



MONIKA BLUME

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines

Dr. med. vet.

beim Fachbereich Veterinärmedizin

der Justus-Liebig-Universität Gießen

**KLINISCHE, LABORDIAGNOSTISCHE UND
SONOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN AN
KÄLBERN MIT NEONATALER DIARRHOE
SOWIE STUDIEN ZUM AUSGLEICH DER
METABOLISCHEN AZIDOSE DURCH
INFUSIONEN VON NATRIUMBICARBONAT-
LÖSUNGEN IN DIE OHRVENE**

édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2007

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2007

© 2007 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



VVB LAUFERSWEILER VERLAG
édition scientifique

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Aus der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere
mit Tierärztlicher Ambulanz der Justus-Liebig-Universität Gießen

Betreuer: Prof. Dr. A. Wehrend

**Klinische, labordiagnostische und sonographische
Untersuchungen an Kälbern mit neonataler Diarrhoe
sowie Studien zum Ausgleich der metabolischen Azidose
durch Infusionen von Natriumbikarbonat-Lösungen
in die Ohrvene**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines

Dr. med. vet.

beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Monika Blume

Tierärztin aus Hannover

Gießen 2007

Mit Genehmigung des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan: Prof. Dr. M. Reinacher

Gutachter: Prof. Dr. A. Wehrend
Prof. Dr. K. Doll

Tag der Disputation: 20. Juni 2007

Für meine Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Schrifttum	2
2.1	Definition des Krankheitsbildes	2
2.1.1	Klinische Symptomatik	2
2.1.2	Sekundärfolgen der Diarrhoe	3
2.1.2.1	Störungen des Flüssigkeitshaushaltes	3
2.1.2.2	Störungen des Säure-Basen-Haushaltes	7
2.1.2.3	Septikämischer Krankheitsverlauf	8
2.1.3	Ursachen der neonatalen Diarrhoe	9
2.1.3.1	Rota- und Coronaviren	11
2.1.3.2	Kryptosporidien	12
2.1.3.3	Escherichia coli (E. coli)	12
2.1.3.4	Nicht infektiöse Ursachen	14
2.2	Dauer und Verlauf	14
2.3	Bedeutung der Darmmotorik bei neonataler Diarrhoe	16
2.4	Therapie der neonatalen Diarrhoe	18
2.4.1	Tränketherapie	19
2.4.1.1	Milchtränke	19
2.4.1.2	Orale Rehydratation	20
2.4.2	Infusionstherapie	26
2.4.2.1	Intravenöse Rehydratation mit isotonen Lösungen	27
2.4.2.2	Intravenöse Infusion von hypertonen Lösungen	29
2.4.2.3	Intravenöse Infusionen zum Ausgleich einer metabolischen Azidose	31
2.4.2.4	Parenterale Ernährungstherapie	34
2.4.3	Antibiotika und nichtsteroidale Antiphlogistika	35
2.4.4	Weitere Medikamente zur Diarrhoetherapie	39
2.4.5	Spezifische Therapie der Kryptosporidiose	41
2.5	Prophylaxe-Maßnahmen	41

2.5.1	Kolostrumversorgung	42
2.5.2	Muttertierimpfungen	43
2.5.3	Passive und aktive Immunisierung der Kälber	44
3	Material und Methoden	46
3.1	Infusionsversuche mit Natriumbicarbonat-Lösungen bei Kälbern mit Diarrhoe und negativem Base-Excess	46
3.1.1	Probanden	46
3.1.1.1	Selektionskriterien	47
3.1.1.2	Gruppeneinteilung	47
3.1.2	Methodik	48
3.1.2.1	Klinische Untersuchung	48
3.1.2.2	Vorbereitung der Probanden	49
3.1.2.3	Versuchsablauf	50
3.1.2.4	Probenentnahme	51
3.1.2.5	Weitere klinische Beobachtungen	51
3.2	Sonographische Untersuchungen zur Darstellung der Dünndarmmotorik bei Kälbern mit und ohne Diarrhoe	52
3.2.1	Vorversuche	52
3.2.2	Probanden	53
3.2.2.1	Gruppenbildung und Selektionskriterien	53
3.2.3	Haltung und Fütterung	54
3.2.4	Material	55
3.2.5	Untersuchungsmethode und Datenerfassung	56
3.3	Retro- und prospektive Auswertung klinischer und labordiagnostischer Daten von Kälbern mit neonataler Diarrhoe	59
3.3.1	Selektionskriterien	59
3.3.1.1	Einschlusskriterien	59
3.3.1.2	Ausschlusskriterien	59
3.3.2	Material	60
3.3.2.1	Anamnestische und klinische Parameter	60

3.3.2.2	Erregerspektrum	61
3.3.2.3	Blutparameter	62
3.3.3	Gruppenbildung	62
3.3.4	Definitionen	62
3.3.5	Befundschlüssel	64
3.4	Labordiagnostische Methoden	67
3.4.1	Bestimmung der Säure-Basen-Parameter	67
3.4.2	Blutbild-Analyse	69
3.5	Datenerfassung	69
3.5.1	Statistische Auswertung der Daten	69
3.5.2	Angewandte statistische Verfahren	70
4	Ergebnisse	74
4.1	Infusionsversuche mit Natriumbikarbonat-Lösungen bei Kälbern mit Diarrhoe und negativem Base-Excess	74
4.1.1	Infusionsbedingungen	74
4.1.2	Ergebnisse der Blutuntersuchungen	76
4.1.2.1	Base-Excess und venöser pH-Wert	76
4.1.2.1.1	Weiterer Verlauf: Base-Excess	85
4.1.2.1.2	Weiterer Verlauf: venöser pH-Wert	87
4.1.2.2	Venöser Kohlendioxidpartialdruck und Hämatokrit	89
4.1.2.2.1	Weiterer Verlauf: Venöser Kohlendioxidpartialdruck	97
4.1.2.2.2	Weiterer Verlauf: Hämatokrit	99
4.1.2.3	Bikarbonationen- und L-Laktat-Konzentration	101
4.1.2.3.1	Weiterer Verlauf: Bikarbonationen-Konzentration	109
4.1.2.3.2	Weiterer Verlauf: L-Laktat-Konzentration	111
4.1.2.4	Natrium- und Chloridionen-Konzentration	113
4.1.2.4.1	Weiterer Verlauf: Natriumionen-Konzentration	121
4.1.2.4.2	Weiterer Verlauf: Chloridionen-Konzentration	123
4.1.2.5	Glukose- und Kaliumionen-Konzentration	125
4.1.2.5.1	Weiterer Verlauf: Glukose-Konzentration	133
4.1.2.5.2	Weiterer Verlauf: Kaliumionen-Konzentration	135

4.1.3	Weitere klinische Untersuchungen	137
4.1.4	Verbleib der Kälber	137
4.2	Sonographische Untersuchungen zur Darstellung der Dünndarmmotorik bei Kälbern mit und ohne Diarrhoe	138
4.2.1	Ergebnisse der Voruntersuchungen	138
4.2.2	Ergebnisse der Hauptuntersuchungen	139
4.2.2.1	Klinische Daten und labordiagnostische Befunde	139
4.2.2.2	Sonographische Befunde	140
4.2.2.2.1	Motilität des Dünndarms	140
4.2.2.2.2	Füllungszustand	143
4.2.2.2.3	Bewegungsintensität der Ingesta	146
4.2.2.2.4	Echogenität des Dünndarminhaltes	149
4.2.2.2.5	Wanddicke des Dünndarms	152
4.2.2.2.6	Durchmesser des Dünndarms	156
4.2.2.3	Auskultatorische Befunde	160
4.2.2.3.1	Anzahl isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche	160
4.2.2.3.2	Intensität isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche	165
4.3	Retro- und prospektive Auswertung klinischer und labordiagnostischer Daten von Kälbern mit neonataler Diarrhoe	170
4.3.1	Beschreibung des Gesamtkollektivs	170
4.3.1.1	Anzahl der Probanden	170
4.3.1.2	Jahreszeitlicher Verlauf	170
4.3.1.3	Geschlechterverteilung	171
4.3.1.4	Rasseverteilung	171
4.3.1.5	Erkrankungsalter	172
4.3.1.6	Erkrankungsdauer	174
4.3.1.7	Schicksal	174
4.3.1.8	Muttertiervakzination	176
4.3.1.9	Vorbehandlung	177
4.3.1.10	Kolostrumaufnahme	178
4.3.1.11	Geburtsverlauf	178
4.3.1.12	Erregernachweise	179

4.3.1.12.1	Gesamterregerspektrum	179
4.3.1.12.2	Kryptosporidien	181
4.3.1.12.3	Escherichia coli	183
4.3.1.12.4	Rotaviren	187
4.3.1.12.5	Coronaviren	189
4.3.1.12.6	Chlamydien	190
4.3.1.12.7	Nachweis von drei Durchfallerregern	191
4.3.1.13	Klinische Symptomatik	192
4.3.1.13.1	Aufnahmebefunde	192
4.3.1.13.1.1	Reflexausprägung	192
4.3.1.13.1.2	Körpertemperatur	198
4.3.1.13.1.3	Exsikkose	205
4.3.1.13.1.4	Kotbeschaffenheit	212
4.3.1.13.1.5	Stehvermögen	221
4.3.1.13.1.6	Begleiterkrankungen	227
4.3.1.13.1.7	Venöser pH-Wert	230
4.3.1.13.1.8	Base-Excess	237
4.3.1.13.1.9	Hämatokrit	245
4.3.1.13.2	Entwicklung der klinischen Befunde	253
4.3.1.13.2.1	Körpertemperatur	253
4.3.1.13.2.2	Exsikkose	259
4.3.1.13.2.3	Kotbeschaffenheit	261
4.3.2	Beschreibung der Infektionsgruppe	264
4.3.3	Beschreibung der Tiere aus Problembeständen	274
5	Diskussion	276
5.1	Diskussion der Fragestellungen	276
5.2	Infusionsversuche mit Natriumbikarbonat-Lösungen bei Kälbern mit Diarrhoe und negativem Base-Excess	277
5.2.1	Anmerkungen zur Methodik	277
5.2.2	Ergebnisse der Infusionsversuche	283
5.2.2.1	Ausgangsbedingungen	283
5.2.2.2	Entwicklung der Werte im Beobachtungszeitraum	285

5.3	Sonographische Untersuchungen zur Darstellung der Dünndarmmotorik bei Kälbern mit und ohne Diarrhoe	290
5.3.1	Anmerkungen zur Methodik	290
5.3.2	Gruppeneinteilung	291
5.3.3	Ergebnisse der sonographischen Untersuchungen	292
5.3.4	Ergebnisse der auskultatorischen Untersuchungen	297
5.3.5	Zusammenhänge zwischen sonographischen und labordiagnostischen Parametern	298
5.4	Retro- und prospektive Auswertung klinischer und labordiagnostischer Daten von Kälbern mit neonataler Diarrhoe	299
5.4.1	Anmerkungen zur Methodik	299
5.4.2	Allgemeine Angaben zur neonatalen Diarrhoe	300
5.4.3	Erregernachweis im Kot bei Kälbern mit Diarrhoe	306
5.4.4	Zusammenhänge zwischen ausgewählten Parametern	313
5.4.5	Beeinflussung der Letalität	322
5.4.6	Entwicklung der klinischen Befunde	325
5.4.7	Infektionsgruppe	328
5.4.8	Tiere aus Problembeständen	330
6	Zusammenfassung	331
7	Summary	335
8	Literaturverzeichnis	339
9	Anhang	361

Im Text verwendete Abkürzungen

BVD	= Bovine Virusdiarrhoe
C	= Celsius
CO ₂	= Kohlendioxid
cm	= Zentimeter
d	= Tag
DFV	= Deutsches Fleckvieh
DRB	= Deutsch Holstein Rotbunt
DSB	= Deutsch Holstein Schwarzbunt
E. coli	= Escherichia coli
EDTA	= Ethylenediaminetetraacetic Acid
EHEC	= enterohämorrhagische Escherichia coli
EPEC	= enteropathogene Escherichia coli
et al.	= et alii
ETEC	= enterotoxische Escherichia coli
F	= Fimbrien
g	= Gramm
h	= Stunde
HCO ₃ ⁻	= Bikarbonationen
kg	= Kilogramm
KGGA	= Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit Tierärztlicher Ambulanz
KM	= Körpermasse
kPa	= Kilopascal
l	= Liter
LT	= hitzelabiles Enterotoxin
m	= männlich
Max.	= Maximalwert
mg	= Milligramm
min	= Minute
Min.	= Minimalwert
ml	= Milliliter
mm	= Millimeter

mmol	= Millimol
MW	= Mittelwert
n	= Stichprobenumfang
NaBic	= Natriumbikarbonat
NaCl	= Natriumchlorid
n.m.	= nicht messbar
n.s.	= nicht signifikant
Nr.	= Nummer
p	= Wahrscheinlichkeit
r	= Korrelationskoeffizient
r_s	= Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman
RNA	= Ribonukleinsäure
s	= Standardabweichung
sp.	= Spezies
ST	= hitzestabiles Enterotoxin
V	= Verteilungsraumfaktor
w	= weiblich

1 Einleitung

Die neonatale Diarrhoe gilt unverändert als die häufigste Erkrankung und bedeutendste Todesursache in der Kälberaufzucht. Als Auslöser der neonatalen Diarrhoe gelten Wechselwirkungen zwischen Infektionserregern sowie Haltungs- und Fütterungsfehlern. Trotz intensivster Forschung im Bereich der Buiatrik in den letzten Jahrzehnten ist die Bedeutung der Erkrankung unter Praxisbedingungen nach wie vor hoch. Aus diesem Anlass liegen dieser Arbeit drei Aufgabenstellungen zu Grunde:

1. Wie wirkt sich die Bolusapplikation einer 8,4 %igen Natriumbikarbonat-Lösung im Vergleich zu einer nach gleichem Verfahren verabreichten Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Mischungsverhältnis 1 : 1) auf ausgewählte Blutparameter von Kälbern mit neonataler Diarrhoe und gleichzeitiger metabolischer Azidose aus, wenn die Puffersubstanz über eine Ohrvene verabreicht wird?

Hintergrund der Fragestellung bildet die Tatsache, dass unter Praxisbedingungen bei Kälbern mit Neugeborenendurchfall die handelsübliche 8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung häufig unverdünnt appliziert wird. In der Literatur wurde dabei bisher vor allem die intravenöse Verabreichung über die Jugularvenen detaillierter untersucht.

2. Welche Bedeutung hat die Dünndarmmotorik im Rahmen der neonatalen Kälberdiarrhoe?

Den Hintergrund dieser Fragestellung bildet die in der Literatur widersprüchlich diskutierte Bedeutung der Dünndarmmotorik im Rahmen des Neugeborenendurchfalls. Zur Beantwortung wurden verschiedene sonographisch zu erfassenden Parameter der Dünndarmaktivität gesunder und erkrankter Tiere gleicher Alterstufen vergleichend dargestellt.

3. Im Rahmen einer Auswertung von Daten betroffener Kälber sollten verschiedene klinische und labordiagnostische Informationen erhoben werden, um deren Bedeutung für den Krankheitsverlauf zu analysieren.

2 Schrifttum

2.1 Definition des Krankheitsbildes

Eine Diarrhoe ist als Störung der Darmfunktion definiert, bei welcher der Anteil der Trockensubstanz des abgesetzten Kotes unter 20 - 15 % vermindert und der Flüssigkeitsanteil auf über 80 % erhöht ist (DIRKSEN, 2002). Dabei kommt es zur gestörten Absorption von Wasser und Elektrolyten und zur vermehrten Abgabe von Salzen und Flüssigkeiten über den Kot (FAYET et al., 1990).

Zum Komplex der Neugeborenenendiarrhoe beim Kalb zählen BERCHTOLD et al. (1990) Durchfälle in den ersten zehn Lebenstagen, während DOLL (2002) und RADEMACHER et al. (2002) die Altersabgrenzung etwas weiter fassen und die Neugeborenenendiarrhoe als häufig bestandsweise auftretende, akute Durchfallerkrankung bei Kälbern in den ersten zwei bis drei Lebenswochen definieren. Die pathologischen Veränderungen betreffen dabei vorwiegend den Dünndarm (HARTMANN, 2002).

2.1.1 Klinische Symptomatik

Neben der charakteristischen dünnbreiigen, suppigen oder wässrigen Kotkonsistenz zeigen betroffene Kälber je nach Schwere und Dauer der Erkrankung ein gestörtes Allgemeinbefinden, eine reduzierte oder sistierende Tränkeaufnahme, Festliegen mit kalten Akren, Untertemperatur, blasse bis zyanotische Schleimhäute, einen verminderten Hautturgor und tief liegende Bulbi. Die meisten dieser Symptome sind Folgen einer progressiven Exsikkose und metabolischen Azidose (KASKE, 1994; RADEMACHER et al., 2002). Die Atmung der Kälber mit Diarrhoe ist zumeist vertieft und frequent, ohne dass eine Erkrankung der Atemwege vorliegt. Dies ist durch respiratorische Kompensationsvorgänge zur Korrektur der metabolischen Azidose bedingt, in deren Verlauf es zu einer verstärkten Ventilation der Lunge mit erhöhter CO₂-Abatmung kommt (HARTMANN, 1989; ŞAHAL et al., 1993; BERCHTOLD et al., 2000).

Die Menge des täglich abgesetzten Kotes beträgt bei leichteren Diarrhoeformen bis zu 1000 g, während bei hochgradiger profuser Diarrhoe Tageskotmengen von mehr

als 4000 g ausgeschieden werden, was ein massives Flüssigkeitsdefizit von etwa 10 - 18 % der Körpermasse bedingt. Die Farbe des abgesetzten Kotes wechselt dabei häufig von hellgelb bis grau mit schleimigen Beimengungen bei leichtem Durchfall zu grünlichen Tönen bei wässriger Konsistenz, da durch eine verkürzte Passagezeit und eine häufig in ihrer Funktion eingeschränkte Darmflora der Gallenfarbstoff Biliverdin unverändert ausgeschieden wird. Dagegen entsprechen deutlich sichtbare Blutspuren nicht dem typischen klinischen Bild der Kälberdiarrhoe (DOLL, 2002).

2.1.2 Sekundärfolgen der Diarrhoe

Neben dem charakteristischen Symptom des „Durchfalls“ treten bei der neonatalen Diarrhoe zahlreiche Sekundärfolgen auf. Besondere Aufmerksamkeit verlangen die im Laufe der Erkrankung zunehmende Dehydratation und die Störungen des Säuren-Basen-Haushaltes in Form einer metabolischen Azidose.

2.1.2.1 Störungen des Flüssigkeitshaushaltes

Ursache vieler pathophysiologischer Veränderungen im Rahmen einer Diarrhoe sind die massiven fäkalen Elektrolyt- und Flüssigkeitsverluste, die zu einer progressiven Dehydratation des Organismus führen (KASKE, 1993). Schwer erkrankte Kälber verlieren pro Tag bis zu sieben Liter Wasser über die Fäzes, was einem Flüssigkeitsverlust von über 10 % des Körpergewichts pro Tag entspricht (DOLL, 1992). Zusätzlich verstärkt eine häufig herabgesetzte oder komplett eingestellte Milchaufnahme einen bestehenden Dehydratationszustand. Da die meisten Kälber in der ersten Lebenswoche noch kein Wasser aufnehmen, sind sie abhängig von der Flüssigkeitszufuhr durch das Muttertier oder den Landwirt (CONSTABLE, 2002). So kommt bei der Therapie der neonatalen Diarrhoe der ausreichenden Versorgung mit Flüssigkeit eine wichtige Rolle zu. Sogar bei unveränderter Milchaufnahme ist mit einem zunehmenden Flüssigkeitsdefizit durchfallkranker Kälber zu rechnen (KASKE, 1994). Das Ausmaß der Dehydratation lässt sich anhand klinischer Symptome gut abschätzen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Abschätzen des Ausmaßes dehydratationsbedingter Körperwasserverluste anhand klinischer Symptome, modifiziert nach STÖBER und GRÜNDER (1990)

Flüssigkeitsverlust (in Prozent des Körpergewichts)	klinische Symptome
bis 5 %	keine Störungen, unauffällig, munter
bis 6 %	Hautturgor geringgradig reduziert, Mundschleimhaut pappig – klebrig
bis 8 %	Bulbi geringgradig eingesunken, Hautturgor mittelgradig herabgesetzt, Mundschleimhaut trocken, Stehvermögen noch erhalten
bis 10 %	Bulbi mittelgradig eingesunken, Hautturgor hochgradig reduziert, Flotzmaul und Mundschleimhaut kalt, Stehvermögen beeinträchtigt oder Festliegen in Brustlage
bis 12 %	Festliegen in Seitenlage im Schock, Körper kalt, Schleimhäute zyanotisch, Vena jugularis nicht oder nur schlecht anstaubar
> 12 %	Tod

Im Rahmen einer Studie an experimentell dehydrierten gesunden Kälbern setzen CONSTABLE und Mitarbeiter (1998) die Ergebnisse der klinischen und labordiagnostischen Untersuchungen in Zusammenhang mit dem Ausmaß der induzierten Dehydratation. Aus diesen Erhebungen geht hervor, dass der Grad des Enophthalmus (Angabe in mm Distanz zwischen Bulbus und nasalem Lidrand) ($r = 0,94$), die Hautelastizität im Halsbereich ($r = 0,91$), die Konzentration des Gesamtproteins im Serum ($r = 0,84$) und der Hämatokrit ($r = 0,77$) am engsten mit dem Dehydratationsgrad korrelieren. Zwischen der Herzfrequenz, dem zentralen Venenpuls, der Körperinnentemperatur und dem jeweiligen Flüssigkeitsdefizit wird kein signifikanter Zusammenhang gefunden.

In den folgenden Gleichungen werden die Ergebnisse der Studie zur Errechnung des ungefähren Dehydratationsgrades wiedergegeben:

$$\text{Dehydratationsgrad [\%]} = 1,71 \times (\text{Enophthalmus [mm]}) + 0,38$$

$$\text{Dehydratationsgrad [\%]} = 1,77 \times (\text{Verstreichen der Hautfalte am Hals [s]}) - 3,16$$

$$\text{Dehydratationsgrad [\%]} = 5,46 \times (\text{Gesamteiweißkonzentration [g/l]}) - 31,5$$

Im Fall von chronisch an Durchfall erkrankten oder kachektischen Kälbern ist die Hautelastizität der aussagekräftigste klinische Parameter, da die Lage des Bulbus in der Orbita auch von der Menge des Körperfettes abhängt und somit bei diesen Tieren der Grad des Enophthalmus keinen geeigneten Indikator des Dehydratationsausmaßes darstellt (CONSTABLE, 2002).

Zusätzlich zu den klinischen Symptomen ist die Abschätzung des Exsikkosegrades über verschiedene Blutparameter möglich. Als präziseste Laborparameter zur Beurteilung einer Hypovolämie gelten Veränderungen der Plasmaprotein-Konzentration, da diese genauer mit dem Dehydratationsgrad korrelieren als Abweichungen beim Hämatokrit. Eine einmalige Messung der Gesamteiweiß-Konzentration ist zur Beurteilung des Dehydratationsgrades jedoch nur von eingeschränktem Nutzen, da sie durch die Menge der kolostralen Immunglobulinzufuhr und den Charakter von Entzündungsprozessen stark beeinflusst wird. Wiederholte Messungen sind sinnvoll, um das Ausmaß des Anstieges in der Plasmaprotein-Konzentration beurteilen zu können, jedoch für eine Anwendung in der Praxis in der Regel zu aufwendig (ROUSSEL u. KASARI, 1991; CONSTABLE, 2002). Meist kommt es als Folge einer Diarrhoe auch zu einer Erhöhung des Hämatokrits, doch sollten auch hier mehrere Messungen erfolgen, da der Hämatokrit bei jungen Kälbern stark variiert (ROUSSEL u. KASARI, 1991; NAPPERT, 2003; SCHEID, 2004). Zudem weisen viele Tiere in der ersten Lebenswoche einen pathologisch erniedrigten Hämatokrit aufgrund einer temporären Eisenmangelanämie auf, die in den meisten Fällen innerhalb der zweiten Lebenswoche ausgeglichen werden kann. Bei erkrankten Kälbern erfolgt der Ausgleich der Eisenmangelanämie jedoch verzögert (BOSTEDT et al., 1990). Insgesamt ist eine Abschätzung des Dehydratationsgrades anhand des Hämatokrits eher als unzuverlässig zu beurteilen (ROUSSEL u. KASARI, 1991; KASKE, 2002). Als geeigneter wird eine Beurteilung des Exsikkosegrades anhand eines Anstiegs

der Harnstoffkonzentration im Serum angesehen. Hochgradig an Durchfall erkrankte Kälber und in Abhängigkeit davon hochgradig exsikkotische Tiere weisen signifikant höhere Harnstoffkonzentrationen im Blut auf als Kälber mit leichter Exsikkose. Als eindeutiges Anzeichen einer Hämokonzentration werden Werte über 8 mmol/l angesehen. Stark erhöhte Harnstoffwerte sind als prognostisch ungünstig zu werten (KLEE et al., 1979; HARTMANN et al., 1987; MAACH et al., 1992; KASKE, 2002). Eine genaue Bestimmung des Dehydratationsgrades über eine Messung der Harndichte und Bewertung des Ausmaßes der Harnkonzentration ist nicht möglich. Allerdings lassen sich leichtere Volumenmangelzustände anhand einer Harndichte $\geq 1,014 \text{ g/cm}^3$ relativ sicher erkennen, während es beim Versuch, schwere Exsikkosezustände mit einer Erhöhung der Harndichte-Werte in Beziehung zu stellen, gehäuft zu falschpositiven und falschnegativen Resultaten kommt. Als Grenzwert gilt eine Harndichte von $1,026 \text{ g/cm}^3$. Wird dieser Wert überschritten, ist von einem ernstzunehmenden Flüssigkeitsdefizit auszugehen (DOLL u. BREITNER, 1990).

Die Hypovolämie als Folge der neonatalen Diarrhoe stellt eine funktionelle Störung des Flüssigkeitshaushaltes in Form eines primär extrazellulären Volumendefizites dar. Neben Resorptions- und Sekretionsstörungen kommt es zu einer 20- bis 40-fach gesteigerten Ausscheidung von Natrium, Chlorid und Wasser über den Kot (LEWIS u. PHILLIPS, 1972).

Eine Dehydratation kann isoton oder aufgrund von Änderungen in der Plasmaosmolarität hypoton oder hyperton auftreten (HARTMANN et al., 1983). Die Mehrzahl der Durchfallkälber weist eine isotone oder leicht hypotone Dehydratation auf (KASKE, 1994).

Bei der isotonen Dehydratation gehen Wasser und Elektrolyte im gleichen Verhältnis über die Fäzes verloren, so dass die Plasmaosmolarität bei steigendem Hämatokrit konstant bleibt. Werden im Rahmen der neonatalen Diarrhoe entstehende Natrium- und Chloridverluste mittels oraler Rehydratation in Form von Elektrolyttränken oder verstärkter Natriumretention in den Nieren kompensiert, bleibt die Plasmaosmolarität zunächst isoton. Reichen die Kompensationsmechanismen nicht mehr aus, geht die isotone Dehydratation in eine hypotone Dehydratation über.

Eine hypotone Dehydratation ist durch höhere Elektrolyt- als Flüssigkeitsverluste gekennzeichnet (HARTMANN et al., 1983). Die Hauptursache der hypotonen

Dehydratation im Rahmen des Kälberdurchfalls bildet vor allem der massive fäkale Natriumverlust. Da Natrium das quantitativ wichtigste Kation im extrazellulären Flüssigkeitskompartiment ist, sinkt bei einer Hyponatriämie die Osmolarität des Plasmas (WETTSTEIN et al., 1973).

Zu einer hypertonen Dehydratation kann es im Verlauf einer neonatalen Diarrhoe bei einer Kochsalzvergiftung, ausgelöst durch unzureichenden Zugang zu Wasser in Verbindung mit der Verabreichung konzentrierter oraler oder fehlerhaft angemischter Elektrolytlösungen, kommen (BERCHTOLD, 1999; CONSTABLE, 1999).

2.1.2.2 Störungen des Säure-Basen-Haushaltes

Bei einer metabolischen Azidose besteht ein Überschuss an nichtflüchtigen Säuren im Organismus, so dass die Puffersysteme des Körpers nicht in der Lage sind, den pH-Wert des Blutes im Normbereich zwischen 7,35 und 7,45 zu halten. Neben dem pH-Wert sinkt auch die Bikarbonationen-Konzentration (HCO_3^-) im Plasma unter den Referenzbereich von 23 – 29 mmol/l (KASARI, 1990; BERCHTOLD, 1998). KASARI und NAYLOR (1986) sprechen von einer ausgeprägten therapiebedürftigen Azidose bei einem pH-Wert $< 7,250$ und einer HCO_3^- -Konzentration von < 20 mmol/l. Die Kompensation einer Blutazidose erfolgt unter physiologischen Bedingungen über eine vermehrte Abatmung von Kohlendioxid (ANDRESEN u. ANDRESEN, 1986; BERCHTOLD, 1998). Die metabolische Azidose im Rahmen der neonatalen Diarrhoe entsteht vornehmlich durch enterale Bikarbonatverluste. Weiterhin wird die Entstehung einer metabolischen Azidose durch verschiedene andere Diarrhoefolgen, die zu einem erhöhten Betrag an nichtflüchtigen Säuren im Blut führen, begünstigt. So bilden vor allem Kälber, die älter als eine Woche sind, bei Malabsorption aufgrund einer vermehrten bakteriellen Fermentation von Laktose und Glukose in größerem Umfang kurzkettige Fettsäuren und Laktat im Dickdarm. Es kommt zu einer Anreicherung von D-Laktat im Blut (CONSTABLE, 2002; NAPPERT, 2003). Zudem gelten eine verminderte renale Protonenausscheidung und eine erhöhte anaerobe Glykolyse durch Minderperfusion und Hypoxie im peripheren Gewebe als Azidoseursachen (KASKE, 1994; HARTMANN et al., 1997). Im Gegensatz dazu, scheinen deutlich erhöhte Gallensäuremengen im Kot, bedingt durch eine Gallensäuren-Malabsorption bei Kälbern mit Neugeborenenendiarrhoe, das Durchfallgeschehen nicht direkt zu beeinflussen (DOLL et al., 1999).

Die Einschätzung des Ausmaßes einer metabolischen Azidose anhand einfacher klinischer Parameter bereitet Schwierigkeiten. Nur in wenigen Fällen besteht eine enge Korrelation zwischen klinischer Symptomatik und Azidosegrad (GROVE-WHITE u. WHITE, 1993). Die engsten Beziehungen zum Base-Excess (BE) fanden WENDEL et al. (2001) zum Verhalten ($r = 0,72$) und der Körperhaltung ($r = 0,63$). Sie stellen depressives Verhalten, eingeschränktes Stehvermögen, eine reduzierte Kiefer-, Zungen- und Schwanzspannung, erniedrigte Körperinnentemperatur, einen reduzierten Ohrabwehrreflex, abdominal betonte Atmung, reduzierte Körperoberflächentemperatur und einen reduzierten Saugreflex als wichtigste klinische Symptome bei einer Blutazidose in den Vordergrund. Nach GEISHAUSER und THÜNKER (1997b) kann neben dem Stehvermögen ($r_s = -0,64$) auch ein fehlender oder schwacher Saugreflex ($r_s = -0,70$) zur Abschätzung der Basenabweichung und damit zur Bestimmung des Ausmaßes der Azidose herangezogen werden. Ein von GROVE-WHITE und WHITE (1993) publizierter Zusammenhang zwischen dem Alter der erkrankten Tiere und dem Grad der Übersäuerung des Blutes wurde in den Studien von WENDEL et al. (2001) und GEISHAUSER und THÜNKER (1997a) nicht bestätigt. Doch auch NAYLOR (1989) beschreibt eine stärker ausgeprägte Azidose bei über acht Tage alten Kälbern mit Diarrhoe. Die Ursache dieser Beobachtung ist unbekannt, doch wird von einem Zusammenhang mit der Absorptionsfähigkeit von Wasser, Elektrolyten und Bikarbonat ausgegangen, die sich mit dem Alter verändert.

Sinkt der pH-Wert des Blutes unter 7 besteht unmittelbare Lebensgefahr (HERFEN u. BOSTEDT, 1999). Ebenso gefährdet sind Kälber mit gestörter respiratorischer Kompensation der metabolischen Azidose durch pathologische Störungen der Atmung, da es bei ihnen besonders rasch zum Absinken des systemischen pH-Wertes kommt. Eine wirksame Verabreichung von Pufferlösungen ist umgehend notwendig (HARTMANN et al., 1997).

2.1.2.3 Septikämischer Krankheitsverlauf

Einige Erreger von Durchfallerkrankungen (v. a. *Escherichia coli*-Stämme) sind in der Lage, eine akut verlaufende Sepsis zu verursachen (NOLL, 2003; MOKADY et al., 2005). Nach einer Studie von LOFSTEDT und Mitarbeitern (1999) nehmen 31 % der Durchfallerkrankungen bei Kälbern einen septikämischen Verlauf. Hiervon sind vor

allem hypo- und agammaglobinämische Kälber betroffen (KLEE, 1989). Auslöser sind bakterielle Endotoxine gramnegativer Spezies als Bestandteil der äußeren Zellmembran, die ihre Makrophagen schädigende Wirkung bei Übertritt in den Blutkreislauf entfalten können (KASKE, 1994). Der Übergang zwischen einer schweren Diarrhoe als Einzelorganerkrankung und einer septischen Erkrankung ist fließend und klinisch nicht zu erfassen (NOLL, 2003). Als wenig spezifische klinische Symptome einer akuten Sepsis treten rezidivierende Fieberschübe, eine progressive Verschlechterung des Allgemeinbefindens innerhalb von Minuten bis Stunden, Inappetenz, injizierte Episkleralgefäße und gräuliche Konjunktiven auf. Häufig kommt es trotz tierärztlicher Intervention innerhalb von 12 – 48 Stunden zum Versterben der Kälber (SELBITZ, 2002). In den Untersuchungen von NOLL (2003) lag die Letalität septisch erkrankter Kälber trotz optimaler Behandlungsbedingungen bei 84,2 %.

Eine gefürchtete Komplikation der Kälberdiarrhoe ist die protrahierte Septikämie. Die Barrierefunktion der Darmschleimhaut ist durch die dehydratationsbedingte Hypoperfusion des Gastrointestinaltraktes gestört. So wird bei Hypovolämie Bakterien aus dem Darm der Übertritt in die Portalgefäße erleichtert (KASKE, 1994). Die betroffenen Kälber entwickeln Polyarthritiden, Bronchopneumonien, zentralnervöse Störungen oder Endokarditiden (BERCHTOLD et al., 1990). Nach KLEE (1989) endet der Krankheitsverlauf auch in diesen Fällen meist tödlich, weshalb eine rechtzeitige und ausreichende Versorgung mit einwandfreiem Kolostrum zur Prophylaxe einer Sepsis unbedingt notwendig ist. KASKE (1994) geht hingegen davon aus, dass bei Kälbern mit Diarrhoe eher selten eine protrahierte Septikämie vorliegt, da sich der Allgemeinzustand schwerkranker Kälber nach intensiver Infusionstherapie häufig schnell bessert.

