totalprotein um den Wert 1 steigt. Das Bestimmtheitsmaß ist mit $r^2 = 0,788$ sehr hoch (Abb. 18).

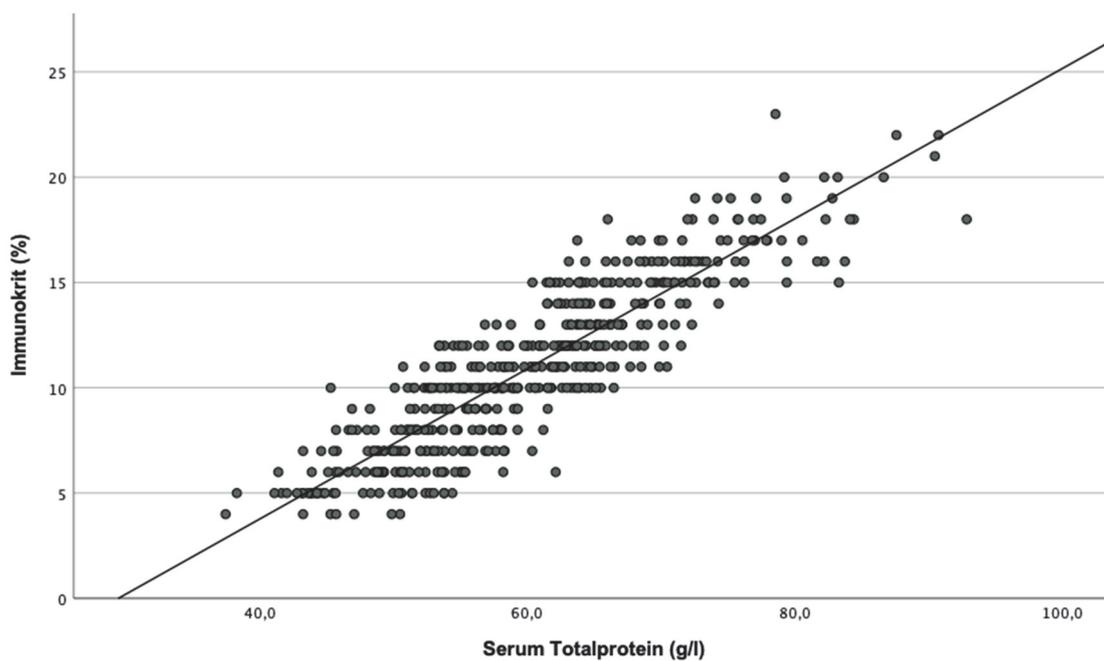


Abb. 18: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Serum Totalprotein

$$y = -10,5 + 0,36 \cdot x, n = 500, R = 0,888, R^2 = 0,788, F = 1855,2, p = 0,000$$

4.5.2 Zusammenhang zwischen Immunokrit und Serum Albumin

Zwischen dem Immunokrit und dem Serum Albumin besteht ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,002$). Die Korrelation ist sehr gering und negativ ($r = -0,126$). Das Bestimmtheitsmaß beträgt $r^2 = 0,016$ (Abb. 19). Somit können 1,6 % der Variation des Immunokrits über das Serum Albumin erklärt werden.

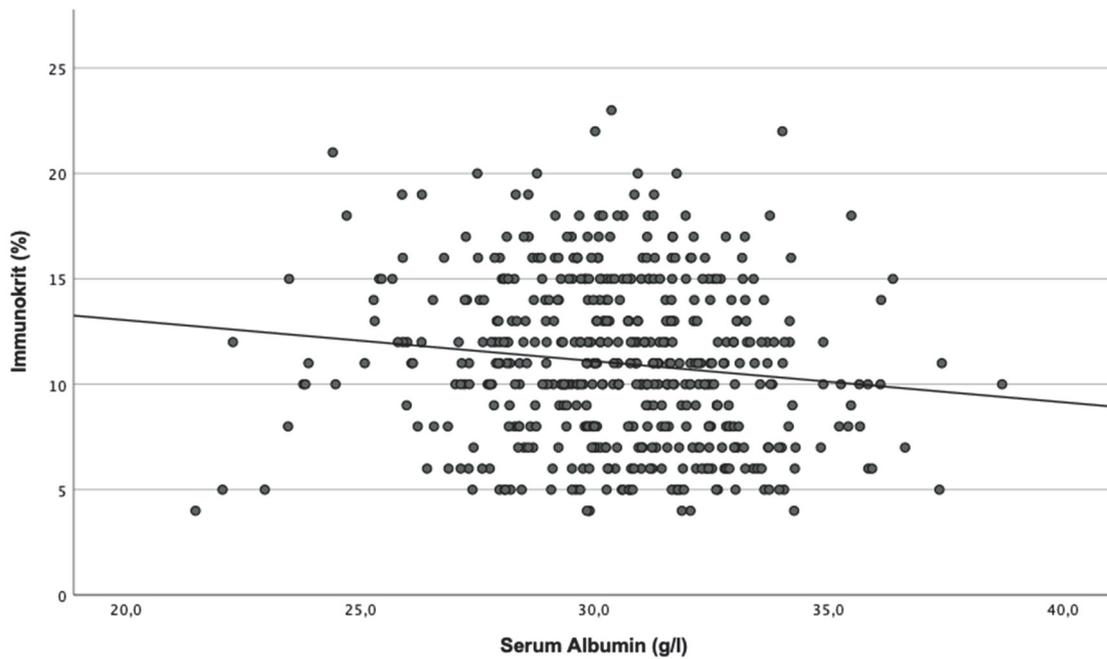


Abb. 19: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Serum Albumin

$y = 16,93 - 0,19 \cdot x$, $n = 500$, $R = -0,126$, $R^2 = 0,016$, $F = 8,0$, $p = 0,002$

4.5.3 Zusammenhang zwischen Immunokrit und Serum Globulin

Zwischen dem Immunokrit und dem Serum Globulin besteht ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,000$). Eine sehr hohe Korrelation von $r = 0,910$ liegt vor. Der Regressionskoeffizient B für das Serum Globulin beträgt 0,36. Das Bestimmtheitsmaß beträgt $r^2 = 0,829$ (Abb. 20).

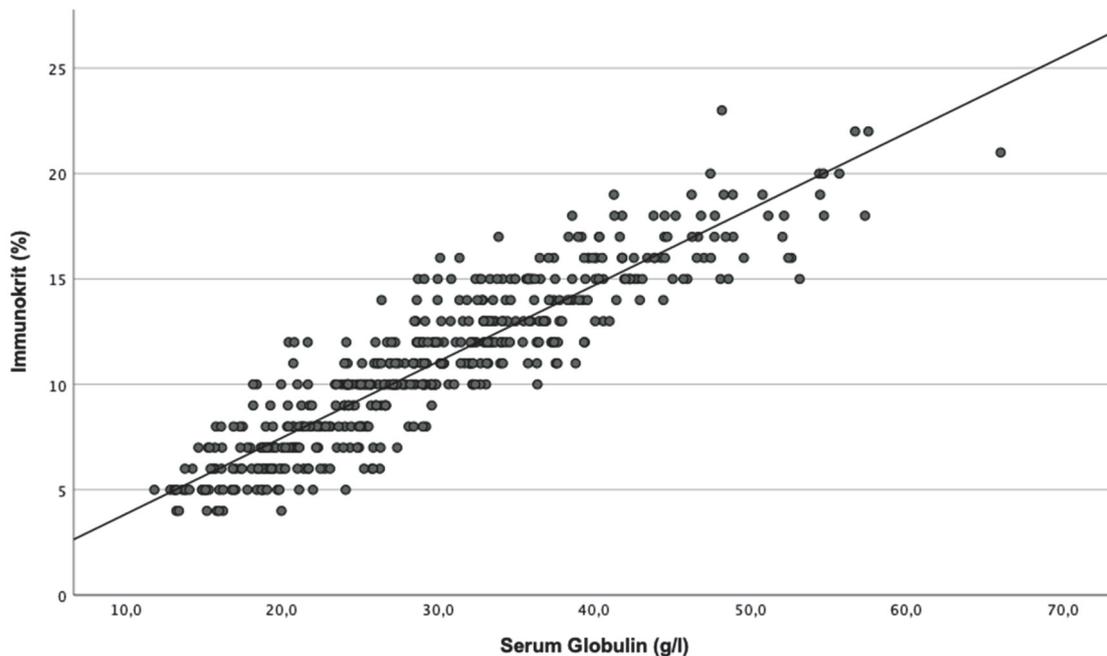


Abb. 20: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Serum Globulin

$$y = 0,23 + 0,36 \cdot x, n = 500, R = 0,910, R^2 = 0,829, F = 2408,5, p = 0,000$$

4.5.4 Zusammenhang zwischen Immunokrit und Plasma Totalprotein

Zwischen dem Immunokrit und dem Plasma Totalprotein bestehen ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,000$) und eine sehr hohe Korrelation ($r = 0,827$). Der Regressionskoeffizient B für das Plasma Totalprotein beträgt 0,36 und das Bestimmtheitsmaß liegt bei $r^2 = 0,685$ (Abb. 21).

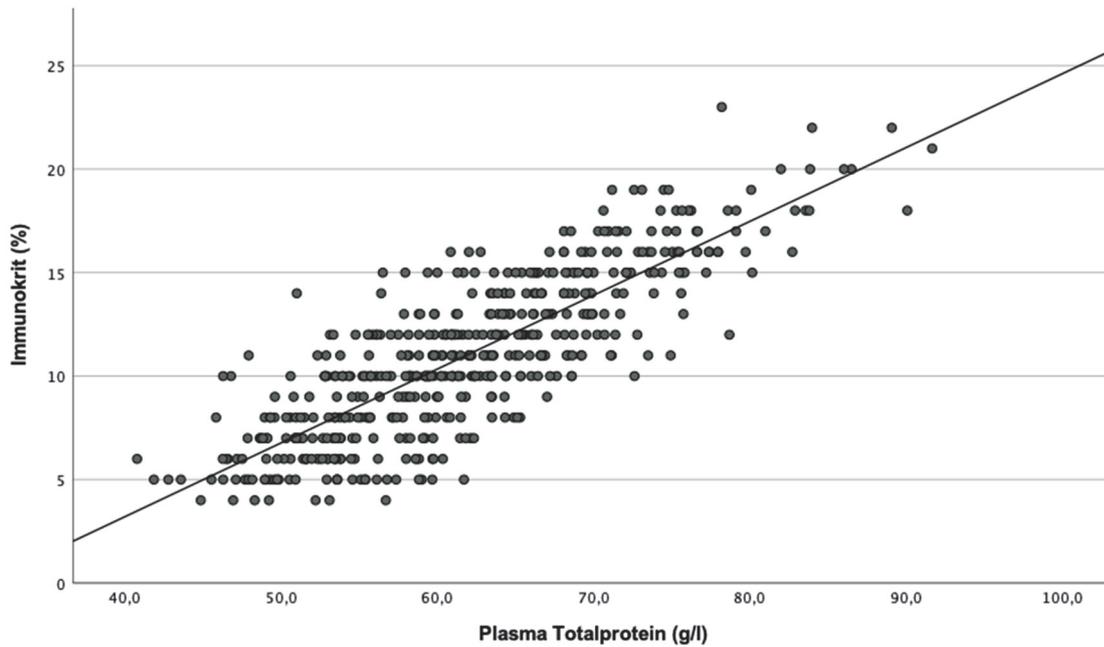


Abb. 21: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Plasma Totalprotein

$y = -11,05 + 0,36 \cdot x$, $n = 500$, $R = 0,827$, $R^2 = 0,685$, $F = 1080,6$, $p = 0,000$

4.5.5 Zusammenhang zwischen Immunokrit und Plasma Albumin

Der Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und dem Plasma Albumin ist signifikant ($p = 0,000$). Die Korrelation ist mit $r = -0,180$ sehr gering. Das Bestimmtheitsmaß beträgt $r^2 = 0,032$ (Abb. 22).

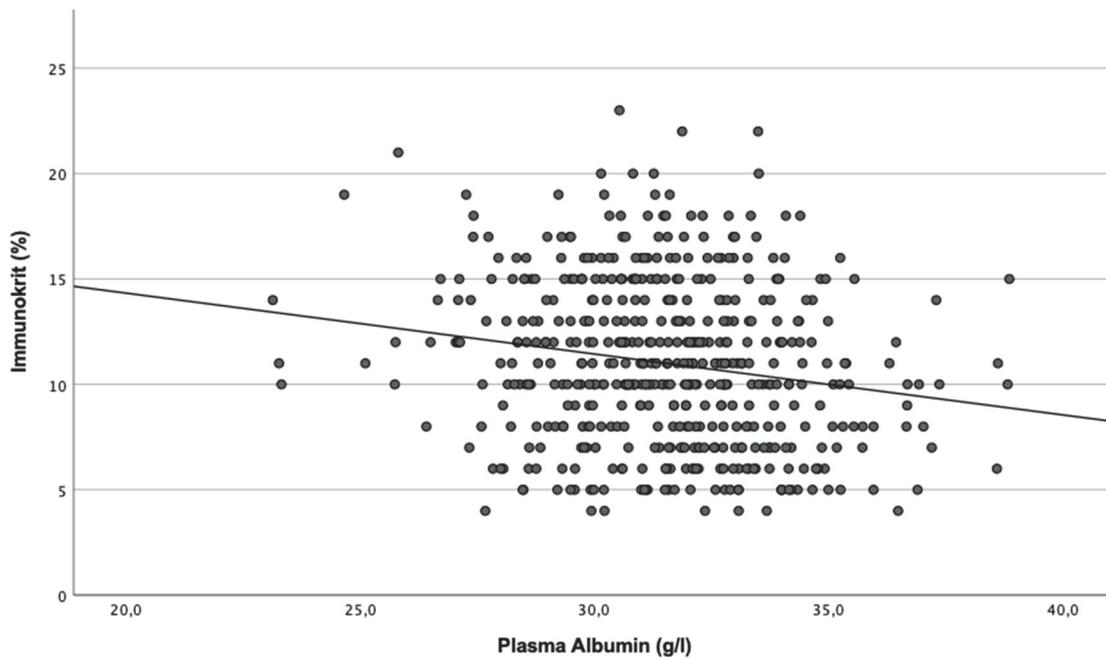


Abb. 22: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Plasma Albumin

$$y = 20,11 - 0,29 \cdot x, n = 500, R = -0,180, R^2 = 0,032, F = 16,6, p = 0,000$$

4.5.6 Zusammenhang zwischen Immunokrit und Plasma Globulin

Zwischen dem Immunokrit und dem Plasma Globulin besteht ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,000$). Die Korrelation ($r = 0,889$) ist sehr hoch und zeigt einen linearen Verlauf. Der Regressionskoeffizient B für das Plasma Globulin beträgt 0,38. Das Bestimmtheitsmaß liegt bei $r^2 = 0,789$ (Abb. 23). Somit können 78,9 % der Variationen des Immunokrits über das Plasma Globulin erklärt werden.

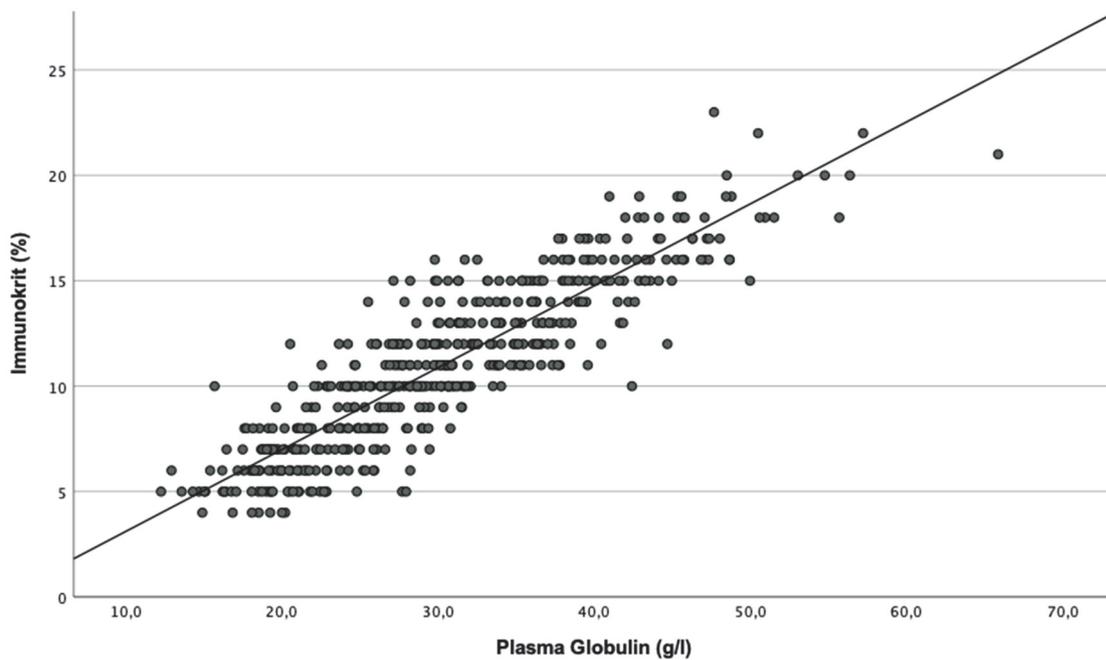


Abb. 23: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Plasma Globulin

$$y = -0,78 + 0,39 \cdot x, n = 500, R = 0,889, R^2 = 0,789, F = 1867,1, p = 0,000$$

4.5.7 Zusammenhang zwischen Immunokrit und Fibrinogen

Zwischen dem Immunokrit und dem Fibrinogen besteht kein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,111$). Die Korrelation liegt bei $r = -0,071$ und das Bestimmtheitsmaß beträgt $r^2 = 0,005$ (Abb. 24).

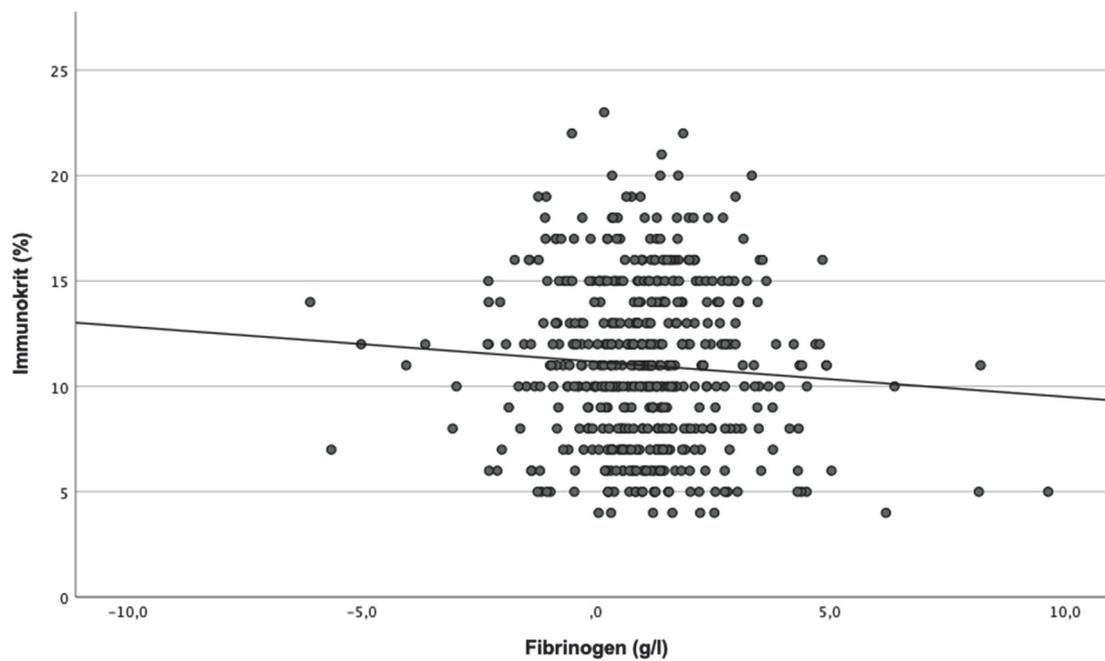


Abb. 24: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Fibrinogen

$$y = 11,17 - 0,17 \cdot x, n = 500, R = -0,071, R^2 = 0,005, F = 2,5, p = 0,111$$

4.5.8 Zusammenhang zwischen Immunokrit und Hämoglobin

Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und dem Hämoglobin ($p = 0,341$) (Abb. 25).

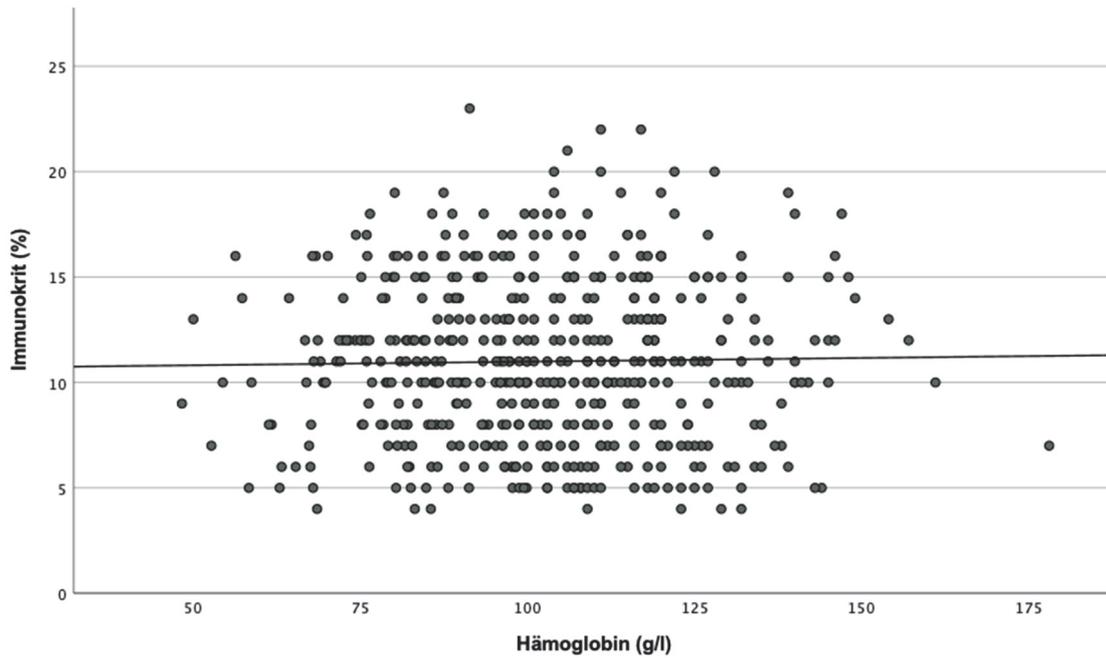


Abb. 25: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Hämoglobin

$$y = 10,64 + 3,47 \cdot 10^{-3}x, n = 500, R = 0,018, R^2 = 0,000, F = 0,1, p = 0,341$$

4.5.9 Zusammenhang zwischen Immunokrit und Hämatokrit

Die lineare Regressionsanalyse zwischen dem Immunokrit und dem Hämatokrit weist keine signifikante Korrelation auf (Korrelation nach Pearson = 0,007, $p = 0,434$). Der Regressionskoeffizient B für den Hämatokrit beträgt dabei 0,005 (Abb. 26). Das bedeutet, dass der Immunokrit um den Wert 0,005 steigt, wenn der Hämatokrit um den Wert 1 steigt.

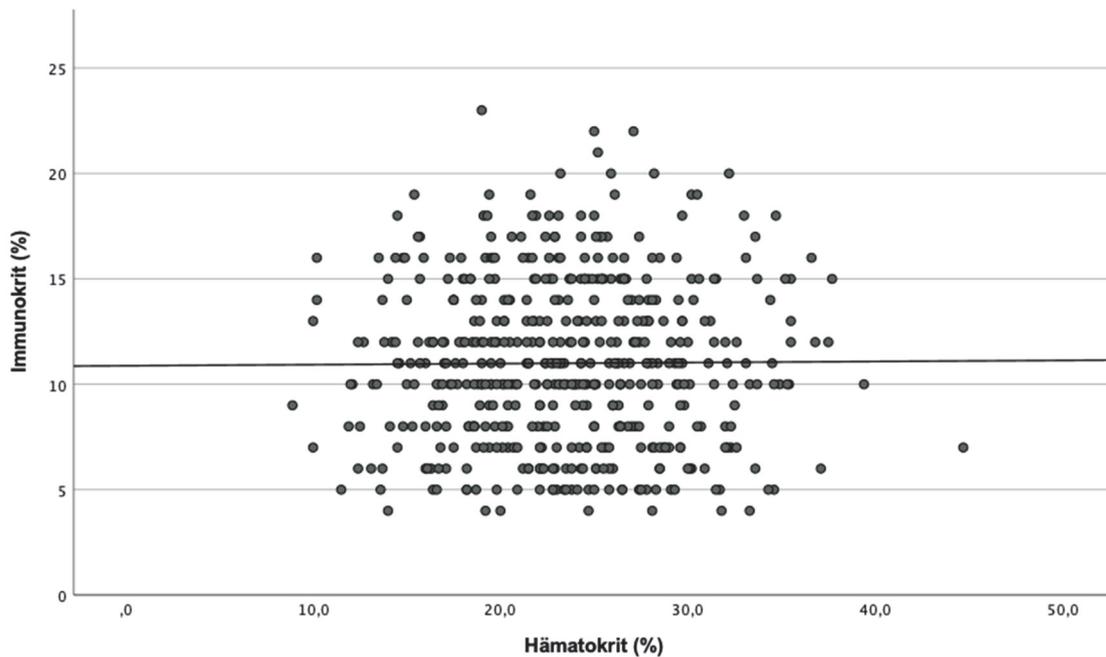


Abb. 26: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Hämatokrit

$y = 10,88 + 5,06 \text{ E} - 3 * x$, $n = 500$, $R = 0,007$, $R^2 = 0,000$, $F = 0,0$, $p = 0,434$

4.6 Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und anderen Blutparametern

4.6.1 Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Serum Albumin

Zwischen dem Serum Totalprotein und dem Serum Albumin besteht ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,027$). Die Korrelation ($r = 0,086$) ist sehr gering (Abb. 27).