2.1.3 Ursachen der neonatalen Diarrhoe

Als Auslöser der neonatalen Diarrhoe spielen neben infektiösen auch nicht infektiöse Faktoren, zu denen vor allem Fütterungs- und Haltungsfehler zählen, eine Rolle (ALLEN u. WHITE, 1985; BAUMGARNTER, 1985; BALJER u. WIELER, 1989; KASKE, 1993; RADEMACHER et al., 2002). Nach DOLL et al. (1995) ist jedoch vor allem bei einer bestandsweise gehäuft auftretenden Kälberdiarrhoe von einer infektiösen Ursache auszugehen. Dabei handelt es sich meist um Infektionen mit

Rota- und Coronaviren, Kryptosporidien oder enterotoxischen *Escherichia coli* (TZIPORI, 1981; ALLEN u. WHITE, 1985; SNODGRASS, 1986; BALJER et al., 1987; OTTO et al., 1997; BERCHTOLD, 1999).

Als weitere mögliche virale Auslöser einer neonatalen Diarrhoe werden Astro-, Torocalici-, Parvo-, Adenoviren, Breda- und das BVD-Virus genannt (TZIPORI, 1981; SCHIRRMEIER, 1986; HERBST et al., 1987; BALJER u. WIELER, 1989; POHLENZ, 1990).

Seltenere bakterielle Ursachen der Kälberdiarrhoe sind Salmonellen-, *Campylobacter*-, *Clostridium*-Spezies und Bakterien der Gattungen *Chlamydomphila*. Eine Beteiligung von *Yersinia*-Spezies und *Bacillus cereus* am Komplex des Neugeborenenendurchfalls wird diskutiert (TZIPORI, 1981; NAGY et al., 1986; SNODGRASS et al., 1986; WRAY et al., 1987; SCHULZE, 1992; CONSTABLE, 2002; WIELER et al., 2002).

Nur wenige Autoren berichten neben den Kryptosporidien von weiteren praxisrelevanten parasitären Ursachen des neonatalen Kälberdurchfalls. Teilweise werden milde Kälberdurchfälle mit Infektionen durch *Giardien*-Spezies in Verbindung gebracht, zumeist verläuft die Infektion jedoch asymptomatisch (QUÍLEZ, 1996; HUETINK, 2001). Auch eine Beteiligung von *Eimerien*-Spezies und Helminthen (Magen-Darm-Strongyliden bzw. *Strongyloides papillosus*) am Durchfallgeschehen von Kälbern wird beschrieben. Jedoch kommt es bei diesen Erregern, trotz zum Teil hoher Prävalenz, nur sporadisch zu Durchfällen vor allem bei älteren Kälbern ab der zweiten Lebenswoche (STEINER et al., 1997; LENTZE et al. 1999).

In den meisten Fällen liegt der neonatalen Diarrhoe eine Mischinfektion mit mehreren Erregern im Zusammenwirken mit nicht infektiösen Ursachen zugrunde. Die neonatale Diarrhoe muss somit als multifaktorielle Erkrankung angesehen und behandelt werden (CONSTABLE, 2002; KASKE, 1993; BALJER et al., 1987; TZIPORI, 1981; NAGY et al., 1986; KLEE, 1989; REYNOLDS et al., 1987). Es ist nicht möglich, ausschließlich durch eine klinische Untersuchung oder eine makroskopische Kotbeurteilung auf die Durchfallursache der Kälber zu schließen. Soll das auslösende Agens ermittelt werden, ist eine virale, bakterielle und parasitologische Kotuntersuchung unerlässlich (BAUMGARTNER, 1985).

2.1.3.1 Rota- und Coronaviren

Die Infektion mit Rotaviren (doppelsträngige RNA-Viren der Familie Reoviridae, Genus Rotavirus) gilt heute als häufigste virale Durchfallursache bei Kälbern (REYNOLDS, 1986; BALJER et al., 1987; HERBST et al., 1987), wobei hauptsächlich Rotaviren der Serogruppe A mit den Subgruppen I und II, die sich wiederum in verschiedenen virulente Serotypen unterteilen lassen, beteiligt sind. Die Rolle der Serogruppe B ist noch nicht hinreichend geklärt (DOLL, 2002). Bei einer Infektion unter oder kurz nach der Geburt ist schon in den ersten Lebenstagen das Auftreten einer Diarrhoe möglich, vorwiegend sind jedoch Kälber im Alter von 5 – 14 Tagen betroffen (BAZELEY, 2003).

Durchfallgeschehen durch Coronaviren (einsträngige RNA-Viren der Familie Coronaviridae, Genus Coronavirus) treten beim Kalb ab der ersten Lebenswoche, im Alter von 5 bis 21 Tagen, auf (TORRES-MEDINA et al., 1985). In den ersten Lebenstagen bieten maternale Antikörper durch die rechtzeitige Verfütterung qualitativ hochwertigen Kolostrums den Kälbern Schutz vor einer Infektion (KAADEN, 2002).

Die Pathogenese der Durchfallerkrankungen durch Rotavirus- und Coronavirus-Infektionen verläuft im Wesentlichen gleich. Während sich jedoch die Rotaviren nach oraler Aufnahme und enzymatischer Aktivierung vornehmlich in den ausgereiften Enterozyten der apikalen Zottenbereiche des Dünndarms vermehren (BALJER u. WIELER, 1989), findet die Virusreplikation der Coronaviren sowohl im Dünndarm als auch im Kolon statt (TORRES-MEDINA et al., 1985). Im Gegensatz zur Rotavirusinfektion kann die Coronavirusreplikation auch das Kryptenepithel betreffen (SCHIRRMEIER, 1986). Durch die Vermehrung der Viren in den Enterozyten werden diese zerstört und in das Darmlumen abgegeben. Sie werden durch unreife, sezernierende Enterozyten aus den Lieberkühnschen Krypten ersetzt, was neben Maldigestion und Malabsorption als Folgen der Zottenatrophie zu einer Hypersekretion führt (BACHMANN, 1985; SCHARRER, 1986; SCHIRRMEIER, 1986; BALJER und WIELER, 1989). Die Läsionen betreffen stets nur Teile des Dünndarms, so dass bei Kälbern mit akuten Rota- bzw. Coronavirusinfektionen noch Bereiche mit resorptiver Kapazität erhalten bleiben (KASKE, 2002).

2.1.3.2 Kryptosporidien

Die Kryptosporidien gehören zur Gruppe der Kokzidien. Besonders der Spezies *Cryptosporidium parvum* kommt als häufigst auftretender Durchfallerreger beim Kalb und wichtiger Zoonoseerreger eine herausragende Bedeutung zu (GÖBEL, 1990; AURICH et al., 1990; LEFAY et al., 2001). Untersuchungen in verschiedenen Gebieten Deutschlands ergeben eine durchschnittliche Prävalenz der Kryptosporidiose bei jungen Kälbern zwischen 20 % und 30 % (JOACHIM et al., 2003). Durch Kryptosporidien ausgelöste Durchfälle werden bereits bei Kälbern ab dem zweiten Lebenstag, am häufigsten bei Tieren im Alter von 8 bis 14 Tagen, beobachtet (SIEBERT u. GRÜNDER, 1989; SANTÍN et al., 2004). Nach oraler Aufnahme der infektiösen Sporozysten kommt es zum Eindringen der exzystierten Sporozoiten in die Darmepithelzellen vorwiegend des Dünndarms, indem sie sich mit spezifischen Haftorganellen am Bürstensaum der Enterozyten festsetzen und die Mikrovilli mit der Parasitenpellikula verschmelzen, wodurch die Mikrovilli verdrängt und letztlich atrophisch werden (BALJER u. WIELER, 1989; TZIPORI u. WARD, 2002). Als Folge des Villuszellenuntergangs kommt es zu einer Störung der glukoseabhängigen Natrium- und Wasser-Absorption. Ausgehend von den Kryptozellen werden unreife, sezernierende Enterozyten nachgeschoben, wodurch es zusätzlich zu einer erhöhten Chloridsekretion ins Darmlumen kommt. Als Resultat ergibt sich das typische klinische Bild einer sekretorischen Diarrhoe. Nachdem der Villussum zerstört ist, erfolgt die weitere Entwicklung der Kryptosporidien bis zur neuen Sporozystengeneration, umgeben von einer parasitophoren Vakuole in den Darmepithelzellen (CLARK u. SEARS, 1996). Die intraepitheliale Lage der Kryptosporidien führt schließlich zu weiteren Epithelzelldefekten und einer Verstärkung des Krankheitsbildes (GÖBEL, 1990).

2.1.3.3 *Escherichia coli* (E. coli)

In der Reihe der darmpathogenen Bakterienstämme von *Escherichia coli* (gramnegatives Stäbchenbakterium, Familie: Enterobacteriaceae) spielen vor allem solche E.-coli-Stämme eine Rolle, die über bestimmte Virulenzfaktoren wie Adhäsionsfaktoren und die Fähigkeit zur Toxinbildung verfügen. So bilden

enterotoxische E.-coli-Stämme (ETEC) besonders in der ersten Lebenswoche die wichtigste bakterielle Ursache der neonatalen Kälberdiarrhoe (TZIPORI, 1981; ALLEN u. WHITE, 1985; RADEMACHER et al., 2002; KAPER, 2005). Von Bedeutung sind die ETEC-Stämme, die zur Produktion hitzestabilen Enterotoxins (ST) befähigt sind. Hitzelabiles Enterotoxin (LT) bildende ETEC-Stämme sind für die Pathogenese der neonatalen Kälberdiarrhoe von untergeordneter Bedeutung. Mit spezifischen Fimbrien (F) sind die ETEC-Bakterien in der Lage, sich an Rezeptoren der Dünndarmepithelzellen anzuheften und sich vor einer schnellen Elimination durch die Darmperistaltik zu schützen. Im Rahmen der Kälberdiarrhoe auftretende ETEC-Stämme verfügen vor allem über F 5- (alte Bezeichnung K 99) und/oder F 41-Fimbrien. Seltener treten zusätzlich F 6- und F 17-Fimbrien auf (BALJER et al., 1987; NAGY u. FEKETE, 1999). Die hitzestabilen Enterotoxine (ST-a; selten ST-b) der Bakterien haften an membranständigen Rezeptoren der Kryptenzellen im Dünndarm und aktivieren ein Guanulatzyklase-System, dessen Reaktionskaskade zu einer Verminderung der intestinalen Wasser- und Elektrolytaborption (Natrium und Chlorid) führt. Gleichzeitig verursachen die Enterotoxine an den Kryptenzellen eine Hypersekretion von Chlorid in das Darmlumen. Um die Elektroneutralität aufrecht zu halten, folgt eine parazelluläre Diffusion von Natrium. Es entsteht ein osmotischer Gradient, der einen massiven Wasserausstrom ins Darmlumen bedingt (NATARO u. KAPER, 1998; WIELER et al., 2002; NAGY u. FEKETE, 2005). Gleichzeitig kommt es über einen Chlorid-Bikarbonat-Austausch zu einer gesteigerten Abgabe von Bikarbonat ins Darmlumen (HARTMANN, 1981; SCHARRER, 1986; DOLL, 1992). Die resultierende Hypersekretion kann durch eine gesteigerte Resorption von Wasser und Elektrolyten im Kolon in Grenzen kompensiert werden. Wird die Resorptionskapazität des Dickdarms überschritten, entsteht eine sekretorische Diarrhoe (SCHARRER, 1986). Im Verlauf einer ETEC-Infektion werden die Darmepithelzellen nicht zerstört, so dass die Transportsysteme für Glukose und Aminosäuren in den Villuszellen weitgehend unbeeinflusst bleiben und Resorptionsprozesse auch bei erkrankten Tieren weiterhin stattfinden (NAGY u. FEKETE, 2005).

Enteropathogene E. coli (EPEC) verfügen zwar über Adhäsionsfaktoren und lösen bei diversen Tierarten Durchfall aus, scheinen jedoch als Auslöser der Kälberdiarrhoe eine untergeordnete Rolle zu spielen (JANKE et al., 1990). Die Bedeutung der Shiga-like-toxin produzierenden enterohämorrhagischen E. coli

(EHEC) ist im Rahmen des Kälberdurchfalls umstritten (ROUSSEL u. BRUMBAUGH, 1991; WIELER et al., 2002; NAYLOR et al., 2005).

Welche ätiologische Stellung nekrotischen E.-coli-Stämmen zukommt, bleibt Gegenstand der Forschung, doch ist ihre grundsätzliche Fähigkeit zur Auslösung einer Diarrhoe beim Kalb belegt (WIELER et al., 2002).

2.1.3.4 Nicht infektiöse Ursachen

In den meisten Fällen werden nicht infektiöse Diarrhöen durch Fehler im Haltungsmanagement oder bei der Fütterung ausgelöst. Zu den häufigsten nicht infektiösen Faktoren zählen die falsche Zusammensetzung und Qualität der Tränke sowie Fehler in der Tränketechnik. Dabei werden beispielsweise pro Fütterung zu große Mengen an Flüssigkeit oder Tränken mit zu hoher oder zu niedriger Temperatur verabreicht. Weitere Faktoren im Rahmen der Durchfallgenese sind plötzliche Tränkeumstellungen, Dosierungsfehler von Tränkeautomaten, falsche Konzentrationen oder ungenügende Auflösung von Milchaustauschern ebenso wie unregelmäßige Tränkezeiten (GRIESS, 1990; BAZELEY, 2003; KASKE u. KUNZ, 2003). Prädisponierend wirken außerdem eine unzureichende Versorgung mit Kolostrum, mangelnde Haltungs- und Tränkehygiene, Infektionen begünstigende Stallverhältnisse und resistenzmindernde Faktoren. Derart vorbelastete Kälber zeigen ein erhöhtes Risiko an infektionsbedingter neonataler Diarrhoe zu erkranken (MARSCHANG et al., 1978; DOLL et al., 1995; FRERKING, 1998).

2.2 Dauer und Verlauf

Verschiedene Autoren charakterisieren die neonatale Diarrhoe der Kälber durch die üblichen Durchfallerreger als, im unkomplizierten Fall, selbstlimitierende Erkrankung (ROUSSEL u. BRUMBAUGH, 1991). So geben GÖBEL (1990) und TZIPORI in Zusammenarbeit mit WARD (2002) für immunkompetente Kälber mit Kryptosporidiose eine Erkrankungsdauer von 7 bis 14 Tagen mit Entwicklung einer lebenslangen Immunität an. Kälberdurchfälle ausgelöst durch *Escherichia coli* oder Rota- bzw. Coronaviren bezeichnet KASKE (1994) als in der Regel selbstlimitierende Infektionen, da die während der Zellmauserung neu ausdifferenzierten

Darmepithelzellen gegenüber einer erneuten Infektion resistent sind. Auch BALJER und WIELER (1989) sowie KASARI und NAYLOR (1986) schildern Durchfallerkrankungen durch Monoinfektionen als milde Krankheitsverläufe mit einer Selbstheilung nach ein bis zwei Tagen. Nach SCHLERKA et al. (2002) hält eine neonatale Diarrhoe in der Regel trotz intensiver oraler und parenteraler Behandlung zwei bis vier Tage an. In den Untersuchungen von GIRNUS (2004) zeigen die Kälber zwei bis sechzehn Tage lang Symptome der neonatalen Diarrhoe, die durchschnittliche Dauer beträgt $5,1 \pm 2,9$ Tage.

Die Folgen einer schweren Diarrhoe sind über die eigentliche Erkrankung hinaus zu beobachten. Die Untersuchungen von BOSTEDT und Mitarbeitern (2000) weisen auf eine äußerst langwierige Rekonvaleszenz nach schweren Diarrhoe-Erkrankungen hin, wobei die Kälber nach anfänglichem Therapieerfolg verminderte Gewichtszunahmen, Wachstumshemmung, regionale Alopezie und oftmals ein intermittierendes Durchfallgeschehen zeigten. In der Studie wurden Kälber bis zum zehnten Tag nach Überwindung der Akutphase der Diarrhoe weiter untersucht und beobachtet. Die jungen Tiere zeigten sich nicht in der Lage, der extremen Belastung durch die Diarrhoe stabil zu begegnen und reagierten mit einer länger andauernden Elektrolythomöostasestörung (v. a. Natrium, Kalzium, Magnesium) und weiterhin erniedrigten Base-Excess-Werten, die sich in den genannten klinischen Zeichen widerspiegelten. Auch am zehnten Tag nach Beendigung der Therapie wurden bei allen Tieren fakultativ pathogene oder pathogene Erreger im Kot nachgewiesen.

Zu den möglichen Todesursachen der Kälber mit Diarrhoe zählt CONSTABLE (2002) die Septikämie, eine hochgradige Blutazidose, Hyperkaliämie, Hypothermie, eine anhaltende Unterernährung und die Hypoglykämie. Die hochgradige Dehydratation führt dagegen nicht zum Tod der Kälber, wohl aber ihre unmittelbaren Folgen. Von besonderer Bedeutung sind die resultierende metabolische Azidose und die Hyperkaliämie, da der übermäßige Übertritt von Kalium ins Blut Herzrhythmusstörungen mit tödlichem Ausgang zur Folge haben kann. Laut KASKE (1994) ist die Letalität bei Kälbern mit Diarrhoe in den ersten Lebenstagen wesentlich höher als bei älteren Tieren. Die jungen Tiere dehydrieren schneller und besitzen nur unzureichende Kompensationsmechanismen zum Ausgleich der Hypovolämie. Außerdem ist die Frequenz an klinisch dramatisch verlaufenden E.-coli-Infektionen in

den ersten Lebenstagen besonders hoch (TZIPORI, 1981). Die Angaben zur Letalität beim Neugeborenenendurchfall der Kälber reichen von 4,1 % in den Untersuchungen von GIRNUS (2004) bis zu 40 % bei HARTMANN und Mitarbeitern (1983). In der Studie von SCHLERKA et al. (2002) ergeben sich für verschiedene Untersuchungsjahre Letalitäten von 13,7 % bis 23,1 %, während in der Arbeit von SCHULTE-MÄRTER (2000) die Letalität der Kälber mit Diarrhoe lediglich 9,8 % beträgt. Die Angaben zum Anteil der an Diarrhoe gestorbenen Kälber an der Gesamtpopulation der geborenen Kälber divergieren in der Literatur von 1,95 % (GIRNUS, 2004) bis zu 40 % in einzelnen Problembeständen (DOLL et al., 1995). Durchschnittlich sterben in Deutschland laut MARSCHANG und Mitarbeiter (1978) 10 % der Kälberpopulation an neonataler Diarrhoe.

2.3 Bedeutung der Darmmotorik bei neonataler Diarrhoe

Störungen der Darmperistaltik mit einer verkürzten Passagezeit des Darminhaltes wurden früher als Hauptursache des Kälberdurchfalls betrachtet (MOON, 1978). Eine gestörte Darmmotorik ist jedoch keine Ursache einer Diarrhoe, sondern kann als Folge dieser auftreten (PETZINGER, 1984). Häufig wird bei der neonatalen Kälberdiarrhoe von spastischen Zuständen des Darms mit beschleunigter Passagezeit der Ingesta ausgegangen und diese als Konsequenz mit Parasympatholytika (Butylscopolamin) behandelt (STEGER u. SEEWALD, 1976). Nach NAYLOR (1999) spielen jedoch Flüssigkeitsverluste aufgrund einer gesteigerten Darmmotilität eine untergeordnete Rolle. Laut MOON (1978) und SCHARRER (1986) kommt es durch die gesteigerte Sekretion von Elektrolyten und den begleitenden Wassernachstrom in den Darm zu einer vermehrten Ansammlung von Flüssigkeit im Darmlumen und einer gesteigerten Dehnung der Darmwand, wodurch die Darmmotorik angeregt wird. Auch freigesetzten Bakterientoxinen wird eine motilitätssteigernde Wirkung zugesprochen. Die Tatsache, dass trotz der herausragenden Bedeutung der Durchfallerkrankungen beim Kalb kaum detaillierte Untersuchungen zur Darmmotorik im Rahmen der Kälberdiarrhoe existieren, veranlasste PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2002) zu einer sonographischen Studie am Darmkonvolut gesunder Kälber, um die Untersuchungsmethode zu evaluieren und Referenzwerte zu gewinnen. Sie bezeichnen die sonographische Untersuchung des Abdomens im Zusammenhang mit Darmerkrankungen als

wertvolle, zusätzliche diagnostische Möglichkeit zur Beurteilung des Darmkonvolutes.

Andere Autoren greifen auf Erkenntnisse humanmedizinischer Studien zurück (HARTMANN et al., 1981; KASKE, 1993; ROUSSEL u. BRUMBAUGH, 1991). So weisen ältere Untersuchungen von WALLER und MISIEWICZ (1972) anhand von elektromyographischen Aufzeichnungen beim Menschen darauf hin, dass sowohl die propulsive Peristaltik als auch die Ringkontraktionen im Kolon bei Diarrhoe sogar vermindert sind. Bei 14 Patienten mit Diarrhoe wurde vor und nach dem Frühstück der intraluminale Druck im Kolon per Analmanometrie gemessen. Ausgewertet wurden Anzahl sowie die Dauer der Kontraktionswellen, die Intensität der Ausschläge und die Gesamtaktivität. Ebenfalls am elektromyographischen Modell zeigten BUENO et al. (1980), dass die beobachteten Phänomene bei Diarrhoe wiederum nicht mit einer Abnahme der Darmmotilität im Dünndarm einhergehen. Fehlen jedoch die stationären Kontraktionen der Ringmuskulatur im Dickdarm oder sind sie stark vermindert, kann die normale oder auch herabgesetzte Längsperistaltik die Ingesta mit gesteigerter Geschwindigkeit durch das Kolon bewegen.

ROUSSEL und BRUMBAUGH (1991) vergleichen die Ergebnisse verschiedener elektromyographischer Motilitätsstudien an Dünndarmabschnitten und am Kolon von Menschen mit Diarrhoe. Während am Dünndarm vorwiegend Anzeichen einer gesteigerten Motilität beobachtet werden, weist das Kolon häufig die bereits erwähnte verminderte segmentale Peristaltik auf (WALLER u. MISIEWICZ, 1972; BUENO et al., 1980). Die Autoren sind der Auffassung, dass es nicht möglich ist, eine Grundaussage zu gesteigerter oder verminderter Darmmotilität für den gesamten Intestinaltrakt im Rahmen der Diarrhoe beim Menschen zu treffen. Um zu prüfen, ob eine Übertragung dieser Ergebnisse auf die neonatale Diarrhoe der Kälber möglich ist, wandten ROUSSEL et al. (1992) die elektromyographischen Untersuchungsmethoden bei Kälbern mit induzierter Diarrhoe an. Sie platzierten Elektroden im Jejunum und im Ileum der Tiere. Direkt nach der Fütterung wiesen die Kälber über zwei bis drei Stunden eine physiologisch gesteigerte Darmmotorik auf. Als Besonderheit traten in der Studie bei den Tieren mit induzierter Diarrhoe vermehrt Minutenrhythmen auf. Diese Minutenrhythmen sind im Rahmen der Elektromyographie definiert als sich ausbreitende Anhäufungen von drei bis zehn spitzen Ausschlägen mit darauf folgenden langsamen Wellen und anschließender Ruhezeit, die in Abständen von ein bis zwei Minuten auftreten. Obwohl dieses

Phänomen der Minutenrhythmen bei verschiedenen Spezies in Verbindung mit Diarrhoe beobachtet wird, ist ihre Bedeutung im Rahmen der Durchfallerkrankungen unklar (ATCHISON et al., 1978; READ, 1983). Insgesamt bestätigt die Untersuchung von ROUSSEL und Mitarbeitern (1992) die Aussagen der humanmedizinischen Untersuchungen über eine gesteigerte elektromyographische Aktivität im Dünndarm auch beim Kalb. Allerdings halten die Autoren als Ursache des Motilitätsmusters der auftretenden Minutenrhythmen durchaus auch eine vermehrte Dehnung der Darmwand für möglich. Unbestritten ist, dass eine gesteigerte Darmperistaltik die Symptome einer Diarrhoe verstärkt, da die Passagezeit der Ingesta verkürzt ist (PETZINGER, 1984). Abzugrenzen von einer unphysiologischen Darmmotilität bei infektiöser Diarrhoe ist eine Hypermotorik durch psychogene Stimuli bei vermehrter Stressbelastung, die zu einer beschleunigten Ingestapassage und mangelhaft eingedicktem Kot führen kann (DOLL, 2002).

2.4 Therapie der neonatalen Diarrhoe

Kälber mit akuter neonataler Diarrhoe befinden sich häufig in einer lebensbedrohlichen Situation. Die entscheidenden Therapiemaßnahmen bestehen dabei vor allem in der Bekämpfung der Sekundärfolgen unabhängig von der auslösenden Noxe (KASKE, 2002; RADEMACHER et al., 2002).

Als wichtigste Maßnahmen stehen im Vordergrund:

- Ersatz der Flüssigkeits- und Elektrolytverluste,
- Ausgleich der Blutzucker,
- Deckung des Nährstoff- und Energiebedarfes,

(PHILLIPS, 1985; ANDRESEN und ANDRESEN, 1986; KASARI u. NAYLOR, 1986; BOOTH u. NAYLOR, 1987; GLAWISCHNIG et al., 1990; RADEMACHER, 2002).

2.4.1 Tränketherapie

2.4.1.1 Milchtränke

Ein wichtiger Bestandteil der Diarrhoetherapie ist die Deckung des Nährstoff- und Energiebedarfes. So ist entgegen älteren Untersuchungen ein Milchentzug bei Kälbern mit Neugeborenenenddurchfall nicht nur nicht erforderlich, sondern sogar schädlich (DEISCHL, 1992; DOLL, 1992; NIEMEYER, 1992). Solange die erkrankten Kälber in der Lage sind, selbstständig Tränke aufzunehmen, sollten sie die volle Ration an Milch erhalten, die nach Möglichkeit auf drei Mahlzeiten verteilt wird. Dadurch kommt es zu einem optimalen Ablauf von Verdauung und Labgerinnung. Der Tagesbedarf eines Kalbes an Milch liegt bei zirka 12 % der Körpermasse (RADEMACHER et al., 2002; NAPPERT, 2003). Kälber sind in der Lage bis zu 16 – 20 % ihres eigenen Körpergewichts an frischer Milch aufzunehmen, ohne Durchfall zu entwickeln. Allerdings erfolgt durch derart große Tränkemengen die Pansenentwicklung verzögert (NAPPERT, 2003). Grundsätzlich reagieren Durchfallkälber besser auf Kuhmilch als auf die weniger gut verdaulichen Milchaustauscher, weshalb auf diese möglichst verzichtet werden sollte (KHORASANI et al., 1989). Die Tränkung mit Vollmilch hat keine negativen Auswirkungen auf den Krankheitsverlauf der neonatalen Diarrhoe. So bleibt die Erkrankungsdauer in etwa gleich, während die Körpermassen bei mit Vollmilch getränkten Kälbern am Ende der Durchfallerkrankung deutlich höher sind, als bei Kälbern, die reduzierte Milchmengen (NIEMEYER, 1992) bzw. ausschließlich Diättränken erhalten (RADEMACHER et al., 2002). Zudem gibt es keine Hinweise darauf, dass die Aufnahme von Milchlipiden einen negativen Einfluss auf den Verlauf einer Diarrhoe besitzt (DOLL et al., 2004). Die Vollmilch enthält zudem Proteine, die den Wiederaufbau eines intakten Darmepithels unterstützen (CONSTABLE, 2002). Zum Teil wird die Gabe kleiner Mengen Milch gemischt mit isotonischen Rehydratationstränken empfohlen, da dieses Vorgehen die Vorteile der Elektrolytsubstitution mit einer höheren Nährstoffversorgung vereint. In diesen Fällen sollte besonders auf eine gesicherte Kompatibilität der zu mischenden Komponenten sowie eine ausreichende Versorgung mit frischem Wasser zwischen den Mahlzeiten geachtet werden (ŞAHAL et al., 1993; NAPPERT, 2003; LAST, 2005). RADEMACHER und LORENZ (1998) halten das ständige Angebot von frischem Wasser bei oraler Therapie von Durchfallerkrankungen grundsätzlich für angebracht,

vor allem um einer Kochsalzvergiftung vorzubeugen. Es wird darauf hingewiesen, dass in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (in der Fassung vom 22. August 2006) eine Versorgung mit Wasser in ausreichender Menge und Qualität für Kälber ab der dritten Lebenswoche vorgeschrieben ist.

2.4.1.2 Orale Rehydratation

Seit ihrer Einführung in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts hat die orale Rehydratationstherapie in der Veterinärmedizin eine schnelle Verbreitung und gute Akzeptanz in der Therapie dehydrierter Durchfallkälber gefunden (NAYLOR, 1990). Behandlungsziele sind der Ausgleich bestehender und laufender Verluste von Flüssigkeit, Elektrolyten und Pufferbasen, die Zufuhr von Energie und die Unterstützung einer raschen Regeneration des geschädigten Darmepithels (NAYLOR, 1999; KALLWEIT, 2001). Die orale Rehydratation stellt eine einfache, kostengünstige und praktikable Form der Flüssigkeitszufuhr dar. Besonders bei gering- bis mittelgradig dehydrierten Kälbern gilt die orale Rehydratation als Erfolg versprechende Therapiemethode, die zu einer erheblichen Reduzierung der Mortalitätsrate führt (KASARI, 1991; SCHLERKA u. SADIEK, 1996; NAPPERT et al., 1997; BERCHTOLD, 1999; CONSTABLE, 1999).

Als Voraussetzungen für einen Einsatz der oralen Flüssigkeitstherapie müssen ein vorhandener Saugreflex, ein zumindest partiell funktionsfähiger Darm und eine gute geschmackliche Akzeptanz der Elektrolytlösung gegeben sein. Eine Verabreichung per Drench oder Sonde sollte nur kurzzeitig erfolgen, um die Gefahren des Pansentrinkens und einer folgenden Tympanie aufgrund des nicht ausgelösten Schlundrinnenreflexes zu minimieren (NAPPERT et al., 1997; KASKE, 2002; BERCHTOLD u. PRECHTL, 2002).

Die Entscheidung, ob eine orale oder parenterale Flüssigkeitstherapie durchgeführt wird, kann anhand des Dehydratationsgrades und der Ausprägung des Saugreflexes gefällt werden. So empfehlen KASARI (1999), CONSTABLE (2002) und HARTMANN (2002) eine orale Substitution bis zu einem Dehydratationsgrad von 8 % bei vorhandenem Saugreflex. BERCHTOLD und PRECHTL (2002) sprechen sich zusätzlich beim Vorliegen eines Enophthalmus, allgemeiner Schwäche, schwachem Saugreflex oder zunehmender Exsikkose für eine parenterale Flüssigkeitszufuhr aus. Kontraindiziert ist die orale Rehydratation bei nicht vorhandenem Saugreflex,

hochgradiger wässriger Diarrhoe, Festliegen, progressiver Dehydratation und Darmverschluss (NAYLOR, 1999).

Es gibt verschiedene Konzepte zum Tränkeregime im Rahmen der oralen Flüssigkeitssubstitution:

- Ausschließliche orale Rehydratation bei Kälbern mit gutem Ernährungszustand über ein bis drei Tage ohne Zufütterung,
- Orale Rehydratation mit ergänzender Zufütterung von Milch oder Milchaustauschern,
- Hochenergetische Rehydratationstränken ohne Zufütterung (NAYLOR, 1999).

Als Vorteil einer ausschließlich oralen Flüssigkeitssubstitution ohne Zufütterung von Milch für 48 bis 96 Stunden als initiale Therapie galt früher die Ruhephase des Darmes. So entfällt die Gefahr eines übermäßigen Bakterienwachstums durch die Fermentation vermehrt anfallender, unverdaulicher Nährstoffe aus der Kuhmilch (RADOSTITS et al., 1975). Der große Nachteil ist die mangelhafte Energieversorgung der Kälber. Sehr rasch kommt es zu erheblichen Gewichtsabnahmen bis hin zur Kachexie, was die Prognose der Diarrhoepatienten deutlich verschlechtert, weshalb heutzutage ein kompletter Milchentzug abgelehnt wird (MAACH et al., 1992; NAYLOR, 1999; LAST, 2005). Zusätzlich beschreiben HEATH und Mitarbeiter (1989) bei Verabreichung von Elektrolyttränken ohne Milchezufütterung das gehäufte Auftreten einer ausgeprägten Atrophie des Thymus.

Heute gilt die abwechselnde Verabreichung von Rehydratationstränke und Milch als das bevorzugte Tränkekonzepth bei neonataler Diarrhoe (MAACH et al., 1992; CONSTABLE, 2002; HARTMANN, 2002; RADEMACHER, 2002). Es scheint, dass Durchfallkälber, deren Flüssigkeits-, Elektrolyt- und Basendefizite rechtzeitig ausgeglichen werden, durchaus in der Lage sind, ihre Milchverdauung größtenteils aufrecht zu erhalten (HINDERER et al., 1999; LAST, 2005). Zudem erfolgt eine raschere Regeneration des Darmepithels bei abwechselnder Elektrolyt- und Milchtränke als bei ausschließlicher Elektrolyttränke (MAACH et al.; 1992). Die Menge der verfütterten Elektrolyttränke sollte etwa vier bis sechs Liter pro Tag betragen. Bessert sich das Allgemeinbefinden des Kalbes deutlich, sind zwei Liter

pro Tag bis zum Abklingen aller Krankheitssymptome ausreichend (NAPPERT, 2003). Wichtig ist laut NAYLOR (1999) die Aufteilung der Milchmenge auf Portionen von jeweils 1 Liter, die separat von der Elektrolyttränke verabreicht werden. Allerdings existieren auch Untersuchungen (ŞAHAL et al., 1993), in denen die Kälbern dreimal täglich eine Mischung aus 1 Liter Elektrolyttränke (Akvalit[®], Fa. Wyeth) und 750 ml Muttermilch erhalten, ohne dass sich daraus Probleme mit der Gerinnung oder dem Geschmack der Milch ergeben. Genauso empfehlen einige Hersteller von Rehydratationstränken die Mischung von Vollmilch und ihren mit Wasser angemischten Produkten im Verhältnis 1 : 1. Diese Empfehlung testeten BETHGE und ZEHLE (2004) in ihrer Untersuchung im Vergleich mit Vollmilchfütterung und zeitlich getrennter Zwischentränke. Dabei schieden die gemischten Tränken in Bezug auf Dauer und Schwere der Diarrhoe geringfügig besser ab, was möglicherweise dadurch zustande kam, dass die mit Vollmilch gefütterten Kälber weniger Zwischentränke aufnahmen. Weiterer Vorteil der gemischten Tränke ist die Zeitersparnis für den Landwirt. Zum Teil wird durch die Hersteller auch eine direkte Einmischung der Produkte in die Vollmilch angeraten. Hier ist eine zusätzliche Versorgung mit frischem Wasser zwischen den Tränkezeiten unbedingt zu gewährleisten. Der Erfolg einer Durchfalltherapie mittels Rehydratationstränke ist jedoch vor allem von der Qualität des Produktes und weniger vom Tränkeregime abhängig (LAST, 2005).

Von besonderer Bedeutung sind die Zusammensetzung (Tabelle 2) und die Ionenkonzentrationen der Elektrolyttränken. Die Verwendung von Präparaten, bei denen keine Angaben zu Inhaltsstoffen und Ionenkonzentrationen gemacht werden, sollten vermieden werden (NAYLOR, 1999).

Tabelle 2: Empfohlene Bestandteile von oralen Rehydratationsstränken und deren Konzentration für den Einsatz bei durchfallkranken Kälbern nach NAPPERT (2003)

Inhaltsstoffe	empfohlene Konzentration
Natrium (mmol/l)	100 – 120
Kalium (mmol/l)	20
Chlorid (mmol/l)	50
Phosphat (mmol/l)	5 – 15*
Puffersubstanzen:	
Azetat / Propionat (mmol/l)	50 – 80
Zitrat (mmol/l)	2 – 10
D-Glukose (mmol/l)	110 – 140*
Energie (kcal/l)	90 – 110*
Osmolalität (mosm/kg)	300 – 430*

*ohne Vermischen mit Milch

Bei der Auswahl von Elektrolyttränken ist besonders auf Osmolalität, Natriumkonzentration, den Energiegehalt und die Art der alkalisierenden Inhaltsstoffe zu achten (CONSTABLE, 2002). Die Osmolalität einer oralen Rehydratationslösung sollte bei andauernder Milchfütterung möglichst isoosmolar (~ 300 mosm/kg) sein, während bei temporärem Milchentzug aufgrund des höheren Glukosegehaltes hyperosmolare Lösungen (~ 600 bis max. 700 mosm/kg) bevorzugt werden, um die Energieversorgung der Patienten zu gewährleisten (CONSTABLE, 2002).

Besondere Aufmerksamkeit gilt dem Natriumgehalt der Elektrolyttränken. Wird Natrium aus dem Darm absorbiert, folgt ein passiver Wassernachstrom und der Extrazellulärraum wird mit Flüssigkeit aufgefüllt (NAPPERT et al., 1997). Die größte Rehydratationswirkung wird bei Natriumkonzentrationen zwischen 110 und 140 mmol/l erreicht (NAYLOR, 1990). Von Produkten mit Konzentrationen über 130 mmol/l ist jedoch abzuraten, da zwar bei hohen Natriumkonzentrationen eine rasche Auffüllung extrazellulärer Flüssigkeitsverluste erfolgt, jedoch bei unzureichender Wasseraufnahme die Gefahr einer Hybernatriämie besteht (BROOKS et al., 1996; RADEMACHER u. LORENZ, 1998; KALLWEIT, 2001; CONSTABLE, 2002). Elektrolyttränken, bei denen die Molarität von Natrium größer ist als die Summe der molaren Konzentrationen von Glukose und entweder Azetat, Propionat oder Glycin, sind zur Therapie der neonatalen Diarrhoe nicht geeignet.

In diesen Fällen ist der Cotransport von Natrium mit Glukose, kurzkettigen Fettsäuren (Azetat, Propionat) oder Aminosäuren (Glycin) in der luminalen Membran der Villusepithelzellen gestört und eine effiziente Absorption von Natrium nicht möglich (NAYLOR, 1999; CONSTABLE, 2002). Der Anteil an Glycin sollte so bemessen sein, dass die Summe aus Glukose und Glycin etwa 150 mmol/l beträgt (BYWATER u. WOODE, 1980).

Die verwendeten Tränken sollten als basische Puffersubstanzen Azetat oder Propionat enthalten und möglichst bikarbonat- und zitratarm sein, damit sich keine negativen Interaktionen mit der Milchgerinnung ergeben. Das pH-Optimum für die Caseinausfällung liegt bei 3,5 (NAPPERT, 2003). Bei der oralen Verabreichung bikarbonathaltiger Lösungen wird der pH-Wert im Labmagen und in den proximalen Anteilen des Dünndarms erhöht. Bei einer Vermischung der Elektrolyttränke mit Milch kann es dadurch zu einer Hemmung der Labgerinnung kommen (CONSTABLE et al., 2001; HARTMANN, 2002). Als Folge dessen sollten bikarbonathaltige Elektrolyttränken mit mindestens einstündigem (CONSTABLE et al., 2001) bzw. zweistündigem (NAYLOR, 1990) Abstand zur Milchtränke verabreicht werden. Auf keinen Fall empfiehlt es sich, Natriumbikarbonat gemeinsam mit der Milch oral zu verfüttern (ROUSSEL u. KASARI, 1991). Negativ wirken sich bikarbonathaltige Rehydratationslösungen auch auf die bakterielle Besiedlung des Darmes aus. Mit der Nahrung aufgenommene Krankheitserreger werden durch den erhöhten pH-Wert weniger effektiv abgetötet und die Bedingungen für eine massive Vermehrung enterotoxischer Escherichia coli-Stämme verbessert. So sind bei pH-Werten unter 6,5 nur wenige Stämme in der Lage, F5-Fimbrien auszubilden. Zudem begünstigen die veränderten pH-Verhältnisse die Produktion des ST-a-Enterotoxins. Zwar ist Bikarbonat die Substanz mit der höchsten Pufferkapazität zum Einsatz in Rehydratationstränken (KASARI u. NAYLOR, 1985), doch sind azetathaltige Elektrolyttränken bei leichten bis mittelgradigen Azidosen annähernd genauso effektiv wie bikarbonat- oder zitratthaltige Tränken. Ein weiterer Vorteil von Elektrolytlösungen mit Azetat oder Propionat statt Bikarbonat ist die Wachstumshemmung von Salmonellen (CONSTABLE, 2002; NAPPERT, 2003). Azetat und andere eingesetzte Bikarbonat-Vorstufen müssen zwar zunächst in der Leber metabolisiert werden, um ihre alkalisierende Wirkung zu entfalten, dennoch sind sie bikarbonathaltigen Produkten eindeutig vorzuziehen (CONSTABLE, 2002; NAPPERT, 2003; LAST, 2005).

Nicht empfehlenswert sind Tränken, die als Puffersubstanz die Bikarbonat-Vorstufe Ziträt enthalten. Zwar besitzt Ziträt eine sehr gute Pufferkapazität (KASARI u. NAYLOR, 1985), es komplexiert jedoch Kalzium-Ionen, die dadurch der Casein-Vernetzung und damit der Milchgerinnung im Labmagen nicht mehr zur Verfügung stehen (LAST, 2005).

Der Glukosegehalt der Rehydratationstränken spielt vor allem beim Cotransport von Natrium-Ionen aus dem Darmlumen eine wichtige Rolle. Das optimale Verhältnis zwischen Glukose- und Natriumgehalt der Tränkelösung liegt zwischen 1 : 1 und 3 : 1 (CONSTABLE, 2002) bzw. beträgt in etwa 2 : 1 (NAPPERT et al., 1997). Wird zuviel Glukose zugeführt und sind die Kapazitäten zur Absorption der Glukose aus dem Darmlumen erschöpft, besteht die Gefahr einer zusätzlichen fermentativen osmotischen Diarrhoe (NAPPERT et al. 1997; MURPHY u. ANDRESEN, 2000).

Werden hochenergetische Tränken mit einem Dextrosegehalt von ca. 400 mmol/l verabreicht, ist es möglich, dadurch eine Maldigestion von Fett und Laktose zu vermeiden. Diese Tränken enthalten etwa zwei Drittel des Energiegehaltes der Muttermilch, verfügen jedoch über ein mangelhaftes Nährstoffangebot. Zusätzlich ist durch die Zerstörung des Darmepithels bei vielen Durchfallkälbern die optimale Absorption von Glukose aus dem Darmlumen gestört (NAYLOR, 1999).

Viele auf dem Markt befindliche Produkte sind für eine sinnvolle wirksame orale Rehydratation nicht geeignet. So rät NAYLOR (1990) von Präparaten ab, die mit Milchaustauschern oder hochverdünnt in mehreren Litern Wasser angemischt werden, da deren therapeutischer Nutzen aufgrund der geringen Osmolalität zweifelhaft ist. Empfehlenswert sind seiner Meinung nach Produkte, die in ein bis zwei Litern Wasser gelöst werden. Die Untersuchungen von LAST (2005) zeigten, dass von 17 getesteten Produkten zur oralen Rehydratation etwa die Hälfte im Praxistest nur über unzureichende Gehalte an Elektrolyten und Puffersubstanzen verfügten und damit zur Behandlung von Kälbern mit mittelgradiger Diarrhoe und Azidose nicht geeignet waren.

Inwieweit in Elektrolyttränken enthaltenes Glutamin in der Lage ist, einen positiven Effekt auf die Heilung des geschädigten Darmepithels auszuüben, ist derzeit noch Gegenstand der Forschung (CONSTABLE, 2002).

Letztendlich sollten orale Rehydratationslösungen in warmem Zustand (39 – 40°C) verabreicht werden, um eine Hypothermie zu vermeiden oder ihr entgegen zu wirken.

2.4.2 Infusionstherapie

Die intravenöse Flüssigkeitszufuhr ist bei hochgradig dehydrierten Kälbern das Mittel der Wahl zum Ausgleich von Defiziten (KLEE, 1989; SCHLERKA u. SADIEK, 1996). KASARI (1999) und BERCHTOLD (1999) empfehlen eine Infusionstherapie durchfallkranker Kälber ab einem Dehydratationsgrad von über 8 %. Außerdem ist sie bei festliegenden, hochgradig apathischen oder komatösen Kälbern indiziert sowie bei Tieren, deren Saugreflex nicht vorhanden oder nur schwach ausgeprägt ist (BERCHTOLD u. PRECHTL, 2002; CONSTABLE, 2002).

Die parenterale Flüssigkeitstherapie verfolgt grundsätzlich die gleichen Behandlungsziele wie die orale Diarrhoetherapie, jedoch in wesentlich kürzerer Zeit. Um die benötigte zu applizierende Menge an Flüssigkeit zu bestimmen, wird folgende Gleichung angewendet (ROSSOW et al., 1994):

$$\text{Grad der Dehydratation (\%)} \times \text{Körpermasse (kg)} / 100 = \text{Flüssigkeitsdefizit (l)}$$

Für ein 40 kg schweres Kalb mit einem Dehydratationsgrad von 8 % ergibt sich demnach ein Flüssigkeitsdefizit von 3,2 Litern. Zusätzlich müssen der Erhaltungsbedarf und die laufenden Verluste abgedeckt werden. Der Erhaltungsbedarf wird beim neugeborenen Kalb mit 80 ml/kg (ROSSOW et al., 1985) bzw. mit etwa 10 % der Körpermasse angegeben. Bei mittelschwerer Diarrhoe betragen die zusätzlichen laufenden Verluste ungefähr 50 ml/kg pro Tag (PHILLIPS, 1985). Der Flüssigkeitsbedarf eines Durchfallkalbes von 40 kg Körpergewicht beträgt somit etwa neun Liter in 24 Stunden.

Bestehende Verluste sollten innerhalb von 24 bis 48 Stunden ausgeglichen werden (ROUSSEL u. KASARI, 1991; GROVE-WHITE u. WHITE, 1993). Die intravenöse Therapie muss jedoch mindestens solange beibehalten werden, bis das Kalb selbstständig stehen kann und Tränke aufnimmt (DOLL et al., 1995; SADIEK u. SCHLERKA, 1996). Die weitere Versorgung erfolgt über die orale Verabreichung von Rehydratationstränken und Milch (KASKE, 1994; BERCHTOLD, 1999). Grundsätzlich ist eine Erwärmung der intravenös zu verabreichenden Flüssigkeiten auf etwa 39°C empfehlenswert, um einer Hypothermie entgegenzuwirken (CONSTABLE, 2002).

Es besteht sowohl die Möglichkeit auf kommerziell hergestellte Produkte zurückzugreifen als auch die Lösungen selbst anzumischen, was vor allem finanzielle Vorteile bietet, während der zeitliche Aufwand eher zunimmt (BERCHTOLD, 1999).

2.4.2.1 Intravenöse Rehydratation mit isotonen Lösungen

Isotone Lösungen besitzen eine Osmolarität von etwa 300 mmol/l. Als Produkte sind u. a. isotone NaCl-Lösung (0,9 %), isotone NaHCO₃-Lösung (1,3 %), Ringerlösung sowie kolloidale Lösungen aus hochmolekularen Glukosepolymeren wie Dextran-70 erhältlich (BERCHTOLD, 1999).

Isotone Lösungen sind vor allem zur Volumensubstitution geeignet, da ihre Elektrolytkonzentrationen denen der Extrazellulärflüssigkeit entsprechen (TREMBLAY, 1990). Häufig wird Ringerlaktat-Lösung verwendet, welche zwar zur Elektrolyt- und Volumensubstitution, jedoch weniger zur Therapie einer klinischen Azidose geeignet ist. Die Lösung enthält eine Mischung aus D- und L-Laktat. Während schon gesunde Kälber D-Laktat nur schlecht metabolisieren können, ist bei dehydrierten Tieren zusätzlich die Metabolisierung von L-Laktat stark eingeschränkt. Aus diesen Gründen ist der alkalisierende Effekt der Ringerlaktat-Lösung für die Behandlung azidotischer Kälber zu gering (KASARI u. NAYLOR, 1985; PHILLIPS, 1985; TREMBLAY, 1990). Die einfachste und preisgünstigste Form der Infusionslösung ist die isotonische Kochsalzlösung. Ihr Natriumgehalt entspricht in etwa der extrazellulären Flüssigkeit, der Chloridgehalt ist jedoch etwas höher als im Extrazellulärraum. Der Einsatz von isotoner NaCl-Lösung empfiehlt sich vor allem bei isotonen Dehydratationszuständen (RUDLOFF, 1987), Natriummangel (TREMBLAY, 1990) oder als Grundlage für selbst zusammengestellte Infusionslösungen zur Flüssigkeitssubstitution (PHILLIPS, 1985).

Neben der Anwendung kommerziell erhältlicher Infusionslösungen besteht die Möglichkeit, eigens hergestellte oder selbst gemischte Dauertropfinfusionen in 5- oder 10-Liter-Kanistern einzusetzen. Dabei bildet stets isotone Kochsalzlösung die Grundsubstanz, die durch den Zusatz von Natriumbikarbonat und Glukose zur komplexen Infusionslösung ergänzt wird (Tabelle 3) (DOLL et al., 1995; BINDING et al., 2000; BERCHTOLD u. PRECHTL, 2002; KASKE, 2002; RADEMACHER et al., 2002; SCHLERKA et al., 2002).

Tabelle 3: Zusammensetzung verschiedener Dauertropfinfusionslösungen zur Therapie der neonatalen Diarrhoe

Autor	Natriumchlorid-Lösung		Natriumbikarbonat-Lösung		Glukose-Lösung	
	Menge (ml)	Konzentration (%)	Menge (ml)	Konzentration (%)	Menge (ml)	Konzentration (%)
Doll et al. (1995)	6000	0,9	2000	1,4 / 2,1	2000	10
Binding et al. (2000)	5000	0,9	2000	1,4 / 2,1	3000	20
Berchtold u. Prechtl (2002)	5000	0,9	250	8,4	50 - 100	40
Kaske (2002) ¹	8000	0,9	250	8,4	2000	5
Rademacher et al. (2002)	7000	0,9	3000	2,1	k.A.	k.A.
Schlerka et al. (2002)	5000	0,9	200 - 300	8,4	500	5
Schlerka et al. (2002) ²	10000	0,9	400 - 600	8,4	500	5

¹ bei komatösen Patienten zunächst 250 ml Natriumbikarbonat (8,4 %) i. v.

² bei hochgradiger Azidose

k. A. keine Angaben

Über die Infusionsgeschwindigkeit existieren in der Literatur unterschiedliche Ansichten. Wird die Infusionsgeschwindigkeit jedoch zu hoch gewählt, kann es bei den ohnehin geschwächten Kälbern zu einer Überbelastung des Kreislaufes und der Gefahr eines resultierenden tödlichen Lungenödems kommen (KLEE, 1989). Zudem können sich ein zerebrales Ödem, eine Anämie oder eine Hypoproteinämie entwickeln (BERCHTOLD, 1999). Bei hochgradig dehydrierten Kälbern raten KASARI (1990) und CONSTABLE (2002) zu einer anfänglichen Infusionsgeschwindigkeit von maximal 80 ml/kg/h. Bei applizierten Volumina von über 80 ml/kg/h besteht die Gefahr der Hyperinfusion und damit einer weiteren schwerwiegenden Belastung des geschwächten Organismus (KASARI u. NAYLOR, 1985; GROVE-WHITE, 1994). Im weiteren Verlauf und in weniger ausgeprägten Fällen sollte die verabreichte Flüssigkeitsmenge auf durchschnittlich 30 - 40 ml/kg/h reduziert werden. Auch bei unbekanntem Körpergewicht ist es ratsam, eine Applikationsrate kleiner als 80 ml/kg/h zu wählen (BERCHTOLD, 1999; CONSTABLE, 2002). ROUSSEL und KASARI (1991) empfehlen eine maximale Infusionsgeschwindigkeit von 50 ml/kg/h, die eine Rehydratation in zwei bis drei Stunden ermöglicht und die Gefahr der Hyperinfusion minimiert.

Nachteile der isotonen Rehydratationstherapie per Dauertropfinfusion sind der relativ hohe Zeit- und Kostenaufwand. Zudem ist während der gesamten Infusionsdauer eine regelmäßige Überwachung der Infusionsapparatur durch Tierarzt oder Landwirt notwendig (WALKER et al., 1998).

2.4.2.2 Intravenöse Infusion von hypertonen Lösungen

An Durchfall erkrankte Kälber weisen häufig hypotone Dehydrationszustände mit erhöhten intrazellulären Flüssigkeitsvolumina auf (HARTMANN et al., 1983). Durch die Infusion hypertoner Lösungen wird ein osmotischer Gradient zwischen Intra- und Extrazellulärflüssigkeit erzeugt. Als Folge kommt es zu einer schnellen Auffüllung des Extrazellulärarraums durch den Einstrom intrazellulärer Flüssigkeit (WALKER et al., 1998).

Als hypertone Lösungen sind z. B. 5,8 %ige NaCl-Lösung, 4,2 %ige bzw. 8,4 %ige NaHCO₃-Lösung oder 40 %ige Glukoselösung kommerziell verfügbar.

CONSTABLE (1999) empfiehlt die Behandlung durchfallkranker Kälber mit 7,2 %iger Kochsalzlösung. Als Vorteile gegenüber einer isotonen Infusion sieht er das geringere zu applizierende Volumen und die kürzere Infusionsdauer, was sich in geringeren Kosten für den Besitzer widerspiegelt. Die Tonizität der Infusionslösung sollte dabei nicht über 7,2 % liegen, da dies eine Relaxation der glatten Gefäßmuskulatur, eine systemische Vasodilatation, Kreislaufkollaps und den Tod zur Folge haben kann. Durch die intravenöse Applikation der hypertonen Kochsalzlösung kommt es schnell zu einer Flüssigkeitsauffüllung des Extrazellulärraumes, während dem Darm in größeren Mengen Wasser entzogen wird. So werden laut CONSTABLE (1999) pro Milliliter infundierter Lösung drei Milliliter Flüssigkeit dem Extrazellulärraum zugeführt. Das Herzminutenvolumen und der arterielle Druck nehmen wieder zu. Um diesen Effekt der hypertonen NaCl-Lösung ausnutzen zu können, ist ein isotonischer Darminhalt notwendig. Dies erfolgt über eine gleichzeitige Verabreichung von oralen Elektrolyttränken, die in jedem Fall alkalisierende Substanzen enthalten sollten, da eine bestehende Azidose allein durch die Kochsalzgabe nicht ausgeglichen werden kann (KASARI u. NAYLOR, 1985; KOCH, 2004). Die hypertonen Kochsalzlösungen mit einer Osmolarität von 2400 mmol/l sollten nicht an Kälber in hypernatriämischem und hyperosmolarem Zustand verabreicht werden (CONSTABLE, 1999). Diese Situation ergibt sich beispielsweise bei fehlerhaft angemischten Elektrolyttränken oder der Verabreichung von konzentrierten Elektrolyttränken ohne Zugang zu frischem Wasser (RADEMACHER u. LORENZ, 1998). Steigt die Serumosmolarität über 350 mmol/l, besteht die Gefahr einer Kochsalzvergiftung mit zerebralen Dysfunktionen bis hin zu komatösen Zuständen (CONSTABLE, 1999).

Als Alternative zur Korrektur der metabolischen Azidose empfehlen CONSTABLE (2002), KOCH (2004) und HAASE (2006) die Verabreichung von hypertonen Natriumbikarbonat-Lösungen. Nach CONSTABLE (2002) sollten in diesem Fall innerhalb von vier bis fünf Minuten 4 – 5 ml/kg KM infundiert werden. Dies gilt als sicheres Verfahren zur Korrektur einer metabolischen Azidose. Allerdings sollte auch hier die Verabreichung an Kälber mit Hypernatriämie vermieden werden.

2.4.2.3 Intravenöse Infusionen zum Ausgleich einer metabolischen Azidose

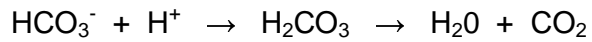
Neben der Wiederherstellung eines physiologischen Flüssigkeitshaushaltes betrachten ROUSSEL und KASARI (1991) die Korrektur der Blutazidose als wichtigste Maßnahme im Rahmen der Durchfalltherapie. Ziel dabei ist es, die pathologischen Effekte der erhöhten Wasserstoffionen-Konzentration auf den Organismus zu minimieren und die gestörten neurologischen Funktionen wiederherzustellen. Eine besondere Bedeutung kommt dabei dem Saugreflex zu, der mit zunehmender Azidose ausfällt und durch eine rasche Korrektur des gestörten Säuren-Basen-Haushaltes im Organismus wiederhergestellt werden kann (KASARI u. NAYLOR, 1985; KASARI, 1990). Sinkt der Blut-pH-Wert unter 7,2 ab, sollte die Azidose durch die parenterale Zufuhr alkalisierender Lösungen korrigiert werden. Die alleinige Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung ohne Pufferzusatz reicht bei ausgeprägten Azidosen (Blut-pH $\leq 7,2$) in der Regel nicht aus, um diese auszugleichen (KASARI u. NYLOR, 1985; BOOTH u. NAYLOR, 1987).

Es existieren viele Untersuchungen zur Anwendung verschiedener Puffersubstanzen zum Ausgleich der Azidose bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe. Die größte Bedeutung in der täglichen Praxis besitzt die von TENNANT und Mitarbeitern (1972) beschriebene Verabreichung von Natriumbikarbonat. Andere Autoren berichten vom erfolgreichen Einsatz von Bikarbonat-Vorstufen vor allem bei leichten und mittelgradigen Azidosen. Diese Produkte müssen im Organismus zunächst metabolisiert werden, um alkalisierend wirken zu können. Dazu zählen die Basen Laktat, Azetat und Zitrat (KASARI u. NAYLOR, 1985; CONSTABLE, 2002).

Zum Teil wird auch die Verwendung synthetischer TRIS-Puffer (Tris-hydroxymethylaminomethan), zumeist in Verbindung mit einer gleichzeitigen Gabe von Natriumbikarbonat, propagiert (GLAWISCHNIG et al., 1990; SADIEK u. SCHLERKA, 1996).

Die intravenöse Infusion von Natriumbikarbonat als Mittel der Wahl ermöglicht eine sichere Korrektur der metabolischen Azidose (KASARI u. NAYLOR, 1985; SCHLERKA u. SADIEK, 1996; KOCH, 2004; HAASE, 2006). Das Bikarbonat reagiert sofort mit den gehäuft im Organismus vorkommenden Wasserstoffionen und hebt auf diese Weise den Blut-pH-Wert an.

Es entsteht zunächst Kohlensäure, die zu Kohlendioxid und Wasser gespalten wird (BLEUL et al., 2005):



Das entstehende Kohlendioxid wird durch gesteigerte Ventilation über die Lunge abgegeben (ŞAHAL et al., 1993; BERCHTOLD et al., 2000). Ist dies aufgrund bestehender respiratorischer Erkrankungen nicht oder nur eingeschränkt möglich, kommt es zu einer Anhäufung von CO_2 im Organismus und zu einer zusätzlichen respiratorischen Azidose. Aus diesem Grund ist die Anwendung von CO_2 -produzierenden Puffersubstanzen bei bestehenden respiratorischen Problemen nicht zu empfehlen (HARTMANN et al., 1997).

Die benötigte Menge an Bikarbonat wird über folgende Gleichung berechnet:

$$\text{NaHCO}_3 [\text{mmol}] = \text{KM} [\text{kg}] \times (-\text{BE}) [\text{mmol/l}] \times \text{V} [\text{l/kg}]$$

Der Faktor V stellt das empirisch ermittelte scheinbare Verteilungsvolumen für Bikarbonationen im Körper dar. In der Literatur existieren viele verschiedene Ansichten über die Höhe des Faktors. Häufig wird er mit einem Wert von 0,5 l/kg angegeben (KLEE, 1989; ŞAHAL et al., 1993; BERCHTOLD, 1999; CONSTABLE, 2002; BLEUL et al., 2005). KASARI und NAYLOR (1985), ROUSSEL (1990) und WENDEL et al. (2001) geben ein scheinbares Verteilungsvolumen von 0,6 l/kg an. LANG (1991), GEISHAUSER und THÜNKER (1997a), BINDING et al. (2000) sowie DOLL (2002) empfehlen die Verwendung des Verteilungsraumfaktors 0,7 l/kg, um auch laufende Bikarbonatverluste mit zu berücksichtigen.

Im Gegensatz dazu beschreiben GLAWISCHNIG et al. (1990) sowie BOSTEDT et al. (2000) die Anwendung des Faktors 0,3 l/kg auch bei Kälbern mit hochgradiger Azidose, ohne dass Probleme beobachtet werden.

Im Regelfall wird eine isotone 1,3 %ige Natriumbikarbonat-Lösung appliziert (BERCHTOLD, 1999). Als Alternative empfehlen CONSTABLE (2002), KOCH (2004) und HAASE (2006) vor allem bei hochgradig azidotischen Kälbern die Verabreichung von hypertonen Natriumbikarbonat-Lösungen. In diesem Fall sollten innerhalb von

vier bis fünf Minuten 4 – 5 ml/kg KM infundiert werden (CONSTABLE, 2002). Dies gilt als sicheres Verfahren zur Korrektur einer metabolischen Azidose. So nimmt die Konzentration von HCO_3^- -Ionen im Blut direkt nach der Verabreichung rasch zu, um anschließend deutlich abzufallen und sich schließlich zu stabilisieren (BLEUL et al., 2005). Zusätzlich kommt es zu einer Flüssigkeitsauffüllung des Extrazellulärraumes, während dem Darm in größeren Mengen Wasser entzogen wird (CONSTABLE, 1999). Während CONSTABLE (2002) und KOCH (2004) eine 8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung über die Jugularvene applizieren, infundiert HAASE (2006) eine 4,2 %igen Natriumbikarbonat-Lösung in eine Ohrvene, ohne dass negative Begleiterscheinungen beobachtet werden. Allerdings ist der Einsatz von hypertonen Natriumbikarbonat-Lösungen bei gleichzeitig bestehenden Atemwegserkrankungen aufgrund der erschwerten CO_2 -Abgabe ebenso kritisch zu sehen wie die Verabreichung an Kälber mit Hypernatriämie (SADIEK u. SCHLERKA, 1996).

Auch nach einer Infusion von Natriumazetat oder Natriumlaktat werden eine Anhebung des pH-Wertes im Blut und ein Ausgleich des Basendefizites beobachtet, wenn auch nicht im gleichen Umfang wie bei der Verabreichung von Natriumbikarbonat. Diese Beobachtung ist darauf zurückzuführen, dass diese Stoffen erst nach einer Metabolisierung alkalisierend wirken und diese Abläufe durch die pathogenen Prozesse im Rahmen der Diarrhoe gestört sein können (KASARI u. NAYLOR, 1985). Die Applikation von Laktat bei azidotischen Kälbern hat zudem den Nachteil, dass diese Tiere ohnehin erhöhte Laktatkonzentration im Blut aufweisen und die Umsetzung von Laktat gleichzeitig herabgesetzt ist (CASE et al., 1980). Im Gegensatz dazu erfolgt die Metabolisierung von Azetat rasch und unter Bildung von Bikarbonat-Ionen, so dass Kälber mit mittelgradiger Azidose durch die Anwendung von Produkten mit Azetatpuffern effektiv behandelt werden können. Bei hochgradig erkrankten Tieren sollte auf die Anwendung metabolisierbarer Basen aufgrund des nicht ausreichenden Alkalisierungseffektes komplett verzichtet werden (KASARI u. NAYLOR, 1985).

Verschiedene Untersuchungen liegen zur Anwendung und Wirksamkeit der Puffermischung Carbicarb bei Kälbern mit Azidose vor (HARTMANN et al., 1997; BLEUL et al., 2005). Carbicarb ist eine isomolare Mischung aus Natriumhydrogenkarbonat und Natriumkarbonat. Zur Stabilisierung enthält die Lösung außerdem 0,15 g Natrium-EDTA pro Liter. Der Vorteil dieser Mischung ist eine gute alkalisierende Wirkung ohne CO₂-Entstehung (BERCHTOLD, 1998).

Die zu verabreichende Menge an Carbicarb wird, angelehnt an die oben genannte Formel zur Berechnung der Bikarbonatmenge, wie folgt berechnet:

$$\text{Carbicarb [ml]} = \text{KM [kg]} \times (- \text{BE}) [\text{ mmol/l }] \times 0,4 [\text{ l/kg }]$$

Der Faktor 0,4 wird aufgrund der höheren alkalisierenden Wirkung im Vergleich mit der reinen Bikarbonatinfusion gewählt. Die Konzentration an HCO₃⁻ - Ionen erweist sich in der Studie von BLEUL und Mitarbeitern (2005) direkt im Anschluss an die Infusion von Carbicarb signifikant höher als nach der ausschließlichen Applikation von Natriumbikarbonat. Nach etwa einer Stunde gleichen sich die Werte jedoch an, so dass beide Infusionslösungen gleichermaßen als geeignet zur Azidosebehandlung der Kälber gelten.

Bikarbonathaltige Lösungen sollten nicht zusammen mit Kalzium infundiert werden, da es zur Ausfällung von unlöslichem Kalziumkarbonat kommt (ROUSSEL u. KASARI, 1991; CONSTABLE, 2002).

2.4.2.4 Parenterale Ernährungstherapie

Hochgradig an Diarrhoe erkrankte Kälber mit aufgehobenem Stehvermögen und fehlendem Saugreflex sind nicht in der Lage selbstständig Nahrung aufzunehmen. Deshalb müssen diese Tiere nicht nur parenteral mit Flüssigkeit, Elektrolyten und Puffersubstanzen sondern auch mit Energie und Nährstoffen versorgt werden (RADOSTITS et al., 1975; KASKE, 1994). Grundsätzlich sollte jedoch vor der Energiesubstitution der Ausgleich von Dehydratation und metabolischer Azidose erfolgen, um die unmittelbare Lebensgefahr für das Kalb abzuwenden. Bei der parenteralen Ernährungstherapie werden Glukose, Aminosäuren und Lipide eingesetzt (ROSSOW et al., 1994).

Durch die Infusion von Glukose wird dem Organismus Energie zugeführt. Zudem werden die körpereigenen Proteine vor dem Abbau im Rahmen der Glukoneogenese geschützt (BELTMAN, 2005). Die Zufuhr der Glukose sollte immer mit der Verabreichung von Elektrolyten verbunden werden. Eine Möglichkeit ist die Mischung von 40 %iger Glukoselösung mit 0,9 %iger NaCl-Lösung im Verhältnis 1 : 1.

Um einer folgenden Hypoglykämie vorzubeugen, erfolgt das Absetzen einer Glukoseinfusion ausschleichend. Dazu sollte die Infusionsgeschwindigkeit innerhalb von vier bis fünf Stunden auf Null reduziert werden (ROSSOW et al., 1994).

Die Infusion von Aminosäuregemischen im Volumenverhältnis 1 : 2 mit kalorischen Elektrolytlösungen kann bei schweren Krankheitsfällen von Vorteil sein. Aufgrund der hohen Osmolalität muss die Infusionsgeschwindigkeit niedrig gehalten und die Infusionsdauer auf 24 Stunden ausgedehnt werden. Aminosäurelösungen kommen vor allem durch relativ hohe Preise in der Nutztierpraxis selten zum Einsatz.

Auch die Verwendung von Lipidemulsionen wird durch die beträchtlichen Kosten limitiert, obwohl sie durch ihre hohe Energiedichte und geringe Osmolalität zur Therapie schwerer Energiemangelzustände besonders geeignet sind (ROSSOW et al., 1994).

2.4.3 Antibiotika und nichtsteroidale Antiphlogistika

Antibiotika

Der generelle Einsatz von Antibiotika bei Kälbern mit Durchfall ist nach heutigem Kenntnisstand abzulehnen (KLEE, 1989; DOLL, 1992). Auch CONSTABLE (2004) rät beim Vorliegen einer Diarrhoe ohne systemische Begleitsymptome von einer antibiotischen Therapie ab. Als negative Begleiterscheinungen einer Antibiotikabehandlung gelten die Unterdrückung der natürlichen saccharolytischen Bakterienflora im Darm durch unselektive Elimination und somit die Entstehung einer zusätzlichen Dysbakterie, eine Begünstigung intestinaler Mykosen und die Gefahr der Resistenzentwicklung (KLEE, 1989; DOLL, 1992). MAACH (1992), KASKE (2002) und CONSTABLE (2002) sind jedoch der Meinung, dass grundsätzlich alle Diarrhoekälber mit Fieber über 40°C oder gleichzeitigen Infektionen anderer Organsysteme (z. B. Nabelentzündung, Bronchopneumonie) mit Antibiotika behandelt werden sollten. Außerdem empfiehlt CONSTABLE (2002) die Behandlung

bei dokumentierter ungenügender Kolostrumversorgung, mangelhafter Tränkeaufnahme und bei Blut oder Schleimhautanteilen als Kotbeimengungen.

Im Laufe einer Diarrhoe kommt es unabhängig vom auslösenden Erreger des Durchfalls zu einer Vermehrung von coliformen Keimen im Dünndarm (LEWIS u. PHILLIPS, 1978; YOUANES u. HERDT, 1987).

Diese Bakterienbesiedlung führt laut CONSTABLE (2004) zu Veränderungen der Dünndarmfunktion und zu einem erhöhten Risiko einer Bakteriämie. Durch die Verabreichung eines wirksamen Antibiotikums besteht die Möglichkeit, einer Bakteriämie vorzubeugen und die Mortalitätsrate zu senken (CONSTABLE, 2002; KASKE, 2002).

Kontrovers diskutiert wird die orale Antibiotikagabe. Die an der neonatalen Diarrhoe häufig beteiligten ETEC-Stämme sind nicht invasiv, weshalb in diesen Fällen zumeist die orale Applikation bevorzugt wird (ROUSSEL u. BRUMBAUGH, 1991; CONSTABLE, 2002). Besteht jedoch der Verdacht oder die Gewissheit einer Beteiligung anderer evtl. invasiver Keime, sollten die Kälber zusätzlich parenteral mit Antibiotika versorgt werden. Zudem ist das Ausmaß der enteralen Absorption der antimikrobiell wirksamen Stoffe über den geschädigten Darm nach oraler Verabreichung nicht zuverlässig bestimmbar und deshalb das Erreichen eines ausreichenden systemischen Wirkspiegels nicht gesichert (ROUSSEL u. BRUMBAUGH, 1991). Aus diesen Gründen raten verschiedene Autoren grundsätzlich von einer oralen Applikation bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe ab (SADIEK u. SCHLERKA, 1996; BOSTEDT et al., 2000; KASKE, 2002). Zudem wird von einer zusätzlichen Malabsorption und einer folgenden Verstärkung des Durchfalls durch orale Antibiotikagaben berichtet (SADIEK u. SCHLERKA, 1996). BOSTEDT und Mitarbeiter (2000) sind sogar der Ansicht, dass es nach oraler Antibiotikatherapie zum vermehrten Auftreten von Kryptosporidiosen kommt.