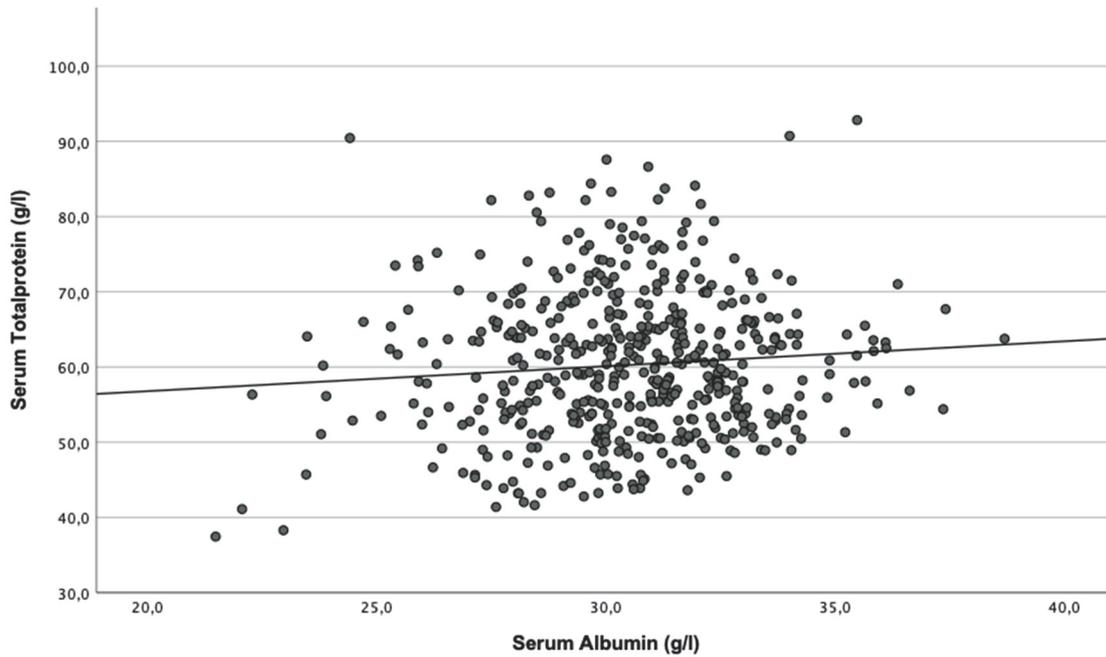


Abb. 27: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Serum Albumin

$$y = 50,16 + 0,33 \cdot x, n = 500, R = 0,086, R^2 = 0,007, F = 3,7, p = 0,027$$

4.6.2 Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Serum Globulin

Das Serum Totalprotein und das Serum Globulin weisen einen signifikanten Zusammenhang auf ($p = 0,000$). Mit einem Wert von $r = 0,967$ liegt eine sehr hohe Korrelation vor. Der Regressionskoeffizient B für das Serum Globulin beträgt dabei 0,956. Das Bestimmtheitsmaß beträgt $r^2 = 0,935$ (Abb. 28).

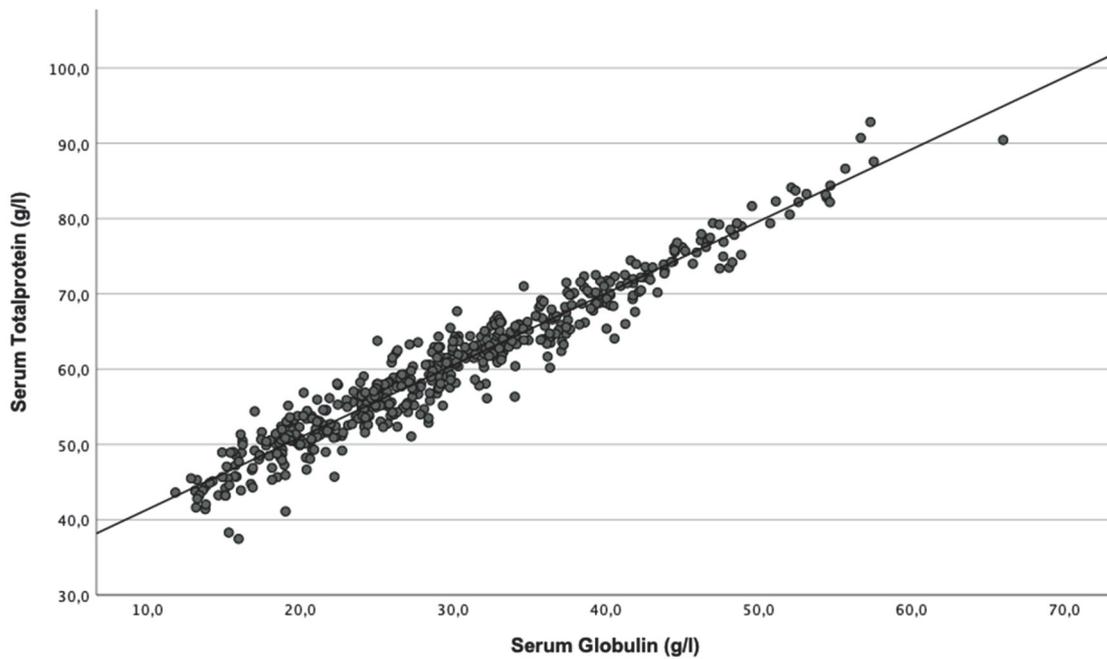


Abb. 28: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Serum Globulin

$y = 31,81 + 0,96 \cdot x$, $n = 500$, $R = 0,967$, $R^2 = 0,935$, $F = 7105,743$, $p = 0,000$

4.6.3 Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Plasma Totalprotein

Zwischen dem Serum Totalprotein und dem Plasma Totalprotein besteht ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,000$). Die Korrelation beträgt $r = 0,917$ (Abb. 29).

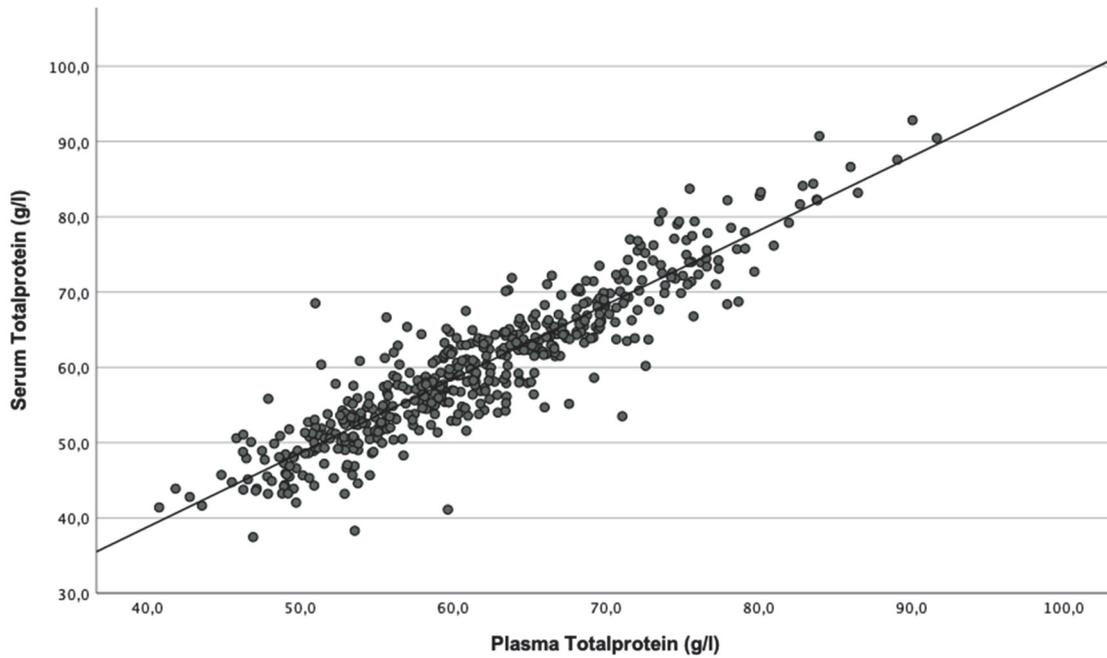


Abb. 29: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Plasma Totalprotein

$$Y = -0,53 + 0,98 \cdot x, n = 500, R = 0,917, R^2 = 0,840, F = 2617,1, p = 0,000$$

4.6.4 Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Plasma Albumin

Es besteht kein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,343$) zwischen dem Serum Totalprotein und dem Plasma Albumin (Abb. 30).

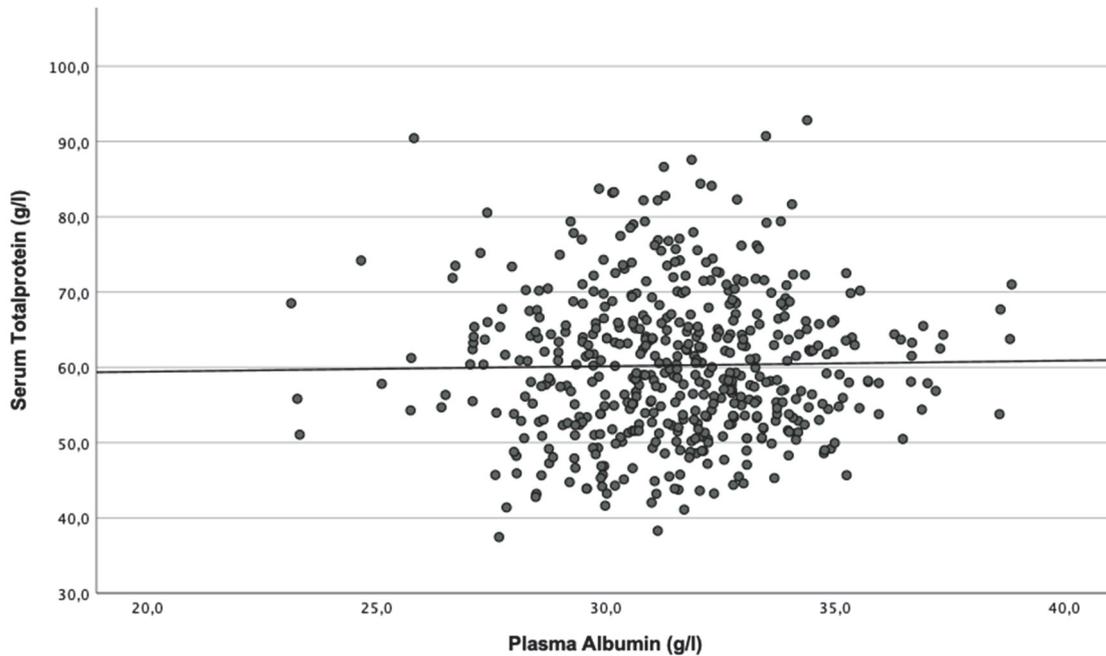


Abb. 30: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Plasma Albumin

$y = 57,98 + 0,07 \cdot x$, $n = 500$, $R = 0,018$, $R^2 = 0,000$, $F = 0,1$, $p = 0,343$

4.6.5 Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Plasma Globulin

Zwischen dem Serum Totalprotein und dem Plasma Globulin besteht ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,000$). Die Korrelation ist mit einem Koeffizienten von $r = 0,925$ sehr hoch. Der Regressionskoeffizient B für das Plasma Globulin beträgt dabei 1,007. Das Bestimmtheitsmaß liegt bei $r^2 = 0,856$ (Abb. 31).

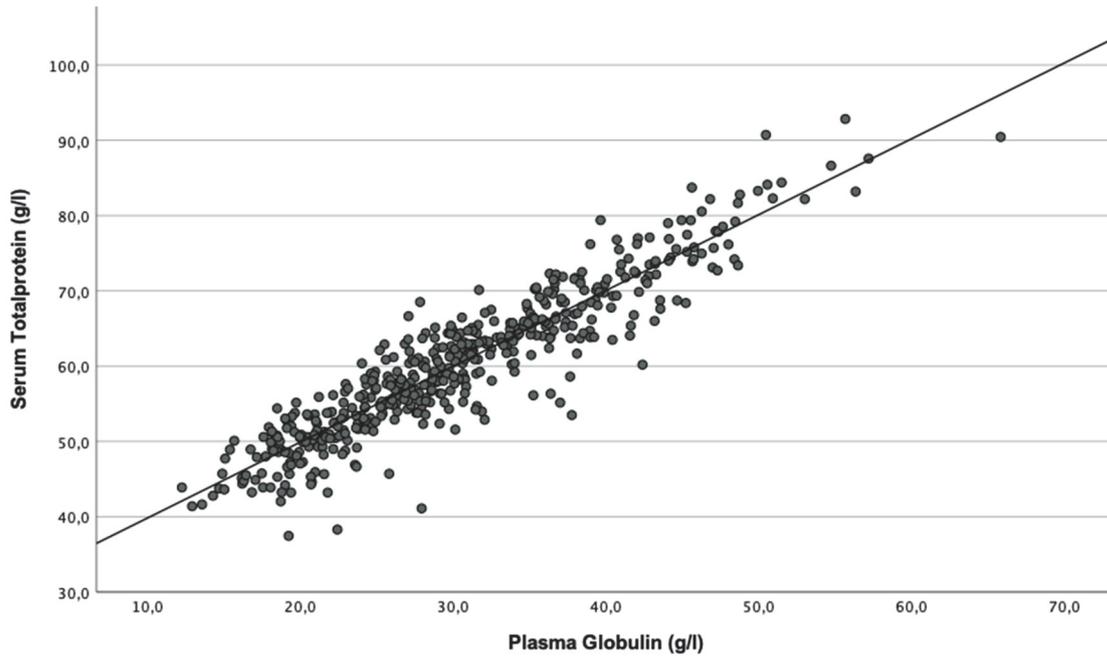


Abb. 31: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Plasma Globulin

$y = 29,76 + 1,01 \cdot x$, $n = 500$, $R = 0,925$, $R^2 = 0,856$, $F = 2957,2$, $p = 0,000$

4.6.6 Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Fibrinogen

Zwischen dem Serum Totalprotein und dem Fibrinogen besteht ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,021$) mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = -0,104$ (Abb. 32).

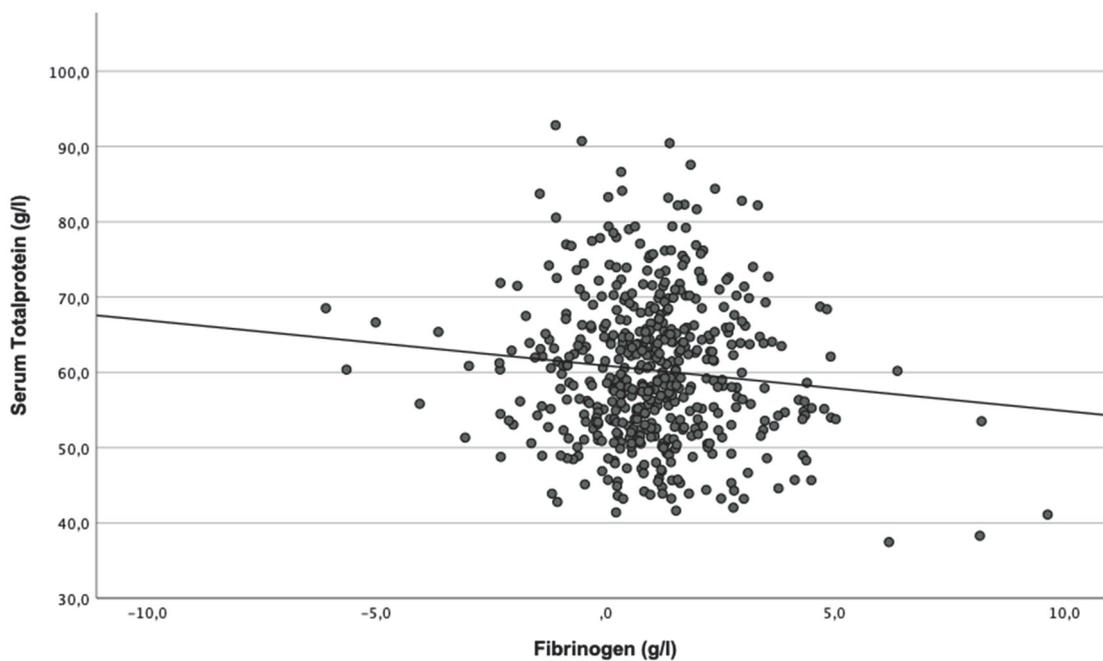


Abb. 32: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Fibrinogen

$$y = 60,0 - 0,6 \cdot x, n = 500, R = -0,104, R^2 = 0,011, F = 5,3, p = 0,021$$

4.6.7 Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Hämoglobin

Das Serum Totalprotein und das Hämoglobin weisen keinen signifikanten Zusammenhang auf ($p = 0,141$). Die Korrelation beträgt $r = 0,066$ (Abb. 33).

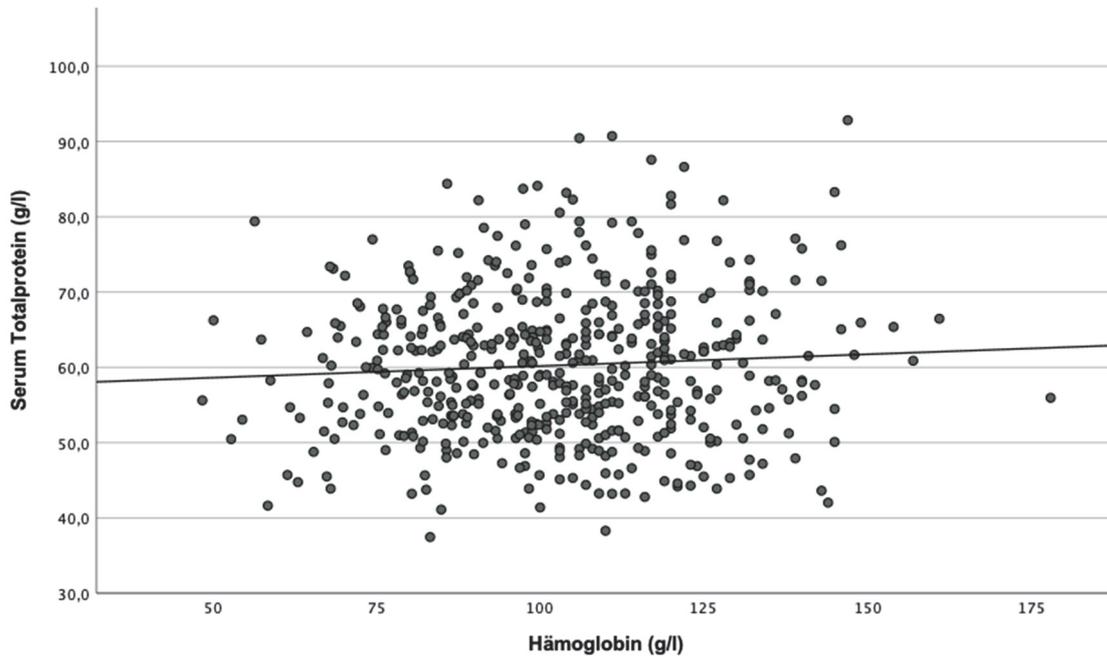


Abb. 33: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Hämoglobin

$$y = 57,08 + 0,03 \cdot x, n = 500, R = 0,066, R^2 = 0,004, F = 2,1, p = 0,141$$

4.6.8 Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Hämatokrit

Zwischen dem Serum Totalprotein und dem Hämatokrit besteht kein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,178$). Die Korrelation beträgt $r = 0,060$ (Abb. 34).

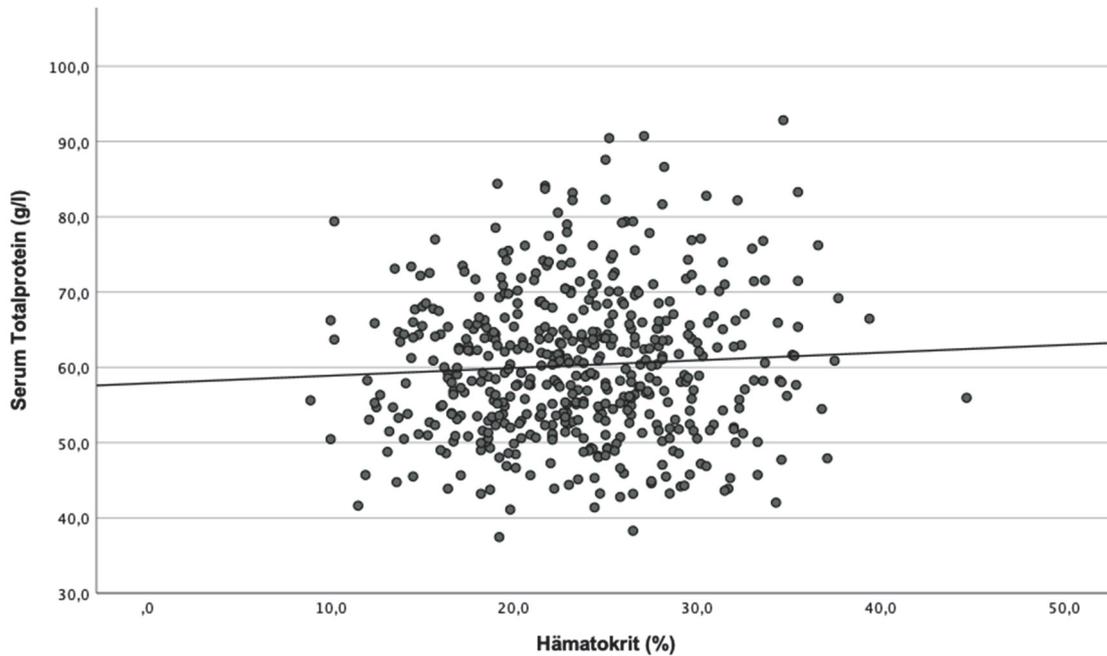


Abb. 34: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Hämatokrit

$$y = 57,88 + 0,1 \cdot x, n = 500, R = 0,060, R^2 = 0,004, F = 1,8, p = 0,178$$

4.7 Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und anderen Parametern

4.7.1 Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 4 Lebensstunden

Für die statistische Auswertung wurden die Kälber anhand der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 4 Lebensstunden in drei Gruppen eingeteilt (Tab. 22).

Tab. 22: Einteilung der Gruppen nach der Kolostrumaufnahme in den ersten 4 Lebensstunden

Gruppe	Kolostrum (l)
1	< 3
2	3
3	> 3

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass sich die Immunokritwerte zwischen den Gruppen nicht signifikant unterscheiden ($p = 0,094$). In Abb. 35 ist die Verteilung der Immunokritwerte in Abhängigkeit von der aufgenommenen Kolostrummenge innerhalb der ersten 4 Lebensstunden dargestellt. Die Mittelwerte für den Immunokrit nehmen mit steigender Kolostrummenge zu (Tab. 23).