Auf dem Markt befindet sich eine Vielzahl von Antibiotika, die zum Einsatz bei neonataler Diarrhoe zugelassen sind (Tabelle 4).

Tabelle 4: Derzeit in Deutschland zugelassene antibiotische Wirkstoffe zur Behandlung von Infektionen des Verdauungstraktes beim Kalb und ihre verfügbaren Anwendungsformen (Quelle: vetidata; Stand: November 2006)

Wirkstoff	Anwendung	
	oral	parenteral
Amoxicillin	x	x
Amoxicillin / Clavulansäure	x	-
Ampicillin	x	x
Ampicillin / Colistin	-	x
Benzylpenicillin / Dihydrostreptomycin	-	x
Cefquinom	-	x
Chlortetracyclin	x	-
Colistin-Sulfat	x	x
Danofloxacin	-	x
Enrofloxacin	x	x
Erythromycin	-	x
Gentamicin	x	x
Lincomycin / Spectinomycin	-	x
Marbofloxacin	x	-
Neomycin	x	-
Oxytetracyclin	x	-
Spectinomycin	-	x
Sulfadiazin / Trimethoprim	x	-
Sulfadimidin / Trimethoprim	x	x
Sulfadoxin / Trimethoprim	x	x
Sulfadimethoxin / Trimethoprim	x	-
Sulfamethoxypyridazin	-	x
Tetracyclin	x	-

- oral: Medikamente zum Eingeben über das Futter oder die Tränke, Suspensionen, Tabletten oder Boli
- parenteral: Medikamente zur intravenösen, intramuskulären oder subkutanen Injektion
- derzeit kein für diese Anwendungsart zugelassenes Präparat im Handel
- x für diese Anwendungsart existieren zugelassene Präparate im Handel

Nach CONSTABLE (2004) eignen sich als parenteral verabreichte Breitbandantibiotika besonders Ceftiofur, Amoxicillin-Trihydrat, Ampicillin-Trihydrat, Fluorochinolone oder potenzierte Sulfonamide. Für die orale Applikation eignen sich besonders Produkte, die Amoxicillin bzw. Amoxicillin-Clavulansäure oder Fluorochinolone enthalten. Geeignete Behandlungsstudien, die die parenterale Wirkung von Oxytetracyclin, Gentamycin und Sulfachloropyridazin sowie die orale Wirkung von Chlortetracyclin, Oxytetracyclin, Neomycin, Sulfachloropyridazin und Sulfamethazin bei Kälberdiarrhoe belegen, existieren laut CONSTABLE (2002) nicht. Dabei sollte die Wirksamkeit einer antibiotischen Behandlung am Rückgang von Mortalitätsrate sowie von Schwere und Dauer der Erkrankung bemessen werden (CONSTABLE, 2004).

Grundsätzlich müssen bei der Wahl eines geeigneten Antibiotikums die aktuellen Zulassungsbestimmungen beachtet werden.

Nichtsteroidale Antiphlogistika

Neben ihrer entzündungshemmenden Wirkung besitzen die nichtsteroidalen Antiphlogistika durch die Hemmung prostaglandingesteuerter Prozesse auch einen antisekretorischen Effekt. Es wird die durch gesteigerte Prostaglandinfreisetzung hervorgerufene Anionensekretion im Rahmen von Entzündungsprozessen blockiert (PETZINGER, 1984; ROUSSEL u. BRUMBAUGH, 1991). Salicylate, Phenylbutazon, Flunixin-Meglumin und Indomethazin sind in der Lage eine enterotoxinbedingte Sekretion zu reduzieren (FEDORAK u. FIELD, 1987). Aus pathophysiologischer Sicht hält KASKE (1994) die Anwendung von potenten Cyclooxygenase-Hemmern für therapeutisch sinnvoll. Auch PETZINGER (1984) empfiehlt eine Anwendung nichtsteroidaler Antiphlogistika, wenn bei Durchfallerkrankungen von einer Darmschleimhautentzündung mit protrahierter Elektrolytsekretion ausgegangen werden muss.

Die antiinflammatorische Wirkung von Flunixin-Meglumin bei Kälberdurchfällen durch enterotoxische E. coli oder Salmonellen ist anhand klinischer Studien bewiesen (CONSTABLE, 2002). BARNETT und Mitarbeiter (2003) beobachteten bei einmaliger Anwendung von Flunixin-Meglumin lediglich bei Kälbern, die Blutbeimengungen im Kot aufweisen, einen positiven Effekt auf den Krankheitsverlauf. Die Autoren nehmen das Blut in den Fäzes als Maß für die Schwere der Darmentzündung und die Schädigung der Darmschleimhaut, welche aus der Toxinabsorption aus dem Darm

resultieren. Durch die Anwendung von nichtsteroidalen Antiphlogistika kann dieser anhaltende Entzündungszyklus unterbrochen werden.

Dabei ist eine Applikation von möglichst kurzer Dauer vor allem bei schwer erkrankten Kälbern indiziert, da bei mehrmaliger Anwendung die Gefahr zusätzlicher gastrointestinaler Blutungen besteht (CONSTABLE, 2002; KASKE, 2002).

2.4.4 Weitere Medikamente zur Diarrhoetherapie

Neben Antibiotika und nichtsteroidalen Antiphlogistika kommt eine Vielzahl weiterer Produkte bei der Behandlung der neonatalen Kälberdiarrhoe zum Einsatz. Oftmals kann eine Wirksamkeit der eingesetzten Stoffe nicht nachgewiesen werden oder der Sinn ihrer Anwendung ist zweifelhaft (PICKERING, 1991; UNGEMACH, 2003). Zu diesen zählen viele Wirkstoffe in Präparaten zum Schutz des Darmes oder zur Beeinflussung der Darmmotilität sowie Probiotika, B-Vitamine und laktasehaltige Produkte.

Darmmotilitätshemmer

Über die Bedeutung der Darmmotilität im Krankheitskomplex der neonatalen Diarrhoe sind nur wenige Fakten bekannt. Sicher ist jedoch, dass mit einer Stilllegung des Darms keine Beseitigung der Durchfallursachen und -folgen herbeizuführen, sondern lediglich eine Verminderung der Kotausscheidung zu erreichen ist (ROUSSEL u. BRUMBAUGH, 1991). Arzneimittel, die ausschließlich die Darmmotilität herabsetzen, werden deshalb heute, entgegen früheren Ansichten, nicht mehr empfohlen. Eine durch Parasympatholytika (Butylscopolamin) erreichte, unspezifische Hemmung aller Formen der Darmmotorik besitzt keine positive Wirkung auf das Durchfallgeschehen, da die Parasympatholytika die Sekretionsvorgänge im Darm nicht beeinflussen. Eine verminderte Motorik führt vielmehr zu einer verlängerten Exposition des Darms gegenüber dem infektiösen Agens (KASKE, 1993; CONSTABLE, 2002). KASKE (2002) bezeichnet den Einsatz von Parasympatholytika bei der Therapie von schwerkranken Kälbern mit Diarrhoe als eindeutig kontraindiziert.

Der Einsatz von Opiaten wie z. B. Loperamid wird dagegen nicht grundsätzlich abgelehnt. Durch Loperamid wird die propulsive Darmperistaltik gehemmt, die segmentalen Kontraktionen und der Tonus von Darmmuskulatur und Analsphinkter

sind dagegen gesteigert. Zusätzlich zum regulierenden Effekt auf die Darmmotorik, besteht durch die verlängerte Transitzeit der Ingesta die optimale Ausnutzung der antisekretorischen Wirkung der Opiode (FERENCI et al., 1982; UNGEMACH, 2003). So blockiert Loperamid sowohl die Wirkung der E. coli LT- als auch die der ST-Toxine und kann so die Nettosekretion in eine Nettoresorption umkehren (PETZINGER, 1984). UNGEMACH (2003) empfiehlt den Einsatz bei chronischen und schweren profusen Durchfällen, rät aber in Fällen akuter bakterieller Diarrhöen aufgrund der längeren Verweildauer von Ingesta, Bakterien und Enterotoxinen im Darm von einer Anwendung ab. Für lebensmittelliefernde Tiere besteht derzeit keine Zulassung.

Adsorbentien und Adstringenzien

Es gibt keine verlässlichen Studien über die Anwendung von Adsorbentien und Adstringenzien, die belegen, dass Dauer oder Schweregrad einer Diarrhoe positiv beeinflusst werden (KASKE, 2002; UNGEMACH, 2003). Es werden lediglich die Symptome des Durchfalls kaschiert. So wird die orale Verabreichung von Aktivkohle heute als obsolet beurteilt, da neben der Absorption von Toxinen auch andere Medikamente, Vitamine und Spurenelemente miterfasst werden können (SCHLERKA et al., 2002; UNGEMACH, 2003). Einzelne Autoren berichten jedoch von Therapieerfolgen z. B. mit huminsäure- (KÜHNERT, 2001) oder tanninhaltigen Produkten (SCHLERKA et al., 2002).

Sonstige Wirkstoffe

Probiotika, Vitamine der B-Gruppe und Laktase-Produkte schaden einem erkrankten Kalb nicht, allerdings ist auch ihr therapeutischer Nutzen umstritten. Die entstehenden Kosten sollten gründlich mit der Zweckdienlichkeit einer Anwendung abgewogen werden. Die Verabreichung von Vitamin-B-Komplex-Präparaten kann angebracht sein, wenn ungenügende Mengen an Kolostrum aufgenommen wurden oder die Tiere an chronischer Diarrhoe leiden und von einem Mangel an B-Vitaminen ausgegangen werden muss (CONSTABLE, 2002).

Die Anwendung von Probiotika wird eher zur Prophylaxe einer Diarrhoe und in der Rekonvaleszenzzeit als zur Therapie von Durchfallerkrankungen empfohlen. Hier sind positive Effekte auf die Entwicklung der Tiere in verschiedenen Untersuchungen beschrieben (ROUSSEL u. BRUMBAUGH, 1991; GEDEK, 1993).

Nachgewiesen sind die Verbesserung der Nährstoffaufnahme und die Förderung der Abwehrkräfte (MURPHY u. ANDRESEN, 2000). Bei den auf dem Markt befindlichen Produkten handelt es sich zumeist um spezielle Stämme von Laktobakterien, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis* oder Hefen (GEDEK, 1993).

2.4.5 Spezifische Therapie der Kryptosporidiose

Grundsätzlich spielt die Einhaltung einer guten Betriebshygiene im Rahmen der Bekämpfung der Kälberkryptosporidiose eine herausragende Rolle (GÖBEL, 1990). Bei akuten *Cryptosporidium parvum*-Infektionen wirksame und präventiv einsetzbare Medikamente sind Paromomycin, Decoquinat, Lasalocid und Halofuginon (LEFAY et al., 2001; DOLL, 2002). Bei einer Anwendung sollten sowohl Überdosierung als auch eine Unterdosierung vermieden werden, da die Stoffe über eine erhebliche Toxizität verfügen, in zu geringen Dosierungen jedoch keine ausreichende Wirkung besitzen (KRULL, 2000). Präventiv ist der Einsatz von hyperimmunem Rinderkolostrum sinnvoll (LEFAY et al., 2001). Im Bereich der EU ist derzeit nur Halofuginon für die Anwendung beim Kalb zugelassen. Durch die tägliche Anwendung von Halofuginon über 7 Tage kann die Oozystenausscheidung der behandelten Kälber deutlich verringert werden (JOACHIM et al., 2002). Eine wirksame prophylaktische Anwendung sollte in den ersten 48 Lebensstunden der Kälber erfolgen (LEFAY et al., 2001).

2.5 Prophylaxe-Maßnahmen

Wichtigster Faktor zur Vorbeugung von Durchfallerkrankungen ist die Einhaltung einer allgemeinen Betriebshygiene. Häufig besteht ein Zusammenhang zwischen mangelnder Hygiene und gehäuft auftretenden Erkrankungen der Tiere (KLEE, 1989). Wichtige Maßnahmen sind die Reinigung und Desinfektion von Abkalbeställen, Kälberboxen und Tränkeemern. Außerdem sollten erkrankte Kälber möglichst schnell von gesunden Tieren isoliert aufgestellt werden (BALJER u. WIELER, 1989). Beim Vorhandensein mehrerer Stallabteile für Kälber empfiehlt sich die Belegung im Rein-Raus-Verfahren (DOLL, 2002).

2.5.1 Kolostrumversorgung

Die Übertragung von maternalen Antikörpern auf das neugeborene Kalb über die Aufnahme von Kolostrum bildet die wichtigste natürliche Abwehrschranke gegenüber Darminfektionen (BALJER u. WIELER, 1989; KASKE et al., 2003). Dabei sind das Auftreten und die Schwere der klinischen Symptome der einzelnen Tiere stark abhängig von Qualität und Quantität der Kolostrumversorgung (BAZELEY, 2003). Eine möglichst geburtsnah einsetzende, ausreichende und kontinuierliche Fütterung mit qualitativ hochwertiger Kolostralmilch versorgt das Kalb vom Zeitpunkt der ersten Tränke an mit Immunglobulinen und sorgt somit für einen effektiven Schutz vor Darminfektionen. Vor allem die Kolostrumaufnahme während der ersten Lebensstunden ist von enormer Bedeutung, da bereits 12 bis 24 Stunden nach der Geburt der Gehalt an Antikörpern in der Muttermilch sowie die Fähigkeit des Darmepithels der Kälber, kolostrale Antikörper aufzunehmen, deutlich abfallen (BENDER, 2004). Das aufgenommene Kolostrum enthält neben Antikörpern, die nach frühzeitiger Resorption aus dem Darmlumen gegen Allgemeininfektionen systemisch wirken, auch solche, die lokal den Darm schützen (KLEE; 1989). Bei der Prophylaxe des Kälberdurchfalls spielen nach Meinung von BALJER und WIELER (1989) vor allem die lokalen Abwehrmechanismen im Darmlumen eine wichtige Rolle, während zirkulierende Antikörper nur eine geringe Schutzwirkung besitzen. Bei ständigem Vorhandensein von Antikörpern im Darm durch eine ausreichende Kolostralmilchaufnahme kann eine Infektion der Enterozyten entweder verhindert oder die Vermehrung der Erreger im Darmlumen gehemmt werden (JAHNECKE et al., 2002).

Kolostralmilch guter Qualität sollte einen Immunglobulingehalt von über 60 g/l sowie einen IgG-Gehalt von über 30 g/l aufweisen (McGUIRK, 1999). Für eine ausreichende Antikörperversorgung der Kälber ist ein Immunglobulingehalt des Kolostrums von mindestens 50 g/l notwendig (DOLL et al., 1995; KASKE et al., 2003). Der Immunglobulingehalt der Kolostralmilch ist u. a. abhängig von Alter (optimal > 3 Laktationen), Rasse, Jahreszeit, Fütterung und Muttertierimpfungen (DOLL et al., 1995; BENDER, 2004). Bei Muttertieren, deren Kolostrum einen Immunglobulingehalt von weniger als 50 g/l aufweist, sollte auf Kolostrumreserven guter Qualität zurückgegriffen werden. Vor allem bei geschwächten Kälbern ist eine fraktionierte, orale Verabreichung von Kolostrum über mehrere Tage sinnvoll.

Hierzu empfehlen BALJER und WIELER (1989) das Anlegen eines Kolostrumvorrates. Das Sammeln und Aufbewahren (Einfrieren) sowie das tägliche Portionieren von Kolostralmilch sind zwar arbeitsaufwendig, aber vor allem in geschlossenen Betrieben Erfolg versprechend.

2.5.2 Muttertiervakzination

Ein bewährtes Mittel zur Erhöhung des Gehaltes an Antikörpern gegen Durchfallerreger in der Kolostralmilch und damit zur spezifischen Prophylaxe und Reduktion von Kälberdurchfällen ist die Vakzination der trächtigen Muttertiere (BALJER u. WIELER, 1989; JAHNECKE et al., 2002; SCHLERKA et al., 2002). Ziel der Muttertiervakzination sind die Produktion von hyperimmunem Kolostrum und die verlängerte Abgabe von maternalen Antikörpern über die Muttermilch, um eine ausreichende Versorgung des Neonaten mit spezifischen Immunglobulinen zu sichern (BENGELSDORFF u. BERNHARDT, 1987; McNULTY u. LOGAN, 1987; HECKERT et al., 2005). Insgesamt ist es möglich, durch die Impfung der Muttertiere eine Verringerung der Krankheitsrate bei den Kälbern zu erreichen. Bei Tieren, die trotz einer Vakzination der Mutter an Diarrhoe erkranken, ist jedoch kein Einfluss auf den Schweregrad oder den Verlauf der Krankheit zu erkennen (HECKERT et al., 2005).

Auf dem Markt befinden sich verschiedene kommerzielle Produkte, zumeist Kombinationsimpfstoffe zur Prophylaxe von Rota- und Coronavirus- sowie Escherichia coli-F5-Infektionen. Diese Vakzinen enthalten entweder attenuierte Lebendviren oder inaktivierte Viren und jeweils E. coli-F5-Antigene (Tabelle 5) (JAHNECKE et al., 2002). Eine positive Auswirkung der Muttertiervakzination auf das Durchfallgeschehen in den Betrieben ist abhängig von einer gesicherten frühzeitigen und ausreichenden Kolostrumaufnahme (DOLL et al., 1995; FRERKING, 1998). Zudem sollte die Impfung der tragenden Tiere regelmäßig in jährlichem Abstand erfolgen (HECKERT et al., 2005).

Tabelle 5: Verfügbare Präparate zur Muttertiervakzination zur Prophylaxe der neonatalen Kälberdiarrhoe (Quelle: vetidata; Stand: Dezember 2006)

Präparat	enthaltene Antigene
Bovicol® IDT Impfstoffwerk Dessau-Turnau GmbH, Roßlau	attenuierte E. coli O:101 mit F5- Adhäsionsantigen
Lactovac® C Intervet Deutschland GmbH, Unterschleißheim	inaktiviertes bovines Rotavirus inaktiviertes bovines Coronavirus inaktivierte E. coli F5 / F41- Adhäsionsantigene
Rotavec® Corona Essex Tierarznei, München	inaktiviertes bovines Rotavirus inaktiviertes bovines Coronavirus inaktiviertes E. coli F5-Adhäsionsantigen
Scourguard® 3 Pfizer GmbH, Karlsruhe	lebendes attenuiertes Rotavirus lebendes attenuiertes Coronavirus inaktivierte E. coli O:101 mit F5- Adhäsionsantigen
Trivacton® Merial GmbH, Hallbergmoos	inaktiviertes bovines Rotavirus inaktiviertes bovines Coronavirus inaktivierte E. coli-Stämme: O:101 mit F5-Antigen, O:117 mit Y-Antigen, O:78 mit 31A-Antigen, O:101 mit F41-Antigen

2.5.3 Passive und aktive Immunisierung der Kälber

Neben der Muttertiervakzination ist auch eine passive orale Immunisierung der Kälber möglich (PORTER et al., 1975; PFISTER et al., 2000). Hierbei kommen spezifisch angereicherte Immunglobulinpräparate aus bovinem Kolostrum zum Einsatz. Für einen größtmöglichen positiven Effekt auf die Abwehrkräfte des Kalbes ist dabei eine möglichst geburtsnahe Verabreichung erforderlich (PFISTER et al., 2000).

Aktive orale Impfungen gegen *Escherichia coli*-Infektionen der Kälber werden vor allem in größeren Problembetrieben mit bekanntem Erregerspektrum durchgeführt. Zum Einsatz kommen dabei bestandsspezifische Impfstoffe aus inaktivierten Erregern. Als Schluckvakzinen werden sie den neugeborenen Kälbern einmal täglich während der ersten zehn Lebenstage verabreicht (MAYR, 1986).

Grundsätzlich können jedoch Impfungen die erforderlichen Hygienemaßnahmen nicht ersetzen (BALJER u. WIELER, 1989).

3 Material und Methoden

Es wurden drei Aufgaben bearbeitet:

- 3.1 Infusionsversuche mit Natriumbikarbonat-Lösungen bei Kälbern mit Diarrhoe und negativem Base-Excess
- 3.2 Sonographische Untersuchungen zur Darstellung der Dünndarmmotorik bei Kälbern mit und ohne Diarrhoe
- 3.3 Retro- und prospektive Auswertung klinischer und labordiagnostischer Daten von Kälbern mit neonataler Diarrhoe

3.1 Infusionsversuche mit Natriumbikarbonat-Lösungen bei Kälbern mit Diarrhoe und negativem Base-Excess

In diesem Studienabschnitt wurden die Auswirkungen von Bolusapplikationen verschiedener Infusionslösungen über die Ohrvene auf ausgewählte Blutparameter unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses auf die diarrhoebedingte metabolische Azidose überprüft.

3.1.1 Probanden

Als Probanden dienten 20 Kälber, die im Zeitraum von April 2005 bis Juli 2006 mit neonataler Diarrhoe in der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit Tierärztlicher Ambulanz (KGGA) der Justus-Liebig-Universität Gießen vorgestellt und stationär aufgenommen wurden.

Es wurden acht weibliche und zwölf männliche Kälber der Rassen „Deutsch Holstein Schwarzbunt“ (n = 10), „Deutsch Holstein Rotbunt“ (n = 4) und „Deutsches Fleckvieh“ (n = 3) sowie „Deutsch Holstein Schwarzbunt“-Kreuzungstiere (n = 3) in die Studie aufgenommen.

3.1.1.1 Selektionskriterien

Die berücksichtigten Kälber

- waren zum Zeitpunkt der Aufnahme maximal 14 Tage alt,
- zeigten bei Einlieferung in die Klinik und auch nach Beendigung aller Untersuchungen klinische Anzeichen einer neonatalen Diarrhoe (wässrige oder dünnbreiige Kotkonsistenz),
- hatten eine metabolische Azidose mit einem negativen Base-Excess von weniger als - 3 mmol/l,
- wiesen keine zusätzlichen Erkrankungen auf (v. a. Bronchopneumonie, Omphalitis, Arthritis).

3.1.1.2 Gruppeneinteilung

Die Einteilung der Kälber in zwei unterschiedliche Behandlungsgruppen erfolgte mittels Losverfahren.

Gruppe A:

Die zehn Kälber der Gruppe A (Anhang: Tabelle 143) erhielten die errechnete Menge an 1molarer, 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung (Natriumhydrogencarbonat 8,4 %; Serag-Wiessner KG, Naila) mit maximal erreichbarer Infusionsgeschwindigkeit. Die angestrebte Geschwindigkeit betrug 40 ml/kg/h. Direkt im Anschluss wurde die Infusion mittels Verabreichung einer 0,9 %igen Natriumchlorid-Lösung aus einem Kunststoffkanister (Fassungsvermögen: 10 Liter) mit gleich bleibender Geschwindigkeit über vier Stunden fortgeführt.

Die isotone Kochsalzlösung wurde im Labor der Klinik unter Verwendung von 90 g Natriumchlorid (KMF Laborchemie, Lohmar) und zehn Liter Aqua bidest hergestellt.

Gruppe B:

Die zehn Kälber der Gruppe B (Anhang: Tabelle 144) erhielten die errechnete Menge an 1molarer, 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung (Natriumhydrogencarbonat 8,4 %; Serag-Wiessner KG, Naila) im Verhältnis 1 : 1 verdünnt mit isotonischer, 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (0,9 % Natriumchlorid-Lösung ad us. vet - selectavet, Weyarn-Holzolling) mit maximal erreichbarer Infusionsgeschwindigkeit. Die angestrebte Geschwindigkeit betrug 40 ml/kg/h. Auch bei den Tieren dieser Gruppe wurde direkt im Anschluss an die Applikation der Natriumbikarbonat-Lösung die Infusion mit 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung aus einem Kunststoffkanister (Fassungsvermögen: 10 Liter) mit gleich bleibender Geschwindigkeit über vier Stunden fortgeführt.

3.1.2 Methodik**3.1.2.1 Klinische Untersuchung**

Vor Beginn der Infusionsbehandlung wurden die Kälber zunächst klinisch untersucht. Einer allgemeinen klinischen Untersuchung mit Beurteilung des Allgemeinbefindens, rektaler Messung der Körpertemperatur, Auszählung der Puls- und Atemfrequenz und der Bewertung von Stehvermögen, Reife- und Entwicklungsgrad sowie von Ernährungs- und Pflegezustand, folgte die segmentale Untersuchung der Kälber. Zunächst wurden Mundschleimhautkolorit, Kopreflexe, Position des Bulbus in der Orbita und die Zeichnung der Episkleralgefäße beurteilt. Anschließend erfolgte die Untersuchung des Respirationstraktes und des Nabels. Bei der Befunderhebung am Magen-Darm-Trakt galt das Augenmerk besonders der Kotkonsistenz. Danach schloss sich eine Untersuchung des Bewegungsapparates an. In Tabelle 6 werden ausgewählte Befunde der Aufnahmeuntersuchung beider Kälbergruppen zusammengefasst dargestellt. Zusätzlich wurde im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung eine initiale Blutprobe aus der Vena jugularis entnommen, um zu überprüfen, ob bei dem jeweiligen Tier eine Azidose vorlag (vgl. Abschnitt 3.4.1). Konnte das Vorliegen einer diarrhoebedingten Azidose nachgewiesen werden, wurden die Kälber gewogen und als Probanden in die Studie aufgenommen.

Tabelle 6: Klinische Daten und Befunde der Behandlungsgruppen (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung; Kotkonsistenz: Anzahl der Tiere)

Parameter		Gruppe A (n = 10)	Gruppe B (n = 10)
Geschlecht	männlich	5	7
	weiblich	5	3
Alter bei Einlieferung (Tage)		7,8 ± 3,8	6,3 ± 4,0
Gewicht (kg)		38,5 ± 6,0	42,0 ± 4,3
Körpertemperatur (°C)		38,1 ± 1,5	38,2 ± 0,9
Kotkonsistenz	wässrig	8	5
	dünnbreiig	2	5

3.1.2.2 Vorbereitung der Probanden

Zur intravenösen Infusionstherapie und gleichzeitiger venöser Blutentnahme in regelmäßigen Intervallen war das Legen zweier Venenverweilkatheter notwendig. Alle Tiere erhielten je einen Venenverweilkatheter in eine Ohrvene und in die Vena jugularis externa auf der kontralateralen Halsseite.

Nach dem Rasieren (Venae auriculares) bzw. Scheren (Vena jugularis) eines ausreichend großen Gebietes um die voraussichtliche Einstichstelle herum, wurde dieses mit einem Hautantiseptikum (Skinsept G[®] Lösung, Henkel, Düsseldorf) gereinigt und entfettet. Anschließend wirkte das Desinfektionsmittel mindestens für 30 Sekunden ein. Zum Einsetzen des Verweilkatheters in eine Ohrvene wurde durch eine Hilfsperson oder per Stauschlauch am Ohrgrund gestaut und eine blaue Vasofix[®] Braunüle (22 G 1“, 0,9 x 25 mm, B. Braun, Melsungen) in eine der sichtbaren Venen platziert. Nach der Kontrolle des korrekten Sitzes durch langsames Injizieren isotoner Kochsalzlösung und Einsatz eines Mandrains, erfolgte die Fixation der Venenverweilkanüle. Dazu wurde mit einer Einmalkanüle der Ohrknorpel seitlich des Konus durchstoßen und von der Kanülenspitze her ein Faden eingefädelt. Nach dem Zurückziehen der Kanüle erfolgte die gleiche Vorgehensweise mit dem zweiten Fadenende auf der anderen Seite des Katheterkonus, um abschließend beide Enden des Fadens über dem Konus zu verknüpfen. Eine zweite Fixation wurde nach dem gleichen Prinzip etwas weiter kopfwärts durchgeführt, wobei, zur Verknüpfung der

Fadenenden, diese um das Injektionsventil gelegt wurden, um einem Herausrutschen der Braunüle aus der Vene entgegenzuwirken. Zur weiteren Absicherung wurde die Braunüle mit Klebeband fixiert.

Zusätzlich war das Einsetzen eines Venenverweilkatheters in die Vena jugularis erforderlich. Hierzu wurde die dem verwendeten Ohr entgegen gesetzte Halsseite gewählt. Dem Anstauen der Vene schloss sich das Legen einer orangefarbenen Vasofix[®] Braunüle (2,2 x 50 mm, B. Braun, Melsungen) in Herzrichtung an. Die Fixation der Braunüle erfolgte mittels zweier Hauthefte.

3.1.2.3 Versuchsablauf

Waren beide Venenverweilkatheter gelegt, wurde aus der Halsbraunüle eine Blutprobe zur Bestimmung der Basiswerte von Blutgasparametern, Elektrolytstatus und venösem pH-Wert entnommen. Die Entnahme einer Blutmenge von 2 ml erfolgte mit Hilfe einer mit 80 IU Heparin präparierten Monovette (PICO[®], Radiometer-Copenhagen), welche direkt auf die Braunüle aufgesetzt werden konnte. Die Probe wurde direkt im Anschluss durch den Blutgasautomat ABL 615 (Radiometer-Copenhagen) analysiert (vgl. Abschnitt 3.4.1).

Der ermittelte Base-Excess und das Körpergewicht wurden zur Berechnung der notwendigen zu applizierenden Menge an Natriumbikarbonat-Lösung in folgende Formel eingesetzt:

$$\text{NaHCO}_3 [\text{mmol}] = \text{KGW} [\text{kg}] \times (-\text{BE}) [\text{mmol/l}] \times V [\text{l/kg}]$$

Der Faktor V wurde mit einem Wert von 0,5 l/kg angesetzt (ROUSSEL, 1983; KLEE, 1989; BERCHTOLD, 1999; CONSTABLE, 2002; BLEUL, 2005).

Für die Kälber der Gruppe B wurden die jeweils ermittelten Mengen an Natriumbikarbonat- und Natriumchlorid-Lösung in einer sterilen Glasflasche (2 Liter) vermischt. Um identische Bedingungen zu schaffen, wurde die unverdünnte Natriumbikarbonat-Lösung für die Kälber der Gruppe A ebenfalls in derartige Glasflaschen gegeben. Die Befestigung der Infusionsflaschen erfolgte immer auf gleicher Höhe.

Direkt im Anschluss begann die Infusionstherapie der Kälber mittels Soluflo[®] Infusionsset (150 cm, Dispomed[®], Gelnhausen) und gegebenenfalls einer mediware[®] Verbindungsleitung (140 cm, servoprax[®], Wesel) zur spannungsfreien Anbringung der Infusionsapparatur, die nach erfolgter Entlüftung an die Ohrbraunüle angeschlossen wurden. Je nach Gruppenzugehörigkeit wurden die verschieden zusammengesetzten Infusionslösungen verabreicht.

Während des Versuchs erhielten die Kälber keine Tränke.

3.1.2.4 Probenentnahme

Mit Beginn der Infusion wurden in 10-Minuten-Abständen venöse Blutproben aus der Halsbraunüle entnommen. Konnte die benötigte Menge an Natriumbikarbonat-Lösung in der jeweiligen Verabreichungsform infundiert werden, erfolgte die weitere Dauertropfinfusion mit 0,9%iger Natriumchloridlösung. Ab diesem Zeitpunkt wurden zunächst in 10-Minuten-Abständen Blutproben entnommen. Eine halbe Stunde nach dem Wechsel der Infusionslösungen beginnend, erfolgte über weitere dreieinhalb Stunden eine Probenentnahme und -untersuchung in 30-Minuten-Abständen (vgl. Abschnitt 3.4.1). Die Probenentnahmeintervalle wurden so gewählt, dass Veränderungen der Blutparameter im Verlauf der Infusionsbehandlung möglichst genau erfasst werden konnten. Der Versuchsablauf wird in Abbildung 1 noch einmal schematisch dargestellt.

3.1.2.5 Weitere klinische Beobachtungen

Im Anschluss an die Infusionsbehandlung erfolgte über mindestens sieben weitere Tage eine adspektorische und palpatorische Untersuchung der verwendeten Ohrvene zur Kontrolle auf eventuelle Anzeichen einer Entzündung oder Gewebsveränderungen.

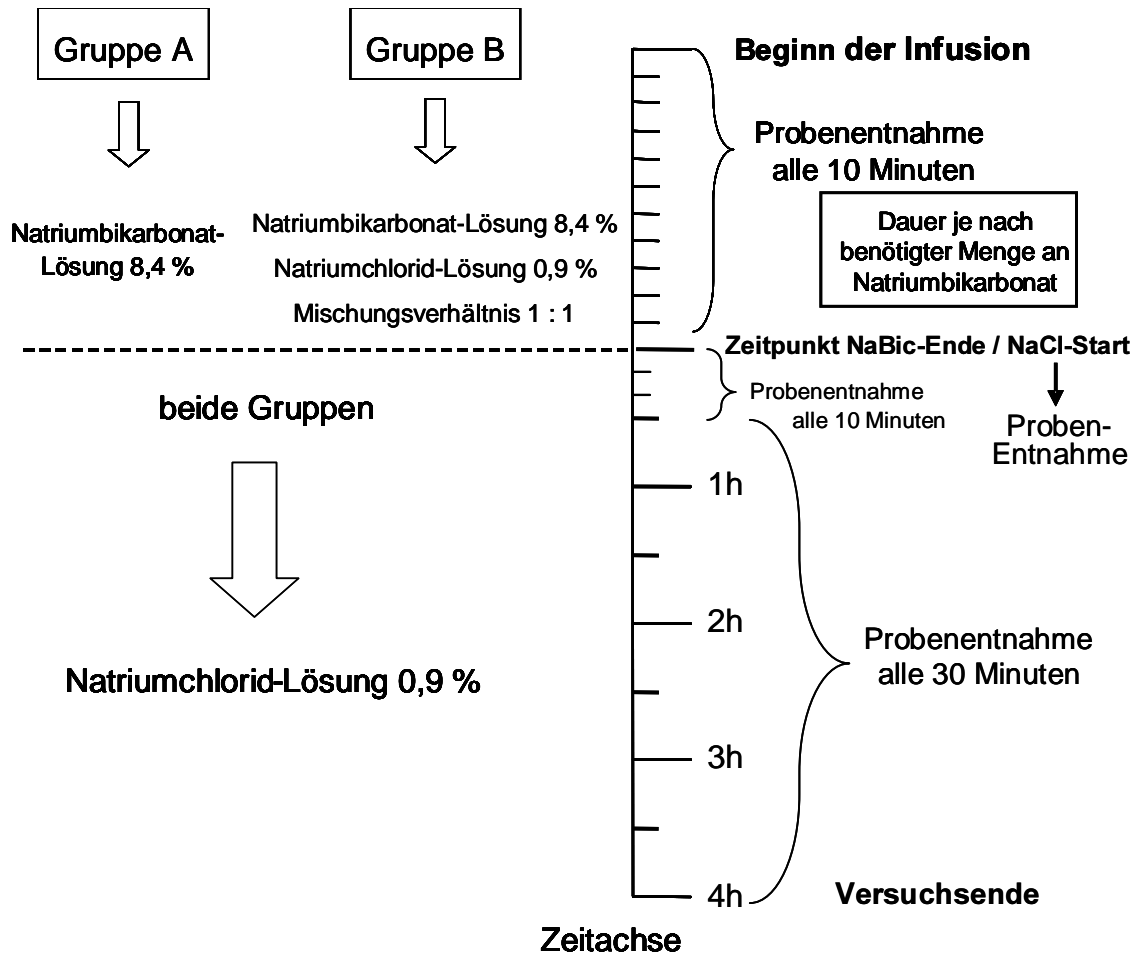


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus 3.1

3.2 Sonographische Untersuchungen zur Darstellung der Dünndarmmotorik bei Kälbern mit und ohne Diarrhoe

3.2.1 Vorversuche

Zur Validierung der sonographischen Darstellung des Magen-Darm-Traktes beim Kalb wurden bei zwei frisch toten Kälbern Vorversuche durchgeführt. Das lebende Kalb 1 wurde zunächst mithilfe der in Abschnitt 3.2.5 geschilderten Verfahren sonographisch untersucht und anschließend aufgrund zentralnervöser Symptome im Alter von fünf Tagen euthanasiert. Kalb 2 starb unmittelbar nach der Geburt. Beide Kälber wurden direkt nach der Feststellung des Todes präpariert, um nach einer optischen und palpatorischen Erfassung der Situsverhältnisse zur Abgrenzung der verschiedenen Darmabschnitte jeweils den Dünndarm zu entnehmen. Anschließend

erfolgte eine sonographische Untersuchung der entnommenen Darmabschnitte im Wasserbad. Hierbei kamen zwei verschiedene Ultraschallgeräte zum Einsatz: zum einen das mobile Ultraschallgerät „Sonoline Prima“ der Firma Siemens AG (Berlin und München), welches mit einem 7,5 MHz–Linearschallkopf ausgerüstet war, zum anderen das stationäre Gerät „SonoAce 9900“ (SONOACE GmbH, Marl) mit einem Linearschallkopf, der als Verlaufsschallkopf von 7,5 bis 13 MHz arbeitet.

Bei der sonographischen Untersuchung im Wasserbad wurde sowohl im Longitudinalschnitt als auch im Transversalschnitt vor allem auf die Größenverhältnisse von Dünndarmwand und -lumen geachtet und diese mithilfe der in den Ultraschallgeräten integrierten Computer digital gespeichert.

3.2.2 Probanden

Als Probanden dienten 21 Kälber aus der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit Tierärztlicher Ambulanz (KGGGA) der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Es wurden elf weibliche und zehn männliche Kälber der Rassen „Deutsch Holstein Schwarzbunt“ (n = 11), „Deutsch Holstein Rotbunt“ (n = 5), „Deutsches Fleckvieh“ (n = 3) und „Rotvieh“ (n = 1) sowie ein „Deutsch Holstein Schwarzbunt“-Kreuzungstier in die Studie aufgenommen.

3.2.2.1 Gruppenbildung und Selektionskriterien

Es wurden zwei Untersuchungsgruppen gebildet:

Gruppe C:

Die Gruppe C umfasste zehn Kälber (Anhang: Tabelle 145), die im Studienzeitraum mit klinischen Anzeichen einer neonataler Diarrhoe in die Klinik eingeliefert wurden. Alle Kälber der Gruppe C waren maximal 14 Tage alt und zeigten keine oder geringgradig ausgeprägte Begleiterkrankungen, von welchen kein Einfluss auf die Untersuchungen zu erwarten war. Sie wiesen ab dem Tag nach der Einlieferung eine regelmäßige gute bis mäßige Tränkeaufnahme auf.

Gruppe D:

Die Gruppe D umfasste elf Kälber (Anhang: Tabelle 146), die in der Klinik gesund geboren wurden und noch mindestens sechs Tage nach der Geburt in der Klinik verblieben. Am zweiten Lebenstag sowie in den folgenden vier Tagen waren ein ungestörter Gesundheitszustand ohne klinische Anzeichen einer neonatalen Diarrhoe und eine regelmäßige Tränkeaufnahme Voraussetzung für die Berücksichtigung in der Studie. Diese Kälber bildeten das Kontrollkollektiv.

3.2.3 Haltung und Fütterung

Die Kälber der Gruppe C wurden im isolierten Infektionstrakt der Klinik in Einzelboxen mit Stroheinstreu aufgestellt. Die Tiere aus der Gruppe D befanden sich im Neonatentrakt der Klinik ebenfalls in Einzelboxen auf Stroh. An beiden Abteilungen existierten besondere Desinfektionsmaßnahmen, um das Verschleppungsrisiko von Infektionserregern möglichst gering zu halten.

Die Fütterung der Kälber erfolgte dreimal täglich um 8, 16 und 24 Uhr. Zweimal täglich wurde allen Kälbern mit Diarrhoe zwischen den Mahlzeiten eine Elektrolytzwischentränke (Rehydion[®] gel, CEVA Tiergesundheit, Düsseldorf) angeboten.

Jeden Morgen fand bei allen Kälbern eine klinische Untersuchung sowie eine Blutprobenentnahme zur Blutgasanalytik statt (vgl. Abschnitt 3.4.1). Bei einigen Tieren waren mehrmals täglich zusätzliche blutgasanalytische Kontrolluntersuchungen notwendig.

Die Kälber der Gruppe C mit metabolischer Azidose erhielten nach einem initialen Ausgleich per 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung eine Standarddauerinfusion.

Diese Infusionslösung bestand aus:

- 10 l Natriumchlorid-Lösung 0,9 %
(90 g Natriumchlorid (KMF Laborchemie, Lohmar) in zehn Litern Aqua bidest; Herstellung im Kliniklabor)
- 500 ml Natriumbikarbonat-Lösung 8,4 %
(Natriumhydrogencarbonat 8,4 %, Serag-Wiessner KG, Naila)
- 1 l Glukose-Lösung 40 %
(Glucosel-40 %, selectavet, Weyarn-Holzolling)

Die Dauertropfinfusion erfolgte so lange, bis Saugreflex und Stehvermögen wieder gegeben waren, somit eine eigenständige Tränkeaufnahme gesichert war und die weitere Therapie per oraler Verabreichung von Elektrolyttränken erfolgen konnte.

3.2.4 Material

Die sonographischen Untersuchungen der lebenden Probanden wurden mit dem mobilen Ultraschallgerät „Sonoline Prima“ der Firma Siemens AG (Berlin und München) durchgeführt, welches mit einem 7,5 MHz-Linearschallkopf ausgerüstet war. Die Standardeinstellung des Gerätes wurde für alle Untersuchungen beibehalten. Um eine optimale Ankopplung zwischen Schallkopf und Hautoberfläche zu erreichen, wurden die Kälber in der rechten Flanke nach kranial bis zum Rippenbogen und nach kaudal bis zum Oberschenkelansatz mit einer Schermaschine (Favorita II GT 104[®], AESCULAP AG & CO. KG, Tuttlingen) geschoren. Die dorsale Begrenzung bildeten die Querfortsätze der Wirbelsäule, ventral wurde bis zum Kniegelenk geschoren, so dass ein rechteckiges Untersuchungsfeld zur Verfügung stand, welches vor jeder Untersuchung mit Alkohol entfettet wurde (Abbildung 2). Zusätzlich wurde zur Optimierung der Ankopplung handelsübliches Kontaktgel (SONOGEL[®], Sonogel Vertriebs GmbH, Bad Camberg) verwendet.



Abbildung 2: Geschorene Untersuchungsfläche zur sonographischen Untersuchung der Darmmotorik beim Kalb

3.2.5 Untersuchungsmethode und Datenerfassung

Die auskultatorischen und sonographischen Untersuchungen erfolgten über jeweils fünf aufeinander folgende Tage. In der Kontrollgruppe (Gruppe D) wurde am zweiten Lebenstag mit der Untersuchung begonnen, in der Diarrhoe-Gruppe (Gruppe C) am Tag der Einlieferung mit einer einmaligen Befunderhebung. Außer am Einlieferungstag der Kälber aus Gruppe C erfolgten die Untersuchungen dreimal täglich. Die Festlegung der Lokalisation für die sonographische Untersuchung in der rechten Flanke erfolgte dabei in Anlehnung an die Untersuchungen von JUNG (2002) sowie PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2004). Die Untersuchungszeiten orientierten sich an der Fütterung der Kälber, so dass die erste Messung direkt vor der Fütterung, die zweite Messung 30 Minuten nach der Fütterung und die dritte Messung fünf Stunden nach der Fütterung stattfanden. Dabei wurden die Kälber vor der Fütterung und fünf Stunden nach der Fütterung zunächst klinisch untersucht. Zudem fand täglich vor der Fütterung für alle Kälber eine venöse Blutprobenentnahme zur Kontrolle der Säure-Basen-Parameter statt (vgl. Abschnitt 3.4.1). Die Kälber der Gruppe C wurden zusätzlich zum Zeitpunkt ihrer Einlieferung klinisch und labordiagnostisch untersucht.

An allen Untersuchungszeitpunkten erfolgte eine auskultatorische Untersuchung in der Mitte der vorbereiteten Untersuchungsfläche im Bereich der rechten Flanke unter Verwendung eines Phonendoskops nach Götze (H. Hauptner und Richard Herberholz GmbH & Co. KG, Solingen) mit einem Membrandurchmesser von 65 mm über drei Minuten.

Dabei wurden folgende Parameter beurteilt:

Isolierte lokale Kontraktionsgeräusche des Darms:

- Anzahl / 3 Minuten
- Intensität:
 - Ruhe
 - + gerade hörbar
 - ++ gut hörbar
 - +++ laut hörbar

Anschließend folgte die sonographische Untersuchung über mindestens drei Minuten. Konnten in dieser Zeit nicht alle Parameter bestimmt werden, wurde die Untersuchung auf den erforderlichen Zeitraum ausgedehnt.

Zur Identifizierung des Dünndarms wurde zunächst das geschorene Untersuchungsfeld von kranial nach kaudal und von dorsal nach ventral gescannt. Anhand sonographischer und topographischer Merkmale konnte der Dünndarm in der rechten Flanke identifiziert werden. Dabei sind das *Duodenum descendens* sowie Jejunum und Ileum regelmäßig im Bereich der rechten Flanke darstellbar (JUNG, 2002). Eine Unterscheidung der unterschiedlichen Dünndarmabschnitte erfolgte nicht. Die Abgrenzung zum *Colon ascendens* erfolgte anhand seiner Lage sowie den für diesen Darmabschnitt typischen parallel verlaufenden Strukturen der Kolonscheibe. Bei sehr jungen Kälbern sind diese Strukturen jedoch schwer darzustellen (PADEL-GSCHWIND u. STOCKER, 2004).

Wenn möglich, erfolgte die Sonographie am stehenden Tier mit Unterstützung durch eine Hilfsperson, um die Kälber abzulenken und für eine annähernd ruhige Untersuchung zu sorgen. Bei Kälbern mit nicht erhaltenem Stehvermögen fand die Sonographie in linker Seitenlage statt.

Es wurden folgende Parameter subjektiv beurteilt:

Motilität des Dünndarms:

- Darmatonie
- + erkennbare Peristaltik, keine Pendelbewegungen der Ingesta darstellbar
- ++ deutlich erkennbare Peristaltik, regelmäßige Änderungen der Ingesta-Flussrichtung darstellbar
- +++ Hyperperistaltik, permanente Änderungen der Ingesta-Flussrichtung

Füllungszustand des Dünndarms:

- überwiegend leere Dünndarmabschnitte
- + mäßig gefüllte Darmschlingen, vereinzelt leere Dünndarmabschnitte
- ++ vorwiegend gut gefüllte Dünndarmschlingen
- +++ dilatierte vermehrt gefüllte Dünndarmschlingen

Bewegungsintensität der Ingesta:

- keine erkennbaren Ingestabewegungen
- + geringgradige Bewegungen der Ingesta
- ++ deutliche Bewegungen der Ingesta
- +++ vermehrte Bewegungen der Ingesta

Echogenität der Ingesta:

- anechogener, z. T. gashaltiger Dünndarminhalt (nur die dem Schallkopf zugewandte Darmwand ist beurteilbar und stellt sich als hyperechoischer Saum mit distaler Schallauslöschung dar)
- + flüssiger hypoechogener Dünndarminhalt mit mäßiger Dichte kleiner echogener Partikel
- ++ flüssiger hypoechogener Dünndarminhalt mit zahlreichen gröberen echogenen Partikeln
- +++ homogener echogener Dünndarminhalt

Wanddicke und Lumendiameter (ohne Einbeziehung der Darmwand) wurden pro Untersuchung für je drei Dünndarmschlingen bestimmt und der arithmetische Mittelwert dieser Messungen zur Auswertung verwendet (BRAUN u. MARMIER, 1995). Die Ausmessung des Lumendurchmessers erfolgte möglichst während einer Kontraktionswelle in maximaler Dehnung durch die transportierten Ingesta. Der Durchmesser des Dünndarms wurde dabei möglichst von der sondenkopffernen zur sondenkopfnahen Wand mit Orientierung an der innersten Wandschicht ermittelt (PADEL-GSCHWIND u. STOCKER, 2004).

3.3 Retro- und prospektive Auswertung klinischer und labordiagnostischer Daten von Kälbern mit neonataler Diarrhoe

Die Daten stammen von Kälbern mit neonataler Diarrhoe, die in den Jahren 1998 bis 2005 als Patienten in der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit Tierärztlicher Ambulanz (KGGA) der Justus-Liebig-Universität Gießen eingestellt waren. Insgesamt wurden die Daten von 511 Kälbern ausgewertet, die das Gesamtkollektiv der Auswertung bildeten. Von diesen Kälbern wurden 72 Tiere einer Sondergruppe zugeordnet, da sie in der Klinik geboren wurden, zunächst ein ungestörtes Allgemeinbefinden zeigten und erst während ihres Aufenthaltes eine Diarrhoe entwickelten. Die Auswertung erfolgte retrospektiv für die Jahre 1998 bis 2004 und prospektiv für Kälber, die im Jahr 2005 aufgenommen wurden, anhand der in der Klinik verwendeten Patientenkarten.

3.3.1 Selektionskriterien

3.3.1.1 Einschlusskriterien

Die berücksichtigten Kälber

- zeigten bei Einlieferung klinische Anzeichen einer neonatalen Diarrhoe,
- waren bei Krankheitsbeginn maximal 14 Tage alt
oder
- wurden in der Klinik geboren, waren zunächst bei ungestörtem Allgemeinbefinden und zeigten im Verlauf ihres Klinikaufenthaltes vor ihrem 14. Lebenstag mindestens einen Tag lang dünnbreiigen oder wässrigen Kot.

3.3.1.2 Ausschlusskriterien

Kälber, die mit anderen Primärerkrankungen in die Klinik eingeliefert wurden und erst während des Aufenthaltes eine Diarrhoe entwickelten, fanden keine Berücksichtigung. In der Klinik entwickelte Sekundärerkrankungen wurden dokumentiert und bei der weiteren Auswertung gesondert betrachtet.

Ausgeschlossen wurden alle Kälber, die nicht den Einschlusskriterien entsprachen.

3.3.2 Material

3.3.2.1 Anamnestische und klinische Parameter

Folgende Parameter wurden einmalig bei Einstellung in die Klinik aufgenommen:

- Einstellungsdatum
- Geschlecht
- Rasse
- Besitzer
- Geburtsverlauf
- Ausprägung des Saug-, Schluck-, Droh-, Ohr-, Lid-, Corneal- und Pupillar-Reflexes
- Kolostrumaufnahme
- Muttertiervakzine
- Vorbehandlungen
- Alter bei Krankheitsbeginn
- Alter bei Einlieferung in die Klinik

Zusätzlich wurden bei 407 Kälbern Kotproben zur Untersuchung auf Diarrhoe-Erreger entnommen.

Die folgenden Angaben wurden täglich bis zur Entlassung bzw. bis zum Tod des Kalbes aufgenommen:

- Körpertemperatur
- Kotkonsistenz
- Kotfarbe
- Assoziierte Erkrankungen bzw. Symptome während des Klinikaufenthaltes

Bei Einlieferung wurden außerdem folgende Parameter aufgenommen, deren Befunde bei Bedarf auch an weiteren Tagen registriert wurden:

- Stehvermögen
- Exsikkose-Grad
- Blutgaswerte (pH-Wert, Base-Excess)

Der Hämatokrit wurde nur für einen Teil der Patienten erhoben.

3.3.2.2 Erregerspektrum

Zur Auswertung der beteiligten infektiösen Mikroorganismen wurden die vorhandenen Ergebnisse der parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchungen von Kotproben verwendet. Diese Untersuchungsergebnisse wurden zusammen mit den jeweiligen Patientenkarten in der Klinik archiviert. Die Ergebnisse der parasitologischen Untersuchungen stammten aus dem Institut für Parasitologie, die der bakteriologischen Untersuchung aus dem Institut für Hygiene und Infektionserkrankungen der Tiere und die der virologischen Untersuchung aus dem Institut für Virologie der Justus-Liebig-Universität Gießen. Die standardisierte Untersuchung auf Kryptosporidien erfolgte in der Parasitologie mittels Karbol-Fuchsin-Färbung von Kot-Ausstrichen nach HEINE (1982). Giardien wurden mit Hilfe der SAF-Methode (Sodium Acetat Acetid Acid Formaldehyde Technique) nachgewiesen. In der Bakteriologie erfolgten die Untersuchungen mittels Anzüchtung von Bakterienkulturen und in der Virologie durch elektronenmikroskopische Nachweisverfahren.

Dabei wurden von den Instituten unterschiedliche Befundschlüssel verwendet:

Parasitologie:	-	negatives Untersuchungsergebnis
	+	vereinzelte parasitäre Gebilde
	++	in mäßiger Zahl parasitäre Gebilde
	+++	zahlreiche parasitäre Gebilde
Bakteriologie:	+	1 - 10 Kolonien
	++	11 - 50 Kolonien
	+++	> 50 Kolonien
Virologie:	neg.	Virusnachweis mittels Elektronenmikroskop negativ
	pos.	Virusnachweis mittels Elektronenmikroskop positiv

3.3.2.3 Blutparameter

Zur Auswertung der Blutparameter wurden jeweils die Ergebnisse der Blutentnahme bei Einlieferung sowie die Befunde weiterer Blutentnahmen, die bei Bedarf an den folgenden Tagen des Klinikaufenthaltes durchgeführt wurden, verwendet. Die Blutbefunde wurden gemeinsam mit der zugehörigen Patientenkarte archiviert.

Die Blutentnahme zur Erhebung labordiagnostischer Befunde erfolgte aus der gestauten Vena jugularis.

3.3.3 Gruppenbildung

Zur Auswertung der erhobenen Daten erfolgte eine Einteilung in drei Gruppen:

1. Gesamtkollektiv (n = 511),
2. Kälber, die in der Klinik gesund geboren wurden und während des Klinikaufenthaltes an neonataler Diarrhoe erkrankten (n = 72),
3. Kälber aus Problembetrieben (n = 185).

3.3.4 Definitionen

Bei den 72 Kälbern, die mit ungestörtem Allgemeinbefinden in der Klinik geboren wurden und erst während ihres Klinikaufenthaltes an neonataler Diarrhoe erkrankten, wurde am ersten Erkrankungstag eine klinische und labordiagnostische Untersuchung durchgeführt, die der Aufnahmeuntersuchung eingelieferter, im landwirtschaftlichen Betrieb erkrankter Kälber entsprach. Die Ergebnisse dieser Untersuchung konnten somit in der Auswertung des Gesamtkollektivs den Befunden der Untersuchung bei Einlieferung in die Klinik gleichgesetzt werden.

Als „gesund“ wurden Kälber eingestuft, die mindestens drei Tage in Folge keinen wässrigen oder dünnbreiigen Kot absetzten. Ein oder zwei durchfallfreie Tage im Laufe einer Durchfallerkrankung wurden in die Gesamtdauer miteinbezogen. Zudem zeigten „gesunde“ Kälber ein ungestörtes Allgemeinbefinden, Normothermie und keine Anzeichen einer Exsikkose. Die minimale Erkrankungsdauer betrug somit definitionsgemäß vier Tage (1 Tag Diarrhoe + 3 Tage pastösen Kot).

In die Gruppe der Kälber aus Problembetrieben wurden Tiere aus Beständen einbezogen, die während des berücksichtigten Zeitraums zehn oder mehr an Diarrhoe erkrankte Kälber in die Klinik einlieferten.

3.3.5 Befundschlüssel

Folgende Schlüssel wurden angelegt:

- Geschlecht:**
- 1 = weiblich
 - 2 = männlich
- Rasse:**
- 1 = Deutsch Holstein Schwarzbunt
 - 2 = Deutsch Holstein Rotbunt
 - 3 = Deutsches Fleckvieh
 - 4 = Charolais
 - 5 = Limousin
 - 6 = Jersey
 - 7 = andere Rassen
(zu einer Gruppe zusammengefasst:
Galloway, Angus, Gelbvieh, Rotvieh,
Blonde d`Aquitaine)
 - 8 = Kreuzungen
- Besitzer:**
- A, B, C, D, E, F, G, H, I, J
- Jeder Buchstabe steht für einen bestimmten Betrieb, aus dem 10 oder mehr Kälber stammen.
- Geburt:**
- 1 = spontan
 - 2 = leichter Auszug
 - 3 = schwerer Auszug
 - 4 = Sectio caesarea

Kolostrumaufnahme:	1 = ja 2 = nein
Muttertiervakzine:	1 = ja (Spektrum der Vakzine unbekannt) 2 = nein 3 = Rotavirus/Coronavirus 4 = Rotavirus/Coronavirus/E. coli
Vorbehandlung:	1 = keine 2 = vorbehandelt, aber Medikamente unbekannt 3 = Antibiotikagabe 4 = Infusion 5 = Antibiotikagabe + Infusion 6 = vorbehandelt, ohne Antibiotika oder Infusionen
Schicksal:	1 = gesund / Entlassung 2 = Tod (Gruppe der Kälber, die ihrer Krankheit erlagen oder euthanasiert werden mussten)
Reflexe:	0 = nicht auslösbar 1 = auslösbar (routinemäßig überprüft werden Saug-, Schluck-, Droh-, Ohr-, Lid-, Corneal- und der Pupillarreflex)
Stehvermögen:	1 = gegeben 2 = festliegend
Exsikkose:	0 = keine 1 = Hautfalte verstreicht verzögert 2 = Hautfalte verstreicht verzögert / gar nicht und die Bulbi sind eingesunken

Kotkonsistenz:

- 1 = pastös
- 2 = mittelbreiig
- 3 = dünnbreiig
- 4 = wässrig

Kotfarbe:

- 1 = Mekonium
- 2 = gelb
- 3 = ocker
- 4 = braun
- 5 = oliv/grün
- 6 = weiß
- 7 = grau
- 8 = schwarz
- 9 = rot
- 10 = gelb-grün
- 11 = gelb-grau
- 12 = gelb-rot
- 13 = braun-grün
- 14 = braun-grau
- 15 = braun-rot
- 16 = grün-grau
- 17 = grau-rot

Parasiten- / Bakterien-Nachweis:

- 0 = negativ
- 1 = + (leichter Befall)
- 2 = ++ (mittelgradiger Befall)
- 3 = +++ (hochgradiger Befall)

Virusnachweis:

- 0 = negativ
- 1 = positiv

Assoziierte Erkrankungen / Symptome:

- 1 = keine
- 2 = Bronchopneumonie
- 3 = Trinkschwäche
- 4 = Nabelentzündung (alle Formen)
- 5 = Hernia umbilicalis
- 6 = neurologische Symptome
- 7 = Thrombophlebitis
- 8 = Prä maturität
- 9 = Arthritis und Polyarthritis
- 10 = Sepsis
- 11 = Gliedmaßenfehlstellung
- 12 = Pansentrinker
- 13 = Labmagen-Ulzera / Abomasitis
- 14 = Myiasis
- 15 = Trauma (Trittverletzung durch Muttertier)
- 16 = Niereninsuffizienz
- 17 = Fraktur
- 18 = Struma
- 19 = Volvulus
- 20 = Aszites

3.4 Labordiagnostische Methoden**3.4.1 Bestimmung der Säure-Basen-Parameter**

Unmittelbar im Anschluss an die jeweiligen Blutentnahmen erfolgte die Analyse der Proben durch den Blutgasautomaten ABL 615 (Radiometer-Copenhagen).

Das Gerät bestimmt fünf verschiedene Blutgas- und drei Oxymetrieparameter sowie die Konzentration von zwei Metaboliten und vier Elektrolyten im Blut. Für die Auswertung der vorliegenden Untersuchungen waren der venöse pH-Wert, der venöse Kohlendioxidpartialdruck ($p\text{CO}_2$), die Glukose- und L-Laktatkonzentration sowie die Ionen-Konzentrationen von Bikarbonat (HCO_3^-), Natrium, Kalium und

Chlorid von Interesse. Des Weiteren werden der Base-Excess (BE) und der Hämatokrit (Hkt) errechnet.

Die venöse pH-Wert-Bestimmung erfolgt beim ABL 615 potentiometrisch per Glaselektrode, während der Kohlendioxidpartialdruck mittels Severinghaus-Elektrode und der Sauerstoffpartialdruck amperometrisch mit Hilfe einer Clark-Elektrode bestimmt werden. Der Base-Excess und die Ionen-Konzentration von Bikarbonat werden mathematisch aus dem pH-Wert und dem Partialdruck von CO₂ im Blut berechnet. Die Konzentrationen der Metabolite Glukose und L-Laktat ermittelt der ABL 615 mit Hilfe von amperometrischen Elektroden. In den Elektroden entwickelt sich bei Kontakt mit den Metaboliten aus der Probe eine Polarisierungsspannung. Der fließende Strom wird per Amperemeter gemessen und ist proportional zur Metabolitenkonzentration in der Blutprobe. Die Konzentrationen der in den Blutproben enthaltenen Elektrolyte werden von ionenspezifischen Kalium-, Natrium-, Kalzium- und Chloridelektroden ermittelt. Das bei allen vier Elektrolyten identische Messprinzip besteht in der Registrierung der Potentialdifferenz der konstanten und bekannten Elektrolytkonzentrationen an der Elektrode und der Elektrolytaktivität in der Probe. Ist die Ionenkonzentration in beiden Lösungen gleich, beträgt das Potential über der Elektrodenspitze 0 Volt (GÜMBEL, 2003).

Die angewandten Referenzbereiche der jeweiligen Parameter sind Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Referenzbereiche verschiedener Blutparameter beim Kalb nach STÖBER und GRÜNDER (1990)¹ sowie BERCHTOLD et al. (2000)²

Parameter	Einheit	Referenzbereich
pH (venös)		7,35 – 7,45 ²
pCO ₂ (venös)	kPa	5,30 – 6,70 ²
HCO ₃ ⁻	mmol/l	23 – 29 ¹
BE		- 3 – + 3 ²
Glukose		5,5 – 8,3 ¹
Laktat		0,4 – 2,2 ¹
Natrium		115 – 145 ¹
Kalium		3,5 – 5,0 ¹
Chlorid		75 – 115 ¹
Hämatokrit		l/l

3.4.2 Blutbild-Analyse

Die Analyse der korpuskulären Blutbestandteile erfolgte durch den Cell-Dyn[®] 3500 (Abbott, Wiesbaden-Delkenheim). Dieses hämatologische Analysesystem ist in der Lage 20 Blutparameter aus einer mit K3-EDTA stabilisierten Vollblutprobe von mindestens 130 µl zu bestimmen. Für die Studie wurde lediglich der Hämatokrit, welcher indirekt durch Berechnung aus der Erythrozytenkonzentration und dem mittleren Zellvolumen der Erythrozyten bestimmt wurde, ausgewertet. Die Darstellung der hämatologischen Analyse-Ergebnisse erfolgte auf einem Monitor in graphischer und tabellarischer Form und wurde zur besseren Dokumentation über einen angeschlossenen Drucker direkt ausgedruckt (BLEUL et al., 2002).

3.5 Datenerfassung

Die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen wurden zunächst mithilfe des Computerprogramms Microsoft[®] Office Excel 2003 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington) in tabellarischer Form gespeichert.

3.5.1 Statistische Auswertung der Daten

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte durch die Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung des Fachbereiches Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität unter Verwendung des Statistikprogrammpaketes BMDP/Dynamic, Release 7.0 (DIXON, 1993). Die graphischen Abbildungen wurden mit den Programmen SPSS[®] 12.0 für Windows und Microsoft[®] Excel 2003 erstellt. Zur Beschreibung der Daten wurden arithmetische Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima sowie die jeweiligen Stichprobenumfänge (n) berechnet. Beim Vorliegen rechtsschiefer Verteilungen positiver quantitativer Merkmale erfolgte eine logarithmische Transformation der Daten sowie die Berechnung des geometrischen Mittelwertes und des Streufaktors. Zur Bewertung statistischer Signifikanzen wurde das Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ zugrunde gelegt, d. h. Ergebnisse mit $p \leq 0,05$ wurden als statistisch signifikant angesehen. Nach Möglichkeit erfolgte zusätzlich die Angabe des exakten p-Wertes.

Für die statistische Auswertung des Versuches 3.2 wurden die gewählten Kategorieunterteilungen in folgendes Punktesystem übertragen:

- 0 Punkte
- + 1 Punkt
- ++ 2 Punkte
- +++ 3 Punkte

Anschließend konnten arithmetischer Mittelwert und die Standardabweichung berechnet werden.

Im Fall der Parameter „Anzahl der Kontraktionsgeräusche“ und „Intensität der Kontraktionsgeräusche“ musste aufgrund der besonderen Datenverteilung zur weiteren Auswertung zunächst eine Transformierung der Daten vorgenommen werden. Diese erfolgte nach der Formel von SACHS (1992): $y = \sqrt{x + \frac{3}{8}}$.

Wurden zur graphischen Darstellung Box-and-Whisker-Plots verwendet, galten folgende Definitionen:

Ausreißer: Fälle mit Werten, die zwischen 1,5 und 3 Boxenlängen vom oberen oder unteren Rand der Box entfernt sind. Die Boxenlänge entspricht dem interquartilen Bereich (o).

Extremwerte: Fälle mit Werten, die mehr als 3 Boxenlängen vom oberen oder unteren Rand der Box entfernt sind. Die Boxenlänge entspricht dem interquartilen Bereich (▲).

3.5.2 Angewandte statistische Verfahren

In Tabelle 8 bis Tabelle 12 finden sich die angewandten statistischen Verfahren der einzelnen Themenabschnitte.

Tabelle 8: Angewandte statistische Verfahren zur Datenauswertung der Ergebnisse des Abschnitts 4.1

Parameter	statistisches Verfahren	
	einfaktoriell	multifaktoriell
Anfangsbedingungen	t-Test für unabhängige Stichproben	-
Zeitverlauf	-	2-faktorielle ANOVA mit Messwiederholungen
Infusionsmenge	t-Test für unabhängige Stichproben	-
Schicksal	exakter Test nach Fisher (zweiseitig)	-

Tabelle 9: Angewandte statistische Verfahren zur Datenauswertung der Ergebnisse des Abschnitts 4.2.2

Parameter	statistisches Verfahren
	multifaktoriell
Dünndarmmotilität	beide Gruppen: 3-faktorielle ANOVA nur Gruppe C: 1-faktorielle ANOVA nur Gruppe D: 2-faktorielle ANOVA jeweils mit Messwiederholungen
Füllungszustand	
Bewegungsintensität der Ingesta	
Echogenität der Ingesta	
Wanddicke des Dünndarms	
Durchmesser des Dünndarms	
Anzahl Kontraktionsgeräusche	
Intensität Kontraktionsgeräusche	
pH-Wert	1-faktorielle ANOVA
Base-Excess	
pH-Wert / Motilität	Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman
Anzahl Kontraktionsgeräusche / Motilität	
Intensität Kontraktionsgeräusche / Motilität	
Anzahl Kontraktionsgeräusche / Ingestabewegung	
Intensität Kontraktionsgeräusche / Ingestabewegung	

Tabelle 10: Angewandte statistische Verfahren zur Datenauswertung der Ergebnisse des Abschnitts 4.3.1.13.1

Parameter	statistisches Verfahren	
	einfaktoriell	multifaktoriell
ausgefallenen Reflexe	Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman	multiple logistische Regression
	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test (Schicksal)	
Körpertemperatur	Korrelation – Zusammenhangsanalyse	multiple lineare Regression
	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test (Schicksal)	
Exsikkose	Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman	-
	Chi-Quadrat-Test (Schicksal + Erreger)	
Kotkonsistenz	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test	multiple logistische Regression
	Chi-Quadrat-Test (Schicksal + Erreger)	
Stehvermögen	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test	multiple logistische Regression
	Chi-Quadrat-Test (Schicksal)	
assoziierte Erkrankungen	Chi-Quadrat-Test	-
Schicksal	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test	schrittweise multiple logistische Regression
Dauer	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test	4-faktorielle ANOVA ohne Wechselwirkungen
Alter bei Erkrankung	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test	4-faktorielle ANOVA ohne Wechselwirkungen
pH-Wert	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test	multiple lineare Regression
	Korrelation – Zusammenhangsanalyse (Alter + Dauer)	
	Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman (Erregeranzahl)	
Base-Excess	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test	multiple lineare Regression
	Korrelation – Zusammenhangsanalyse (Alter + Dauer)	
	Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman (Erregeranzahl)	

Parameter	statistisches Verfahren	
	einfaktoriell	multifaktoriell
Hämatokrit	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test	multiple lineare Regression
	Korrelation – Zusammenhangsanalyse (Alter + Dauer + pH-Wert)	
	Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman (Erregeranzahl)	

Tabelle 11: Angewandte statistische Verfahren zur Datenauswertung der Ergebnisse des Abschnitts 4.3.1.13.2

Parameter	statistisches Verfahren	
	einfaktoriell	multifaktoriell
Dauer	-	einfaktorielle ANOVA mit drei Gruppen
Schicksal	-	multiple logistische Regression

Tabelle 12: Angewandte statistische Verfahren zur Datenauswertung der Ergebnisse der Abschnitte 4.3.2 und 4.3.3

Parameter	statistisches Verfahren	
	einfaktoriell	multifaktoriell
Körpertemperatur	Korrelation – Zusammenhangsanalyse	multiple lineare Regression
pH-Wert	Korrelation – Zusammenhangsanalyse	multiple lineare Regression
Base-Excess	Korrelation – Zusammenhangsanalyse	multiple lineare Regression
Schicksal	Chi-Quadrat-Test	multiple logistische Regression
	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test (Base-Excess + pH-Wert)	schrittweise logistische Regression (Base-Excess + pH-Wert)
Alter bei Erkrankung	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test	4-faktorielle ANOVA ohne Wechselwirkungen
	Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman (Erregeranzahl)	
Gesamtkollektiv / Infektionsgruppe	Wilcoxon-Mann-Whitney-Test	-
Besitzer / Erreger	exakter Test nach Fisher	-

4 Ergebnisse

4.1 Infusionsversuche mit Natriumbikarbonat-Lösungen bei Kälbern mit Diarrhoe und negativem Base-Excess

4.1.1 Infusionsbedingungen

Die Infusion der Natriumbikarbonat-haltigen Lösung dauerte in der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) 20 bis 90 Minuten und in der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) 20 bis 70 Minuten. Dies führt in den Abbildungen 5 – 24, 27 – 46, 49 – 68, 71 – 90 und 93 – 112 zu unterschiedlichen Längen der Zeitachse.

Die gemittelten Infusionsmengen beider Versuchsgruppen sind in Tabelle 13 zusammengefasst. Dabei ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der infundierten Flüssigkeitsmenge an die Kälber der Gruppe A und der Menge, die den Kälbern der Gruppe B pro Kilo Körpergewicht und pro Zeiteinheit infundiert werden konnte ($p = 0,012$).