Tab. 23: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Kolostrumaufnahme in den ersten 4 Lebensstunden ($p = 0,094$)

Gruppe	n	Mittelwert (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Std.-Abw. (%)	Std.-Fehler (%)
1	129	10,71	4	19	3,671	0,323
2	127	11,38	4	23	4,030	0,358
3	115	11,76	5	19	3,776	0,352
Gesamt	371	11,26	4	23	3,843	0,200

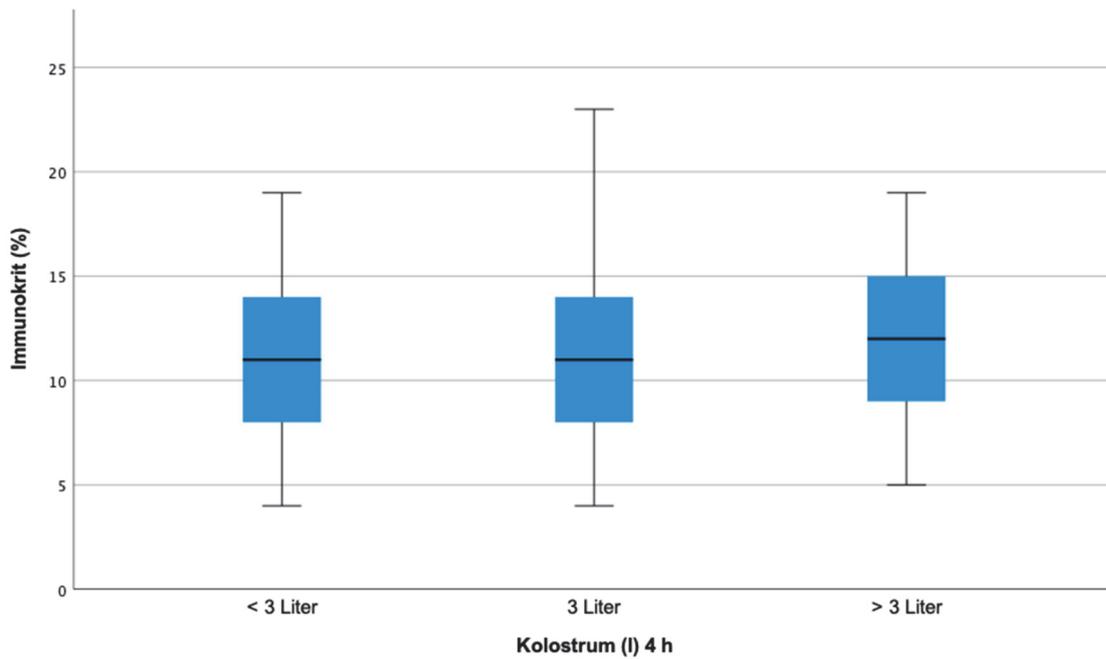


Abb. 35: Immunokrit und Kolostrumaufnahme in den ersten 4 Lebensstunden

4.7.2 Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 24 Lebensstunden

Für die statistische Auswertung wurden die Kälber anhand der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 24 Lebensstunden in drei Gruppen eingeteilt (Tab. 24).

Tab. 24: Einteilung der Gruppen nach Kolostrumaufnahme in den ersten 24 Lebensstunden

Gruppe	Kolostrum (l)
1	< 4,5
2	4,5 - 6
3	> 6

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass sich die Immunokritwerte zwischen den Gruppen signifikant unterscheiden ($p = 0,031$). Kälber aus der Gruppe 1 haben signifikant niedrigere Immunokritwerte als Kälber aus Gruppe 2 ($p = 0,025$). Der Mittelwert für den Immunokrit liegt in der Gruppe 1 bei 10,55 % und in Gruppe 2 bei 11,69 % (Tab. 25). Zwischen der Gruppe 3 und den anderen Gruppen besteht kein signifikanter Unterschied. In Abb. 36 sind die Immunokritwerte in Abhängigkeit von der aufgenommenen Kolostrummenge innerhalb der ersten 24 Lebensstunden dargestellt.

Tab. 25: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Kolostrumaufnahme in den ersten 24 Lebensstunden ($p = 0,025$)

Gruppe	n	Mittelwert (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Std.-Abw. (%)	Std.-Fehler (%)
1	104	10,44	4	17	3,450	0,338
2	169	11,69	4	23	4,067	0,313
3	98	11,40	5	22	3,744	0,378
Gesamt	371	10,26	4	23	3,843	0,200

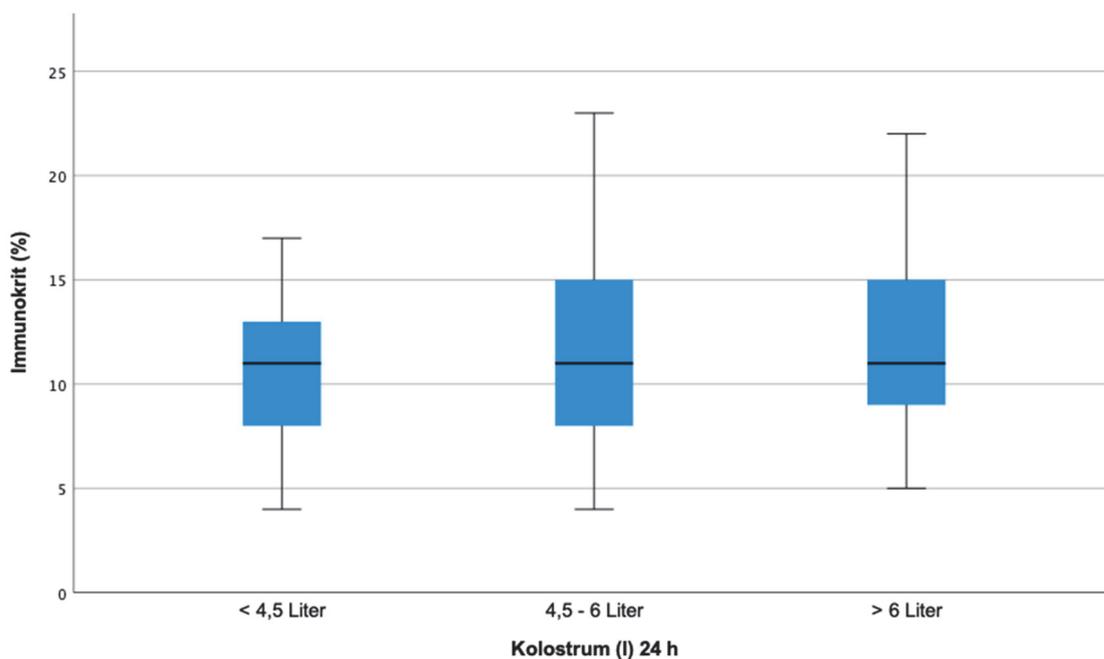


Abb. 36: Immunokrit und Kolostrumaufnahme in den ersten 24 Lebensstunden

4.7.3 Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Tränketeknik

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass sich die Immunokritwerte zwischen den Gruppen signifikant voneinander unterscheiden ($p = 0,001$). Kälber, die gedrencht wurden, haben signifikant höhere Immunokritwerte als Kälber, die bei der Kuh Kolostrum aufgenommen haben ($p = 0,002$) oder mit einer Nuckelflasche versorgt wurden ($p = 0,005$). Der Mittelwert beim Drenchen beträgt 12,09 %, beim Nuckel 10,77 % und bei der Kuh 10,35 % (Tab. 26). Die Immunokritwerte der verschiedenen Tränketekniken sind in Abb. 37 dargestellt.

Tab. 26: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Tränketechnik ($p = 0,001$)

Tränketechnik	n	Mittelwert (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Std.-Abweichung (%)	Std.-Fehler (%)
Bei der Kuh	104	10,35	4	21	4,02	0,39
Nuckel	277	10,77	4	22	3,77	0,22
Drenchen	119	12,09	5	23	3,82	0,35
gesamt	500	11,00	4	23	3,88	0,17

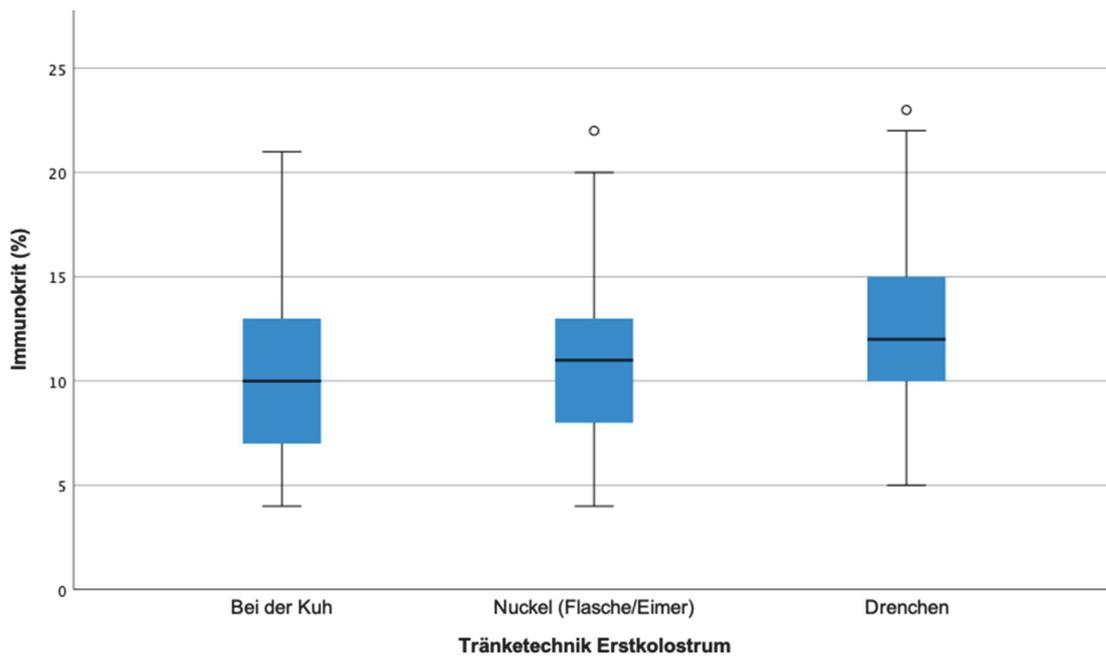


Abb. 37: Immunokrit und Tränketechnik

4.7.4 Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und dem Geschlecht

Der t-Test zeigt, dass es zwischen dem Immunokrit und dem Geschlecht keinen signifikanten Zusammenhang gibt ($p = 0,990$). In Tab. 27 ist eine Übersicht der Immunokritwerte für männlichen und weiblichen Probanden dargestellt.

Tab. 27: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit vom Geschlecht ($p = 0,990$)

Geschlecht	n	Mittelwert (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Std.-Abweichung (%)	Std.-Fehler (%)
weiblich	275	11,0	4	23	4,0	0,2
männlich	225	11,0	4	19	3,7	0,3
gesamt	500	11,0	4	23	3,9	0,2

4.7.5 Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Überlebensrate

Zwischen dem Immunokrit und der Überlebensrate besteht ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,022$). Bei den überlebenden Kälbern ($n = 246$) beträgt der Mittelwert 11,29 % und bei den verendeten Kälbern 9,36 % (Tab. 28). Die Abb. 38 zeigt die Verteilung der Immunokritwerte bei verendeten und überlebenden Tieren bis zum 90. Lebenstag.

Tab. 28: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit vom Überleben ($p = 0,022$)

	n	Mittelwert (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Std.-Abweichung (%)	Std.-Fehler (%)
überlebt	246	11,29	4	23	3,96	0,25
verendet	25	9,36	4	20	4,32	0,86
gesamt	271	11,11	4	23	4,02	0,24

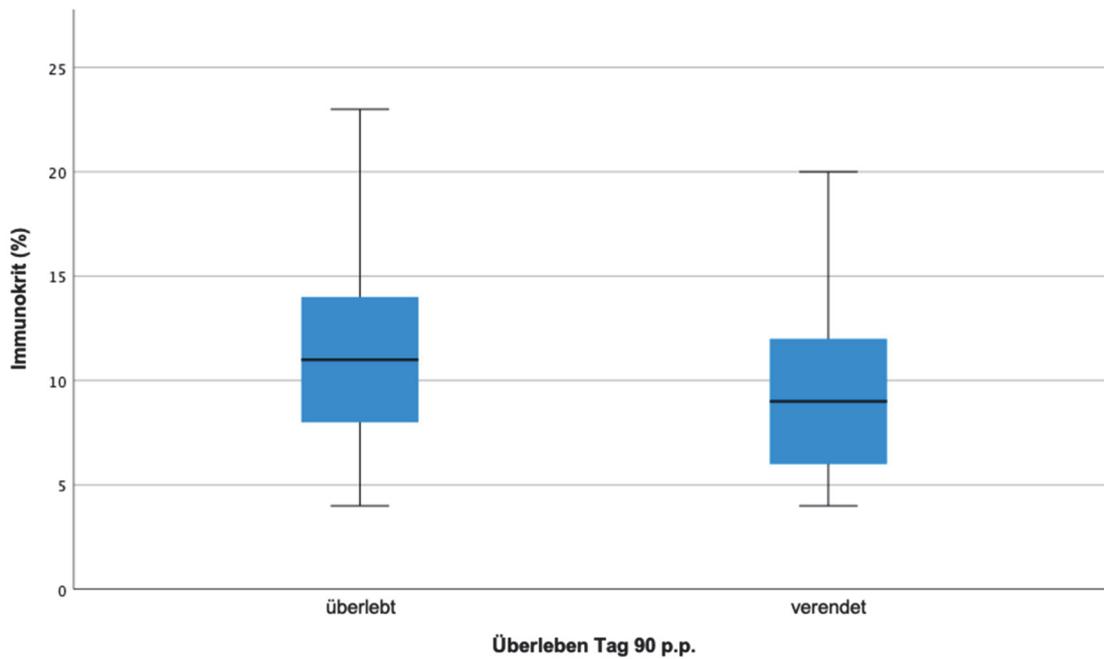


Abb. 38: Immunokrit bei überlebten und verendeten Kälbern

4.7.6 Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und dem Geburtsverlauf

Für die Prüfung eines Zusammenhangs zwischen dem Immunokrit und dem Geburtsverlauf wurde aufgrund fehlender Varianzhomogenität der Welch-Test durchgeführt. Der Test zeigt, dass hier kein signifikanter Zusammenhang besteht ($p = 0,280$). Mit 12,08 % weisen Kälber, die eine mäßig schwere Geburt hatten und eine Person manuelle Geburtshilfe anwenden musste, den höchsten Mittelwert für Immunokrit auf. Dagegen haben Kälber, die eine sehr schwere Geburt hatten und mindestens zwei Personen mithilfe eines mechanischen Geburtshelfers eingreifen mussten, den niedrigsten Mittelwert von 10,0 % (Tab. 29).

Tab. 29: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit vom Geburtsverlauf ($p = 0,280$)

Geburtsverlauf	n	Mittelwert (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Std.-Abweichung (%)	Std.-Fehler (%)
Score 0	267	10,74	4	21	3,62	0,22
Score 1	188	11,19	4	22	3,99	0,29
Score 2	37	12,08	4	23	4,98	0,82
Score 3	8	10,00	6	16	3,16	1,11
gesamt	500	11,00	4	23	3,88	0,17

Die Verteilung der Immunokritwerte in Abhängigkeit von dem Geburtsverlauf ist in Abb. 39 dargestellt.

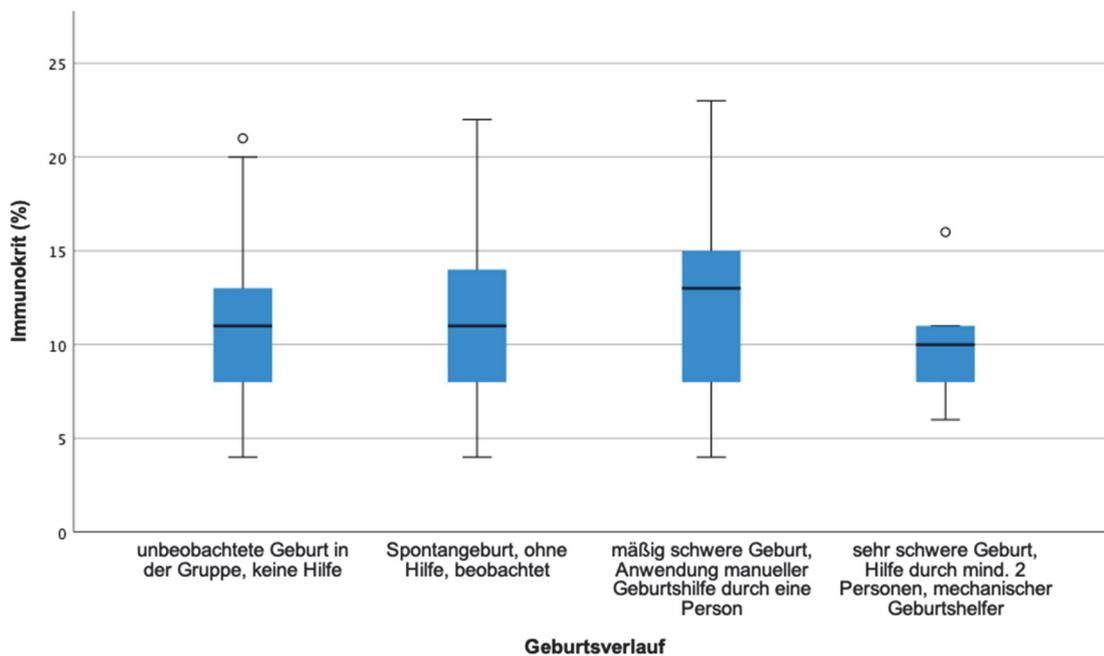


Abb. 39: Immunokrit und Geburtsverlauf

4.7.7 Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Laktationszahl

Die Probanden wurden anhand der Laktationszahl des Muttertieres in vier Gruppen eingeteilt (Tab. 30). Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass es zwischen dem Immunokrit und der Laktationszahl keinen signifikanten Zusammenhang gibt ($p = 0,084$). Eine Übersicht der Immunokritwerte in Abhängigkeit von der Laktationszahl ist in Tab. 31 dargestellt.

Tab. 30: Einteilung der Gruppen nach Laktationszahl

Gruppe	Laktationszahl
1	1
2	2
3	3+4
4	> 4

Tab. 31: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Laktationszahl ($p = 0,084$)

Gruppe	n	Mittelwert (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Std.-Abweichung (%)	Std.-Fehler (%)
1	159	11,23	4	23	3,87	0,30
2	112	10,26	4	22	3,66	0,34
3	171	11,02	4	20	3,92	0,30
4	58	11,72	5	21	4,03	0,53
gesamt	500	11,00	4	23	4,88	0,17

4.7.8 Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Betriebsgröße

Für die statistische Auswertung wurden die Betriebe anhand ihrer Tierzahl in vier Gruppen geteilt (Tab. 32). Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Betriebsgröße gibt ($p = 0,099$). Es lässt sich eine Tendenz erkennen, dass mit zunehmender Betriebsgröße auch der Immunokrit steigt (Abb 40). Eine Übersicht der Immunokritwerte in Abhängigkeit von der Betriebsgröße ist in Tab. 33 dargestellt.

Tab. 32: Einteilung der Gruppen nach Anzahl der Kühe

Gruppe	Anzahl der Kühe
1	< 101
2	101 - 250
3	251 - 500
4	> 500

Tab. 33: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Betriebsgröße (0,099)

Gruppe	n	Mittelwert (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Std.-Abweichung	Std.-Fehler
1	30	10,1	4	19	3,5	0,6
2	270	10,7	4	22	3,8	0,2
3	150	11,4	4	23	4,1	0,3
4	50	11,7	5	19	3,7	0,5
gesamt	500	11,0	4	23	3,9	0,2

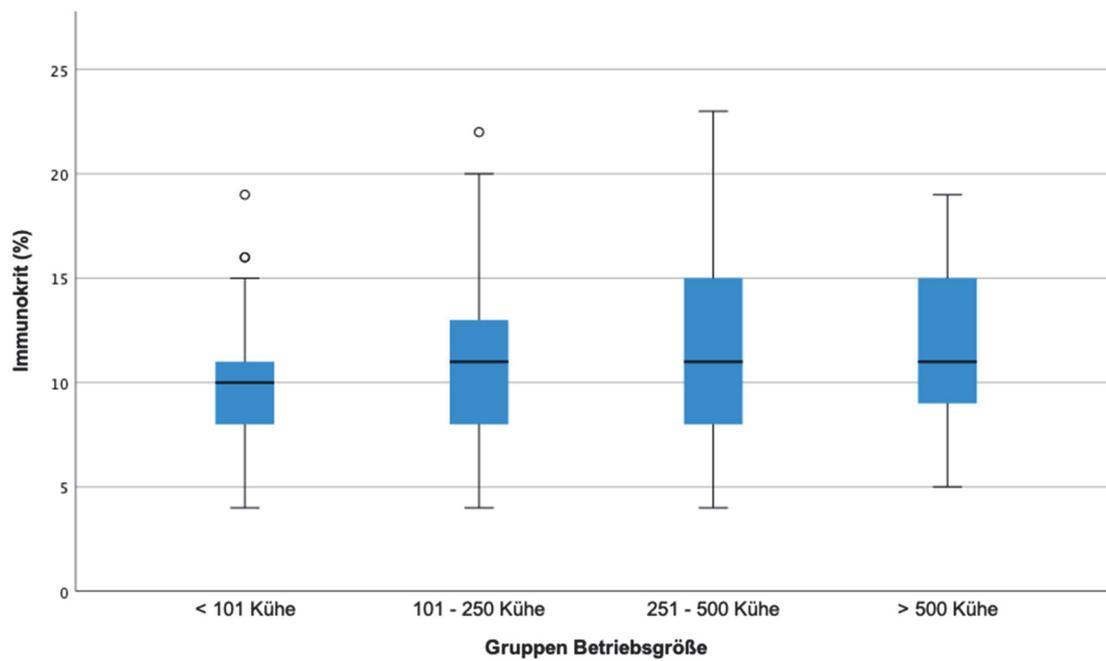


Abb. 40: Immunokrit und Betriebsgröße

4.7.9 Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Milchleistung

Die Betriebe wurden anhand ihrer Milchleistung in vier Gruppen geteilt (Tab. 34). Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass es zwischen den Gruppen einen signifikanten Zusammenhang gibt ($p = 0,000$). Das Signifikanzniveau zwischen den Gruppen 1 und 4 beträgt $p = 0,000$ und zwischen den Gruppen 2 und 4 $p = 0,014$. Eine Übersicht zu den Immunokritwerten in Abhängigkeit von der Milchleistung ist in Tab. 35 und Abb. 41 dargestellt.

Tab. 34: Einteilung der Gruppen nach Milchleistung

Gruppe	Milchleistung (kg)
1	< 8.501
2	8.501 – 9.250
3	9.251 – 9.900
4	> 9.900

Tab. 35: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Milchleistung ($p = 0,014$)

Gruppe	n	Mittelwert (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Std.-Abweichung (%)	Std.-Fehler (%)
1	130	10,18	4	21	4,17	0,36
2	120	10,69	4	19	3,87	0,35
3	130	11,00	4	20	3,42	0,30
4	120	12,18	5	23	3,77	0,34
gesamt	500	11,00	4	23	3,88	0,17

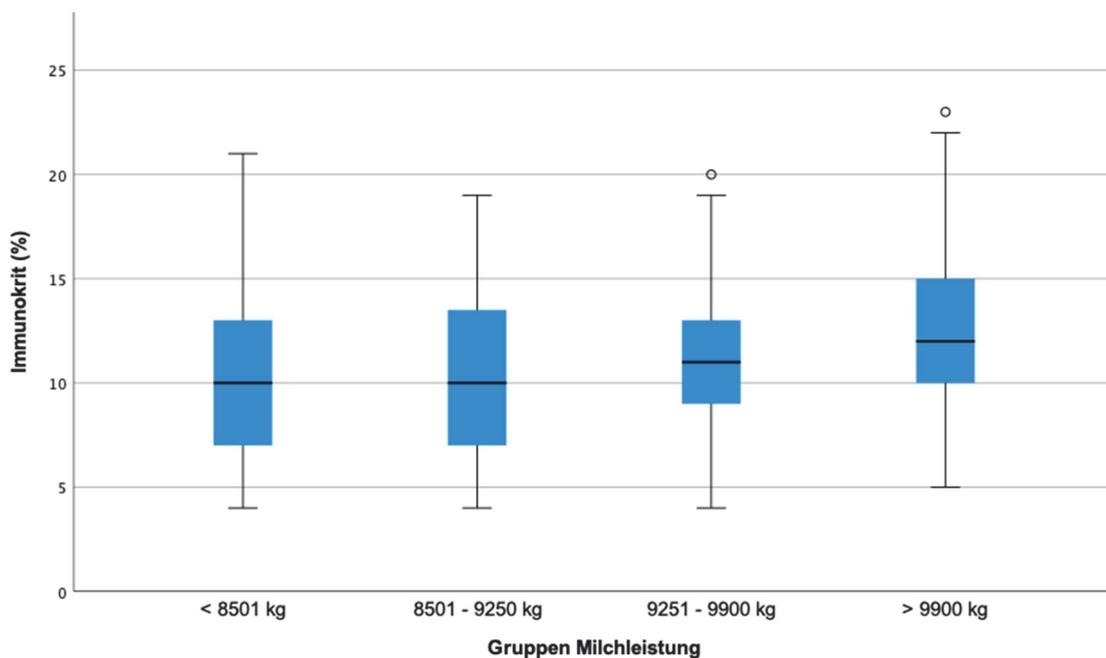


Abb. 41: Immunokrit und Milchleistung

4.7.10 Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Eisengabe

Die erhobenen Daten zeigen, dass ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht ($p = 0,000$). Kälber, denen Eisen als subkutane Injektion supplementiert wurde, weisen einen durchschnittlichen Immunokrit von 12,76 % auf. Dagegen haben Kälber, die kein Eisen erhalten haben, einen Wert von 10,71 % (Tab. 36). Die Verteilung der Immunokritwerte beider Gruppen ist in Abb. 42 abgebildet.

Tab. 36: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Eisengabe ($p = 0,000$)

Eisengabe	n	Mittelwert (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Std.-Abweichung (%)	Std.-Fehler (%)
nein	430	10,71	4	22	3,79	0,18
ja	70	12,76	6	23	3,95	0,47
gesamt	500	11,00	4	23	3,88	0,17

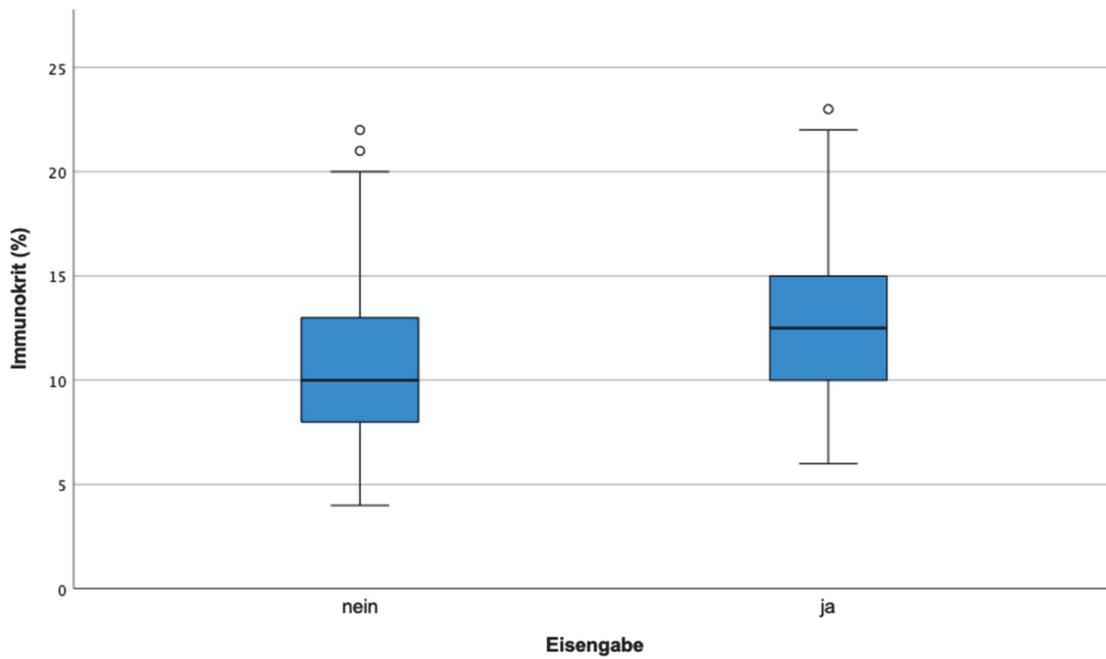


Abb. 42: Immunokrit und Eisengabe

4.7.11 Zusammenhang zwischen dem Immunokrit und der Mutterschutzimpfung

Der t-Test zeigt, dass ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen vorliegt ($p = 0,000$). Der Mittelwert für den Immunokrit von Kälbern, deren Muttertier in der Trockenstehzeit geimpft wurde, beträgt 11,7 % und bei Kälbern, deren Muttertier keine Impfung erhalten hat, 10,4 % (Tab. 37). Abb. 43 zeigt die Verteilung der Immunokritwerte in Abhängigkeit von der Impfung des Muttertieres.

Tab. 37: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Mutterschutzimpfung ($p = 0,000$)

Impfung	n	Mittelwert (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Std.-Abweichung (%)	Std.-Fehler (%)
nein	270	10,4	4	21	3,6	0,2
Ja	230	11,7	4	23	4,0	0,3
gesamt	500	11,0	4	23	3,9	0,2

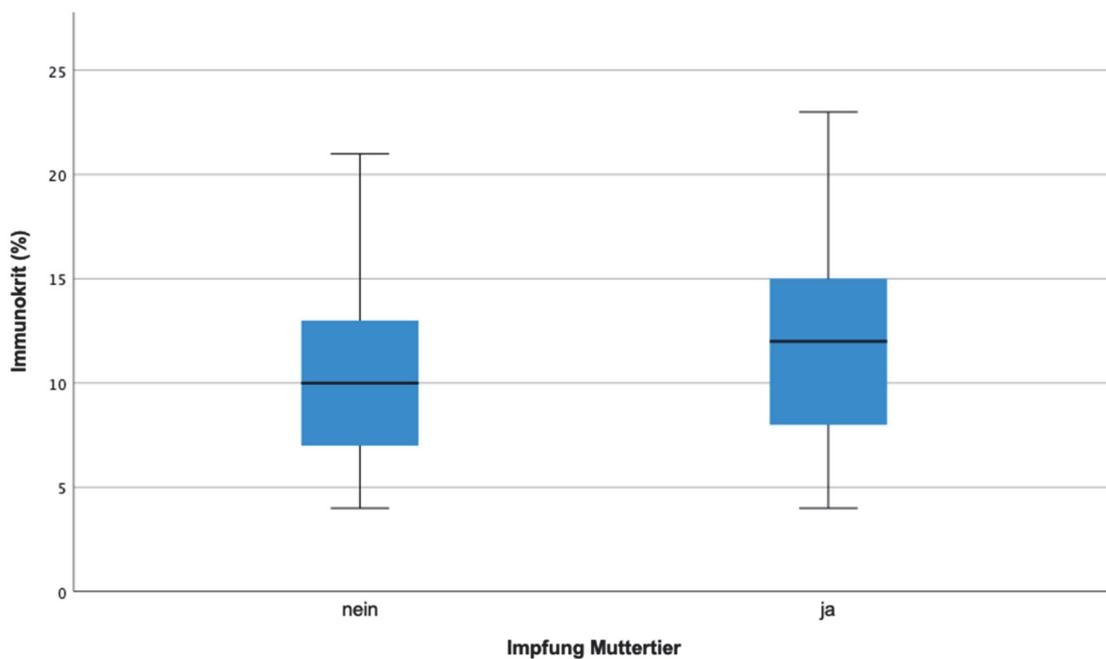


Abb. 43: Immunokrit und Impfung des Muttertieres

4.8 Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und anderen Parametern

4.8.1 Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 4 Lebensstunden

Für die statistische Auswertung wurden die Kälber anhand der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 4 Lebensstunden in drei Gruppen eingeteilt (Tab. 22).

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass sich das Serum Totalprotein zwischen den Gruppen nicht signifikant unterscheidet ($p = 0,286$). Die Mittelwerte für das Serum Totalprotein steigen numerisch mit zunehmender Kolostrummenge (Tab. 38). Die Verteilung der Serum Totalproteingehalte ist in Abb. 44 dargestellt.

Tab. 38: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Kolostrumaufnahme in den ersten 4 Lebensstunden ($p = 0,286$)

Gruppe	n	Mittelwert (g/l)	Minimum (g/l)	Maximum (g/l)	Std.-Abw. (g/l)	Std.-Fehler (g/l)
1	129	59,78	38,3	83,3	8,5692	0,7545
2	127	61,12	43,2	90,7	9,6494	0,8562
3	115	61,51	43,9	84,4	8,8834	0,8284
Gesamt	371	60,781	38,3	90,7	9,0543	0,4701

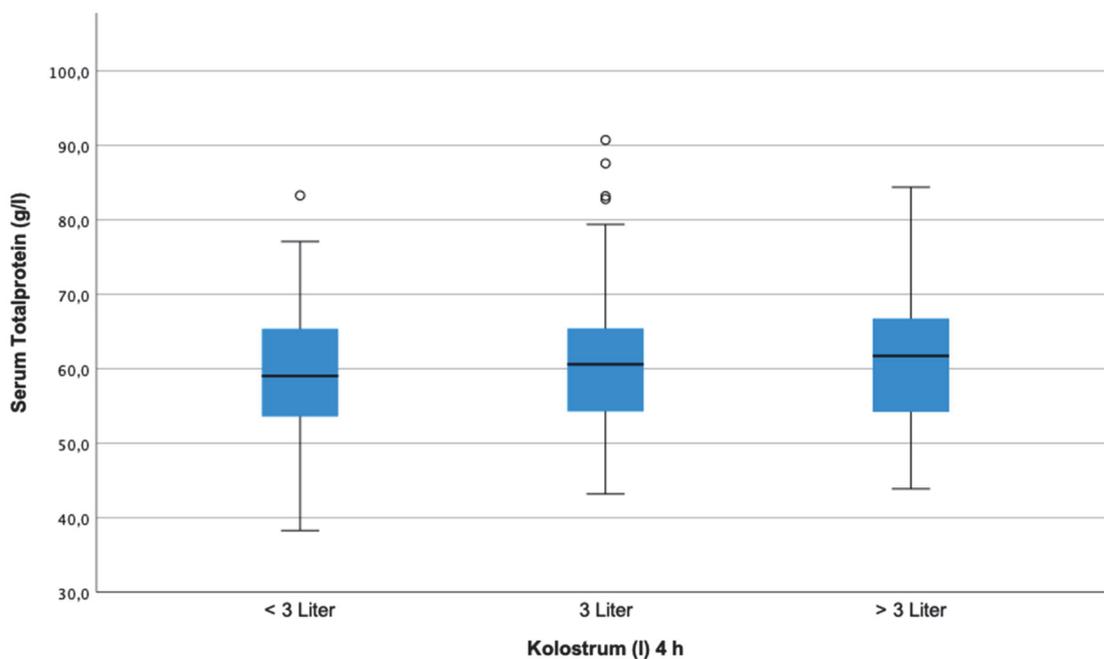


Abb. 44: Serum Totalprotein und Kolostrumaufnahme in den ersten 4 Lebensstunden

4.8.2 Zusammenhanb zwischen dem Serum Totalprotein und der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 24 Lebensstunden

Für die statistische Auswertung wurden die Kälber anhand der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 24 Lebensstunden in drei Gruppen eingeteilt (Tab. 24).

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass sich das Serum Totalprotein zwischen den Gruppen nicht signifikant unterscheidet ($p = 0,170$). Eine Übersicht über das Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der aufgenommenen Kolostrummenge in den ersten 24 Lebensstunden ist in Tab. 39 und Abb. 45 dargestellt.

Tab. 39: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Kolostrumaufnahme in den ersten 24 Lebensstunden ($p = 0,170$)

Gruppe	n	Mittelwert (g/l)	Minimum (g/l)	Maximum (g/l)	Std.-Abw. (g/l)	Std.- Fehler (g/l)
1	104	59,655	38,3	83,3	8,835	0,8664
2	169	61,702	43,2	87,6	9,2014	0,7078
3	98	60,386	43,9	90,7	8,9544	0,9045
Gesamt	371	60,781	38,3	90,7	9,0543	0,4701

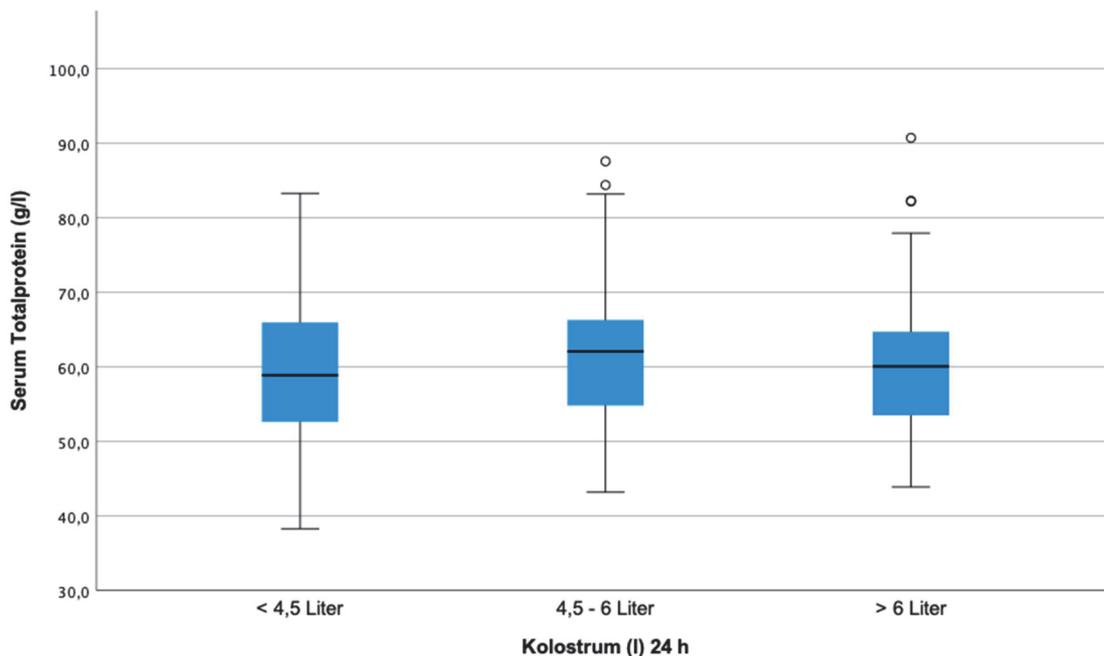


Abb. 45: Serum Totalprotein und Kolostrumaufnahme in den ersten 24 Lebensstunden

4.8.3 Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der Tränketeknik

Der Welch-Test zeigt, dass sich das Serum Totalprotein zwischen den Gruppen signifikant voneinander unterscheidet ($p = 0,047$). Kälber, die gedrencht wurden, haben signifikant höhere Werte als Kälber, die bei der Kuh Kolostrum aufgenommen haben ($p = 0,045$). Der Mittelwert für das Serum Totalprotein beträgt bei gedrenchten Kälbern 62,16 g/l, bei Kälbern, die mit einem Nuckel versorgt wurden, 59,91 g/l und bei Kälbern, die an der Kuh waren, 59,07 g/l (Tab. 40). Das Signifikanzniveau zwischen dem Drenchen und dem Nuckel beträgt $p = 0,085$ und zwischen dem Nuckel und der Kolostrumaufnahme bei der Kuh $p = 0,724$.

Tab. 40: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Tränketeknik ($p = 0,047$)

Tränketeknik	N	Mittelwert (g/l)	Minimum (g/l)	Maximum (g/l)	Std.- Abweichung (g/l)	Std.- Fehler (g/l)
Bei der Kuh	104	59,07	37,5	92,8	11,93	1,17
Nuckel	277	59,91	38,3	90,7	8,65	0,52
Drenchen	119	62,16	42,8	87,6	9,48	0,86
gesamt	500	60,27	37,5	92,8	9,66	0,43

In Abb. 46 ist die Verteilung der Serum Totalproteingehalte bei verschiedenen Tränketekniken zu sehen.

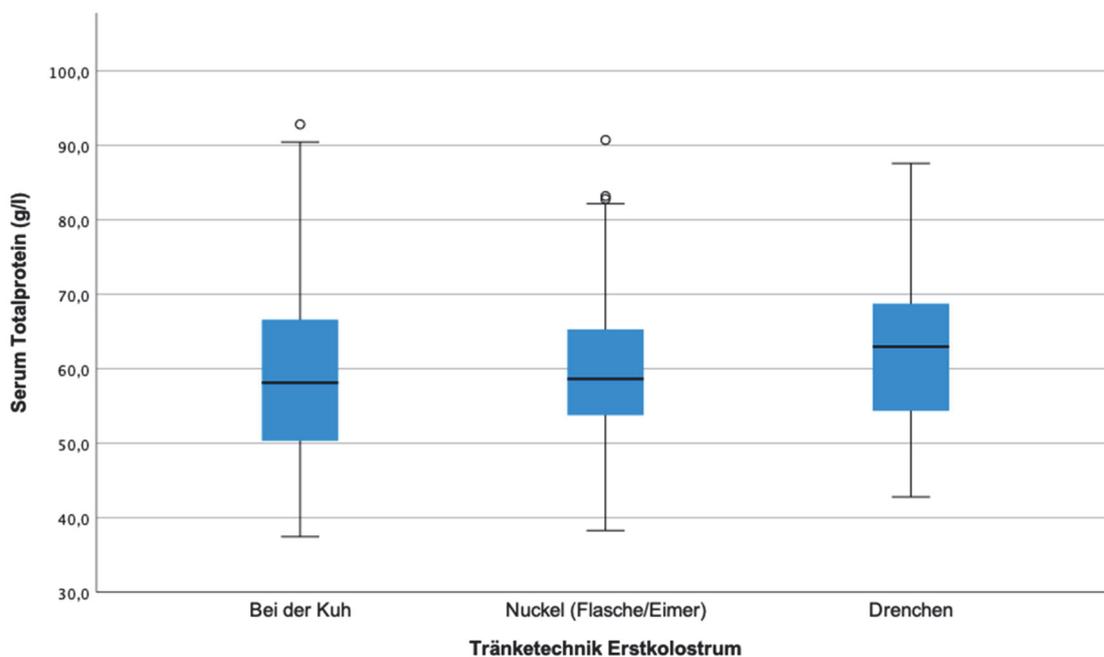


Abb. 46: Serum Totalprotein (g/l) und Tränketeknik

4.8.4 Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und dem Geschlecht

Zwischen den beiden Gruppen gibt es hinsichtlich des Serum Totalproteins keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,638$). Der Mittelwert für das Serum Totalprotein beträgt bei männlichen Kälbern 60,1 g/l und bei weiblichen 60,5 g/l (Tab. 41).

Tab. 41: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit vom Geschlecht ($p = 0,638$)

Geschlecht	n	Mittelwert (g/l)	Minimum (g/l)	Maximum (g/l)	Std.- Abweichung (g/l)	Std.- Fehler (g/l)
weiblich	275	60,5	38,3	90,7	10,0	0,6
männlich	225	60,1	37,5	92,8	9,3	0,6
gesamt	500	60,3	37,5	92,8	9,7	0,4

4.8.5 Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Überleben 90 Tage p.p.

Zwischen dem Serum Totalprotein und der Überlebensrate besteht ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,013$). Der Mittelwert bei den überlebenden Kälbern ($n = 246$) beträgt 60,85 g/l und bei den verendeten Kälbern ($n = 25$) 55,73 g/l (Tab. 42).

Tab. 42: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit vom Überleben ($p = 0,013$)

	n	Mittelwert (g/l)	Minimum (g/l)	Maximum (g/l)	Std.-Abweichung (g/l)	Std.-Fehler (g/l)
überlebt	246	60,85	38,3	90,7	9,58	0,61
verendet	25	55,73	42,8	86,6	11,16	2,23
gesamt	271	60,38	38,3	90,7	9,83	0,59

4.8.6 Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und dem Geburtsverlauf

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass sich die Gruppen hinsichtlich des Serum Totalproteins nicht signifikant voneinander unterscheiden ($p = 0,109$). Den höchsten Mittelwert für das Serum Totalprotein haben Kälbern, die eine mäßig schwere Geburt hatten (61,59 g/l). Den niedrigsten Wert weisen Kälbern, die eine sehr schwere Geburt hatten, auf (56,40 g/l). Eine Übersicht über das Serum Totalprotein in Abhängigkeit vom Geburtsverlauf ist in Tab. 43 sowie in Abb. 47 dargestellt.

Tab. 43: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit vom Geburtsverlauf ($p = 0,109$)

Geburtsverlauf	n	Mittelwert (g/l)	Minimum (g/l)	Maximum (g/l)	Std.-Abweichung (g/l)	Std.-Fehler (g/l)
Score 0	267	59,47	38,3	92,8	9,50	0,58
Score 1	188	61,32	37,5	90,7	9,92	0,72
Score 2	37	61,59	42,8	87,6	9,17	1,50
Score 3	8	56,40	46,6	75,6	9,02	3,18
gesamt	500	60,27	37,5	92,8	9,66	0,43

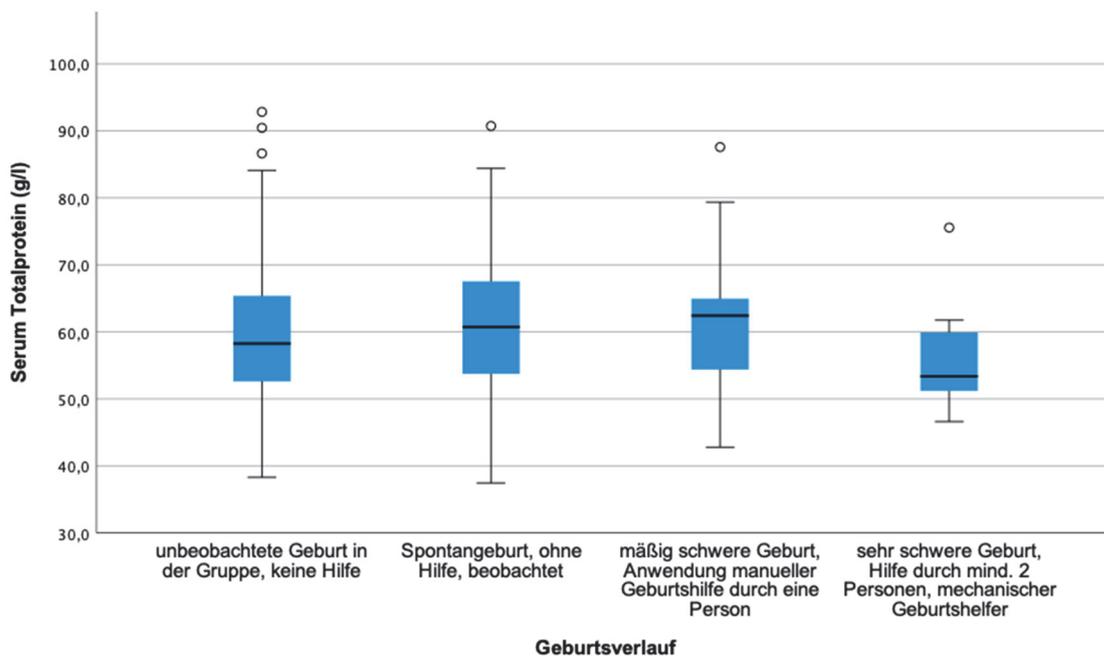


Abb. 47: Serum Totalprotein und Geburtsverlauf

4.8.7 Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der Laktationszahl

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass sich die Gruppen hinsichtlich des Serum Totalproteins signifikant voneinander unterscheiden ($p = 0,013$). Das Signifikanzniveau zwischen den Gruppen 2 und 4 beträgt $p = 0,013$. Eine Übersicht des Serum Totalproteins in Abhängigkeit von der Laktationszahl ist in Tab. 44 dargestellt. In Abb. 48 ist die Verteilung des Serum Totalproteins der vier Laktationsgruppen zu sehen.

Tab. 44: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Laktationszahl ($p = 0,013$)

Gruppe	n	Mittelwert (g/l)	Minimum (g/l)	Maximum (g/l)	Std.- Abweichung (g/l)	Std.-Fehler (g/l)
1	159	60,89	41,4	87,6	9,05	0,71
2	112	58,22	37,5	92,8	9,03	0,85
3	171	60,13	41,1	86,6	10,36	0,79
4	58	62,94	43,6	90,5	9,71	1,27
gesamt	500	60,27	37,5	92,8	9,66	0,43

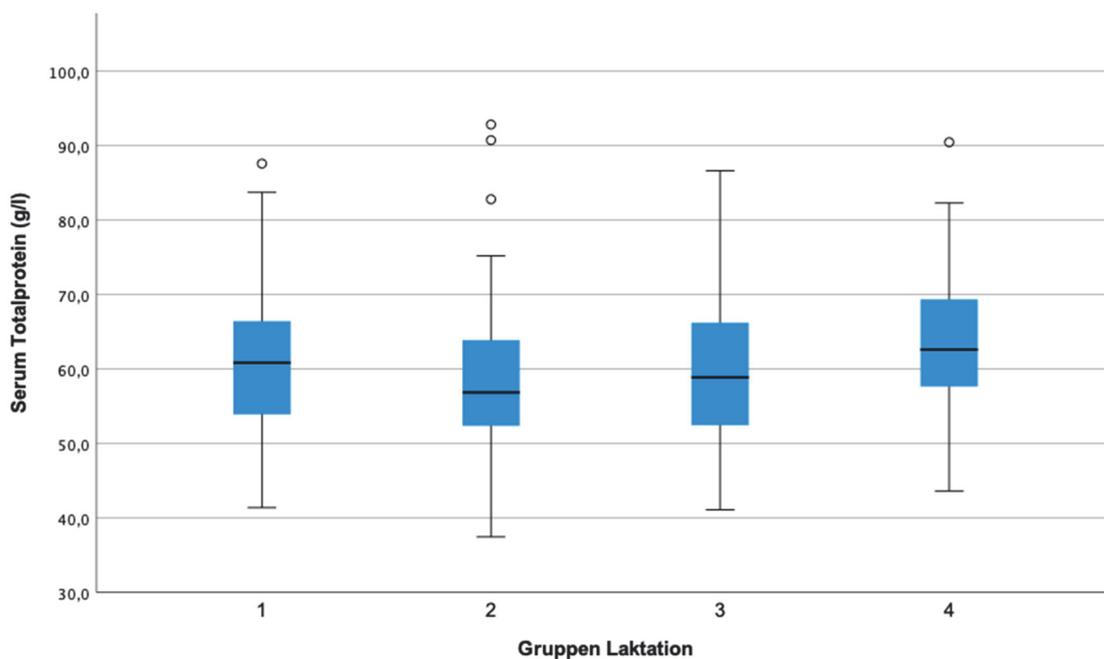


Abb. 48: Serum Totalprotein und Laktationszahl

4.8.8 Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der Betriebsgröße

Die erhobenen Daten zeigen, dass es zwischen dem Serum Totalprotein und der Betriebsgröße keinen signifikanten Zusammenhang gibt ($p = 0,302$). Es lässt sich eine Tendenz erkennen, dass mit zunehmender Betriebsgröße auch das Serum Totalprotein steigt. Eine Übersicht des Serum Totalproteins in Abhängigkeit von der Betriebsgröße ist in Tab. 45 dargestellt.