Tabelle 13: Infusionsbedingungen während der Infusion der bikarbonathaltigen Lösungen (MW: arithmetischer Mittelwert, $\pm s$: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Parameter	Gruppe A (n = 10)				Gruppe B (n = 10)			
	MW	$\pm s$	Min.	Max.	MW	$\pm s$	Min.	Max.
Infusionsmenge (ml)	326	93	192	494	766	335	288	1288
Infusionsmenge (ml / kg / h)	18,8	7,9	5,6	29,7	30,9	11,3	17,5	54,0

Während in der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) eine statistisch signifikante Korrelation zwischen der infundierten Menge an Natriumbikarbonat-haltiger Lösung und der in diesem Versuchsabschnitt benötigten Infusionsdauer bestand ($p \leq 0,01$), ergab sich für die Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) kein entsprechender Zusammenhang (Abbildung 3, Abbildung 4).

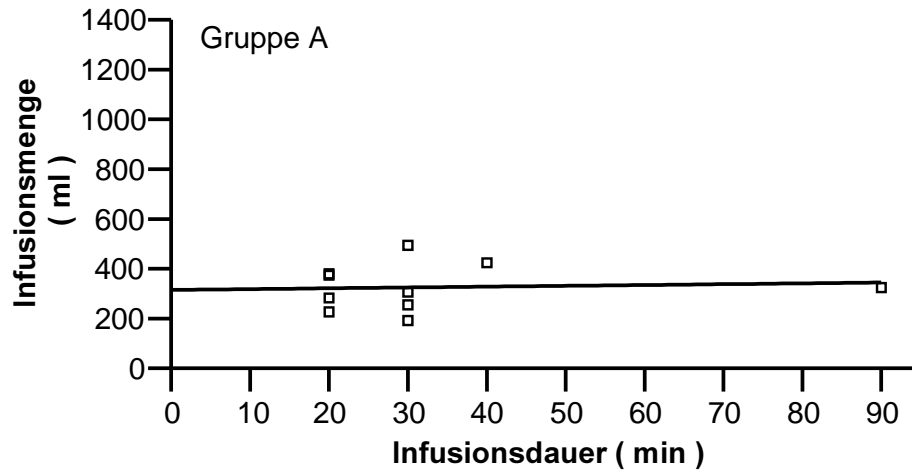


Abbildung 3: Korrelationsdiagramm der Menge an infundierter Natriumbikarbonat-haltiger Lösung und der Infusionsdauer in der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung); $r = 0,075$

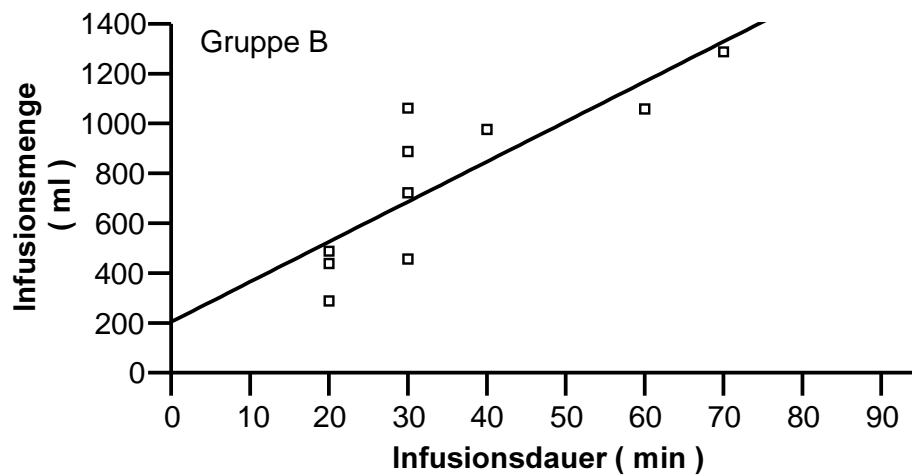


Abbildung 4: Korrelationsdiagramm der Menge an infundierter Natriumbikarbonat-haltiger Lösung und der Infusionsdauer in der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1); $r = 0,820$

4.1.2 Ergebnisse der Blutuntersuchungen

4.1.2.1 Base-Excess und venöser pH-Wert

Base-Excess

Der durchschnittlich ermittelte Base-Excess lag vor Beginn der Infusionstherapie in der Gruppe A (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung) bei $-17,4 \pm 5,5$ mmol/l und in der Gruppe B (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %ige Natriumchlorid-Lösung; Mischungsverhältnis 1 : 1) bei $-18,0 \pm 7,0$ mmol/l (Tabelle 14). Es lagen keine signifikanten Unterschiede der Ausgangswerte beider Kälbergruppen vor. Alle zwanzig Tiere wiesen zu diesem Zeitpunkt einen Base-Excess unterhalb des Normbereiches (+ 3 bis - 3 mmol/l) auf.

Tabelle 14: Entwicklung des Base-Excess (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) (MW: arithmetischer Mittelwert, \pm s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum, n.m.: nicht messbar)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	\pm s	Min.	Max.	Median	MW	\pm s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	-17,4	5,5	-25,4	-9,2	-18,5	-18,0	7,0	-27,4	-6,6	-18,2
0:10 h	10,3	13,6	-6,6	n.m.	12,5	1,1	9,6	-10,1	18,9	-0,6
NaBic-Ende	10,7	14,5	0,4	n.m.	6,0	14,2	14,1	3,3	n.m.	9,5

Während der Infusion der jeweiligen Natriumbikarbonat-haltigen Lösung kam es bei allen zwanzig Tieren zu einem deutlichen Anstieg des Base-Excess.

Bei jeweils zwei Kälbern beider Gruppen stieg der Base-Excess so stark an, dass das Blutgasanalysegerät den genauen Wert nicht ermitteln konnte. Bei den Kälbern Nr. 7 und Nr. 10 (Gruppe A) und Kalb Nr. 14 (Gruppe B) war dies bereits nach zehninütiger Natriumbikarbonat-Infusion der Fall, während bei Kalb Nr. 12 (Gruppe B) der Base-Excess erst nach dreißig Minuten derart anstieg (Abbildung 5 bis Abbildung 24).

Bereits nach einer zehnmütigen Infusion lag der Durchschnittswert der Gruppe A über dem Referenzbereich, nur zwei Kälber wiesen weiterhin einen erniedrigten Base-Excess auf. Der entsprechende Wert der Gruppe B befand sich dagegen innerhalb des Normbereiches, hier wurden bei vier Tieren weiter subnormale Werte ermittelt.

Am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion wiesen neun Kälber der Gruppe A und alle zehn Kälber der Gruppe B einen erhöhten Base-Excess auf. Kalb Nr. 3 (Gruppe A) zeigte einen physiologischen Base-Excess. In beiden Gruppen lagen die Durchschnittswerte zu diesem Zeitpunkt oberhalb des Normbereiches.

Venöser pH-Wert

Der durchschnittliche venöse pH-Wert lag vor Beginn der Infusionstherapie in der Gruppe A bei $7,080 \pm 0,10$ und in der Gruppe B bei $7,063 \pm 0,12$ (Tabelle 15). Beide Kälbergruppen hatten die gleichen Ausgangsbedingungen. Alle zwanzig Tiere wiesen zu diesem Zeitpunkt einen venösen pH-Wert deutlich unterhalb des Normbereiches (7,35 – 7,45) auf.

Tabelle 15: Entwicklung des venösen pH-Wertes der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) (MW: arithmetischer Mittelwert, \pm s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	\pm s	Min.	Max.	Median	MW	\pm s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	7,080	0,10	6,959	7,230	7,055	7,063	0,12	6,863	7,234	7,081
0:10 h	7,434	0,14	7,285	7,698	7,411	7,329	0,10	7,199	7,504	7,308
NaBic-Ende	7,458	0,11	7,376	7,769	7,431	7,431	0,09	7,291	7,584	7,423

Im Verlauf der Infusion konnte bei allen zwanzig Tieren ein Anstieg des venösen pH-Wertes beobachtet werden (Abbildung 5 – 24).

Bereits nach zehnmütiger Infusionsdauer lag der Durchschnittswert der Gruppe A innerhalb des Referenzbereiches, allerdings wiesen vier Kälber auch weiterhin einen erniedrigten pH-Wert auf. Der entsprechende Wert der Gruppe B befand sich

dagegen noch unterhalb des Normbereiches, wiederum subnormale Werte konnten bei sieben Tieren ermittelt werden.

Am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion wiesen acht Kälber der Gruppe A und vier Kälber der Gruppe B einen physiologischen venösen pH-Wert auf. In der Gruppe A wurde zu diesem Zeitpunkt bei keinem der Tiere ein erniedrigter pH-Wert ermittelt, während dieser bei zwei Kälbern der Gruppe B auch weiterhin unterhalb von 7,35 lag. Die Durchschnittswerte der Gruppe A befanden sich am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion geringgradig oberhalb des Normbereiches, während für die Gruppe B ein Wert innerhalb des Referenzbereiches ermittelt werden konnte.

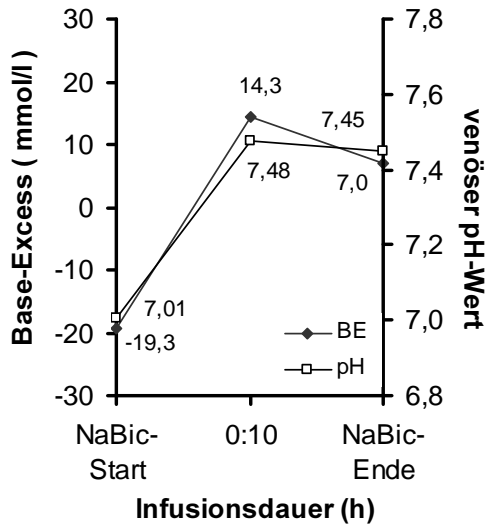


Abbildung 5: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 380 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 1 (Gruppe A; Abb. links)

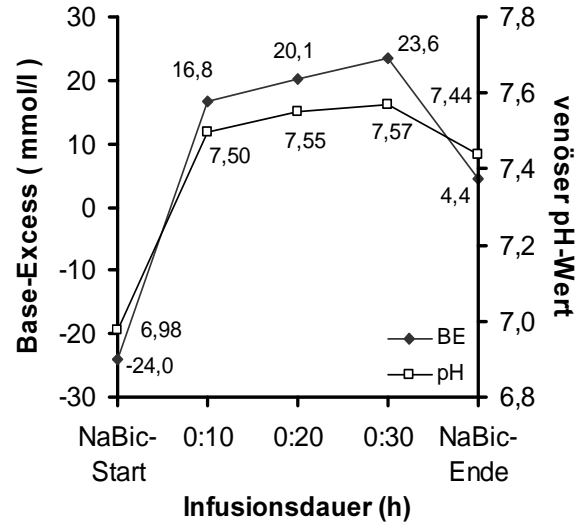


Abbildung 6: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 424 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 2 (Gruppe A; Abb. rechts)

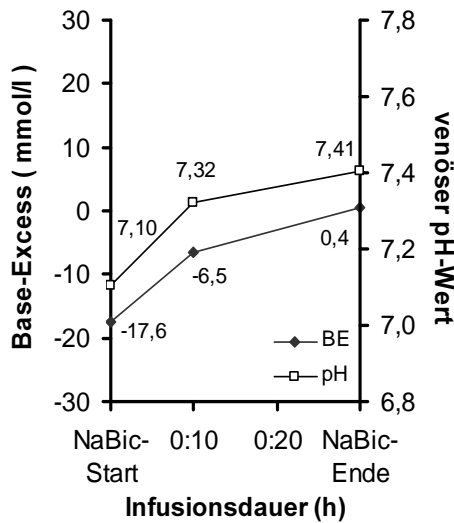


Abbildung 7: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 306 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 3 (Gruppe A; Abb. links)

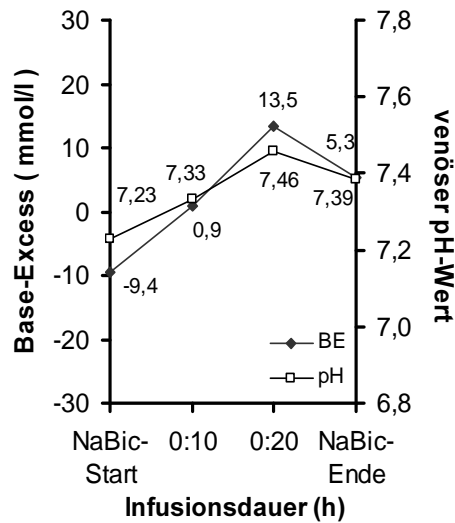


Abbildung 8: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 494 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 4 (Gruppe A; Abb. rechts)

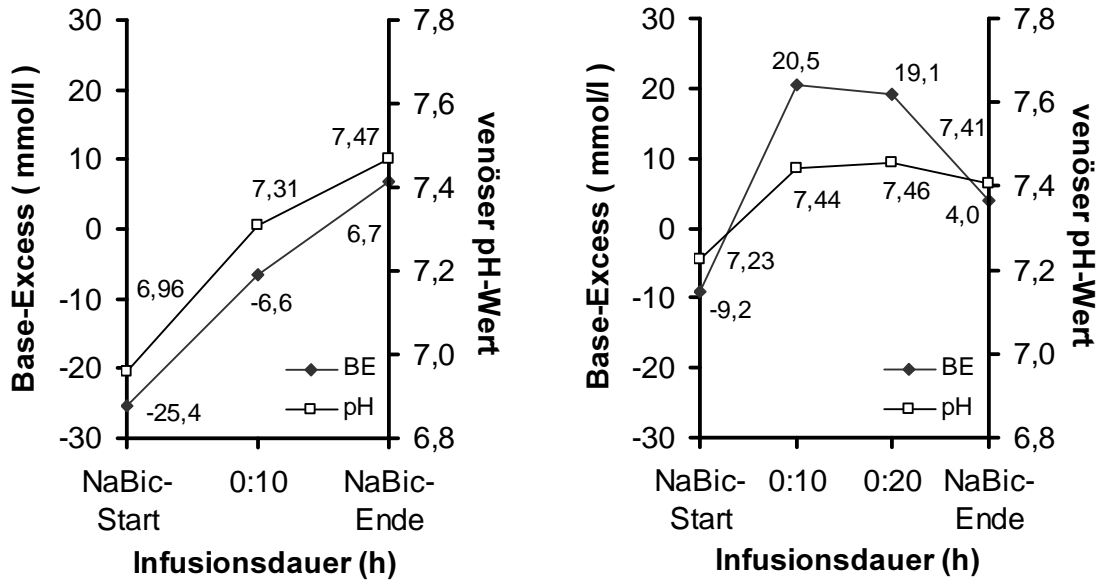


Abbildung 9: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 227 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 5 (Gruppe A; Abb. links)

Abbildung 10: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 192 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 6 (Gruppe A; Abb. rechts)

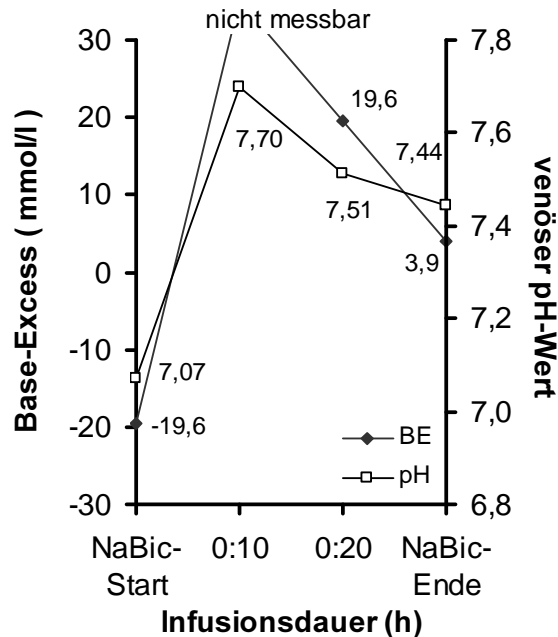


Abbildung 11: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 255 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 7 (Gruppe A)

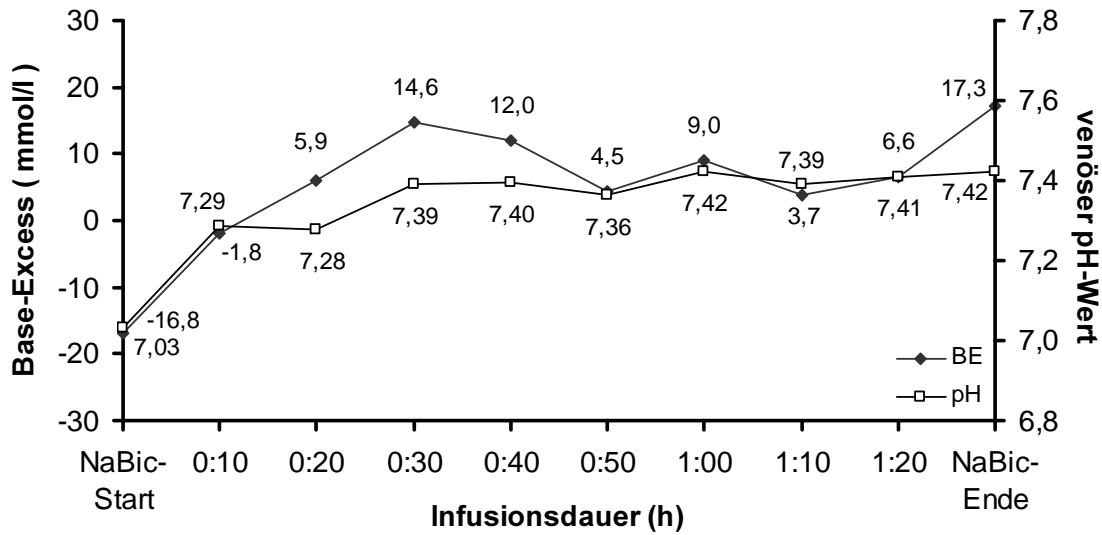


Abbildung 12: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 325 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 8 (Gruppe A)

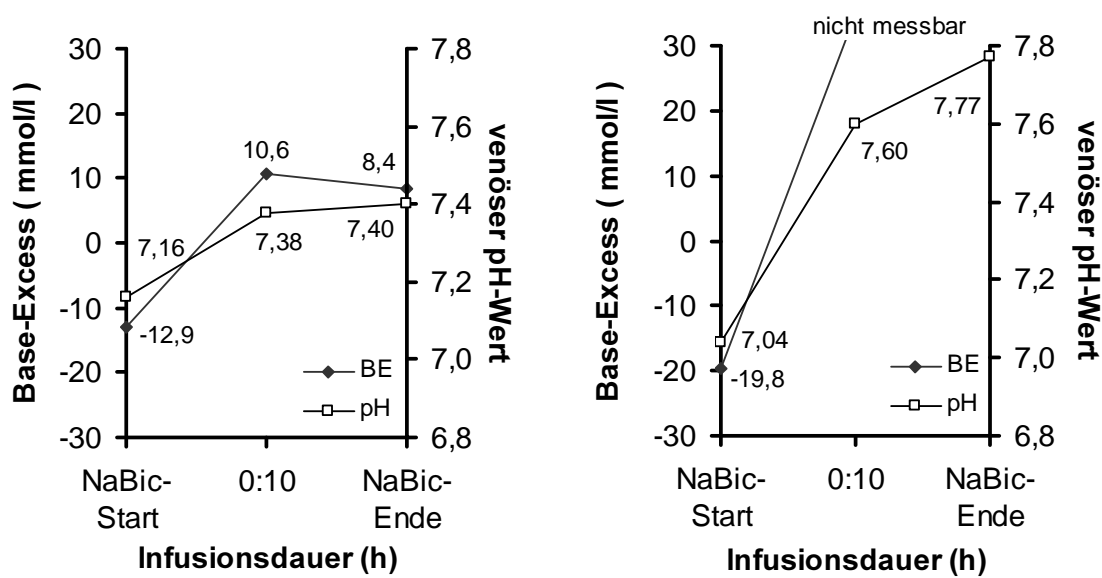


Abbildung 13: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 283 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 9 (Gruppe A; Abb. links)

Abbildung 14: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 374 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 10 (Gruppe A; Abb. rechts)

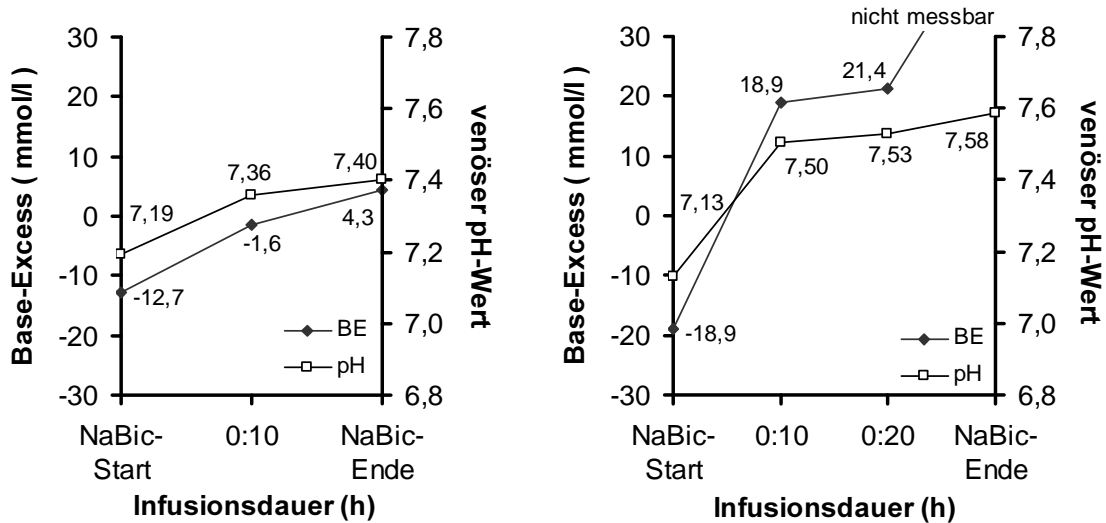


Abbildung 15: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 488 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 11 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 16: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 888 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 12 (Gruppe B; Abb. rechts)

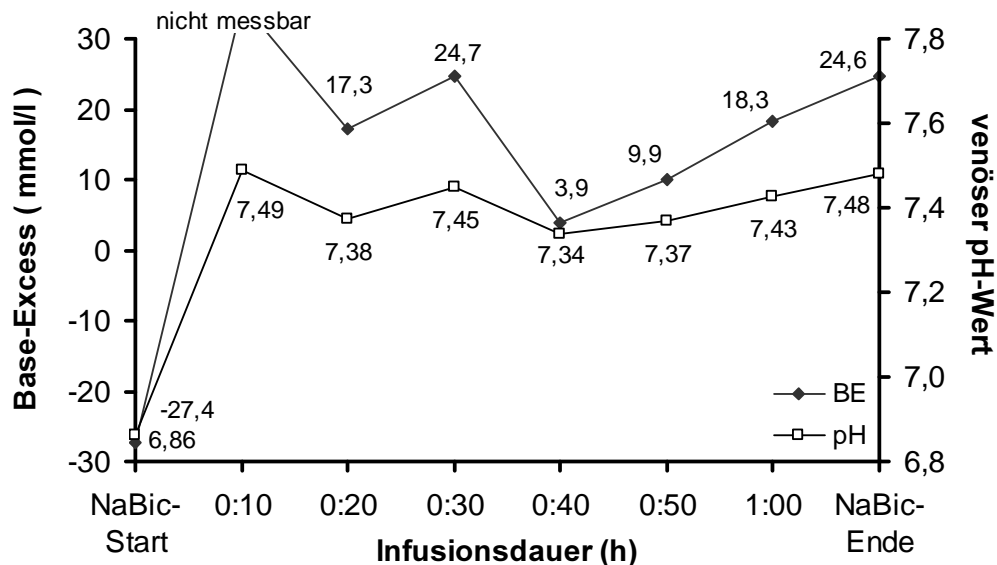


Abbildung 17: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 1288 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 14 (Gruppe B)

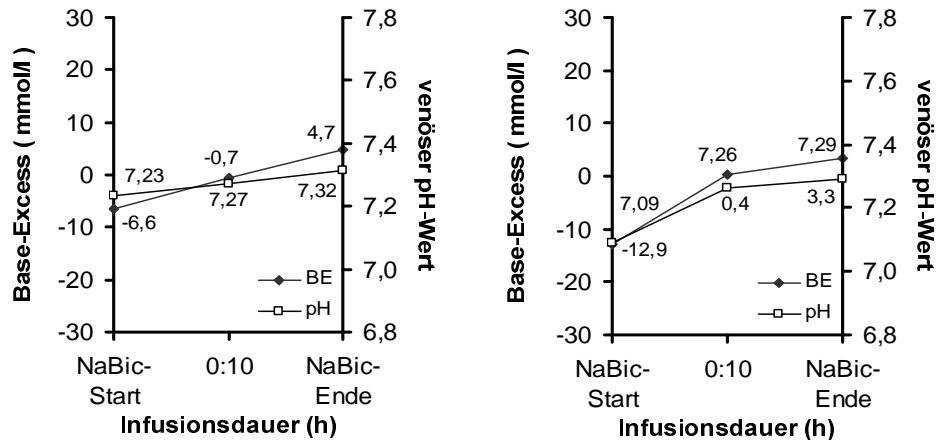


Abbildung 18: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 288 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 13 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 19: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 438 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 15 (Gruppe B; Abb. rechts)

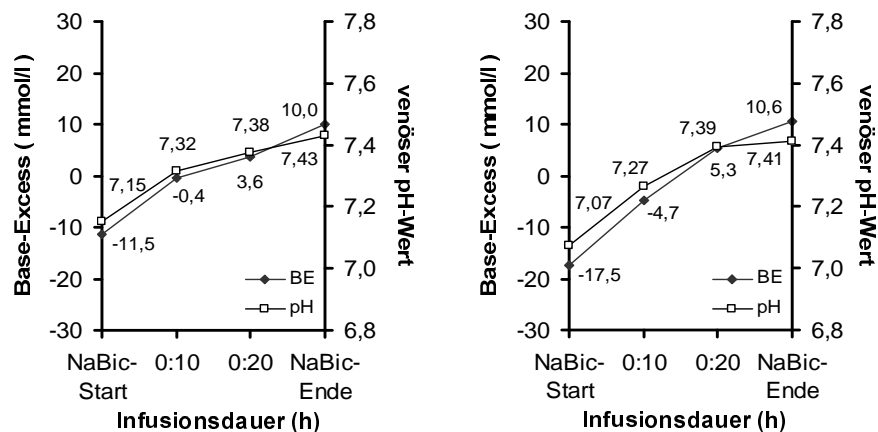


Abbildung 20: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 456 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 16 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 21: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 722 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 17 (Gruppe B; Abb. rechts)

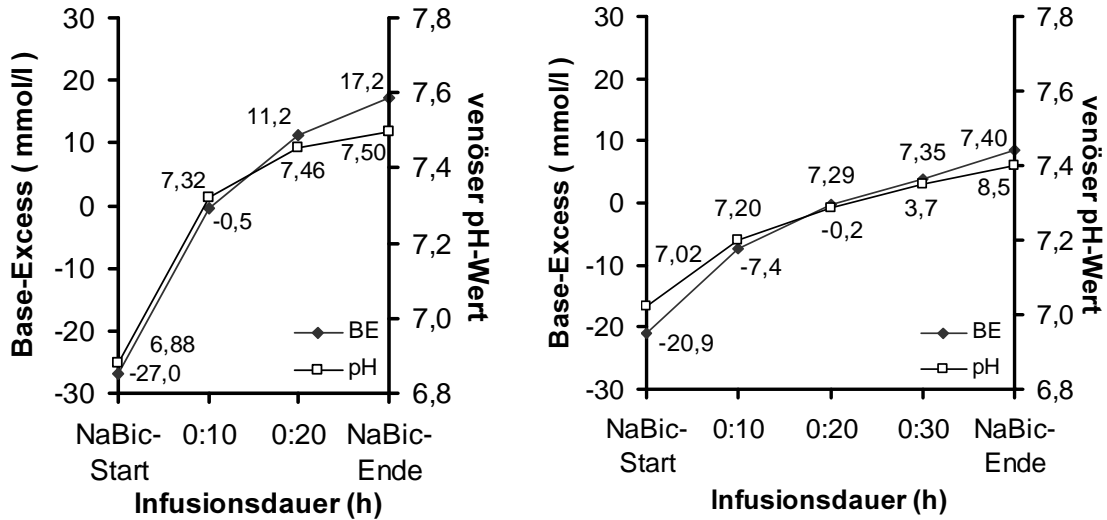


Abbildung 22: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 1062 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 18 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 23: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 976 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 20 (Gruppe B; Abb. rechts)

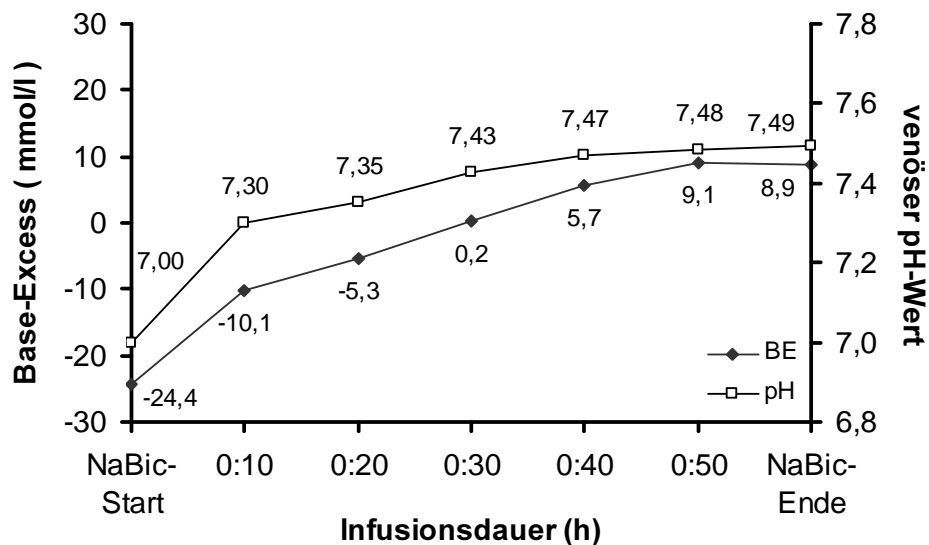


Abbildung 24: Verlauf des Base-Excess und des venösen pH-Wertes während der Infusion von 1058 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 19 (Gruppe B)

4.1.2.1.1 Weiterer Verlauf: Base-Excess

In beiden Gruppen sank der Base-Excess nach Beendigung der Natriumbikarbonat-Infusion wieder deutlich ab. Nach etwa einstündiger ausschließlicher Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung kam es unabhängig von der Kälbergruppe zu einer Stabilisierung der Werte, in deren Verlauf nur ein geringgradiger weiterer Abfall des Base-Excess zu beobachten war (Abbildung 25).

Nach vierstündiger Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und Abschluss der Messungen lagen die Durchschnittswerte beider Gruppen gerade noch im Normbereich von - 3 bis + 3 mmol/l (Tabelle 16). Allerdings wiesen sechs Kälber der Gruppe A und fünf Kälber der Gruppe B zu diesem Zeitpunkt wiederum einen erniedrigten Base-Excess auf. Die Werte lagen jedoch weit über den Ausgangswerten.

Tabelle 16: Entwicklung des Base-Excess (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) während des Infusionsverlaufs (MW: arithmetischer Mittelwert, \pm s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum, n.m.: nicht messbar)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	\pm s	Min.	Max.	Median	MW	\pm s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	-17,4	5,5	-25,4	-9,2	-18,5	-18,0	7,0	-27,4	-6,6	-18,2
NaCl-Start	10,7	14,5	0,4	n.m.	6,0	14,2	14,1	3,3	n.m.	9,5
0:10 h	2,3	4,0	-1,6	10,7	1,1	4,6	4,3	-1,8	10,2	5,1
0:20 h	0,4	3,4	-3,7	7,3	-0,5	1,0	2,7	-3,4	6,1	0,6
0:30 h	-0,3	2,9	-4,0	5,7	-0,8	-0,4	2,8	-5,6	4,6	-0,1
1:00 h	-2,1	3,1	-6,0	3,0	-2,0	-2,3	3,3	-9,6	2,3	-2,0
1:30 h	-2,7	3,5	-6,7	4,3	-3,8	-2,2	4,0	-11,0	3,2	-2,9
2:00 h	-3,0	3,5	-7,3	3,6	-3,8	-2,2	4,3	-11,3	4,8	-2,9
2:30 h	-2,6	4,2	-7,7	4,1	-4,9	-2,7	4,7	-12,5	5,3	-3,8
3:00 h	-3,2	4,2	-8,1	3,8	-4,9	-2,7	4,9	-12,6	6,3	-3,8
3:30 h	-2,8	4,3	-7,6	4,7	-4,6	-2,9	5,1	-12,5	6,3	-2,9
4:00 h	-2,7	4,1	-7,7	5,1	-4,1	-2,9	5,0	-12,6	6,3	-2,8

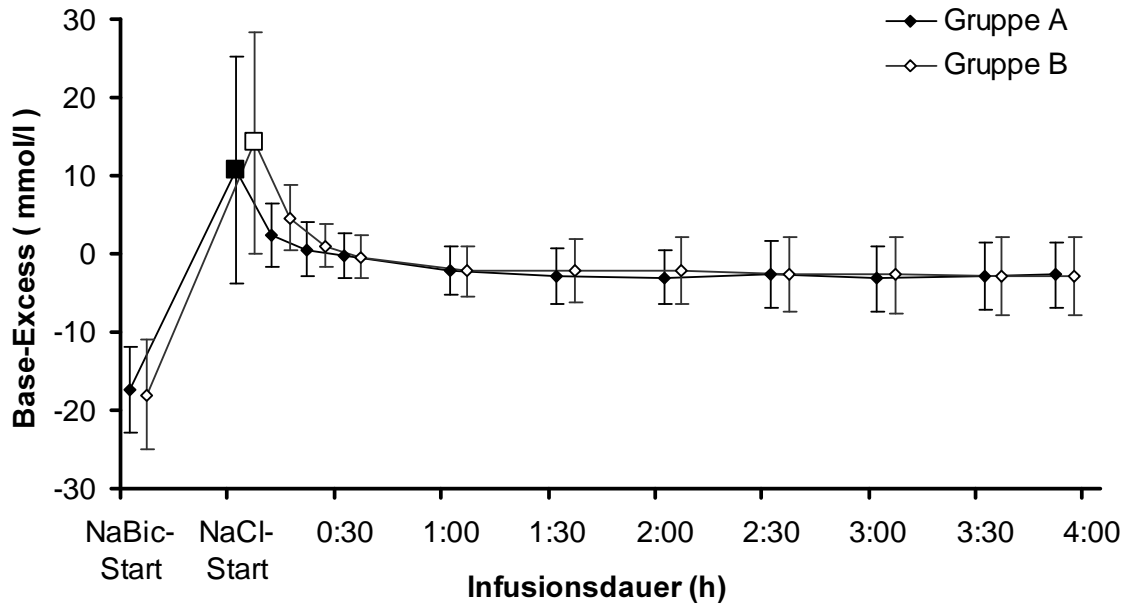


Abbildung 25: Entwicklung des Base-Excess der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung; $n = 10$) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1; $n = 10$) während des Infusionsverlaufs (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung; ■/□: Ende der Natriumbikarbonat-Infusion / Beginn der vierstündigen abschließlichen Infusion von 0,9 % Natriumchlorid-Lösung)

Der Base-Excess änderte sich im Verlauf der Infusion sowohl unter der Applikation Natriumbikarbonat-haltiger Lösungen als auch während der Verabreichung 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung signifikant. Dagegen bestand zwischen den beiden Kälbergruppen kein bedeutsamer Unterschied (Tabelle 17).