Tab. 45: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Betriebsgröße ($p = 0,302$)

Gruppe	n	Mittelwert (g/l)	Minimum (g/l)	Maximum (g/l)	Std.- Abweichung (g/l)	Std.- Fehler (g/l)
1	30	57,3	45,5	77,1	7,6	1,4
2	270	60,2	37,5	92,8	9,9	0,6
3	150	60,8	42,8	90,5	9,6	0,8
4	50	61,2	43,9	82,2	9,3	1,3
gesamt	500	60,3	37,5	92,8	9,7	0,4

4.8.9 Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der Milchleistung

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen der Milchleistung hinsichtlich des Serum Totalproteins vorliegen ($p = 0,004$). Das Signifikanzniveau zwischen den Gruppe 1 und 4 beträgt $p = 0,002$. Mit 62,68 g/l weist Gruppe 4 den höchsten Mittelwert für das Serum Totalprotein auf. In der Gruppe 1 liegt der Wert bei 58,24 g/l (Tab. 46). Die Verteilung des Totalproteins in Abhängigkeit von der Milchleistung ist in Abb. 49 dargestellt.

Tab. 46: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Milchleistung ($p = 0,004$)

Gruppe	n	Mittelwert (g/l)	Minimum (g/l)	Maximum (g/l)	Std.- Abweichung (g/l)	Std.-Fehler (g/l)
1	130	58,24	41,1	90,5	10,84	0,95
2	120	60,12	37,5	92,8	9,34	0,85
3	130	60,21	38,3	83,2	8,66	0,76
4	120	62,68	45,1	90,7	9,21	0,84
gesamt	500	60,27	37,5	92,8	9,66	0,43

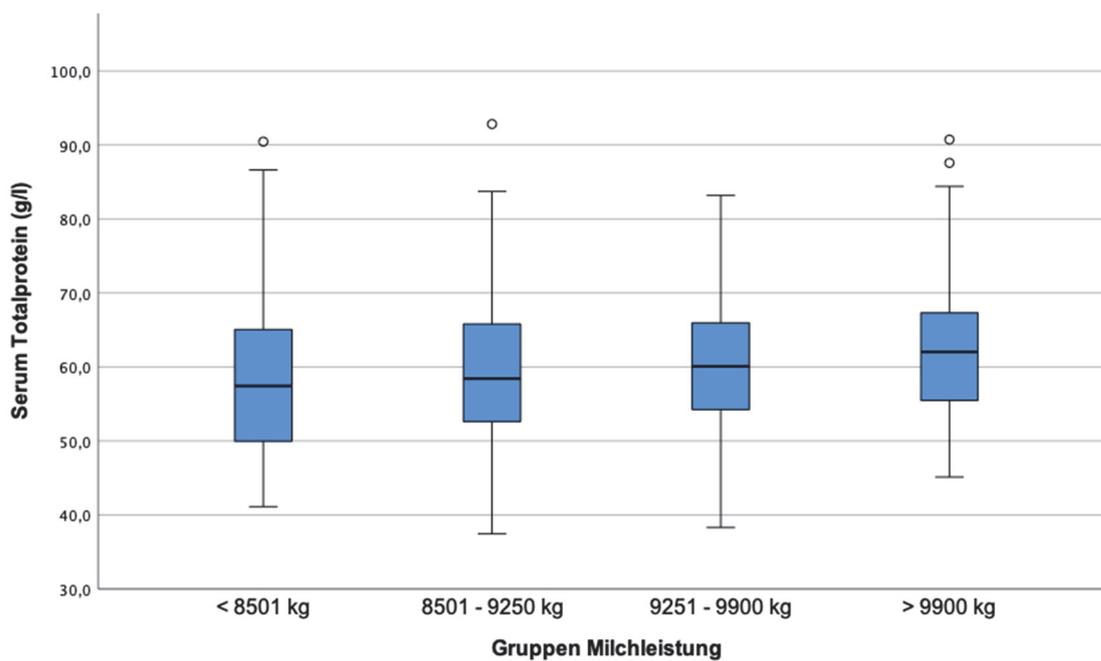


Abb. 49: Serum Totalprotein und Milchleistung

4.8.10 Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der Eisengabe

Der t-Test zeigt, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich des Serum Totalproteins gibt ($p = 0,004$). Während der Mittelwert in der Gruppe ohne Eisensupplementierung 59,77 g/l beträgt, liegt er in der Gruppe mit Eisensupplementierung bei 63,35 g/l (Tab. 47). Die Verteilung des Serum Totalproteingehaltes in Abhängigkeit von der Eisengabe ist in Abb. 50 dargestellt.

Tab. 47: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Eisengabe ($p = 0,004$)

Eisengabe	n	Mittelwert (g/l)	Minimum (g/l)	Maximum (g/l)	Std.- Abweichung (g/l)	Std.- Fehler (g/l)
nein	430	59,77	37,5	92,8	9,60	0,46
ja	70	63,35	45,7	87,6	9,48	1,13
gesamt	500	60,27	37,5	92,8	9,66	0,43

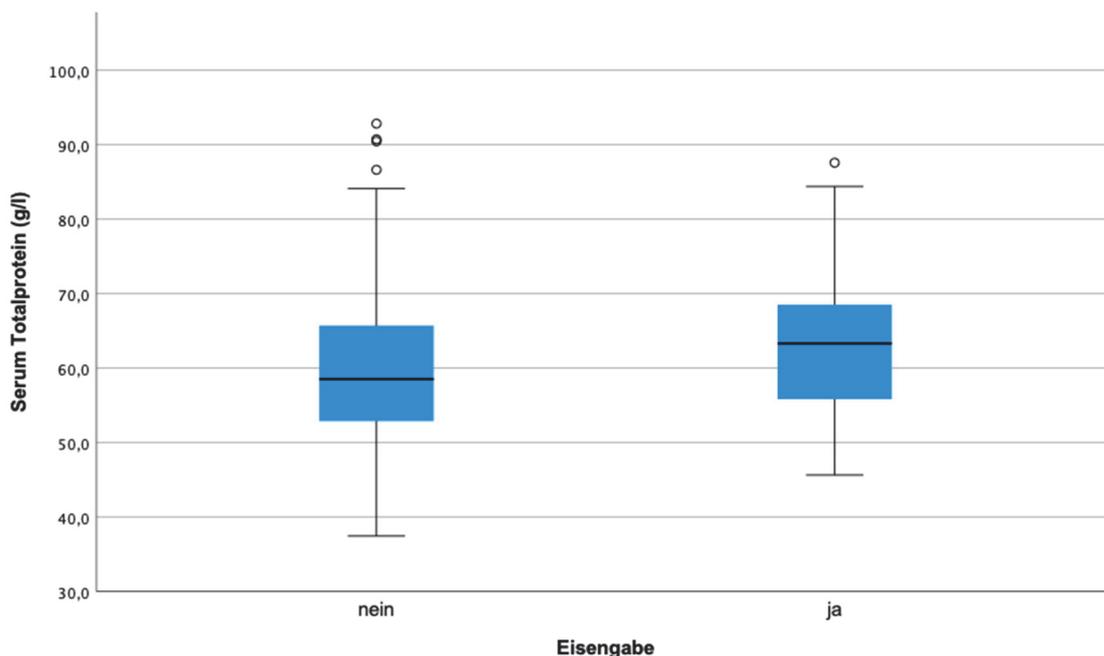


Abb. 50: Serum Totalprotein und Eisengabe

4.8.11 Zusammenhang zwischen dem Serum Totalprotein und der Mutterschutzimpfung

Die erhobenen Daten in dieser Studie zeigen, dass es hinsichtlich des Serum Totalproteins einen hoch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen der Kälber von geimpften und ungeimpften Muttertieren gibt ($p = 0,003$). Der Mittelwert für das Serum Totalprotein in der Gruppe mit ungeimpften Muttertieren beträgt 59,1 g/l und in der Gruppe mit geimpften Muttertieren 61,7 g/l (Tab.48). Die Verteilung des Serum Totalproteins der beiden Gruppen ist in Abb. 51 zu sehen.

Tab. 48: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Mutterschutzimpfung ($p = 0,003$)

Impfung	n	Mittelwert (g/l)	Minimum (g/l)	Maximum (g/l)	Std.-Abweichung (g/l)	Std.-Fehler (g/l)
nein	270	59,1	37,5	92,8	9,3	0,6
Ja	230	61,7	41,1	90,7	9,9	0,7
gesamt	500	60,3	37,5	92,8	9,7	0,4

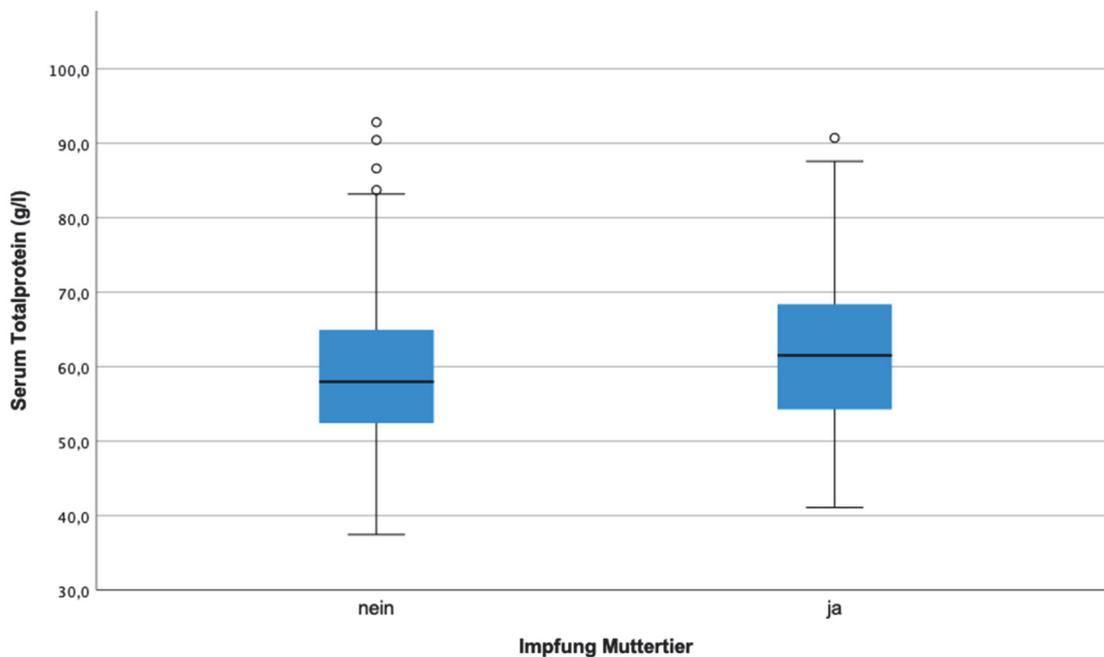


Abb. 51: Serum Totalprotein und Impfung Muttertier

5. Diskussion

5.1 Feldmethoden

Eine erfolgreiche Kälberaufzucht bildet den Grundstein für eine gesunde und leistungsstarke Herde. Allgemein bekannt ist, dass Kälber aufgrund einer fehlenden eigenen Immunität zum Zeitpunkt der Geburt auf eine adäquate Versorgung mit gutem Kolostrum angewiesen sind (Weaver et al. 2000). In der Praxis gibt es jedoch im Bereich des Kolostrummangaments bei vielen Betrieben noch Verbesserungsmöglichkeiten. So wurde 2006 in einer bundesweit durchgeführten Studie mit 1042 Kälbern bei 18,4 % ($n = 191$) der Kälber eine unzureichende ($0 - 4,9$ g IgG / l Serum) und bei 20,4 % eine partiell unzureichende Immunglobulinversorgung ($5,0 - 9,9$ g IgG / l Serum) nachgewiesen (McMorran 2006). Zwar wird in der Praxis häufig die Kolostrumqualität mit Hilfe eines Kolostrometers oder Refraktometers überprüft, eine Kontrolle der aufgenommenen Immunglobuline im Serum der Kälber wird aber nur selten vorgenommen. In der Literatur sind hierfür die radiale Immundiffusion (RID) und der ELISA als direkte Messmethoden beschrieben (Weaver et al. 2000). Als indirektes Verfahren wird die Bestimmung der Gesamteiweißkonzentration im Serum mittels Refraktometer als gute Möglichkeit zur Prüfung der Kolostrumversorgung genannt (Weaver et al. 2000; McBeath et al. 1971). Ein eher seltener verwendetes Verfahren ist die Immunokritmethode. Thompson et al. (2017) haben in ihrer Studie bereits eine gute Korrelation zwischen den erhobenen Immunokritwerten und den mittels RID gemessenen Serum IgG-Konzentration festgestellt. Vallet et al. (2013) haben in ihren Untersuchungen gezeigt, dass sich diese Methode auch für die Beurteilung der Kolostrumversorgung bei Saugferkeln eignet. Ebenso lässt sich dieses Verfahren bei Fohlen anwenden (Mortola et al. 2020).

Um die Immunokritmethode für Kälber zu validieren, wurden in der vorliegenden Studie bei 500 neugeborenen Kälbern der Immunglobulingehalt mittels Immunokritmethode und als Referenzgröße das Gesamteiweiß mittels Biuretreaktion bestimmt. Hernandez et al. (2016) konnten diesbezüglich einen engen Zusammenhang zwischen der Gesamteiweiß- und der IgG-Konzentration im Blutserum nachweisen ($r = 0,82$; $p < 0,001$). Dieser enge Zusammenhang begründet sich durch den großen Anteil der Gammaglobuline am Totalprotein im Kolostrum (ca. 47%) und der Tatsache, dass die Gammaglobuline von allen Inhaltsstoffen den größten Variationskoeffizienten aufweisen (Fleenor und Stott 1980).

5.2 Zusammenhang zwischen Immunokrit und anderen Blutparametern

Es konnte gezeigt werden, dass es zwischen dem Gesamteiweißgehalt im Serum und dem Immunokrit eine sehr hohe Korrelation gibt ($r = 0,888$; $p = 0,000$). Noch höher ist die Korrelation zwischen dem Immunokrit und dem Serum Globulingehalt ($r = 0,910$; $p = 0,000$). Für den Serum Albumingehalt beträgt die Korrelation $r = -0,126$ ($p = 0,002$). Die Plasma-Konzentrationen dieser Parameter korrelieren ebenfalls signifikant mit dem Immunokrit (Tab. 49).

5.3 Einflussfaktoren auf den Immunokrit

5.3.1 Kolostrummenge 24 Stunden

Laut Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung § 11 (2) ist Kälbern spätestens 4 Stunden nach der Geburt Biestmilch anzubieten. Eine genaue Menge wird an dieser Stelle nicht definiert. Das Niedersächsische Landesamt für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz empfiehlt in ihrem Leitfaden für eine optimierte Kälberaufzucht, mindestens 3 Liter Kolostrum (bei schweren Kälbern 4 Liter) innerhalb der ersten 3 Lebensstunden mit einer Nuckelflasche zu verabreichen. Laut Marnila und Korhonen (2011) benötigt ein Kalb in den ersten Lebensstunden zwei bis vier Liter Erstkolostrum mit einem Gesamtimmunglobulingehalt von 100 bis 200 Gramm zur Vermeidung einer mangelhaften IgG-Versorgung.

Die erhobenen Daten zeigen, dass es zwischen der aufgenommenen Kolostrummenge innerhalb der ersten 24 Lebensstunden und dem Immunokrit einen signifikanten Zusammenhang gibt ($p = 0,031$). Die Darmschranke neugeborener Kälber ist etwa 24 bis 36 Stunden nach der Geburt für Makromoleküle wie Antikörper passierbar (Stott et al. 1979a; Brogten und Lecce 1970). Somit hat die aufgenommene Menge an Kolostrum in diesem Zeitraum auch einen Einfluss auf das Gesamteiweiß bzw. den Immunokrit des neugeborenen Kalbes. In der vorliegenden Studie hatten 31,8 % der Probanden ($n = 159$) einen Serum Gesamteiweißgehalt von unter 55 g/l und somit laut Nielsson (2015) eine unzureichende Kolostrumversorgung. In aktuellen Studien liegt die Prävalenz für FTP in Tschechien bei 34,6 % (Serum IgG < 10 g/l) (Staněk et al. 2019) und in Neuseeland bei 33 % (Serum TP < 52 g/l) (Cutance et al. 2017). Nimmt man wie Thompson et al. (2017) einen Immunokrit von unter 11 % als Grenzwert für eine FPT, so sind 48,2 % der hier untersuchten Kälber ($n = 241$) nicht ausreichend mit Kolostrum versorgt.

5.3.2 Tränketchnik

Die Untersuchungen zur Kolostrumversorgung in Abhängigkeit von der Tränketchnik zeigen, dass es signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich des Immunokritwertes gibt ($p = 0,001$). Gedrenchte Kälber weisen signifikant höhere Werte auf als Kälber, die das Kolostrum an der Kuh ($p = 0,002$) bzw. an einem Nuckel aufgenommen haben ($p = 0,005$). Die Ergebnisse stimmen mit denen von Besser et al. (1991) überein. Hierbei ist zu beachten, dass das Drenchen von Kälbern meistens unmittelbar nach der Geburt und mit einer großen Menge Kolostrum (i.d.R. 4 Liter) durchgeführt wird. Somit werden wichtige Voraussetzungen für eine adäquate Kolostrumversorgung geschaffen. Im Gegensatz dazu kann die erste Kolostrumaufnahme an der Kuh einige Stunden dauern und die aufgenommene Menge kann nicht kontrolliert werden. An einer Nuckeltränke nehmen die Kälber in der Regel ebenfalls weniger als vier Liter in den ersten Lebensstunden freiwillig zu sich. Somit sind diese beiden Tränketchniken in Hinblick auf die Einflussfaktoren „Zeitpunkt der ersten Kolostrumaufnahme“ und „Kolostrummenge“ der Methode des Drenchens unterlegen.

5.3.3 Überlebensrate

Hinsichtlich der Immunokritwerte bestand zwischen den verendeten und überlebenden Kälbern ein signifikanter Unterschied ($p = 0,022$). Während der Mittelwert bei den überlebenden Tieren ($n = 246$) 11,29 % betrug, lag er bei den verendeten bei 9,36 %. Es ist davon auszugehen, dass die nicht adäquat mit Kolostrum versorgten Kälber anfälliger für Erkrankungen wie Durchfall und Atemwegsinfektionen waren und somit auch häufiger verendet sind. Diese Beobachtung konnten auch andere Autoren machen (Raboisson et al. 2016; Vasseur et al. 2010; Boyd 1972). Eine erhöhte Sterblichkeitsrate infolge unzureichender Kolostrumversorgung konnten auch Donovan et al. (1998) beobachten.

5.3.4 Milchleistung

Die erhobenen Daten dieser Studie zeigen, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Milchleistung der Kühe und dem Immunokrit der Kälber gibt ($p = 0,000$). In den Untersuchungen von Scholz et al. (2011) hatten Kühe mit einer hohen Milchleistung (> 11.929 kg) durchschnittlich 13,3 g/l mehr Eiweiß und 10,9 g/l mehr Immunglobuline im Kolostrum der folgenden Laktation. Dieser Zusammenhang lässt sich durch die Tatsache erklären, dass Kälber mit einer guten Kolostrumversorgung später höhere Tageszunahmen aufweisen, weniger anfällig für Erkrankungen sind und höhere Leistungen erzielen (Raboisson et al. 2016; Yang et al. 2015; Vasseur et al. 2010; Virtala et al. 1996; Wells et al. 1996). In einer aktuellen Studie konnten Stefanska et al. (2021) zeigen, dass Kälber mit einem hohen

Gesamteiweißgehalt im Blutserum (> 60 g/l) eine höhere Milchleistung in der ersten Laktation aufweisen als Kälber mit geringen Gehalten (< 55 g/l).

5.3.5 Eisengabe

Die Supplementierung von Eisen als subcutane Injektion hatte in dieser Studie einen positiven Einfluss auf den Immunokrit. Kälber, denen Eisen verabreicht wurde, wiesen signifikant höhere Immunokritwerte auf als unbehandelte Kälber ($p = 0,000$). Während der Mittelwert bei den mit Eisen versorgten Tieren $12,76\%$ ($n = 70$) betrug, lag er bei den Kälbern ohne Eisenversorgung bei $10,71\%$ ($n = 430$).

Es ist davon auszugehen, dass die Eisensupplementierung keinen direkten Einfluss auf den Immunokrit hat. Indirekt kann die Eisengabe durch die Behebung einer Anämie leistungsfördernd wirken und die Immunität der Kälber fördern (Benesi et al. 2019). Die gesünderen Kälber werden später leistungsfähiger und geben hochwertigeres Kolostrum an ihre Kälber weiter.

5.3.6 Impfung des Muttertieres

Um Kälber vor Erkrankungen wie der Neugeborenenendiarrhoe oder der Kälbergrippe zu schützen, werden in einigen Betrieben die Kühe in der Trockenstehzeit gegen diese Krankheitserreger geimpft. Die von der Kuh gebildeten Antikörper wandern in das Kolostrum und schützen die neugeborenen Kälber nach erfolgter Kolostrumaufnahme. Die meisten der impfenden Betriebe in dieser Studie ($n = 23$) haben gegen Kälberdurchfall geimpft ($n = 18$). Daneben haben noch 5 weitere Betriebe ihre Kühe gegen andere Erreger wie z.B. BRSV oder Clostridien geimpft. In 27 Betrieben wurden die Kühe nicht geimpft.

Die Impfung der Kuh hatte in dieser Studie einen hoch signifikanten positiven Einfluss auf den Immunokrit der neugeborenen Kälber ($p = 0,000$). Der Mittelwert betrug bei den Kälbern von ungeimpften Kühen $10,4\%$ und bei den Kälbern von geimpften Kühen $11,7\%$. Crouch et al. (2000) konnten in ihrer Studie zeigen, dass eine Mutterschutzvakzine die Erhöhung spezifischer Antikörper bewirkt.

5.3.7 Geburtsverlauf

Es lässt sich kein signifikanter Unterschied zwischen dem Geburtsverlauf und dem Immunokrit nachweisen. Jedoch ist eine Tendenz zu erkennen, dass mäßig schwere Geburten, bei denen manuelle Geburtshilfe durch eine Person nötig war, die höchsten Immunokrit-Mittelwerte aufweisen. Diese Tatsache ließe sich dadurch erklären, dass solche Kälber direkt nach der Geburt das Kolostrum in ausreichenden Mengen von der anwesenden Person erhalten haben.

Dagegen nehmen Kälber, die unbeobachtet in der Gruppe zur Welt kommen, das Kolostrum erst später bei der Kuh auf. Kälber, die nach einer Schweregeburt mit Hilfe durch mindestens 2 Personen zur Welt kamen, haben tendenziell die geringsten Immunokritwerte. Diese Kälber waren möglicherweise zu sehr geschwächt, um Kolostrum in ausreichenden Mengen aufnehmen zu können.

5.4 Zusammenfassende Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass sich die Immunokritmethode aufgrund der hohen Korrelation zu der Gesamteiweißkonzentration im Blutserum zur Prüfung der Kolostrumversorgung neugeborener Kälber eignet. Somit stimmen die Ergebnisse dieser Arbeit mit anderen Untersuchungen überein (Mortola et al. 2020; Thompson et al. 2017; Vallet et al. 2013).

Eine vergleichende Gegenüberstellung des Immunokrits und der Serum Gesamteiweißkonzentration hinsichtlich der untersuchten Blutparameter und anderer Einflussfaktoren ist in Tab. 49 dargestellt. Es hat sich gezeigt, dass die Tränketchnik, die Überlebensrate in den ersten 90 Lebenstagen, die Milchleistung, die Eisengabe und eine Impfung der Mutterkuh einen signifikanten Einfluss sowohl auf den Immunokrit als auch auf die Serum Gesamteiweißkonzentration haben. Weiterhin haben die aufgenommene Kolostrummenge innerhalb der ersten 24 Lebensstunden einen signifikanten Einfluss auf den Immunokrit und die Laktationszahl einen signifikanten Einfluss auf das Serum Gesamteiweiß.

Tab. 49: Vergleichende Gegenüberstellung zwischen Immunokrit und Serum Totalprotein

	Immunokrit	Serum Totalprotein
Blutparameter		
Immunokrit	/	p = 0,000; r = 0,888
Serum Totalprotein	p = 0,000; r = 0,888	/
Serum Albumin	p = 0,002; r = -0,126	p = 0,027; r = 0,086
Serum Globulin	p = 0,000; r = 0,910	p = 0,000; r = 0,956
Plasma Totalprotein	p = 0,000; r = 0,827	p = 0,000; r = 0,917
Plasma Albumin	p = 0,000; r = -0,180	p = 0,343; r = 0,018
Plasma Globulin	p = 0,000; r = 0,889	p = 0,000; r = 0,925
Einflussfaktoren		
Kolostrum 24h	p = 0,025	p = 0,170
Tränketeknik	p = 0,001	p = 0,047
Überlebensrate	p = 0,022	p = 0,013
Milchleistung	p = 0,014	p = 0,004
Laktationszahl	p = 0,084	p = 0,013
Eisengabe	p = 0,000	p = 0,004
Impfung Muttertier	p = 0,000	p = 0,003
Geburtsverlauf	p = 0,280	p = 0,109

Schlussfolgernd kann festgehalten werden, dass beide Parameter ähnliche Ergebnisse aufweisen und somit in ihrer Aussagekraft gleichwertig sind. Die Immunokritmethode ist jedoch aufgrund des höheren Arbeitsaufwandes der Gesamteiweißbestimmung mittels Refraktometrie als Feldmethode unterlegen.

6. Schlussfolgerungen

- Die mittels Immunokritmethode gemessenen Werte korrelieren stark mit dem Serum Gesamteiweiß und lassen somit eine zuverlässige Beurteilung der Kolostrumversorgung bei neugeborenen Kälbern zu.
- Die Immunokritwerte korrelieren ebenfalls sehr stark mit dem Serum Globulingehalt.
- Zwischen dem Immunokrit und der aufgenommenen Kolostrummenge innerhalb der ersten 24 Lebensstunden besteht ein signifikanter Zusammenhang.
- Die Tränketeknik hat einen Einfluss auf den Immunokrit. Die erhobenen Daten zeigen, dass gedrenchte Kälber signifikant höhere Werte haben als Kälber, die das Kolostrum bei der Kuh aufnehmen.
- Zwischen der Überlebensrate der Kälber und deren Immunokrit besteht ein signifikanter Zusammenhang. Kälber mit geringen Werten verenden signifikant häufiger als Kälber mit höheren Werten.
- Betriebe mit einer hohen Milchleistung (> 9900 kg) haben signifikant höhere Immunokritwerte als Betriebe mit geringeren Milchleistungen (< 8501 kg bzw. 8501-9250 kg).
- Es liegt ein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Immunokrits zwischen Kälbern mit und ohne Eisenversorgung vor. Kälber, denen Eisen supplementiert wurde, haben höhere Werte.
- Eine Schutzimpfung von Kühen in der Hochträchtigkeit bewirkt signifikant höhere Immunokritwerte bei deren Kälbern.
- Aufgrund des höheren Arbeitsaufwandes ist die Immunokritmethode als Feldmethode zur Prüfung der Kolostrumversorgung der Bestimmung des Gesamteiweißgehaltes mittels Refraktometrie unterlegen. Für die Praxis stellt diese Methode somit keine praktikable Alternative dar, zumal sie auch keinen Mehrwert liefert.

7. Zusammenfassung

Die postnatale Kälbergesundheit wird aufgrund des unvollständig ausgebildeten Immunsystems zum Zeitpunkt der Geburt in hohem Maße von der Kolostrumversorgung bestimmt. In zahlreichen Studien konnte gezeigt werden, dass Kälber mit einem Serum-IgG-Gehalt von unter 10 g/l in den ersten 24 bis 48 Lebensstunden eine höhere Morbiditäts- und Mortalitätsrate, geringere Tageszunahmen und schlechtere Leistungen aufweisen als gut versorgte Kälber. Diese unzureichende Versorgung wird auch als „failure of passive transfer“ (FPT) bezeichnet. Trotz dieser Erkenntnis zeigen aktuelle Untersuchungen, dass viele Kälber nicht adäquat versorgt sind. Eine regelmäßige Überprüfung des Kolostrummanagements empfiehlt sich somit für jeden Betrieb. Hierbei sollte nicht nur die Kolostrumqualität, sondern auch der IgG- bzw. der Gesamteiweißgehalt im Serum der Kälber geprüft werden. Ein Gesamteiweißgehalt von über 55 g/l in den ersten Lebenstagen kann hierfür als Richtwert herangezogen werden.

In der vorliegenden Studie sollte die Immunokritmethode als mögliches Verfahren zur Prüfung der Kolostrumversorgung bei Kälbern validiert werden. Dazu wurden im Zeitraum vom 06.08.2018 bis zum 21.02.2019 bei 500 Kälbern aus 50 Betrieben im Raum Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen der Immunokrit und als Referenzwert die Gesamtproteinkonzentration im Blutserum mittels Biuretreaktion im Labor bestimmt. Die erhobenen Daten weisen eine sehr hohe Korrelation zueinander auf ($r = 0,89$). Somit werden vorherige Studien bestätigt, in denen die Immunokritmethode bereits bei anderen Tierarten als geeignetes Verfahren zur Prüfung der Kolostrumversorgung beschrieben wird. Der hohe Arbeitsaufwand und ein fehlender Mehrwert machen dieses Verfahren für den praktischen Gebrauch jedoch wenig sinnvoll.

Als signifikante Einflussfaktoren auf den Immunokrit haben sich in dieser Studie die aufgenommene Kolostrummenge innerhalb der ersten 24 Lebensstunden, die Tränketeknik, die Milchleistung, die Eisenversorgung der Kälber und die Mutterschutzimpfung der Kühe erwiesen. Ebenfalls konnte beobachtet werden, dass die Überlebensrate bei Kälbern mit einem hohen Immunokrit höher ist als bei Kälbern mit einem niedrigen Immunokrit.

Die vorliegende Studie zeigt, dass die Kolostrumversorgung neugeborener Kälber von größter Bedeutung für deren Gesunderhaltung und spätere Lebensleistung ist. Es konnten signifikante Einflussfaktoren auf den Immunokrit ermittelt werden. Betriebe mit erhöhter Kälbermorbidity und -mortalität sollten diese Einflussfaktoren prüfen und so die eigene Kälberaufzucht optimieren.

8. Summary

Comparison of the immunocrit method with total protein determination in blood serum to assess the colostrum supply of newborn calves

The postnatal calf health is largely determined by the colostrum supply as they are born without a full working immune system. Many studies have shown how calves with insufficient colostrum supply (failure of passive transfer, FPT) suffer from higher morbidity and mortality, lower weight gain and worse performances altogether than those with good supply. Nonetheless, current studies show that many calves are not sufficiently supplied with colostrum. Therefore a frequent review of the colostrum management is highly recommended for every farm. This should not only include controls of colostrum quality but also determine the amount of immunoglobulin as well as the total protein in the calves' serum. As for the total protein, a value of 55 g/l is advised for the first days after the first colostrum intake.

The objective of this study was the validation of the immunocrit method as a possible way for controlling the calves' supply with colostrum. Therefore, 500 calves were tested in the time from August 6th 2018 to February 21st 2019, coming from 50 different farms in Lower Saxony and North Rhine Westphalia, Germany, determining their immunocrit and serum total protein as a reference, by using the biuret reaction. The collected data show a high correlation between the two values ($r = 0,89$), thus validating previous studies describing the immunocrit method as a suitable technique to examine the colostrum supply (Mortola et al. 2020; Vallet et al. 2013). However, the high effort and a missing added value make this method of little practical use.

In this study, the amount of colostrum ingested within the first 24 hours of life, the feeding technique, the milk yield, the maternal vaccination of the cows and the iron supply of the calves have shown to be significant influencing factors on the immunocrit. It was also shown that the survival rate of calves with a high immunocrit is higher than that of calves with a low rate.

The present study shows how the colostrum supply of newborn calves is significant for their further health and lifetime performance. Significant factors for the amount of immunocrit could be determined. Farms with high rates of morbidity and mortality in calves should prove these factors in order to optimize their calf rearing.

9. Literaturverzeichnis

- 1 Adams, G.D., Bush, L.J., Horner, J.L., Staley, T.E. (1985):
Two methods for administering colostrum to newborn calves.
Journal of Dairy Science 68(3): 773-775
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(85)80887-0
- 2 Adams, R., Garry, F. B., Aldridge, B. M., Holland, M. D., Odde, K. G (1993):
Physiological differences between twin and single born beef-calves in the 1st 2 days of life.
Cornell Veterinarian 83(1): 13-29
- 3 Ameri, M., Wilkerson, M. J. (2008):
Comparison of two commercial radial immunodiffusion assays for detection of bovine immunoglobulin G in newborn calves.
Journal of Veterinary Diagnostic Investigation 20(3): 333-336
doi: 10.1177/104063870802000312
- 4 Baintner, K. (2007):
Transmission of antibodies from mother to young: Evolutionary strategies in a proteolytic environment.
Veterinary Immunology and Immunopathology 117(3-4): 153-161
doi: 10.1016/j.vetimm.2007.03.001
- 5 Barrington, G. M., Besser, T. E., Davis, W. C., Gay, C. C., Reeves J. J., McFadden, T. B. (1997):
Expression of immunoglobulin G1 receptors by bovine mammary epithelial cells and mammary leukocytes.
Journal of Dairy Science 80(1): 86-93
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(97)75915-0
- 6 Barrington, G. M., McFadden, T. B., Huyler, M. T., Besser, T. E. (2001):
Regulation of colostrogenesis in cattle.
Livestock Production Science 70(1-2): 95-104
- 7 Beam, A. L., Lombard, J. E., Koprak, C. A., Garber, L. P., Winter, A. L., Hicks, J. A., Schlater, J. L. (2009):
Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on US dairy operations.
Journal of Dairy Science 92(8): 3973-3980
doi: 10.3168/jds.2009-2225

- 8 Bender, P. (2004):
Bestimmung von Immunglobulin G und Immunglobulin M im Serum neugeborener Kälber während der ersten zehn Lebenstage unter besonderer Berücksichtigung der Darmgesundheit der Probanden sowie im Kolostrum derer Mütter mittels zweier neuartiger ELISAs.
Inaugural-Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen
- 9 Bender, P., Bostedt, H. (2008):
Einfluss der IgG- und IgM-Serumkonzentration boviner Neonaten auf die Inzidenz gastroenteraler Erkrankungen während der ersten 10 Lebenstage.
Tierärztliche Praxis Ausgabe G Großtiere Nutztiere 36(2): 73-83
- 10 Bender, P., Bostedt, H. (2009):
Determination of IgG and IgM levels in sera of newborn calves until the 10th day of life by ELISA and description of their correlation to total plasma protein concentration and GGT activity.
Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 116(2): 44-52
- 11 Benesi, F. J., Lisboa, J. A. N., Leal, M. L. D., Shecaira, C. D., dos Santos, R. B. (2019):
Occurrence of anemia in Holstein calves in the first month after birth.
Semina-Ciencias Agrarias 40(3): 1139-1144
- 12 Besser, T. E., Gay, C. C., McGuire, T. C., Evermann, J. F. (1988):
Passive immunity to bovine rotavirus infection associated with transfer of serum antibody into the intestinal lumen.
Journal of Virology 62(7): 2238-2242
doi: 10.1128/JVI.62.7.2238-2242.1988
- 13 Besser, T. E., Gay, C. C., Pritchett, L. (1991):
Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves.
Journal of the American Veterinary Medical Association 198(3): 419-422
- 14 Bessi, R., Pauletti, P., d'Arce, R. D., Neto, R. M. (2002):
Colostrum antibodies absorption in calves. II. Distal small intestine study.
Revista Brasileira De Zootecnia
Brazilian Journal of Animal Science 31(6): 2314-2331
- 15 Bhardwaj, R. K., Randhawa, C. S., Randhawa, S. S. (2010):
Incidence of iron deficiency in crossbred cow calves reared on pucca floor.
Indian Journal of Animal Science 80(10): 1037-1040
- 16 Blum, J. W., Zuber, U. (1975):
Iron stores of liver, spleen and bone marrow, and serum iron concentration in female dairy cattle in relationship to age.
Research in Veterinary Science 18, 294

- 17 Boediker, R. (1991):
Die Bestimmung der GGT im Serum als Indikator für Kolostralmilchersorgung des Kalbes.
Tierärztliche Umschau 46(4): 190-194
- 18 Bomba, A., Sevcik, A., Poldauf, M. (1986):
Changes in erythrocytes, serum iron and serum copper in calves before and after weanings, with reference to anemia.
Veterinarstvi; 36: 227-229
- 19 Bostedt, H., Wagenseil, F., Garhammer, G.H. (1974):
Untersuchungen über den Eisen- und Kupfergehalt sowie das rote Blutbild des Rindes während der Gravidität und in der Zeit um die Geburt.
Zuchthygiene 1974; 9: 49-57
- 20 Bostedt, H., Jekel, E., Schraml, P. (1990):
Zur Entwicklung der Eisen- und Kupferkonzentration im Blutplasma von Kälbern in den ersten Lebenstagen und -wochen, gleichzeitig ein Beitrag zur larvierten neonatalen Eisenmangelanämie.
Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 1990; 97: 377-440
- 21 Bostedt, H. (2010):
Zum Status der Eisenversorgung beim Kalb – Möglichkeiten der Eisensubstitution.
Enke Verlag | Veterinär Spiegel 2010; 1
- 22 Boyd, J. W. (1972):
Relationship between serum immune globulin deficiency and disease in calves - farm survey.
Veterinary Record 90(23): 645-649
doi: 10.1136/vr.90.23.645
- 23 Boyd, J. W., Baker, J. R., Leyland, A. (1974):
Neonatal diarrhea in calves.
Veterinary Record 95(14): 310-313
- 24 Brandon, M. R., Watson, D. L., Lascelles, A. K. (1971):
The mechanism of transfer of immunoglobulin into mammary secretion of cows.
Austrian Journal of Experimental Biology and Medical Science 49(6): 613-623
doi: 10.1038/icb.1971.67
- 25 Braun, J. P., Tainturier, D., Laugier, C., Benard, P., Thouvenot, J. P., Rico, A. G. (1982):
Early variations of blood plasma gamma-glutamyl transferase in newborn calves - a test of colostrum intake.
Journal of Dairy Science 65(11): 2178-2181
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(82)82479-X

- 26 Braun, R. K., Tennant, B. C. (1983):
The relationship of serum gamma-globulin levels of assembled neonatal calves to mortality caused by enteric diseases.
Agri-Practice 4(5): 14-15
- 27 Brignole, T. J., Stott, G. H. (1980):
Effect of suckling followed by bottle feeding colostrum on immunoglobulin absorption and calf survival.
Journal of Dairy Science 63(3): 451-456
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(80)82952-3
- 28 Broughton, C. W., Lecce, J. G (1970):
Electron-microscopic studies of the jejunal epithelium from neonatal pigs fed different diets.
The Journal of Nutrition 100(4): 445-449
doi: 10.1093/jn/100.4.445
- 29 Buckley, J. D., Abbott, M. J., Brinkworth, G. D., Whyte, P. B. D. (2002):
Bovine colostrum supplementation during endurance running training improves recovery, but not performance.
Journal of Science and Medicine in Sport 5(2): 65-79
doi: 10.1016/s1440-2440(02)80028-7
- 30 Bünger, U., Kaphengst, P., Fiebig, U., Schonfelder, E., Jentsch, D., Ponge, J., Furcht, G. (1980):
Untersuchungen zur Anämie bei männlichen Aufzuchtkälbern; 4. Mitteilung:
Abhängigkeiten zwischen Geburtsmasse, Haltungsdauer und Lebendmassezuwachs im Kolostralkälber-bereich sowie rotem Blutbild im Tränkekälberbereich.
Archiv für Tierernährung 30(7-8): 611-631
doi: 10.1080/17450398009425649
- 31 Bünger U, Schlaefer, K. A., Graetsch, U. (1988):
Bekämpfung des Eisenmangels bei Kälbern sowie Auswirkung auf Pneumonie- bzw. Durchfallerkrankungen und Lebendmassezuwachs.
Monatshefte für Veterinärmedizin 1988; 42: 357-363
- 32 Bush, L. J., Aguilera, M. A., Adans, G. D., Jones, E. W. (1971):
Absorption of colostrum immunoglobulins by newborn dairy calves.
Journal of Dairy Science 54(10): 1547-1549
doi: 10.3168/jds.s0022-0302(71)86063-0
- 33 Bush, L. J., Staley, T. E. (1980):
Absorption of colostrum immunoglobulins in newborn calves.
Journal of Dairy Science 63(4): 672-680
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(80)82989-4

-
- 34 Butler, J.E. (1969):
Bovine immunoglobulins: a review.
Journal of Dairy Science 52: 1985-90
- 35 Butler, J.E. (1973):
Synthesis and distribution of immunoglobulins.
Journal of the American Veterinary Medical Association 163: 795-800
- 36 Butler, J. E. (1998):
Immunoglobulin diversity, B-cell and antibody repertoire development in large farm
Animal Feed Science and Technology 17(1): 43-70
doi: 10.20506/rst.17.1.1096
- 37 Carlsson, L. C., Westrom, B. R., Karlsson, B. W. (1980):
Intestinal absorption of proteins by the neonatal piglet fed on sow's colostrum with either
natural or experimentally eliminated trypsin-inhibiting activity.
Biology of the Neonate 38(5-6): 309-320
doi: 10.1159/000241381
- 38 Ceppi, A., Blum, J. W. (1994):
Effects of growth hormone on growth performance, haematology, metabolites and
hormones in iron-deficient veal calves.
Journal of Veterinary Medicine A 41, 443-448
doi: 10.1111/j.1439-0442.1994.tb00111.x.
- 39 Cervenak, J., Kacs Kovics, I. (2009):
The neonatal Fc receptor plays a crucial role in the metabolism of IgG in livestock
animals.
Veterinary Immunology and Immunopathology 128(1-3): 171-177
doi: 10.1016/j.vetimm.2008.10.300
- 40 Chelack, B. J., Morley, P. S., Haines, D. M. (1993):
Evaluation of methods for dehydration of bovine colostrum for total replacement of
normal colostrum in calves.
Canadian Veterinary Journal 34(7): 407-412
- 41 Chigerwe, M., Tyler, J. W., Schultz, L. G., Middleton, J. R., Steevens, B. J., Spain, J. N.
(2008):
Effect of colostrum administration by use of oesophageal intubation on serum IgG
concentrations in Holstein bull calves.
American Journal of Veterinary Research 69(9): 1158-1163
doi: 10.2460/ajvr.69.9.1158

- 42 Conneely, M., Berry, D. P., Sayers, R., Murphy, J. P., Lorenz, I., Doherty, M. L., Kennedy, E. (2013):
Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrum of dairy cows.
Animal 7(11): 1824-1832
doi: 10.1017/S1751731113001444
- 43 Crouch, C. F., Oliver, S., Hearle, D. C., Buckley, A., Chapman, A. J., Francis, M. J. (2000): Lactogenic immunity following vaccination of cattle with bovine coronavirus.
Vaccine 19(2-3): 189-196
doi: 10.1016/s0264-410x(00)00177-8
- 44 Cuttance, E. L., Mason, W. A., Denholm, K. S., Laven, R. A. (2017):
Comparison of diagnostic tests for determining the prevalence of failure of passive transfer in New Zealand dairy calves.
New Zealand Veterinary Journal 65(1): 6-13
doi: 10.1080/00480169.2016.1230525
- 45 Cuttance, E. L., Mason, W. A., Laven, R. A., McDermott, J., Phyn, C. V. C. (2017):
Prevalence and calf-level risk factors for failure of passive transfer in dairy calves in New Zealand.
New Zealand Veterinary Journal 65(6): 297-304
doi: 10.1080/00480169.2017.1361876
- 46 Dam, A. (1968):
Studies on gammaglobulin levels in sera of calves from herds with colisepticaemia as a problem and some investigations on content of specific antibodies in colostrum.
Nordisk Veterinaermedicin 20(9): 449-457
- 47 Deelen, S. M., Ollivett, T. L., Haines, D. M., Leslie, K. E. (2014):
Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves.
Journal of Dairy Science 97(6): 3838-3844
doi: 10.3168/jds.2014-7939
- 48 DeNise, S. K., Robison, J. D., Stott, G. H., Armstrong, D. V. (1989):
Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers.
Journal of Dairy Science 72(2): 552-554
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(89)79140-2
- 49 Devery, J. E., Davis, C. L., Larson, B. L. (1979):
Endogenous production of immunoglobulin IgG1 in newborn calves.
Journal of Dairy Science 62(11): 1814-1818
doi: 10.3168/jds.s0022-0302(79)83504-3

-
- 50 Dilov, P., Antonov, S. and Lalov, K. (1981):
Incidence of anemia in newborn calves.
Veterinarno Medecinski Nauki 18(10): 56-64
- 51 Donovan, G. A., Badinga, L., Collier, R. J., Wilcox, C. J., Braun, R. K. (1986):
Factors influencing passive transfer in dairy calves.
Journal of Dairy Science 69(3): 754-759
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(86)80464-7
- 52 Donovan, G. A., Dohoo, I. R., Montgomery, D. M., Bennett, F. L. (1998):
Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA.
Preventive Veterinary Medicine 34(1): 31-46
doi: 10.1016/s0167-5877(97)00060-3
- 53 Ducsay, C. A., Buhi, W. C., Bazer, F. W., Roberts, R. M., Combs, G. E. (1984):
Role of uteroferrin in placental iron transport: effect of maternal iron treatment on fetal iron and uteroferrin content and neonatal hemoglobin.
Journal of Animal Science 59, 1303-1308
- 54 Duncan, J. R., Wilkie, B. N., Hiestand, F., Winter, A. J. (1972):
The serum and secretory immunoglobulins of cattle: characterization and quantitation.
Journal of Immunology 108(4): 965-976
- 55 Elsohaby, I., McClure, J. T., Waite, L. A., Cameron, M., Heider, L. C., Keefe, G. P. (2019):
Using serum and plasma samples to assess failure of transfer of passive immunity in dairy calves.
Journal of Dairy Science 102:567-577
doi: 10.3168/jds.2018-15070
- 56 Erhard, M.H., Amon, P., Nüske, S., und Stangassinger, M. (1999a):
Studies on the systemic availability of maternal and endogeneously produced immunoglobulin G₁ and G₂ in newborn calves by using newly developed ELISA systems.
Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 81, 239-248
- 57 Erhard, M.H., Amon, P., Younan, M., Ali, Z. und Stangassinger, M. (1999b).
Absorption and synthesis of immunoglobulin G in newborn calves.
Reproduction in Domestic Animals 34, 173-175

- 58 Eger, M., Horn, J., Hussen, J., Schuberth, H. J., Scharf, M., Meyer, U., Danicke, S., Bostedt, H., Breves, G. (2017):
Effects of dietary CLA supplementation, parity and different concentrate levels before calving on immunoglobulin G1, G2 and M concentrations in dairy cows.
Research in Veterinary Science 114: 287-293
doi: 10.1016/j.rvsc.2017.05.026
- 59 Elsohaby, I., McClure, J. T., Keefe, G. P. (2015):
Evaluation of Digital and Optical Refractometers for Assessing Failure of Transfer of Passive Immunity in Dairy Calves.
Journal of Veterinary Internal Medicine 29(2): 721-726.
doi: 10.1111/jvim.12560
- 60 Fecteau, G., Arsenault, J., Pare, J., Van Metre, D. C., Holmberg, C. A., Smith, B. P. (2013):
Prediction of serum IgG concentration by indirect techniques with adjustment for age and clinical and laboratory covariates in critically ill newborn calves.
Canadian Journal of Veterinary Research 77(2): 89-94
- 61 Fetcher, A., Gay, C. C., McGuire, T. C., Barbee, D. D., Parish, S. M. (1983):
Regional distribution and variation of gamma-globulin absorption from the small intestine of the neonatal calf.
American Journal of Veterinary Research 44(11): 2149-2154
- 62 Filteau, V., Bouchard, E., Fecteau, G., Dutil, L., DuTremblay, D. (2003):
Health status and risk factors associated with failure of passive transfer of immunity in newborn beef calves in Quebec.
Canadian Veterinary Journal 44(11): 907-913
- 63 Fischer, A. J., Song, Y., He, Z., Haines, D. M., Guan, L. L., Steele, M. A. (2018):
Effect of delaying colostrum feeding on passive transfer and intestinal bacterial colonization in neonatal male Holstein calves.
Journal of Dairy Science 101(4): 3099-3109
doi: 10.3168/jds.2017-13397
- 64 Fleenor, W. A., Stott, G. H. (1980):
Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum.
Journal of Dairy Science 63(6): 973-977
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(80)83034-7
- 65 Franklin, S. T., Newman, M. C., Newman, K. E., Meek, K. I. (2005):
Immune parameters of dry cows fed mannan oligosaccharide and subsequent transfer of immunity to calves.
Journal of Dairy Science 88(2): 766-775
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72740-5