Tabelle 17: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf den Base-Excess der Kälber mit neonataler Diarrhoe während des Infusionsverlaufs (n. s. = nicht signifikant)

Infusionsabschnitt	Gruppe	Zeitverlauf
NaBic-Infusion	n.s.	$p < 0,0001$
NaCl-Infusion	n.s.	$p < 0,0001$

4.1.2.1.2 Weiterer Verlauf: venöser pH-Wert

Der venöse pH-Wert sank in beiden Gruppen nach Beendigung der Natriumbikarbonat-Infusion erneut deutlich ab. Nach etwa einstündiger ausschließlicher Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung kam es unabhängig von der Kälbergruppe zu einer Stabilisierung der Werte, in deren Verlauf nur ein geringgradiger weiterer Abfall des pH-Wertes zu beobachten war (Abbildung 26).

Nach vierstündiger Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und Abschluss der Messungen lagen die Durchschnittswerte beider Gruppen unterhalb des Normbereiches von 7,35 – 7,45 (Tabelle 16). Acht Kälber der Gruppe A und neun Kälber der Gruppe B wiesen zu diesem Zeitpunkt wiederum einen erniedrigten venösen pH-Wert auf, während er bei den übrigen drei Tieren im Normbereich lag. Die Werte lagen jedoch weit über den Ausgangswerten.

Tabelle 18: Entwicklung des venösen pH-Wertes der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) während des Infusionsverlaufs (MW: arithmetischer Mittelwert, \pm s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	\pm s	Min.	Max.	Median	MW	\pm s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	7,080	0,10	6,959	7,230	7,055	7,063	0,12	6,863	7,234	7,081
NaCl-Start	7,458	0,11	7,376	7,769	7,431	7,431	0,09	7,291	7,584	7,423
0:10 h	7,386	0,04	7,329	7,481	7,381	7,377	0,07	7,248	7,484	7,396
0:20 h	7,353	0,03	7,313	7,398	7,353	7,343	0,06	7,239	7,408	7,363
0:30 h	7,350	0,04	7,288	7,388	7,354	7,323	0,06	7,231	7,584	7,333
1:00 h	7,322	0,03	7,269	7,359	7,220	7,297	0,06	7,176	7,349	7,328
1:30 h	7,310	0,04	7,237	7,354	7,297	7,297	0,07	7,144	7,365	7,329
2:00 h	7,308	0,03	7,254	7,360	7,304	7,295	0,08	7,109	7,376	7,319
2:30 h	7,309	0,04	7,257	7,368	7,312	7,285	0,08	7,110	7,423	7,293
3:00 h	7,299	0,04	7,251	7,352	7,299	7,278	0,08	7,115	7,382	7,288
3:30 h	7,310	0,04	7,253	7,367	7,305	7,282	0,08	7,105	7,392	7,289
4:00 h	7,304	0,04	7,239	7,380	7,298	7,280	0,08	7,106	7,400	7,287

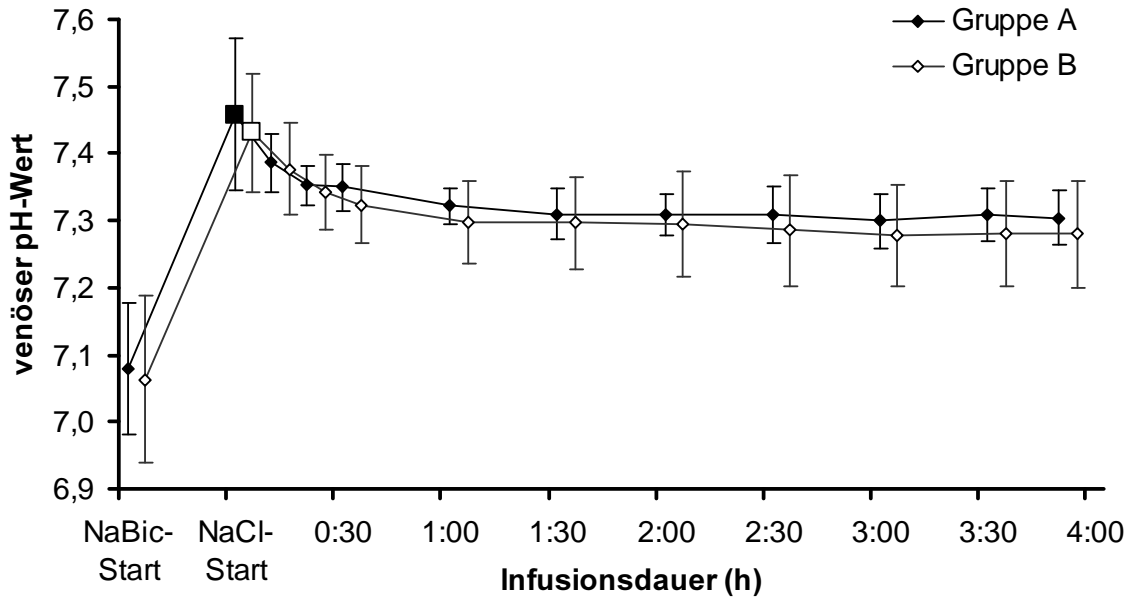


Abbildung 26: Entwicklung des venösen pH-Wertes der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung; n = 10) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1; n = 10) während des Infusionsverlaufs (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung; ■/□: Ende der Natriumbikarbonat-Infusion / Beginn der vierstündigen ausschließlichen Infusion von 0,9 % Natriumchlorid-Lösung)

Der venöse pH-Wert änderte sich im Verlauf der Infusion sowohl unter der Applikation Natriumbikarbonat-haltiger Lösungen als auch während der Verabreichung 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung signifikant. Dagegen bestand zwischen den entsprechenden pH-Werten der beiden Kälbergruppen kein bedeutsamer Unterschied (Tabelle 19).

Tabelle 19: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf den venösen pH-Wert der Kälber mit neonataler Diarrhoe während des Infusionsverlaufs (n. s. = nicht signifikant)

Infusionsabschnitt	Gruppe	Zeitverlauf
NaBic-Infusion	n.s.	p < 0,0001
NaCl-Infusion	n.s.	p < 0,0001

4.1.2.2 Venöser Kohlendioxidpartialdruck und Hämatokrit

Venöser Kohlendioxidpartialdruck (CO₂-Partialdruck)

Der durchschnittliche venöse CO₂-Partialdruck betrug vor Beginn der Infusionsbehandlung 5,30 ± 1,2 kPa in der Gruppe A (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung) und 5,43 ± 1,5 kPa in der Gruppe B (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %ige Natriumchlorid-Lösung; Mischungsverhältnis 1 : 1). Es lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ausgangswerten beider Kälbergruppen vor (Tabelle 20).

Tabelle 20: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes (kPa) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) (MW: arithmetischer Mittelwert, ± s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	± s	Min.	Max.	Median	MW	± s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	5,30	1,2	3,30	7,29	5,27	5,43	1,5	3,48	7,59	5,54
0:10 h	7,95	2,4	4,89	13,00	7,29	7,68	2,9	4,17	15,16	7,22
NaBic-Ende	7,03	2,0	5,36	11,68	6,20	7,32	1,2	5,76	9,54	7,70

Während der Infusion der jeweiligen Natriumbikarbonat-haltigen Lösung kam es bei allen zwanzig Tieren zu einem Anstieg des CO₂-Partialdrucks.

In der Gruppe A folgte diesem Anstieg bei sieben Kälbern ein deutlicher Abfall der Messwerte, doch lagen diese, mit Ausnahme des Kalbes Nr. 1, am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion noch über den Ausgangswerten (Abbildung 27 bis Abbildung 36).

In der Gruppe B konnte ein derartiger Abfall nur bei Kalb Nr. 14 beobachtet werden, während bei allen Kälbern dieser Gruppe der CO₂-Partialdruck am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion über den Ausgangswerten lag (Abbildung 37 – 46).

Hämatokrit

Der durchschnittliche Hämatokrit betrug vor Beginn der Infusionsbehandlung $0,35 \pm 0,1$ l/l in der Gruppe A (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung) und $0,38 \pm 0,1$ l/l in der Gruppe B (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %ige Natriumchlorid-Lösung; Mischungsverhältnis 1 : 1). Beide Kälbergruppen hatten die gleichen Ausgangsbedingungen (Tabelle 21). Einen erhöhten Hämatokrit wiesen zu diesem Zeitpunkt vier Kälber der Gruppe A und zwei Kälber der Gruppe B auf.

Tabelle 21: Entwicklung des Hämatokrits (l/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) während der Infusion der verschiedenen bikarbonathaltigen Lösungen (MW: arithmetischer Mittelwert, \pm s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	\pm s	Min.	Max.	Median	MW	\pm s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	0,35	0,10	0,20	0,46	0,38	0,38	0,10	0,27	0,59	0,37
0:10 h	0,29	0,07	0,17	0,39	0,30	0,33	0,08	0,21	0,51	0,33
NaBic-Ende	0,27	0,07	0,15	0,34	0,28	0,30	0,06	0,19	0,41	0,29

Während der Infusion kam es bei allen zwanzig Tieren zu einem meist deutlichen Abfall des Hämatokrits.

In der Gruppe A lagen die Durchschnittswerte bereits nach zehnminütiger Verabreichung der 8,4 %igen Natriumbikarbonat-Lösung unterhalb des Normbereiches von 0,30 – 0,40 l/l (Abbildung 27 – 36).

In der Gruppe B befand sich der durchschnittlich ermittelte Hämatokrit auch am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion noch innerhalb des Normbereiches (Abbildung 37 – 46).

Unterdessen wies am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion lediglich das Kalb Nr. 20 (Gruppe B), bei welchem zu Beginn der Infusion der höchste Hämatokrit ermittelt wurde, auch weiterhin einen leicht erhöhten Hämatokrit auf. Dagegen hatten zwei Tiere in der Gruppe A und ein Tier der Gruppe B einen stark erniedrigten Hämatokrit < 20 l/l.

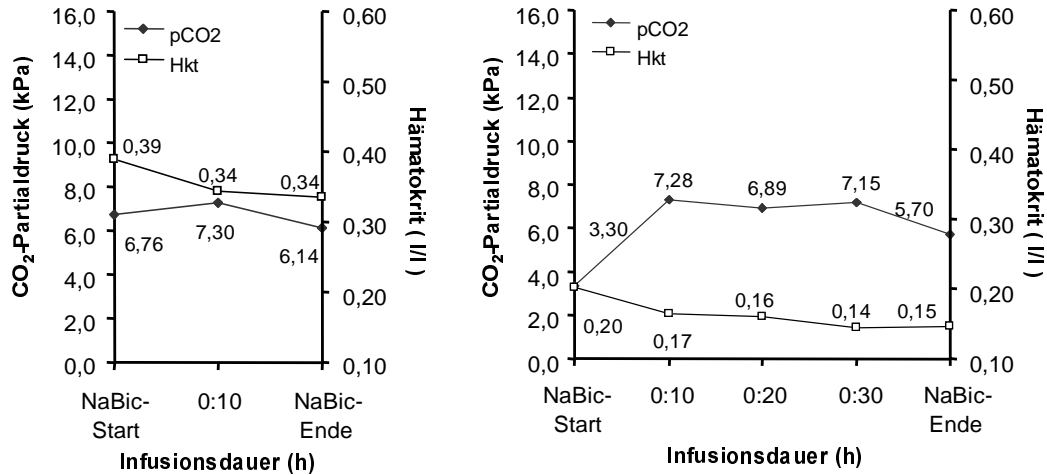


Abbildung 27: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 380 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 1 (Gruppe A; Abb. links)

Abbildung 28: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 424 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 2 (Gruppe A; Abb. rechts)

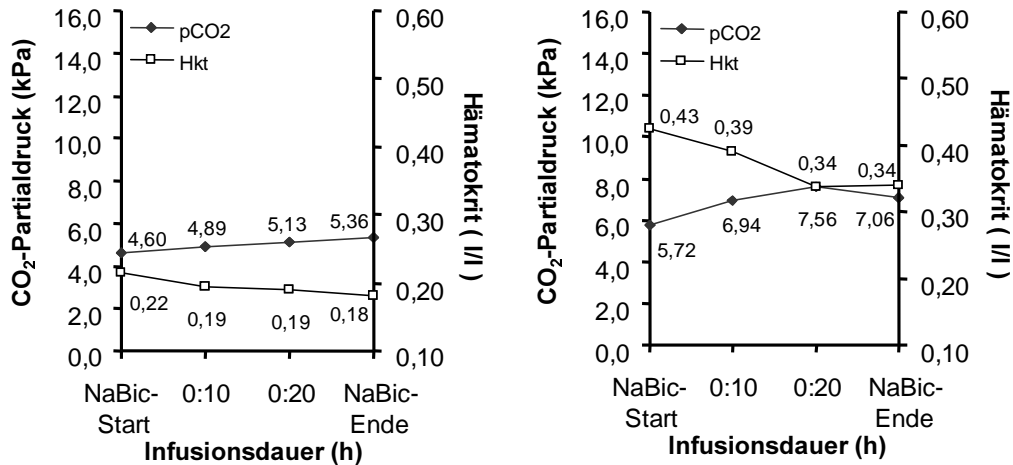
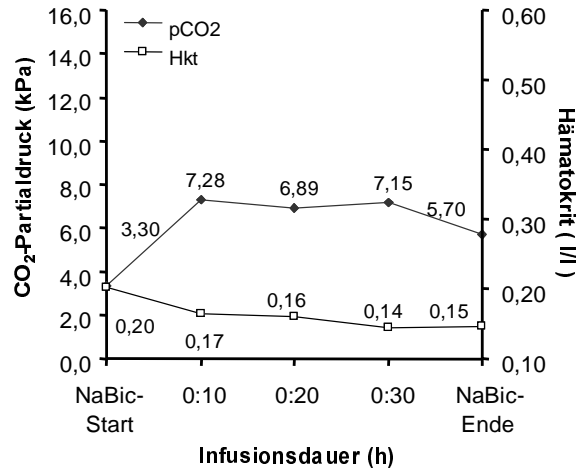


Abbildung 29: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 306 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 3 (Gruppe A; Abb. links)

Abbildung 30: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 494 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 4 (Gruppe A; Abb. rechts)



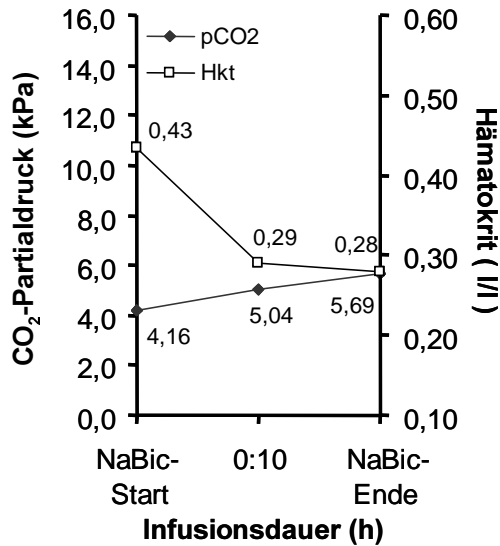


Abbildung 31: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 227 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 5 (Gruppe A; Abb. links)

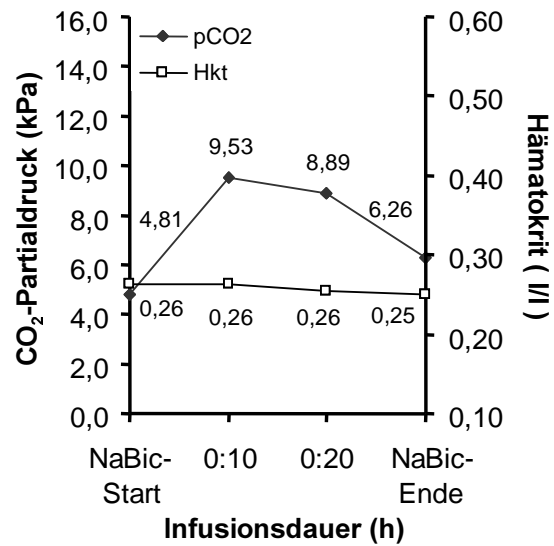


Abbildung 32: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 192 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 6 (Gruppe A; Abb. rechts)

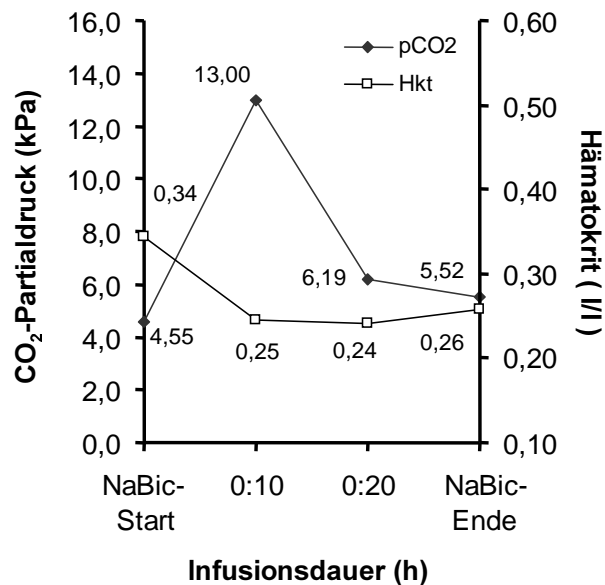


Abbildung 33: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 255 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 7 (Gruppe A)

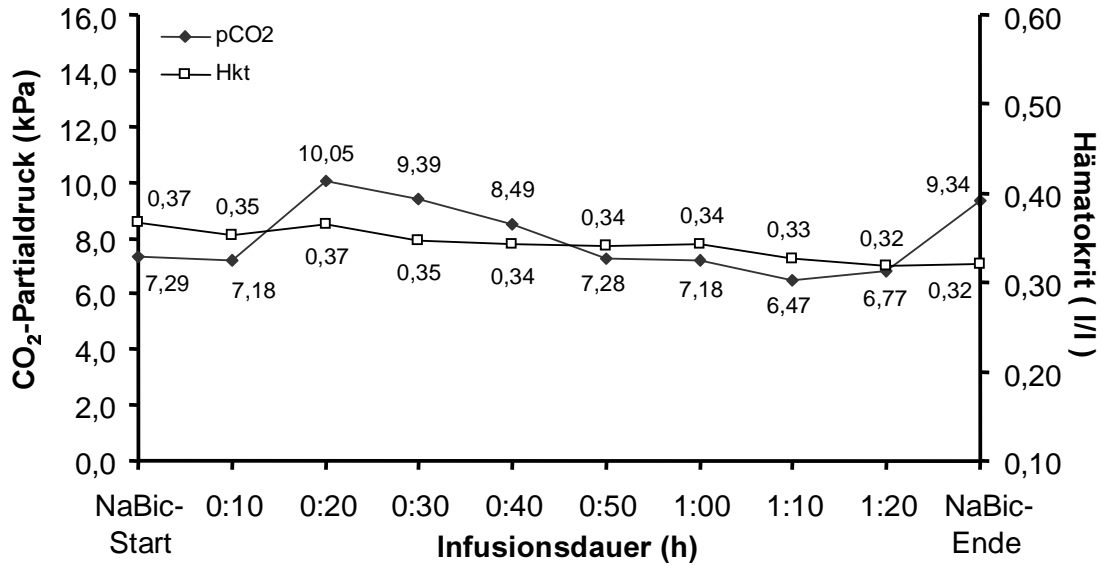


Abbildung 34: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 325 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 8 (Gruppe A)

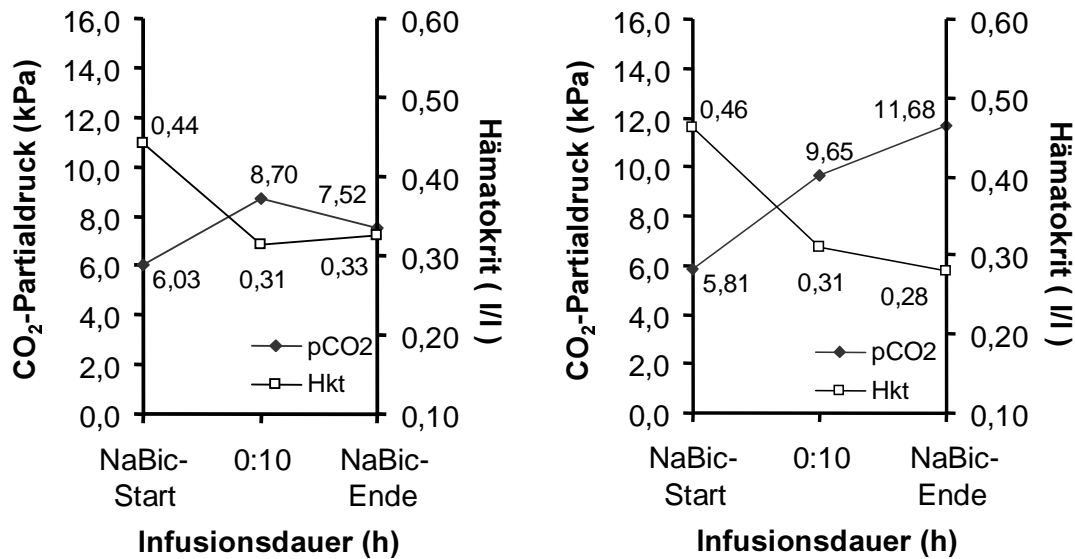


Abbildung 35: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 283 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 9 (Gruppe A; Abb. links)

Abbildung 36: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 374 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 10 (Gruppe A; Abb. rechts)

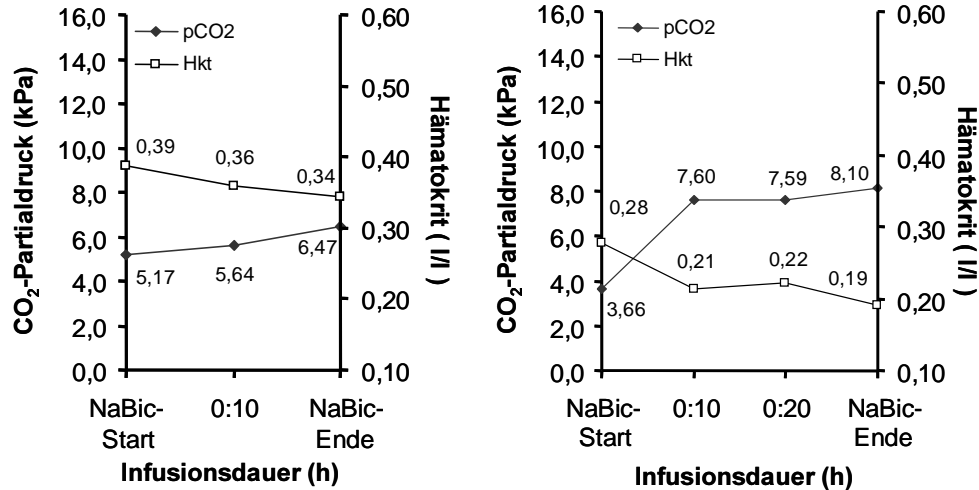


Abbildung 37: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 488 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 11 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 38: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 888 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 12 (Gruppe B; Abb. rechts)

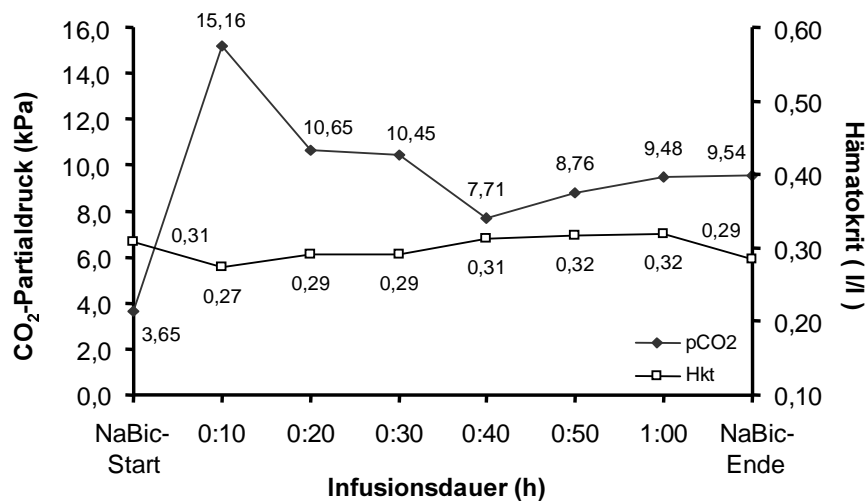


Abbildung 39: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 1288 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 14 (Gruppe B)

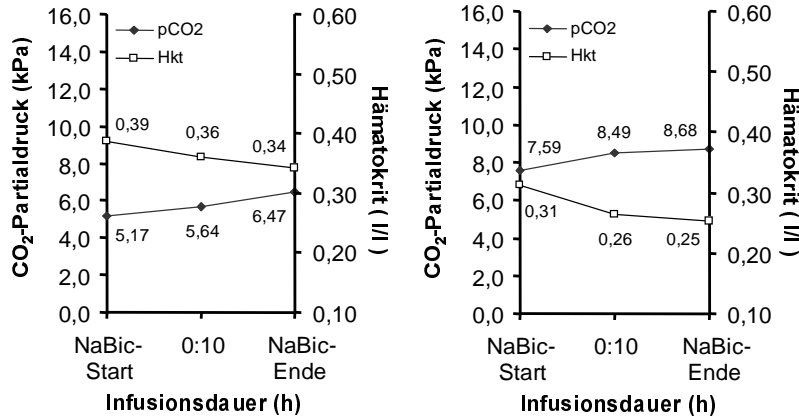


Abbildung 40: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 288 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 13 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 41: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 438 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 15 (Gruppe B; Abb. rechts)

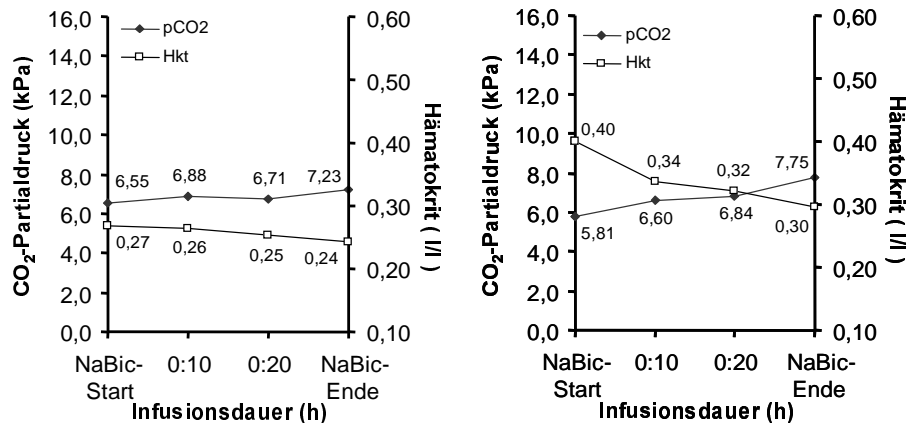


Abbildung 42: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 456 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 16 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 43: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 722 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 17 (Gruppe B; Abb. rechts)

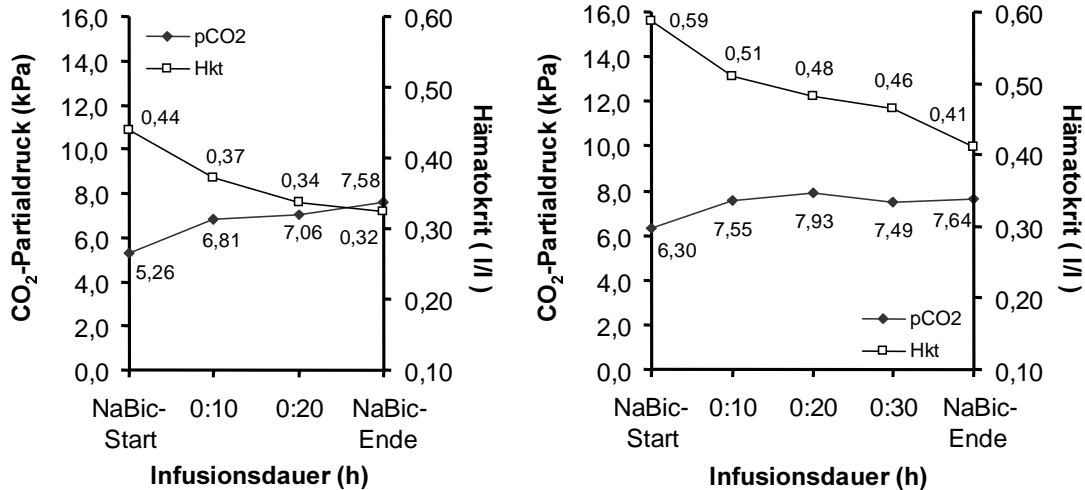


Abbildung 44: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 1062 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 18 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 45: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 976 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 20 (Gruppe B; Abb. rechts)

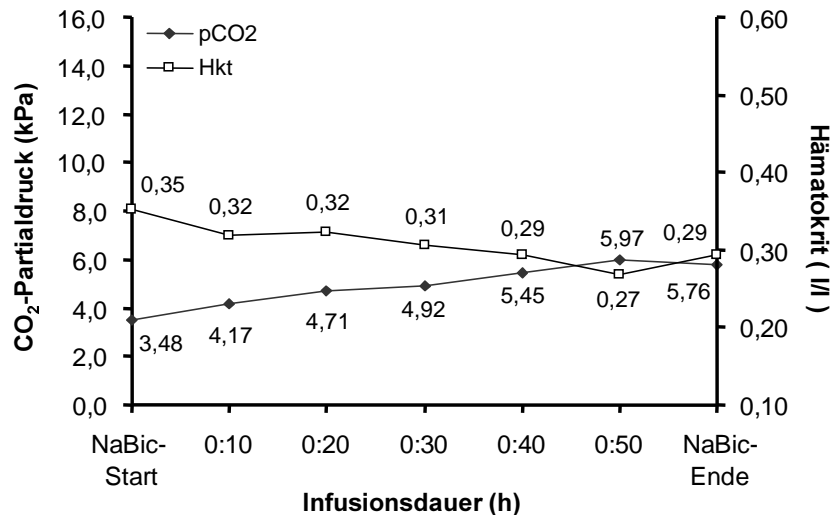


Abbildung 46: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes und des Hämatokrits während der Infusion von 1058 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 19 (Gruppe B)

4.1.2.2.1 Weiterer Verlauf: Venöser Kohlendioxidpartialdruck

Der venöse CO₂-Partialdruck sank in beiden Gruppen nach Beendigung der Natriumbikarbonat-Infusion erneut ab. Nach etwa halbstündiger ausschließlicher Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung kam es unabhängig von der Kälbergruppe zu einer Stabilisierung der Werte (Abbildung 47).

Nach vierstündiger Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und Abschluss der Messungen lag der Durchschnittswert der Gruppe A innerhalb, der der Gruppe B geringgradig oberhalb des Normbereiches von 5,30 – 6,70 kPa. Die Tiere der Gruppe B insgesamt deutlich höhere Werte auf (Tabelle 22). Drei Kälber der Gruppe A und fünf Kälber der Gruppe B wiesen zu diesem Zeitpunkt einen erhöhten, zwei Tiere der Gruppe A einen erniedrigten venösen CO₂-Partialdruck auf, während er bei den übrigen zehn Kälbern im Normbereich lag. Die Werte aller Kälber lagen am Ende der Beobachtungen über den Ausgangswerten.

Tabelle 22: Entwicklung des venösen CO₂-Partialdruckes (kPa) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) während des Infusionsverlaufs (MW: arithmetischer Mittelwert, ± s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	± s	Min.	Max.	Median	MW	± s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	5,30	1,2	3,30	7,29	5,27	5,43	1,5	3,48	7,59	5,54
NaCl-Start	7,03	2,0	5,36	11,68	6,20	7,32	1,2	5,76	9,54	7,70
0:10 h	6,23	1,1	4,97	8,03	6,23	7,02	1,0	5,59	8,41	7,32
0:20 h	6,35	1,0	5,07	8,16	6,57	6,76	0,9	5,07	8,42	6,88
0:30 h	6,26	1,1	4,58	8,08	6,41	6,77	1,0	5,20	8,51	6,80
1:00 h	6,30	1,0	4,91	7,40	6,70	6,70	0,9	5,54	8,43	6,78
1:30 h	6,33	1,0	5,02	7,56	6,58	6,72	0,8	5,38	8,22	6,77
2:00 h	6,20	0,9	5,12	7,34	6,46	6,80	0,9	5,50	8,17	6,91
2:30 h	6,32	0,9	4,80	7,38	6,43	6,81	0,9	5,49	8,29	6,79
3:00 h	6,21	0,9	4,77	7,34	6,55	6,94	1,0	4,96	8,42	7,00
3:30 h	6,20	0,9	4,82	7,31	6,59	6,77	0,9	5,62	8,11	6,98
4:00 h	6,32	0,9	5,08	7,67	6,52	6,77	0,8	5,56	8,04	7,05

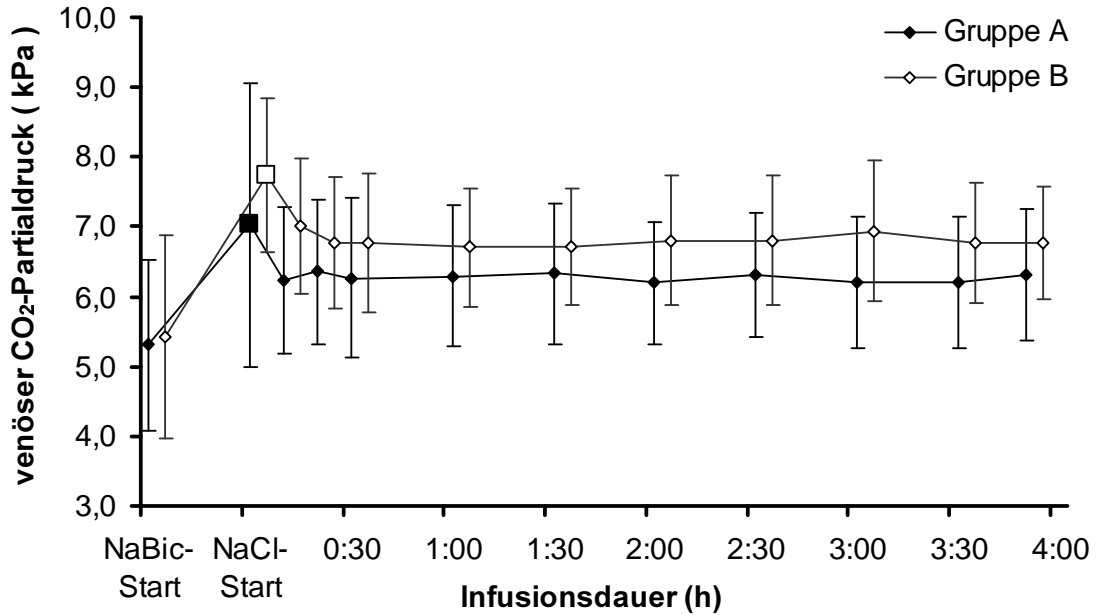


Abbildung 47: Entwicklung des venösen CO_2 -Partialdrucks der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung; $n = 10$) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1; $n = 10$) während des Infusionsverlaufs (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung; ■/□: Ende der Natriumbikarbonat-Infusion / Beginn der vierstündigen ausschließlichen Infusion von 0,9 % Natriumchlorid-Lösung)

Während der Infusion Natriumbikarbonat-haltiger Lösungen kam es zu signifikanten Änderungen des venösen CO_2 -Partialdrucks. Dagegen bestanden im Verlauf der Verabreichung 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung sowie zwischen den beiden Kälbergruppen keine bedeutsamen Unterschiede (Tabelle 23).