- 66 Furman-Fratczak, K., Rzasa, A., Stefaniak, T. (2011):
The influence of colostrum immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth.
Journal of Dairy Science 94(11): 5536-5543
doi: 10.3168/jds.2010-3253
- 67 Ganz, S., Bülte, M., Gajewski, Z., Wehrend, A. (2018):
Inhaltsstoffe des bovinen Kolostrums – eine Übersicht
Tierärztliche Praxis Ausgabe G Großtiere Nutztiere 2018; 46: 178-188
doi: 10.15653/TPG-180144
- 68 Gey, R. (2018):
Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Qualität und Menge des Erstkolostrums unter Verwendung verschiedener Feldmethoden.
Dissertation, Freie Universität Berlin
ISBN: 978-3-86387-888-7
- 69 Godden, S. (2008):
Colostrum management for dairy calves.
Veterinary Clinics in North America: Food Animal Practice 24(1): 19-39
doi: 10.1016/j.cvfa.2007.10.005
- 70 Godden, S. M., Smith, S., Feirtag, J. M., Green, L. R., Wells, S. J., Fetrow, J. P. (2003):
Effect of on-farm commercial batch pasteurization of colostrum on colostrum and serum immunoglobulin concentrations in dairy calves.
Journal of Dairy Science 86(4): 1503-1512
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73736-9
- 71 Gooneratne, S. R., Christensen, D. A. (1989):
A survey of maternal and fetal tissue zinc, iron, manganese and selenium concentrations in bovine.
Canadian Journal of Animal Science, 69, 151
- 72 Gränzer, W. (1986):
Die quantitative Bestimmung der Immunglobuline beim Rind: Definitionen, Methoden, Ergebnisse und Ergebnisevaluationen.
Tierärztliche Umschau 1986; 41: 824–834
- 73 Gründer, H.- D. (2006):
Innere Medizin und Chirurgie des Rindes, 5. Auflage © 2006 Parey in MVS
Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG, Kapitel 4.3.2 Unspezifisch bedingte Krankheiten des Blutes
- 74 Gürtler, H., Schweigert, F.J. (2000):
Physiologie der Haustiere. In W. v. Engelhardt und G. Brewes (Hrsg): Physiologie der Laktation. 1. Auflage. S. 590-593. Stuttgart: Verlag Enke

- 75 Gulinski, P., Niedzialek, G., Salamonczyk, E., Gorski, T. (2006):
Immunoglobulin content in colostrum of cows within select genetic and environmental factors.
Medycyna Weterynaryjna 62(3): 339-342
- 76 Guo, J., Li, F., He, Q., Jin, H., Liu, M., Li, S., Hu, S., Xiao, Y., Bi, D., Li, Z. (2016):
Neonatal Fc receptor-mediated IgG transport across porcine intestinal epithelial cells: potentially provide the mucosal protection.
DNA and Cell Biology 35(6): 301-309
doi: 10.1089/dna.2015.3165
- 77 Gutzwiller, A. (2002):
Effect of colostrum intake on diarrhoea incidence in new-born calves.
Schweizer Archiv für Tierheilkunde 144(2): 59-64
doi: 10.1024/0036-7281.144.2.59
- 78 Hampe, M., Wehrend, A. (2019):
Bestimmung der Immunglobulin-G-Versorgung beim neugeborenen Kalb
Tierärztliche Praxis Ausgabe G Großtiere Nutztiere 2019; 47(02): 97-109
doi: 10.1055/a-0858-4038
- 79 Heide, K., Schwick, H. G. (1978):
Salt fractionation of immunoglobulins.
Handbook of Experimental Immunology 3rd ed (Weir, D. M., ed), 4th ed. Oxford, England: Blackwell Scientific, 1978;25.9–25.18
- 80 Heindl, F. C. (2012):
Referenzwerte für das rote Blutbild und das Differentialblutbild neugeborener Kälber.
Inaugural-Dissertation, aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
- 81 Hernandez, D., Nydam, D. V., Godden, S. M., Bristol, L. S., Kryzer, A., Ranum, J., Schaefer, D. (2016):
Brix refractometry in serum as a measure of failure of passive transfer compared to measured immunoglobulin G and total protein by refractometry in serum from dairy calves.
The Veterinary Journal 211: 82-87
doi: 10.1016/j.tvjl.2015.11.004
- 82 Herr, M., Bostedt, H., Failing, K. (2011):
IgG and IgM levels in dairy cows during the periparturient period.
Theriogenology 75(2): 377-385
doi: 10.1016/j.theriogenology.2010.09.009

- 83 Hibbs, J. W., Gale, C., Conrad, H. R., Vandersall, J. H. (1963):
Occurrence of iron deficiency anemia in dairy calves at Birth and Its alleviation by iron dextran injection.
Journal of Dairy Sci 46(10): 1118-1124
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(63)89219-X
- 84 Hogan, I., Doherty, M., Fagan, J., Kennedy, E., Conneely, M., Brady, P., Ryan, C., Lorenz, I. (2015):
Comparison of rapid laboratory tests for failure of passive transfer in the bovine.
Irish Veterinary Journal 68(1): 18
doi: 10.1186/s13620-015-0047-0
- 85 Hogan, I., Doherty, M., Fagan, J., Kennedy, E., Conneely, M., Crowe, B., Lorenz, I. (2016). Optimisation of the zinc sulphate turbidity test for the determination of immune status.
Veterinary Record 178(7): 169
doi: 10.1136/vr.103401
- 86 Horn, J. (2013):
Konzentrationen der Immunglobuline IgG1, IgG2 und IgM im peripartalen Zeitraum bei Hochleistungsmilchkühen unter Berücksichtigung der Energiebilanz sowie der Fütterung mit konjugierten Linolsäuren.
Inaugural-Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- 87 Hosse, Y. (2012):
Vergleichende Untersuchungen zu den Auswirkungen einer acht- und einer vierwöchigen Trockenstehdauer auf die Eutergesundheit bei Milchkühen.
Inaugural-Dissertation, Tierklinik für Fortpflanzung-Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin 2012
- 88 Hudgens, K. A., Tyler, J. W., Besser, T. E., Krytenberg, D. S. (1996):
Optimizing performance of a qualitative zinc sulfate turbidity test for passive transfer of immunoglobulin G in calves.
American Journal of Veterinary Research 57(12): 1711-1713
- 89 Husband, A. J., Brandon, M. R., Lascelles, A. K. (1972):
Absorption and endogenous production of immunoglobulins in calves.
Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science 50(Aug): 491-498
doi: 10.1038/icb.1972.41
- 90 Husband, A. J., Lascelles, A. K. (1975):
Antibody-responses to neonatal immunization in calves.
Research of Veterinary Science 18(2): 201-207

- 91 Irwin, V. C. R. (1974):
Incidence of disease in colostrum deprived calves.
Veterinary Record 94(6): 105-106
doi: 10.1136/vr.94.6.105
- 92 Jaster, E. H. (2005):
Evaluation of quality, quantity, and timing of colostrum feeding on immunoglobulin G(1) absorption in Jersey calves.
Journal of Dairy Science 88(1): 296-302
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72687-4
- 93 Jezek, J., Staric, J., Nemec, M., Zadnik, T., Klinkon, M. (2009):
Relationship between blood haemoglobin and serum iron concentrations and heart girth in pre-weaned dairy calves.
Italian Journal of Animal Science 8: 151-153
doi: 10.4081/ijas.2009.s3.151
- 94 Jochims, K., Kaup, F. J., Drommer, W., Pickel, M. (1994):
An immunoelectron microscopic investigation of colostrum IgG absorption across the intestine of newborn calves.
Research of Veterinary Science 57(1): 75-80
doi: 10.1016/0034-5288(94)90085-x
- 95 Karl, M., Staufenbiel, R. (2016):
Einflussfaktoren auf die Erstkolostriummenge bei Holstein-Friesian-Kühen und deren Beziehungen zur postpartalen Kalziumkonzentration.
Tierärztliche Praxis Ausgabe G Großtiere Nutztiere 44(6): 345-354.
doi: 10.15653/TPG-150855
- 96 Karl, M., Staufenbiel, R. (2017):
Einflussfaktoren auf die Immunglobulinkonzentration im Erstkolostrium bei Holstein-Friesian-Milchkühen und deren Beziehung zur postpartalen Kalziumkonzentration im Blut und Kolostrum.
Tierärztliche Praxis Ausgabe G Großtiere Nutztiere 45(6)
doi: 10.15653/TPG-170382
- 97 Kaske, M., Kunz, H.-J. (2003):
Handbuch der Durchfallerkrankungen der Kälber.
Karlage Verlag, Osnabrück, 5
- 98 Kaske, M., Werner, A., Schuberth, H. J., Rehage, J., Kehler, W. (2005):
Colostrum management in calves: effects of drenching vs. bottle feeding.
Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl) 89(3-6): 151-157
doi: 10.1111/j.1439-0396.2005.00535

- 99 Kaske, M., Leister, T., Smolka, K., Andresen, U., Kunz, H. J., Kehler, W., Schuberth, H. J., Koch, A. (2009):
Die neonatale Diarrhoe des Kalbes – IV. Mitteilung:
Kälberdurchfall als Bestandsproblem: Die Bedeutung der Kolostrumversorgung.
Praktischer Tierarzt 90(8), 756-767
- 100 Kehoe SI, Heinrichs AJ, Moody ML, Jones CM, Long MR. (2011):
Comparison of immunoglobulin G concentrations in primiparous and multiparous bovine colostrum¹.
The Professional Animal Scientist 2011; 27 (3): 176–180
- 101 Kindlein, L., Pauletti, P., Bagaldo, A. R, Neto, R. M. (2008):
Ultrastructural characteristics of the intestinal mucosa of newborn calves fed in the second meal with colostrum enriched with IGF-I and IgG.
RBZ-Brazilian Journal of Animal Science 37(1): 122-128
doi: 10.1590/S1516-35982008000100018
- 102 Klaus, G. G., Bennett, A., Jones, E. W. (1969):
A quantitative study of the transfer of colostral immunoglobulins to the newborn calf.
Immunology 16(3): 293-299
- 103 Klingbeil, M. (2015):
Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Menge, Qualität und den Calciumgehalt des Erstkolostrums bei Holstein Friesian.
Berlin: Mensch und Buch Verlag. VII, 204 S
ISBN: 978-3-86387-601-2
- 104 Kolb, E., Seehawer, J. (2002):
A review of the significance of immunoglobulins, vitamins and of growth factors in bovine colostrum.
Tierärztliche Umschau 57(7): 348-354
- 105 Korhonen, H., Marnila, P., Gill, H. S. (2000):
Milk immunoglobulins and complement factors.
British Journal of Nutrition 84 Suppl 1: 75-80
doi: 10.1017/s0007114500002282
- 106 Kraft, W., Dürr, U. M. (2005):
Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin
Schattauer Verlag Stuttgart, S. 49-57
- 107 Kruse, P. E. (1983):
The Importance of Colostral Immunoglobulins and Their Absorption from the Intestine of the Newborn Animals.
Annales De Recherches Veterinaires 14(4): 349-353

- 108 Kruse, V. (1970):
Yield of colostrum and immunoglobulin in cattle at first milking after parturition.
Animal Production 12(Nov): 619-629
- 109 Labussiere, E., Berends, H., Gilbert, M. S., van den Borne, J. J., Gerrits, W. J. (2014):
Estimation of milk leakage into the rumen of milk-fed calves through an indirect and repeatable method.
Animal 8(10): 1643-1652
doi: 10.1017/S1751731114001670
- 110 Lack, P. (2006):
Bestimmung von Immunglobulin G und M im Serum neugeborener Kälber während der ersten zehn Lebenstage unter besonderer Berücksichtigung des Fütterungsregimes.
Inaugural-Dissertation med.vet., Universität Gießen
- 111 Larson, B. L., Heary, H. L., Devery, J. E. (1980):
Immunoglobulin production and transport by the mammary gland.
Journal of Dairy Science 63(4): 665-671
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(80)82988-2
- 112 Lateur-Rowet, H. J., Breukink, H. J. (1983):
The failure of the oesophageal groove reflex, when fluids are given with an oesophageal feeder to newborn and young calves.
Veterinary Quarterly 5(2): 68-74
doi: 10.1080/01652176.1983.9693874
- 113 Lawrence, K., Broerse, N., Hine, L., Yapura, J., Tulley, W. J. (2017):
Prevalence of failure of passive transfer of maternal antibodies in dairy calves in the Manawatu region of New Zealand.
New Zealand Veterinary Journal 65(1): 1-5
doi: 10.1080/00480169.2016.1224207
- 114 Lee, S. H., Jaekal, J., Bae, C. S, Chung, B. H., Yun, S. C., Gwak, M. J., Noh, G. J., Lee, D. H. (2008):
Enzyme-linked immunosorbent assay, single radial immunodiffusion, and indirect methods for the detection of failure of transfer of passive immunity in dairy calves.
Journal of Veterinary Internal Medicine 22(1): 212-218
doi: 10.1111/j.1939-1676.2007.0013.x
- 115 Lindmark Månsson H. (2000):
Bioactive proteins in bovine milk – studies on glutathione peroxidase, lactoferrin and immunoglobulins.
Swedish Dairy Association, Scheelevägen 18, SE-223 63 Lund, Sweden 2000

- 116 Lipp, K. (2005):
Feldstudie zur kolostralen Immunglobulin-Versorgung neugeborener Kälber in
Abhängigkeit von der Verweildauer beim Muttertier.
Inaugural-Dissertation, LMU München
- 117 Logan, E. F., Penhale, W. J. (1971):
Studies on the immunity of the calf to colibacillosis. I. The influence of colostrum whey
and immunoglobulin fractions on experimental colisepticaemia.
Veterinary Record 88(9): 222-228.
doi: 10.1136/vr.88.9.222
- 118 Logan, E. F., Penhale, W. J., Jones, R. A. (1973):
Changes in the serum immunoglobulin levels of colostrum-fed calves during the first 12
weeks postpartum.
Research in Veterinary Science 14(3): 394-397
- 119 Logan, E. F., McBeath, D. G., Lowman, B. G. (1974):
Quantitative studies on serum immunoglobulin levels in suckled calves from birth to five
weeks.
Veterinary Record 94(16): 367-370
doi: 10.1136/vr.94.16.367
- 120 Losand, B. (2010):
Auswirkungen einer verkürzten Trockensteherfütterung auf die Stoffwechsellage,
Energiebilanz, Abkalbeverhalten, Kolostrumqualität, Milchleistung und
Fruchtbarkeitsparameter von Milchkühen.
Forschungsbericht Mecklenburg-Vorpommern. Gut Dummerstorf GmbH, Leibniz-Institut
für Nutztierbiologie, Universität Gießen 2010; 33
- 121 Mancini, G., Carbonara, A. O., Heremans, J. F. (1965):
Immunochemical quantitation of antigens by single radial immunodiffusion.
Immunochemistry 2(3): 235-254
doi: 10.1016/0019-2791(65)90004-2
- 122 Mansfeld, R., Sauter-Louis, C., Martin, R. (2012):
Auswirkungen der Länge der Trockensteherzeit bei Milchkühen auf Leistung, Gesundheit,
Fruchtbarkeit und Kolostrumqualität.
Tierärztliche Praxis Ausgabe G Großtiere Nutztiere 40(4): 239-250
- 123 Marnila, P.; Korhonen, H. (2011):
Encyclopedia of dairy sciences. 2. Auflage. Kapitel: Milk. Colostrum. Academic Press,
Amsterdam, Fuquay, J.W. (Hrsg.), 591-597

- 124 Matte, J. J., Girard, C. L., Seoane, J. R., Brisson, G. J. (1982):
Absorption of colostral immunoglobulin G in the newborn dairy calf.
Journal of Dairy Science 65(9): 1765-1770
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(82)82414-4
- 125 McBeath, D. G., Penhale, W. J., Logan, E. F. (1971):
An examination of the influence of husbandry on the plasma immunoglobulin level of the newborn calf, using a rapid refractometer test for assessing immunoglobulin content.
Veterinary Record 88(11): 266-270
doi: 10.1136/vr.88.11.266
- 126 McEwan, A. D., Fisher, E. W., Selman, I. E. (1970a):
Observations on Immune Globulin Levels of Neonatal Calves and Their Relationship to Disease.
Journal of Comparative Pathology 80(2): 259-265
- 127 McEwan, A. D., Fisher, E. W., Selman, I. E., Penhale, W. J. (1970b):
A turbidity test for the estimation of immune globulin levels in neonatal calf serum.
Clinica Chimica Acta 27(1): 155-163
doi: 10.1016/0009-8981(70)90390-6
- 128 McGuire, T. C., Pfeiffer, N. E., Weikel, J. M., Bartsch, R. C. (1976):
Failure of colostral immunoglobulin transfer in calves dying from infectious disease.
Journal of American Veterinary Medical Association 169(7): 713-718
- 129 McGuirk, S. M., Collins, M. (2004):
Managing the production, storage, and delivery of colostrum.
Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice 20(3): 593-603
doi: 10.1016/j.cvfa.2004.06.005
- 130 McMorran, E.K. (2006):
Bundesweite Untersuchung zur kolostralen Versorgung von neugeborenen Kälbern.
Inaugural-Dissertatoin, LMU München
- 131 Miltenburg, G. A. J., Wensing, T., Van Vliet, J. P. M., Schuijt, G., Van de Broek, J., Breukink, H. J. (1991):
Blood hemoglobin, plasma iron and tissue iron in dams.
Journal of Dairy Science 74, 3086-3094
- 132 Mitruka, B., Rawnsky, H. (1981):
Clinical Biochemical and hematological Reference. Values in normal Experimental Animals and Normal Humans. 2nd Edn. Masson Publishing, USA, Inc. 1981; 230-231

- 133 Moosavian, H. R., Mohri, M., Seifi, H. A. (2010):
Effects of parenteral over-supplementation of vitamin A and iron on hematology, iron biochemistry, weight gain, and health of neonatal dairy calves.
Food and Chemical Toxicology 48(5): 1316-1320
doi: 10.1016/j.fct.2010.02.030
- 134 Morin, D. E., Nelson, S. V., Reid, E. D., Nagy, D. W., Dahl, G. E., Constable, P. D. (2010): Effect of colostrum volume, interval between calving and first milking, and photoperiod on colostrum IgG concentrations in dairy cows.
Journal of American Veterinary Medical Association 237(4): 420-428
doi: 10.2460/ javma.237.4.420
- 135 Morrill, K. M., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., Tyler, H. (2012):
Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States.
Journal of Dairy Science 95(7): 3997-4005
doi: 10.3168/jds.2011-5174
- 136 Mortola, E., Miceli G., Alarcon L., Azcurra M., Larsen, A. (2020):
Assessment of the immunocrit method to detect failure of passive immunity in newborn foals.
Equine Veterinary Journal 2020;52:760–764
doi: 10.1111/evj.13237
- 137 Myers, L. L. (1976):
Vaccination of cows with an *Escherichia coli* bacterin for the prevention of naturally occurring diarrheal disease in their calves.
American Journal of Veterinary Research 37(7): 831-834
- 138 Naylor, J. M., Kronfeld, D. S. (1977):
Refractometry as a measure of the immunoglobulin status of the newborn dairy calf: comparison with the zinc sulfate turbidity test and single radial immunodiffusion.
American Journal of Veterinary Research 38(9): 1331-1334
- 139 Nielsson, D. (2015):
Factors of importance for high vs low uptake of immunoglobulins from colostrum in calves.
Sveriges lantbruksuniversitet. Veterinärprogrammet (Examensarbete 2014:74)
- 140 Nocek, J. E., Braund, D. G., Warner, R. G. (1984):
Influence of neonatal colostrum administration, immunoglobulin, and continued feeding of colostrum on calf gain, health, and serum protein.
Journal of Dairy Science 67(2): 319-333
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(84)81305-3

- 141 Odde, K. G. (1988):
Survival of the neonatal calf.
Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice 4(3): 501-508
doi: 10.1016/s0749-0720(15)31027-6
- 142 Okabe, J., Tajima, S., Yamato, O., Inaba, M., Hagiwara, S., Maede, Y. (1996):
Hemoglobin types, erythrocyte membrane skeleton and plasma iron concentration in calves with poikilocytosis.
Journal of Veterinary Medical Science 58(7): 629-634
doi: 10.1292/jvms.58.629
- 143 Page, M. Thorpe, R. (1996):
Purification of IgG with sodium sulfate or ammonium sulfate.
In: Walker J, ed. The protein protocols handbook. Totowa, NJ: Humana Press Inc, 1996; 721–722
- 144 Pare, J., Thurmond, M. C., Gardner, I. A., Picanso, J. P. (1993):
Effect of birthweight, total protein, serum IgG and packed cell volume on risk of neonatal diarrhea in calves on two California dairies.
Canadian Journal of Veterinary Research 57(4): 241-246
- 145 Parish, S. M., Tyler, J. W., Besser, T. E. Gay, C. C., Krytenberg, D. (1997):
Prediction of serum IgG1 concentration in holstein calves using serum gamma glutamyltransferase activity.
Journal of Veterinary Internal Medicine 11(6): 344-347
doi: 10.1111/j.1939-1676.1997.tb00478.x
- 146 Perino, L. J., Sutherland, R. L., Woollen, N. E. (1993):
Serum gamma-glutamyltransferase activity and protein concentration at birth and after suckling in calves with adequate and inadequate passive transfer of immunoglobulin G.
American Journal of Veterinary Research 54(1): 56-59
- 147 Perino, L. J., Wittum, T. E., Ross, G. S. (1995):
Effects of various risk factors on plasma protein and serum immunoglobulin concentrations of calves at postpartum hours 10 and 24.
American Journal of Veterinary Research 56(9): 1144-1148
- 148 Peschke, M. (2017):
Untersuchungen zur Früherkennung von Kälberkrankheiten anhand des Nahrungsaufnahmeverhaltens und der Aktivität.
Dissertation, LMU München 2017
doi: 10.5282/edoc.21076

- 149 Peters, B. M., Krantz, S. A., Holtkamp, D. J., Wang, C., Pantoja, L. G. (2016):
Reference values for immunocrit ratios to assess maternal antibody uptake in 1-day-old piglets.
Journal of Swine Health and Production 24(1): 36-41
- 150 Phipps, A. J., Beggs, D. S., Murray, A. J., Mansell, P. D., Pyman, M. F. (2017):
Factors associated with colostrum immunoglobulin G concentration in northern-Victorian dairy cows.
Australian Veterinary Journal 95(7): 237-243
doi: 10.1111/avj.12601
- 151 Pickel, M., Beyer, C., Trautwein, G., Grunert, E. (1989):
Untersuchungen zur Immunglobulinversorgung des neugeborenen Kalbes mit dem Molkeeiweißpulver Colostrox®
Praktische Tierarzt 70(2): 29-36
- 152 Poborská, A., Záborský, L., Šoch, M., Havrodová, N. (2021):
Methods of feeding colostrum and their effect on the passive immunity.
Acta Veterinaria Brno 2021, 90: 21-25,
doi: 10.2754/avb202190010021
- 153 Pritchett, L. C., Gay, C. C., Besser, T. E., Hancock, D. D. (1991):
Management and production factors influencing immunoglobulin G₁ concentration in colostrum from holstein cows.
Journal of Dairy Science 74(7): 2336-2341
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78406-3
- 154 Quigley, J. D., Drewry, J. J. (1998):
Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and postcalving.
Journal of Dairy Science 81(10): 2779-2790
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75836-9
- 155 Quigley, J. D., Strohbehn, R. E., Kost, C. J., O'Brien, M. M (2001):
Formulation of colostrum supplements, colostrum replacers and acquisition of passive immunity in neonatal calves.
Journal of Dairy Science 84(9): 2059-2065
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74650-4
- 156 Quigley, J. D. (2002):
Passive immunity in newborn calves.
Advances in Dairy Technology, Vol 14 14: 273-292
- 157 Quigley, J. D., Kost, C. J., Wolfe, T. M. (2002):
Absorption of protein and IgG in calves fed a colostrum supplement or replacer.
Journal of Dairy Science 85(5): 1243-1248
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74188-X

- 158 Raboisson, D., Delor, F., Cahuzac, E., Gendre, C., Sans, P., Allaire, G. (2013):
Perinatal, neonatal, and rearing period mortality of dairy calves and replacement heifers
in France.
Journal of Dairy Science 96(5): 2913-2924
doi: 10.3168/jds.2012-6010
- 159 Raboisson, D., Trillat, P., Cahuzac, C. (2016):
Failure of Passive Immune Transfer in Calves: A Meta-Analysis on the Consequences
and Assessment of the Economic Impact.
PLOS One 11(3): e0150452
doi: 10.1371/journal.pone.0150452
- 160 Rajala, P., Castren, H. (1995):
Serum immunoglobulin concentrations and health of dairy calves in two management
systems from birth to 12 weeks of age.
Journal of Dairy Science 78(12): 2737-2744
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(95)76904-1
- 161 Ramin, A. G., Mortaz, E., Harighi, N. (2000):
The assessment of physiological responses of anemic cows to blood infusion.
Journal of Veterinary Research 2000; 55: 43-47
- 162 Ramin, A. G., Asri-Rezaei, S., Paya, K., Eftekhari, Z., Jelodary, M., Akbari, H.; Ramin,
S. (2012):
Evaluation of anemia in calves up to 4 months of age in Holstein Dairy herds.
Vetscan, v. 7, n. 1, p. 87-92, 2012
- 163 Reif, J., Gewessler, F., Wittek, T. (2019):
Untersuchung zur Eisenversorgung von weiblichen Aufzuchtälbern.
Wien Tierärztlicher Monat – Vet Med Austria 106, 195-202
- 164 Reinicke, A. (2006):
Vergleichende Fallbeschreibung zur kolostralen IgG-Versorgung neugeborener Kälber
in zwei südkalifornischen Milchbetrieben mit unterschiedlichen
Managementbedingungen.
Dissertation, LMU München
- 165 Renegar, R. H., Bazer, F. W., Roberts, R. M. (1982):
Placental transport and distribution of uteroferrin in the fetal pig.
Biology of Reproduction 27, 1247-1260
- 166 Rengifo, S. A., Silva, R. A., Botteon, R. C. C. M., Botteon, P. T. L. (2010):
Hemogram and auxiliary serum biochemistry in neonatal crossbred calves and disease
occurrence.
Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinaria E Zootecnia 62(4): 993-997
doi: 10.1590/S0102-09352010000400033

- 167 Rienhoff A., Kesting G., Meininghaus E., Thönnissen A., Hecker, O., Mergenthaler, M. und Boelhauve, M. (2017):
Analyse des Zusammenhangs von mikrobiologischer Kontamination des Kolostrums rinderhaltender Betriebe und deren Strukturdaten auf die Erkrankungshäufigkeit der Kälber.
Notizen aus der Forschung Nr. 73/2017. Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest
- 168 Robison, J. D., Stott, G. H., DeNise, S. K. (1988):
Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer.
Journal of Dairy Science 71(5): 1283-1287
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(88)79684-8
- 169 Rojas, R., Apodaca, G. (2002):
Immunoglobulin transport across polarized epithelial cells.
Nature Reviews Molecular Cell Biology 3(12): 944-955
doi: 10.1038/nrm972
- 170 Roy, J. H. B. (1990):
The calf: management of health
Verlag Butterworth, Boston, MA, Vol.I
- 171 Sasaki, M., Davis, C. L., Larson, B. L. (1976):
Production and turnover of IgG1 and IgG2 immunoglobulins in the bovine around parturition.
Journal of Dairy Science 59(12): 2046-2055
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(76)84486-4
- 172 Schäfer, S., Wesenauer, G., Arbeiter, K. (1998):
Der Immuntransfer beim vitalen neugeborenen Kalb.
Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 105: 153-7
- 173 Schlerka, G., Bucher, A. (2003):
Über den Verlauf der Gamma-Glutamyltransferase-Aktivität und des Gesamteiweißgehaltes im Blutserum von neugeborenen Kälbern.
Tierärztliche Umschau 58(3): 146-152
- 174 Schmidt, F. W., Kim, J. W., Derenbach, J., Langholz, H. J. (1982):
Kolostralimmunität und Aufzuchtleistung von Kälbern in der Mutterkuhhaltung
Tierärztliche Umschau 37(7): 485-488
- 175 Scholz H., Knutzen G., Fischer B., Wähner M. (2011):
Einflussfaktoren auf die Qualität der Kolostralmilch von Milchkühen.
Züchtungskunde 2011; 396-404

- 176 Selman, I. E., McEwan, A. D., Fisher, E. W. (1970):
Studies on natural suckling in cattle during the first eight hours post partum. II.
Behavioural studies (calves).
Animal Behaviour 18(2): 284-289
doi: 10.1016/s0003-3472(70)80039-2
- 177 Settlemire, C. T., Hibbs, J. W., Conrad, H. R. (1964):
Basal metabolic rate, pulse rate, respiration rate and certain organ weights in relation to
neonatal iron deficiency anemia in dairy calves.
Journal of Dairy Science 47(8): 875-878
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(64)88793-2
- 178 Shivley, C. B., Lombard, J. E., Urie, N. J., Haines, D. M., Sargent, R., Koprak, C. A.,
Earleywine, T. J., Olson, J. D., Garry, F. B. (2018):
Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with
colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves.
Journal of Dairy Science 101(10): 9185-9198
doi: 10.3168/jds.2017-14008
- 179 Smeaton, T. C., Simpson-Morgan, M. W. (1985):
Epithelial cell renewal and antibody transfer in the intestine of the foetal and neonatal
lamb.
Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science 63 (Pt 1): 41-51
doi: 10.1038/icb.1985.5
- 180 Sobiech, K. A., Wieczorek, E. (1981):
gamma-glutamyl transpeptidase activity in human colostrum.
Enzyme 26(3): 153-155
doi: 10.1159/000459165
- 181 Staley, T. E., Corley, L. D., Bush, L. J., Jones, E. W. (1972):
The ultrastructure of neonatal calf intestine and absorption of heterologous proteins.
The Anatomical Record 172(3): 559-579
doi: 10.1002/ar.1091720310
- 182 Staněk, S., Nejedlá, E., Fleischer, P., Pechová, A., Šlosárková, S. (2019):
Prevalence of failure of passive transfer of immunity in dairy calves in the Czech
Republic.
Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 67(1): 163–172
- 183 Staufenbiel, R. (2006):
Innere Medizin und Chirurgie des Rindes, 5. Auflage © 2006 Parey in MVS
Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG, Kapitel 4.3.5 Fütterungs-, mangel- oder
vergiftungsbedingte Krankheiten des Blutes

- 184 Staufenbiel, R. (2021):
Eisen: Mangel bei Kälbern – Überversorgung bei Kühen.
Milchpraxis 1/2021 (55 Jg.), ISSN0343-0200
- 185 Stefanska, B., Gasiorek, M., Nowak, W. (2021):
Short- and long-term effects of initial serum total protein, average starter feed intake during the last week of the preweaning period, and rearing body gain on primiparous dairy heifers' performance.
Journal of Dairy Science 104(2): 1645-1659
doi: 10.3168/jds.2020-18833
- 186 Steinhardt, M., Thielscher, H. (2004):
Wachstumsleistung und Anpassung von Saugkälbern aus der Mutterkuhhaltung mit einer unterschiedlichen Hämoglobinkonzentration des Blutes.
Archiv für Tierzucht, Dummerstorf 47 (5), 443-453
- 187 Stengel, K.-H. (1998):
IgG-Bestimmungen im Blutserum neugeborener Kälber in den ersten zehn Lebenstagen sowie im Kolostrum derer Mütter mittels eines neu entwickelten kompetitiven ELISA.
Inaugural-Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen
- 188 Stott, G. H., Marx, D. B., Menefee, B. E., Nightengale, G. T. (1979a):
Colostrum immunoglobulin transfer in calves I. Period of absorption.
Journal of Dairy Science 62(10): 1632-1638
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(79)83472-4
- 189 Stott, G. H., Marx, D. B., Menefee, B. E., Nightengale, G. T. (1979b):
Colostrum immunoglobulin transfer in calves II. The rate of absorption.
Journal of Dairy Science 62(11): 1766-1773
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(79)83495-5
- 190 Stott, G. H., Marx, D. B., Menefee, B. E., Nightengale, G. T. (1979c):
Colostrum immunoglobulin transfer in calves. III. Amount of absorption.
Journal of Dairy Science 62(12): 1902-1907
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(79)83521-3
- 191 Sutter, F., Rauch, E., Erhard, M., Sargent, R., Weber, C., Heuwieser, W., Borchardt, S. (2020):
Evaluation of different analytical methods to assess failure of passive transfer in neonatal calves.
Journal of Dairy Science 103:5387-5397
doi: 10.3168/jds.2019-17928
- 192 Tennant, B., Harrold, D., Reinaguerra, M., Kaneko, J. J. (1975):
Hematology of neonatal calf .3. Frequency of congenital iron-deficiency anemia.
Cornell Veterinarian 65(4): 542-556

- 193 Tennant, B., Baldwin, B. H., Braun, R. K., Norcross, N. L., Sandholm, M. (1979):
Use of glutaraldehyde coagulation test for detection of hypogammaglobulinemia in neonatal calves.
Journal of American Veterinary Medical Association 1979; 174: 848-853
- 194 Thompson, J. C., Pauli, J. V. (1981):
Colostrum transfer of gamma glutamyl transpeptidase in calves.
New Zealand Veterinary Journal 29(12): 223-226
doi: 10.1080/00480169.1981.34851
- 195 Thompson, K. A., Rayburn, M. C., Chigerwe, M. (2017):
Evaluation of the immunocrit method to detect failure of passively acquired immunity in dairy calves.
Journal of American Veterinary Medical Association 251(6): 702-705
doi: 10.2460/javma.251.6.702
- 196 Tyler, J. W., Hancock, D. D., Parish, S. M., Rea, D. E., Besser, T. E., Sanders, S. G., Wilson, L. K. (1996):
Evaluation of 3 assays for failure of passive transfer in calves.
Journal of Veterinary Internal Medicine 10(5): 304-307
doi: 10.1111/j.1939-1676.1996.tb02067.x
- 197 Tyler, J. W., Parish, S. M., Besser, T. E., Van Metre, D. C., Barrington, G. M., Middleton, J. R (1999):
Detection of low serum immunoglobulin concentrations in clinically ill calves.
Journal of Veterinary Internal Medicine 13(1): 40-43
- 198 Tzipori, S. (1981):
The aetiology and diagnosis of calf diarrhoea.
Veterinary Record 108(24): 510-515.
doi: 10.1136/vr.108.24.510
- 199 Vallet, J. L., Miles, J. R., Rempel, L. A. (2013):
A simple novel measure of passive transfer of maternal immunoglobulin is predictive of preweaning mortality in piglets.
Veterinary Journal 195(1): 91-97
doi: 10.1016/j.tvjl.2012.06.009
- 200 Vallet, J. L., Miles, J. R., Rempel, L. A., Nonneman, D. J., Lents, C. A. (2015):
Relationships between day one piglet serum immunoglobulin immunocrit and subsequent growth, puberty attainment, litter size, and lactation performance.
Journal of Animal Science 93(6): 2722-2729
doi: 10.2527/jas.2014-8535

- 201 Vasseur, E., Borderas, F., Cue, R. I., Lefebvre, D., Pellerin, D., Rushen, J., Wade, K. M., de Passille, A. M. (2010):
A survey of dairy calf management practices in Canada that affect animal welfare.
Journal of Dairy Science 93(3): 1307-1315
doi: 10.3168/jds.2009-2429
- 202 Virtala, A. M., Mechor, G. D., Grohn, Y. T., Erb, H. N. (1996):
The effect of calfhood diseases on growth of female dairy calves during the first 3 months of life in New York State.
Journal of Dairy Science 79(6): 1040-1049
doi: 10.3168/jds.S0022-0302(96)76457-3
- 203 Virtala, A. M., Grohn, Y. T., Mechor, G. D., Erb, H. N. (1999):
The effect of maternally derived immunoglobulin G on the risk of respiratory disease in heifers during the first 3 months of life.
Preventive Veterinary Medicine 39(1): 25-37
doi: 10.1016/s0167-5877(98)00140-8
- 204 Völker, H., Rotermund, L. (2000):
Möglichkeiten der oralen Eisensubstitution zur Aufrechterhaltung der Kälbergesundheit.
Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 107(1): 16-22
- 205 Watters, R. D., Guenther, J. N., Brickner, A. E., Rastani, R. R., Crump, P. M., Clark, P. W., Grummer, R. R. (2008):
Effects of dry period length on milk production and health of dairy cattle.
Journal of Dairy Science 91(7): 2595-2603
doi: 10.3168/jds.2007-0615
- 206 Weaver, D. M., Tyler, J. W., VanMetre, D. C., Hostetler, D. E., Barrington, G. M. (2000):
Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves.
Journal of Veterinary Internal Medicine 14(6): 569-577
doi: 10.1892/0891-6640(2000)014<0569:ptocii>2.3.co;2
- 207 Weichselbaum, T. E. (1946):
An accurate and rapid method for the determination of proteins in small amounts of blood serum and plasma.
American Journal of Clinical Pathology 10: 40-49
- 208 Weiss, D. J. (2010):
Iron and copper deficiencies and disorders of iron metabolism.
In: Weiss, D. J.; Wardrop, K. J. *Schalm's veterinary hematology*. 6th ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2010. cap. 26, p. 167-171
- 209 Wells, S. J., Dargatz, D. A., Ott, S. L. (1996):
Factors associated with mortality to 21 days of life in dairy heifers in the United States.
Preventive Veterinary Medicine 29(1): 9-19

- 210 Williams, M. R., Spooner, R. L., Thomas, L. H. (1975):
Quantitative studies on bovine immunoglobulins.
Veterinary Record 96(4): 81-84
doi: 10.1136/vr.96.4.81
- 211 Wilm, J., Costa, J. H. C., Neave, H. W., Weary, D. M., von Keyserlingk, M. A. G. (2018):
Technical note: Serum total protein and immunoglobulin G concentrations in neonatal
dairy calves over the first 10 days of age.
Journal of Dairy Science 101(7): 6430-6436
doi: 10.3168/jds.2017-13553
- 212 Woode, G. N., Jones, J., Bridger, J. (1975):
Levels of colostral antibodies against neonatal calf diarrhoea virus.
Veterinary Record 97(8): 148-149
doi: 10.1136/vr.97.8.148
- 213 Yang, M., Zou, Y., Wu, Z. H., Li, S. L., Cao, Z. J. (2015):
Colostrum quality affects immune system establishment and intestinal development of
neonatal calves.
Journal of Dairy Science 98(10): 7153-7163
doi: 10.3168/jds.2014-9238
- 214 Zakian, A., Nouri, M., Rasooli, A., Ghorbanpour, M., Constable, P. D., Mohammad-
Sadegh, M. (2018):
Evaluation of 5 methods for diagnosing failure of passive transfer in 160 Holstein
calves.
Veterinary Clinical Pathology 47(2): 275-283
doi: 10.1111/vcp.12603
- 215 Zanker, I. A., Hammon, H. M., Blum, J. W. (2001):
Activities of gamma-glutamyltransferase, alkaline phosphatase and aspartate-
aminotransferase in colostrum, milk and blood plasma of calves fed first colostrum at
0-2, 6-7, 12-13 and 24-25 h after birth.
Journal of Veterinary Medicine. A Physiology, Pathology, Clinical Medicine 48(3): 179-
185
doi: 10.1046/j.1439-0442.2001.00338.x
- 216 Zaremba, W. (1983):
Fütterungstechnik und ihre Bedeutung für den Gesundheitszustand neugeborener
Kälber unter besonderer Berücksichtigung der Diarrhoen.
Praktische Tierarzt 64(11): 977-992
- 217 Zaremba, W., Grunert, E., Heuwieser, W., Schiffner-Mehrens, H. (1984):
Untersuchungen über die Immunglobulinabsorption bei Kälbern nach Verabreichung
von Kolostrum per Schlundsonde im Vergleich zur freiwilligen Aufnahme.
Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 92(1): 18-20

10. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schematische Darstellung eines Mikrohämatokritröhrchens und eines Lineals zur Bestimmung des Immunokritwertes (Vallet et al. 2013)	19
Abb. 2: Häufigkeitsverteilung Hämoglobin	34
Abb. 3: Häufigkeitsverteilung Hämatokrit	35
Abb. 4: Häufigkeitsverteilung Serum Totalprotein	35
Abb. 5: Häufigkeitsverteilung Serum Albumin	36
Abb. 6: Häufigkeitsverteilung Serum Globulin	37
Abb. 7: Häufigkeitsverteilung Plasma Totalprotein	37
Abb. 8: Häufigkeitsverteilung Plasma Albumin	38
Abb. 9: Häufigkeitsverteilung Plasma Globulin	39
Abb. 10: Häufigkeitsverteilung Fibrinogen	40
Abb. 11: Häufigkeitsverteilung Immunokrit	40
Abb. 12: Häufigkeitsverteilung der aufgenommenen Kolostrummenge innerhalb der ersten 4 Lebensstunden	41
Abb. 13: Häufigkeitsverteilung der aufgenommenen Kolostrummenge innerhalb der ersten 24 Lebensstunden	42
Abb. 14: Häufigkeitsverteilung Geburtsdatum	44
Abb. 15: Häufigkeitsverteilung Betriebsgröße	46
Abb. 16: Häufigkeitsverteilung Milchleistung	49
Abb. 17: Häufigkeitsverteilung Remontierungsrate	49
Abb. 18: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Serum Totalprotein	53
Abb. 19: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Serum Albumin	54
Abb. 20: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Serum Globulin	55
Abb. 21: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Plasma Totalprotein	56
Abb. 22: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Plasma Albumin	57
Abb. 23: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Plasma Globulin	58

Abb. 24: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Fibrinogen	59
Abb. 25: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Hämoglobin	60
Abb. 26: Zusammenhang zwischen Immunokrit und Hämatokrit	61
Abb. 27: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Serum Albumin	62
Abb. 28: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Serum Globulin.....	63
Abb. 29: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Plasma Totalprotein.....	64
Abb. 30: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Plasma Albumin.....	65
Abb. 31: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Plasma Globulin	66
Abb. 32: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Fibrinogen.....	67
Abb. 33: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Hämoglobin	68
Abb. 34: Zusammenhang zwischen Serum Totalprotein und Hämatokrit	69
Abb. 35: Immunokrit und Kolostrumaufnahme in den ersten 4 Lebensstunden.....	71
Abb. 36: Immunokrit und Kolostrumaufnahme in den ersten 24 Lebensstunden.....	72
Abb. 37: Immunokrit und Tränketchnik.....	73
Abb. 38: Immunokrit bei überlebten und verendeten Kälbern	75
Abb. 39: Immunokrit und Geburtsverlauf.....	76
Abb. 40: Immunokrit und Betriebsgröße.....	78
Abb. 41: Immunokrit und Milchleistung	79
Abb. 42: Immunokrit und Eisengabe	80
Abb. 43: Immunokrit und Impfung des Muttertieres	81
Abb. 44: Serum Totalprotein und Kolostrumaufnahme in den ersten 4 Lebensstunden.....	82
Abb. 45: Serum Totalprotein und Kolostrumaufnahme in den ersten 24 Lebensstunden.....	83
Abb. 46: Serum Totalprotein (g/l) und Tränketchnik.....	84
Abb. 47: Serum Totalprotein und Geburtsverlauf.....	86
Abb. 48: Serum Totalprotein und Laktationszahl	87
Abb. 49: Serum Totalprotein und Milchleistung.....	89
Abb. 50: Serum Totalprotein und Eisengabe	90
Abb. 51: Serum Totalprotein und Impfung Muttertier	91

11. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Immunglobulinkonzentrationen in bovinem Kolostrum und maturer Milch.....	4
Tab. 2: Serum Totalproteingehalt und IgG-Konzentration zu verschiedenen Zeitpunkten (Wilm et al. 2018)	11
Tab. 3: Immunglobulingehalte im Plasma zu verschiedenen Zeitpunkten (Horn 2013).....	11
Tab. 4: Beurteilung der Immunglobulinversorgung (Furman-Fratczak et al. 2011, Weaver et al. 2000, Quigley und Drewry 1998)	12
Tab. 5: Beurteilung des Kolostrummanagements (McGuirk und Collins 2004).....	12
Tab. 6: Referenzwerte für das rote Blutbild bei adulten Rindern (Gründer 2006)	21
Tab. 7: Blutwerte von anämischen und gesunden Kälbern (Benesi et al. 2019).....	23
Tab. 8: Einteilung des Geburtsverlaufs	31
Tab. 9: Einteilung des Durchfalls.....	31
Tab. 10: Übersicht deskriptive Statistik	33
Tab. 11: Häufigkeitsverteilung der Tränketeknik	42
Tab. 12: Häufigkeitsverteilung des Geschlechts	43
Tab. 13: Häufigkeitsverteilung des Alters.....	43
Tab. 14: Häufigkeitsverteilung der Überlebensrate	44
Tab. 15: Häufigkeitsverteilung des Geburtsverlaufs.....	45
Tab. 16: Häufigkeitsverteilung der Laktationszahl.....	46
Tab. 17: Häufigkeitsverteilung der Trockenstehzeit	47
Tab. 18: Häufigkeitsverteilung der Tränkedauer	48
Tab. 19: Häufigkeitsverteilung der Zellzahl	50
Tab. 20: Häufigkeitsverteilung der Behandlungen	51
Tab. 21: Häufigkeitsverteilung der Verluste	52
Tab. 22: Einteilung der Gruppen nach der Kolostrumaufnahme in den ersten 4 Lebensstunden.....	70
Tab. 23: Übersicht Immunkrit in Abhängigkeit von der Kolostrumaufnahme in den ersten 4 Lebensstunden ($p = 0,094$)	70

Tab. 24: Einteilung der Gruppen nach Kolostrumaufnahme in den ersten 24 Lebensstunden.....	71
Tab. 25: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Kolostrumaufnahme in den ersten 24 Lebensstunden ($p = 0,025$)	72
Tab. 26: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Tränketeknik ($p = 0,001$).....	73
Tab. 27: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit vom Geschlecht ($p = 0,990$)	74
Tab. 28: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit vom Überleben ($p = 0,022$).....	74
Tab. 29: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit vom Geburtsverlauf ($p = 0,280$).....	75
Tab. 30: Einteilung der Gruppen nach Laktationszahl	76
Tab. 31: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Laktationszahl ($p = 0,084$)	77
Tab. 32: Einteilung der Gruppen nach Anzahl der Kühe.....	77
Tab. 33: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Betriebsgröße ($0,099$).....	77
Tab. 34: Einteilung der Gruppen nach Milchleistung.....	78
Tab. 35: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Milchleistung ($p = 0,014$)	79
Tab. 36: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Eisengabe ($p = 0,000$)	80
Tab. 37: Übersicht Immunokrit in Abhängigkeit von der Mutterschutzimpfung ($p = 0,000$)....	81
Tab. 38: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Kolostrumaufnahme in den ersten 4 Lebensstunden ($p = 0,286$)	82
Tab. 39: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Kolostrumaufnahme in den ersten 24 Lebensstunden ($p = 0,170$)	83
Tab. 40: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Tränketeknik ($p = 0,047$)..	84
Tab. 41: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit vom Geschlecht ($p = 0,638$).....	85
Tab. 42: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit vom Überleben ($p = 0,013$).....	85
Tab. 43: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit vom Geburtsverlauf ($p = 0,109$)	86
Tab. 44: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Laktationszahl ($p = 0,013$) .	87
Tab. 45: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Betriebsgröße ($p = 0,302$)..	88
Tab. 46: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Milchleistung ($p = 0,004$)....	89
Tab. 47: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Eisengabe ($p = 0,004$)	90

Tab. 48: Übersicht Serum Totalprotein in Abhängigkeit von der Mutterschutzimpfung (p = 0,003).....	91
Tab. 49: Vergleichende Gegenüberstellung zwischen Immunokrit und Serum Totalprotein..	98

12. Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Prof. Dr. R. Staufenbiel für die Überlassung des interessanten Themas sowie der stets freundlichen und konstruktiven Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Auch möchte ich mich herzlich bei Frau Jacqueline Baeumer aus dem Labor der Klinik für Kleintiere für die Unterstützung bei der Probenanalyse bedanken.

Den zahlreichen Landwirten und Betriebsleitern danke ich für die Hilfe bei der Probengewinnung und für die Beantwortung der Fragebögen.

Meiner Frau Katharina danke ich für die tägliche Unterstützung und für ihre Geduld in den arbeitsintensiven Jahren.

Von ganzem Herzen danke ich meinen Eltern, die mir stets zur Seite stehen und mir das Studium ermöglicht haben. Meiner Schwester Johanna danke ich für die Korrektur der Manuskripte und die schöne Zeit in Berlin während der Promotion. Meinem Bruder Eduard danke ich für die gesamte Unterstützung während der Schulzeit, des Studiums und im Praxisalltag.

13. Interessenskonflikte

Im Rahmen dieser Arbeit bestehen keine Interessenskonflikte durch Zuwendungen Dritter.

14. Selbstständigkeitserklärung

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

Dinklage, den 28.10.2022

Waldemar Debletz



9 783967 291926

mbvberlin mensch und buch verlag

49,90 Euro | ISBN: 978-3-96729-192-6