Tabelle 23: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf den venösen CO_2 -Partialdruck der Kälber mit neonataler Diarrhoe während des Infusionsverlaufs (n. s. = nicht signifikant)

Infusionsabschnitt	Gruppe	Zeitverlauf
NaBic-Infusion	n.s.	$p < 0,0001$
NaCl-Infusion	n.s.	n.s.

4.1.2.2 Weiterer Verlauf: Hämatokrit

Der durchschnittlich ermittelte Hämatokrit beider Kälbergruppen blieb nach Beendigung der Natriumbikarbonat-Infusion und im Verlauf der ausschließlichen Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung nahezu konstant (Abbildung 48).

Nach vierstündiger Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und Abschluss der Messungen lagen die Durchschnittswerte der Gruppe A weiterhin unterhalb, die der Gruppe B innerhalb des Normbereiches von 0,30 – 0,40 l/l (Tabelle 24).

Kalb Nr. 20 (Gruppe B) wies auch nach Abschluss der Messungen noch einen leicht erhöhten Hämatokrit auf. Die Werte aller Kälber lagen jedoch am Ende der Beobachtungen unterhalb der Ausgangswerte.

Tabelle 24: Entwicklung des Hämatokrits (l/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) während des Infusionsverlaufs (MW: arithmetischer Mittelwert, \pm s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	\pm s	Min.	Max.	Median	MW	\pm s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	0,35	0,10	0,20	0,46	0,38	0,38	0,10	0,27	0,59	0,37
NaCl-Start	0,27	0,07	0,15	0,34	0,28	0,30	0,06	0,19	0,41	0,29
0:10 h	0,28	0,08	0,14	0,36	0,31	0,29	0,06	0,20	0,40	0,28
0:20 h	0,28	0,07	0,15	0,35	0,31	0,30	0,06	0,22	0,43	0,30
0:30 h	0,28	0,07	0,15	0,36	0,29	0,30	0,06	0,22	0,46	0,30
1:00 h	0,27	0,07	0,15	0,35	0,30	0,31	0,07	0,21	0,42	0,28
1:30 h	0,27	0,07	0,15	0,34	0,30	0,30	0,07	0,21	0,44	0,29
2:00 h	0,29	0,06	0,15	0,34	0,31	0,31	0,06	0,19	0,44	0,31
2:30 h	0,28	0,06	0,15	0,34	0,30	0,30	0,06	0,21	0,39	0,29
3:00 h	0,28	0,07	0,14	0,34	0,31	0,31	0,07	0,22	0,43	0,29
3:30 h	0,26	0,07	0,15	0,33	0,29	0,31	0,06	0,21	0,41	0,30
4:00 h	0,28	0,07	0,15	0,34	0,31	0,31	0,06	0,22	0,42	0,30

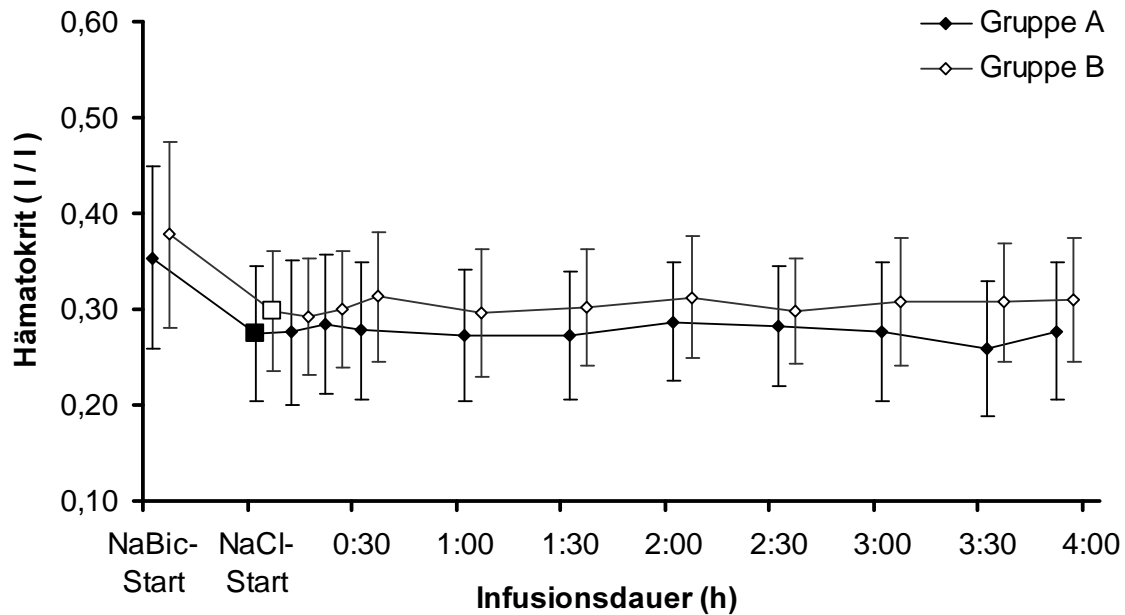


Abbildung 48: Entwicklung des Hämatokrits der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung; n = 10) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1; n = 10) während des Infusionsverlaufs (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung; ■/□: Ende der Natriumbikarbonat-Infusion / Beginn der vierstündigen ausschließlichen Infusion von 0,9 % Natriumchlorid-Lösung)

Während der Infusion Natriumbikarbonat-haltiger Lösungen kam es zu signifikanten Änderungen des Hämatokrits. Dagegen bestanden im Verlauf der Verabreichung 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung sowie zwischen den beiden Kälbergruppen keine bedeutsamen Unterschiede (Tabelle 25).

Tabelle 25: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf den Hämatokrit der Kälber mit neonataler Diarrhoe während des Infusionsverlaufs (n. s. = nicht signifikant)

Infusionsabschnitt	Gruppe	Zeitverlauf
NaBic-Infusion	n.s.	p < 0,0001
NaCl-Infusion	n.s.	n.s.

4.1.2.3 Bikarbonationen- und L-Laktat-Konzentration

Bikarbonationen-Konzentration (HCO_3^- -Konzentration)

Die durchschnittliche HCO_3^- -Konzentration betrug vor Beginn der Infusionsbehandlung $11,6 \pm 3,9$ mmol/l in der Gruppe A (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung) und $11,6 \pm 5,2$ mmol/l in der Gruppe B (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %ige Natriumchlorid-Lösung; Mischungsverhältnis 1 : 1). Die Ausgangsbedingungen waren in beiden Kälbergruppen gleich (Tabelle 26).

Tabelle 26: Entwicklung der HCO_3^- -Konzentration (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) (MW: arithmetischer Mittelwert, \pm s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	\pm s	Min.	Max.	Median	MW	\pm s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	11,6	3,9	5,3	16,4	11,5	11,6	5,2	4,5	21,1	11,6
0:10 h	44,6	31,5	18,2	122,5	38,4	31,2	20,1	15,1	84,4	25,0
NaBic-Ende	41,0	32,3	24,4	131,7	30,2	38,0	9,6	28,7	57,2	34,3

Während der Infusion der jeweiligen Natriumbikarbonat-haltigen Lösung kam es bei allen zwanzig Tieren zu einem Anstieg der HCO_3^- -Konzentration.

In der Gruppe A wiesen nach zehnmütiger Natriumbikarbonat-Infusion bereits sechs Tiere eine erhöhte HCO_3^- -Konzentration auf. Dem Konzentrationsanstieg folgte bei sechs Kälbern ein deutlicher Abfall der Messwerte, doch lagen diese am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion noch deutlich über den Ausgangswerten (Abbildung 49 – 58).

In der Gruppe B konnten nach zehnmütiger Infusion der Natriumbikarbonat-haltigen Lösung lediglich bei zwei Kälbern überhöhte HCO_3^- -Konzentrationen registriert werden. Ein anschließender Abfall der HCO_3^- -Konzentration konnte erneut nur bei Kalb Nr. 14 beobachtet werden, während bei allen Kälbern dieser Gruppe die HCO_3^- -Konzentration am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion über den Ausgangswerten lag (Abbildung 59 – 68).

Am Ende der Infusion der jeweiligen Natriumbikarbonat-haltigen Lösung wiesen fünf Kälber der Gruppe A und acht Kälber der Gruppe B eine erhöhte HCO_3^- -Konzentration auf.

L-Laktat-Konzentration

Die durchschnittliche L-Laktat-Konzentration betrug vor Beginn der Infusionsbehandlung 1,3 mmol/l (Streufaktor 4,0 mmol/l) in der Gruppe A (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung) und 1,7 mmol/l (Streufaktor 3,3 mmol/l) in der Gruppe B (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %ige Natriumchlorid-Lösung; Mischungsverhältnis 1 : 1). Es lagen keine signifikanten Unterschiede der Ausgangswerte beider Kälbergruppen vor (Tabelle 27). Eine erhöhte L-Laktat-Konzentration wiesen zu diesem Zeitpunkt fünf Kälber der Gruppe A und drei Kälber der Gruppe B auf, während zwei Tiere der Gruppe A bzw. ein Tier in Gruppe B erniedrigte Werte hatten.

Tabelle 27: Entwicklung der L-Laktat-Konzentration (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) (MW: geometrischer Mittelwert, SF: Streufaktor, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	SF	Min.	Max.	Median	MW	SF	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	1,3	4,0	0,2	8,0	2,0	1,7	3,3	0,3	11,6	1,4
0:10 h	1,7	3,6	0,3	8,0	3,3	2,3	2,8	0,7	11,7	1,9
NaBic-Ende	2,9	3,0	0,7	12,3	3,3	3,3	2,6	1,0	12,6	2,5

Im Verlauf der Infusion konnte bei allen zwanzig Tieren ein zu meist moderater Anstieg der L-Laktat-Konzentration beobachtet werden (Abbildung 49 – 68). Während sich die durchschnittliche L-Laktat-Konzentration der Gruppe A nach zehnminütiger Infusion der Natriumbikarbonat-haltigen Lösung im Normbereich (0,4 – 2,2 mmol/l) befand, lag der Durchschnittswert der Gruppe B zu diesem Zeitpunkt bereits geringgradig über dem Normbereich. Am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion waren in beiden Gruppen die Durchschnittswerte der L-Laktat-Konzentration erhöht (Tabelle 27).

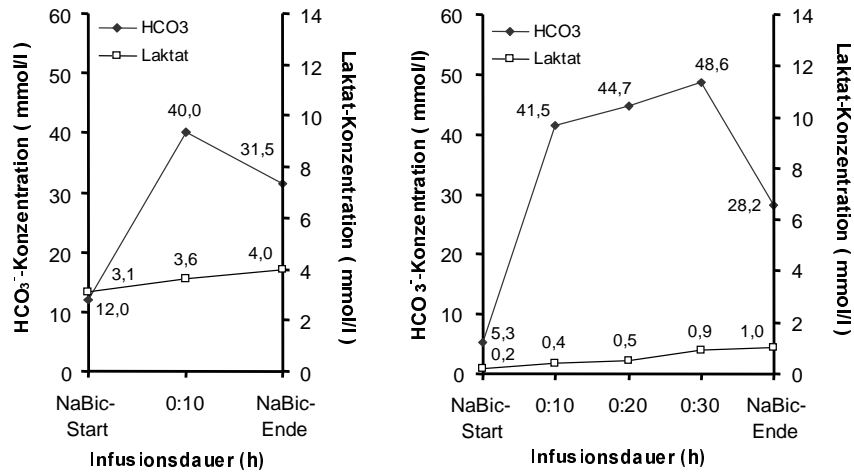


Abbildung 49: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 380 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 1 (Gruppe A; Abb. links)

Abbildung 50: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 424 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 2 (Gruppe A; Abb. rechts)

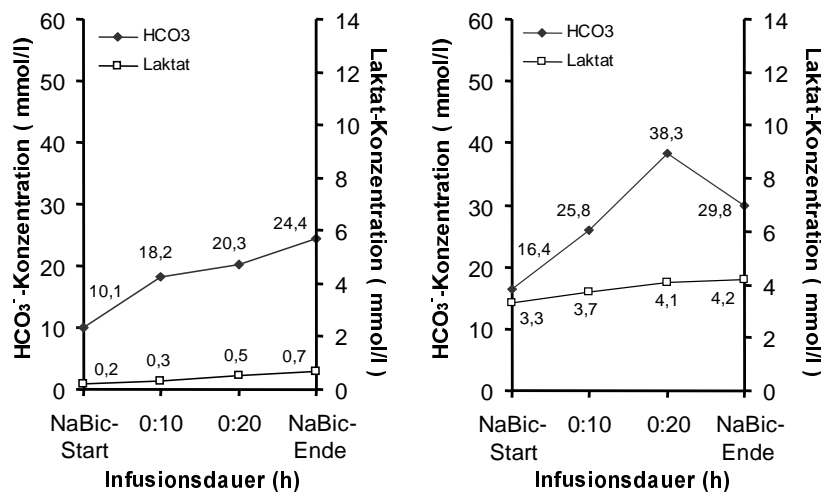


Abbildung 51: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 306 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 3 (Gruppe A, Abb. links)

Abbildung 52: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 494 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 4 (Gruppe A; Abb. rechts)

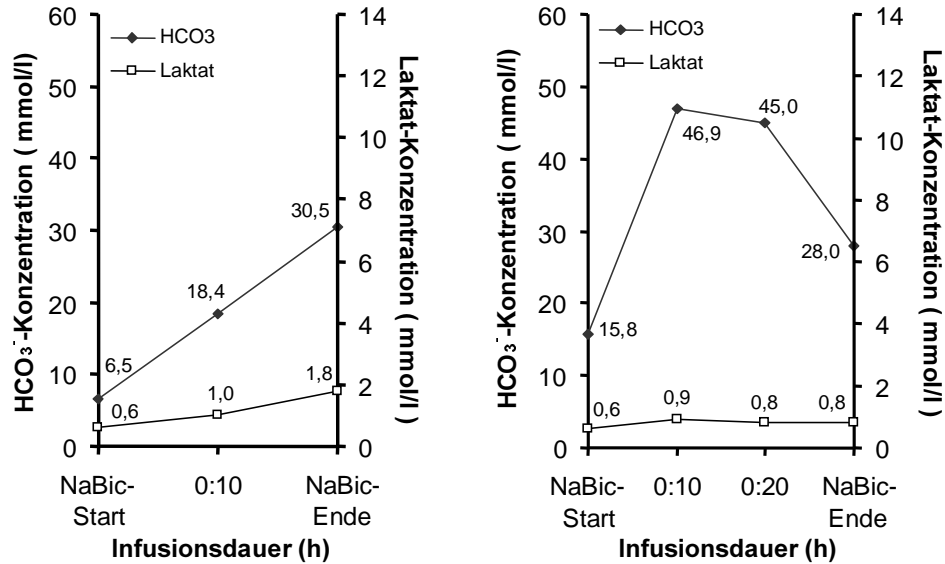


Abbildung 53: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 227 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 5 (Gruppe A, Abb. links)

Abbildung 54: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 192 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 6 (Gruppe A; Abb. rechts)

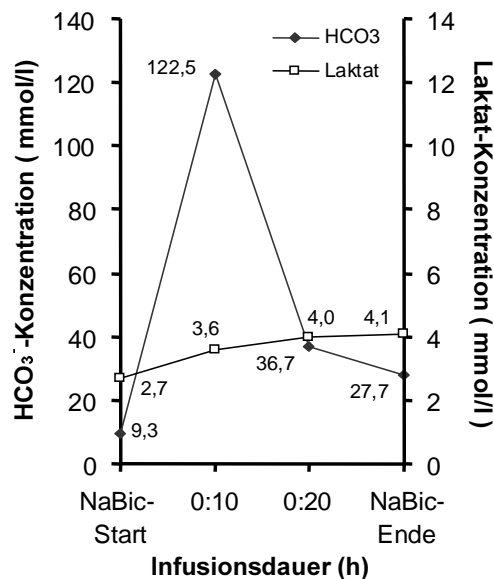


Abbildung 55: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 255 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 7 (Gruppe A)

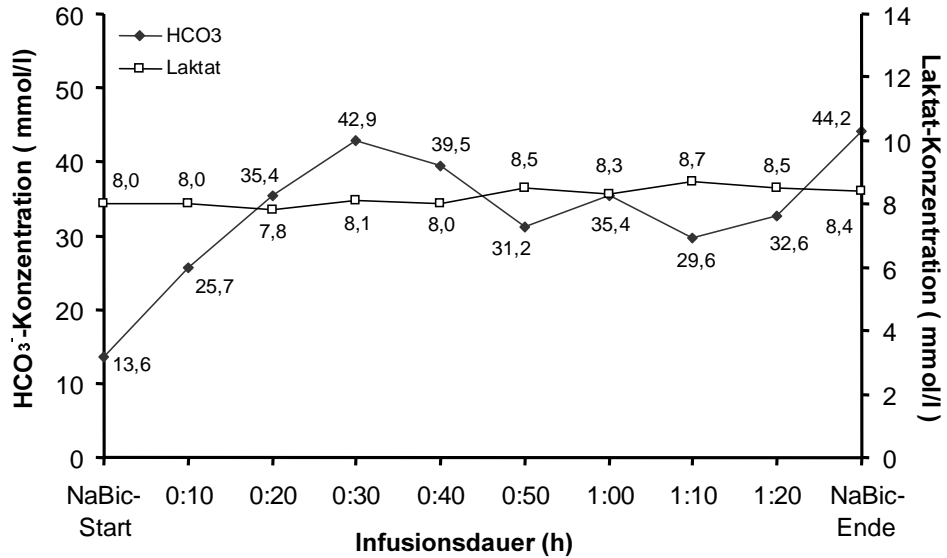


Abbildung 56: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 325 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 8 (Gruppe A)

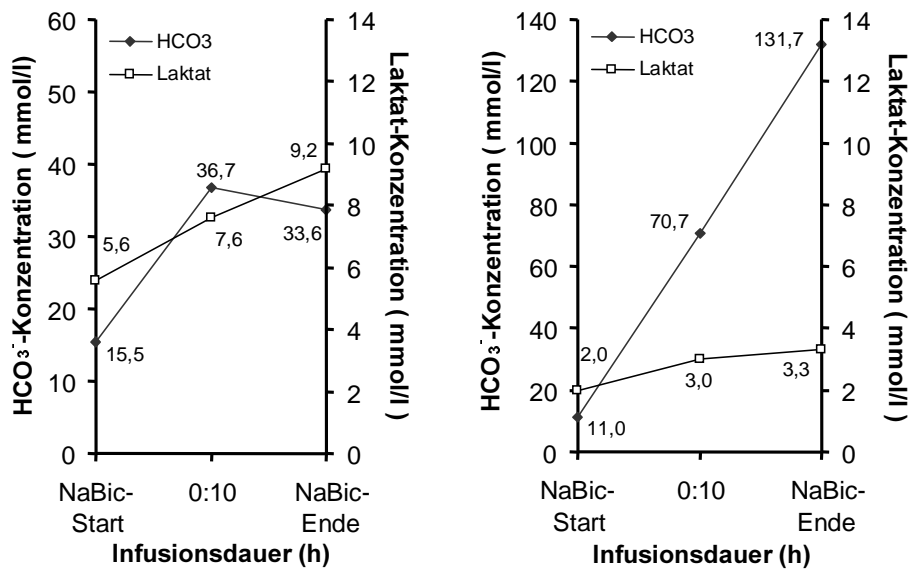


Abbildung 57: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 283 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 9 (Gruppe A; Abb. links)

Abbildung 58: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 374 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 10 (Gruppe A; Abb. rechts)

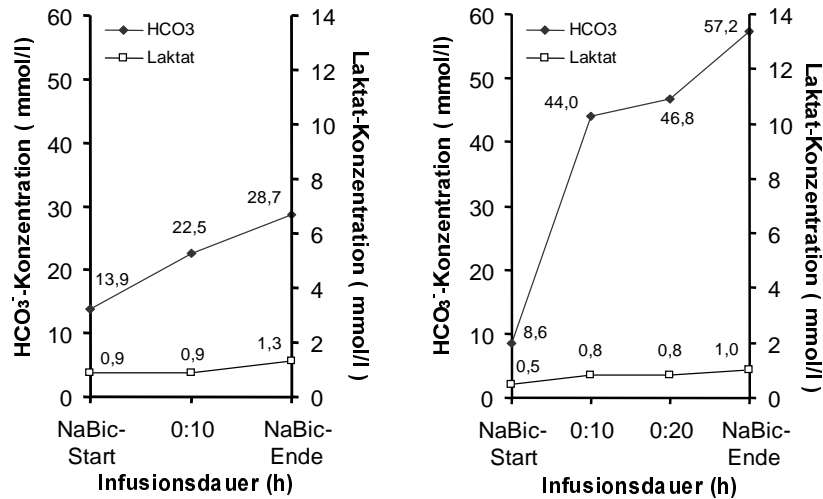


Abbildung 59: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 488 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 11 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 60: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 888 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 12 (Gruppe B, Abb. rechts)

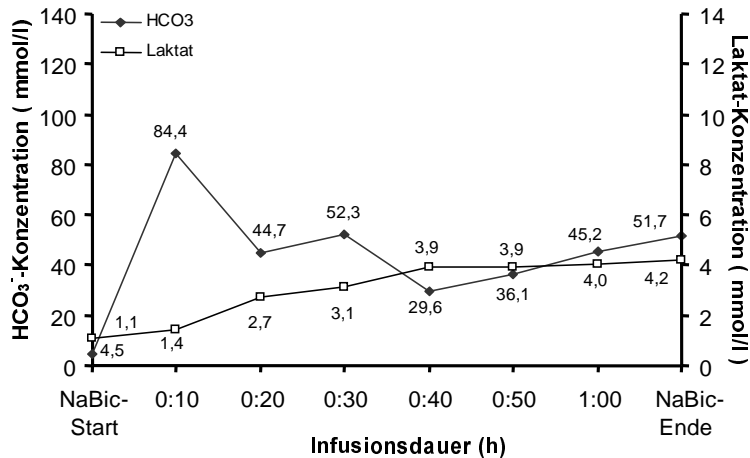


Abbildung 61: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 1288 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 14 (Gruppe B)

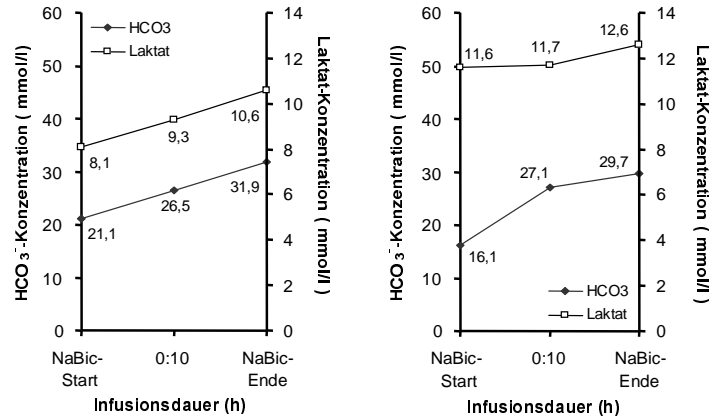


Abbildung 62: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 288 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 13 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 63: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 438 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 15 (Gruppe B, Abb. rechts)

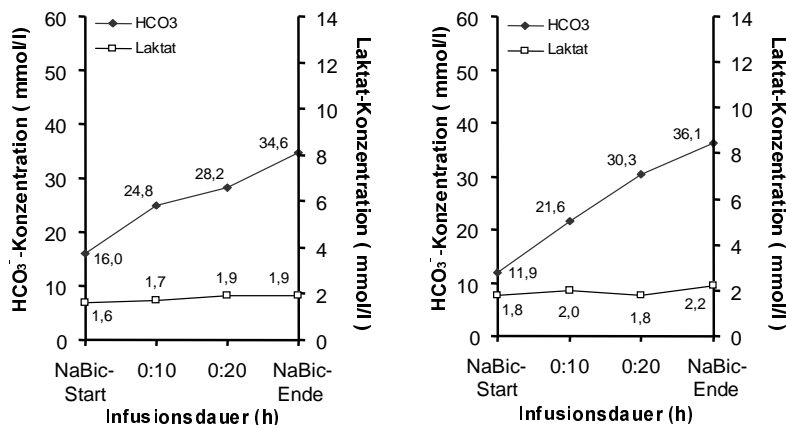


Abbildung 64: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 456 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 16 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 65: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 722 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 17 (Gruppe B, Abb. rechts)

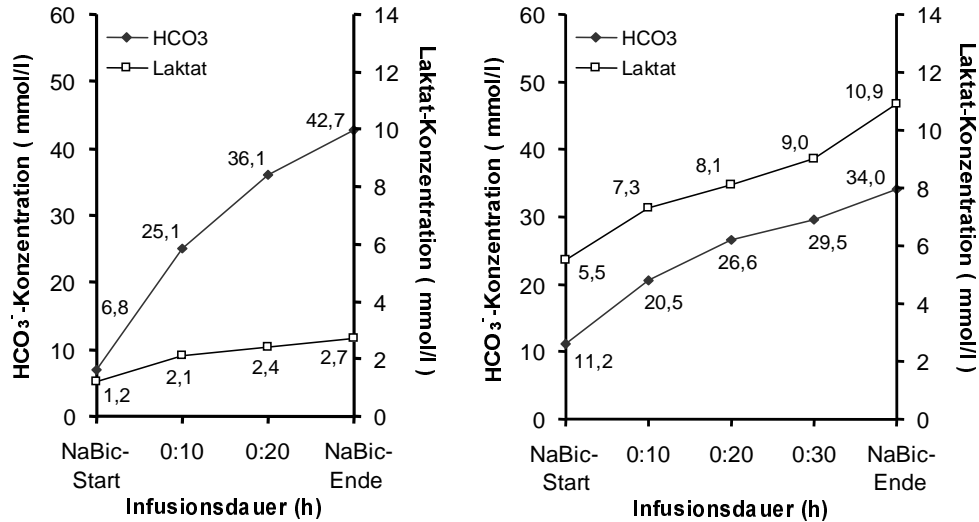


Abbildung 66: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 1062 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 18 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 67: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 976 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 20 (Gruppe B; Abb. rechts)

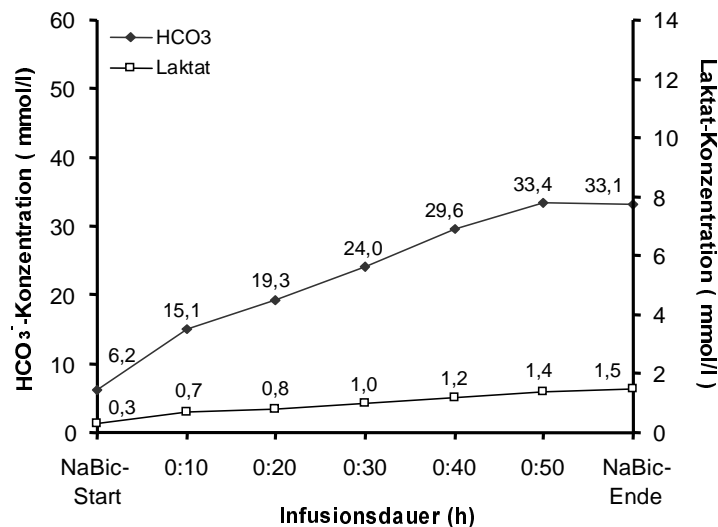


Abbildung 68: Entwicklung der Bikarbonationen- bzw. L-Laktat-Konzentration während der Infusion von 1058 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 19 (Gruppe B)

4.1.2.3.1 Weiterer Verlauf: Bikarbonationen-Konzentration

Die Bikarbonationen-Konzentration sank in beiden Gruppen nach Beendigung der Natriumbikarbonat-Infusion erneut ab. Nach etwa einstündiger ausschließlicher Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung kam es unabhängig von der Kälbergruppe zu einer Stabilisierung der Werte (Abbildung 69).

Nach vierstündiger Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und Abschluss der Messungen lagen die Durchschnittswerte der Gruppe A geringgradig unterhalb, die der Gruppe B innerhalb des Normbereiches von 23 – 29 mmol/l (Tabelle 28). Die Werte aller Kälber lagen am Ende der Beobachtungen über den Ausgangswerten.

Tabelle 28: Entwicklung der HCO_3^- -Konzentration (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) während des Infusionsverlaufs (MW: arithmetischer Mittelwert, \pm s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	\pm s	Min.	Max.	Median	MW	\pm s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	11,6	3,9	5,3	16,4	11,5	11,6	5,2	4,5	21,1	11,6
NaCl-Start	41,0	32,3	24,4	131,7	30,2	38,0	9,6	28,7	57,2	34,3
0:10 h	26,9	4,4	22,7	36,7	25,9	29,8	3,9	23,8	34,1	30,4
0:20 h	25,4	3,8	21,6	33,5	24,4	26,2	2,6	22,5	30,7	26,1
0:30 h	24,5	3,6	19,9	31,8	24,0	25,2	2,7	20,9	29,3	25,7
1:00 h	23,2	3,6	18,7	28,6	23,0	23,5	2,9	17,6	27,3	24,0
1:30 h	22,7	3,8	18,5	29,7	21,5	23,6	3,5	16,8	28,7	23,5
2:00 h	22,3	3,8	17,9	28,8	21,5	23,7	3,7	17,4	30,0	23,6
2:30 h	22,8	4,2	17,8	29,2	20,7	23,4	4,1	15,8	29,9	22,4
3:00 h	22,3	4,2	17,3	29,2	21,1	23,4	4,5	15,5	31,5	22,4
3:30 h	22,5	4,4	17,5	29,9	21,0	23,2	4,5	16,0	31,4	22,3
4:00 h	22,6	4,2	17,5	30,1	21,9	23,1	4,3	16,1	31,3	22,5

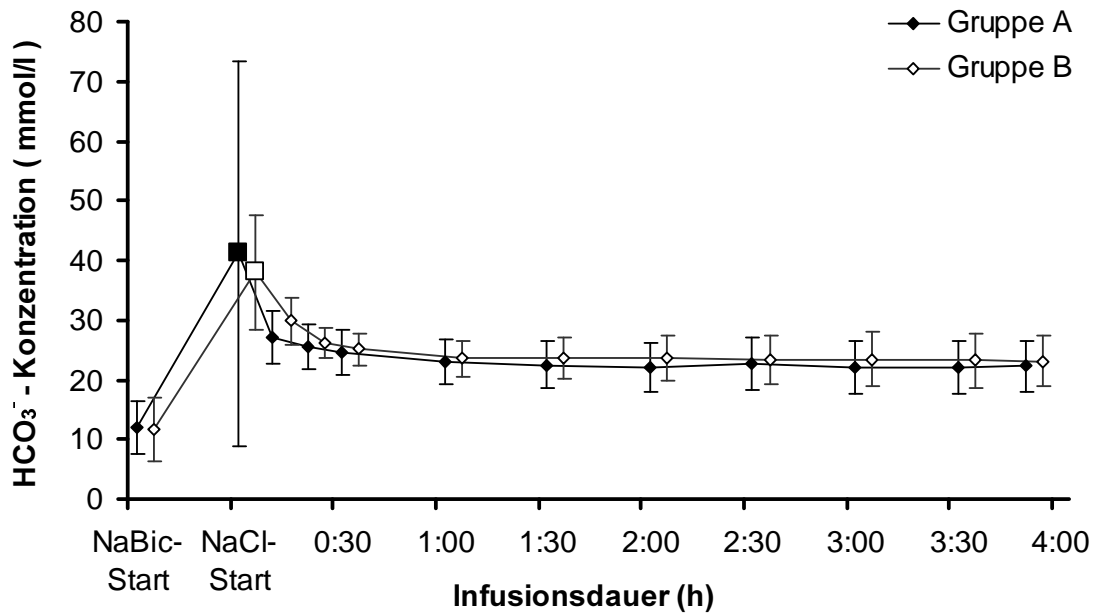


Abbildung 69: Entwicklung der HCO_3^- -Konzentration im venösen Blut der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung; $n = 10$) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1; $n = 10$) während des Infusionsverlaufs (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung; ■/□: Ende der Natriumbikarbonat-Infusion / Beginn der vierstündigen abschließlichen Infusion von 0,9 % Natriumchlorid-Lösung)

Die HCO_3^- -Konzentration änderte sich im Verlauf der Infusion sowohl unter der Applikation Natriumbikarbonat-haltiger Lösungen als auch während der Verabreichung 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung signifikant. Dagegen bestand zwischen den beiden Kälbergruppen kein bedeutsamer Unterschied (Tabelle 29).

Tabelle 29: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf die HCO_3^- -Konzentration der Kälber mit neonataler Diarrhoe während des Infusionsverlaufs (n. s. = nicht signifikant)

Infusionsabschnitt	Gruppe	Zeitverlauf
NaBic-Infusion	n.s.	$p < 0,0001$
NaCl-Infusion	n.s.	$p < 0,0001$

4.1.2.3.2 Weiterer Verlauf: L-Laktat-Konzentration

Die durchschnittliche L-Laktat-Konzentration beider Gruppen stieg auch nach Beendigung der Natriumbikarbonat-Infusion unter dem Einfluss der Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung noch etwa dreißig Minuten weiter an, um anschließend wieder allmählich abzusinken (Abbildung 70).

Nach vierstündiger Infusion und Abschluss der Messungen lagen die Durchschnittswerte beider Gruppen innerhalb des Normbereiches von 0,4 – 2,2 mmol/l (Tabelle 30).

Die Werte beider Gruppen lagen jedoch am Ende der Beobachtungen im Bereich der Ausgangswerte, wobei die Kälber der Gruppe B weiterhin die höheren Konzentrationen an L-Laktat aufwiesen.

Tabelle 30: Entwicklung der L-Laktat-Konzentration (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) während des Infusionsverlaufs (MW: geometrischer Mittelwert, SF: Streufaktor, Min.: Minimum, Max: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	SF	Min.	Max.	Median	MW	SF	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	1,3	4,0	0,2	8,0	2,0	1,7	3,3	0,3	11,6	1,4
NaCl-Start	2,9	3,0	0,7	12,3	3,3	3,3	2,6	1,0	12,6	2,5
0:10 h	3,0	3,3	0,5	8,8	3,8	3,3	2,7	1,0	13,2	2,6
0:20 h	2,4	2,9	0,5	8,1	3,6	3,4	2,6	1,1	13,1	2,7
0:30 h	3,3	2,7	0,8	14,9	3,2	3,3	2,7	1,0	14,2	2,7
1:00 h	1,9	3,0	0,5	7,3	2,1	2,7	2,7	1,0	14,8	2,3
1:30 h	1,9	2,7	0,5	6,7	2,1	2,5	2,7	0,8	11,9	2,1
2:00 h	1,7	2,6	0,4	6,6	1,6	2,3	2,4	0,9	10,3	1,8
2:30 h	1,7	2,1	0,9	6,3	1,3	2,0	2,3	0,8	9,6	1,7
3:00 h	1,4	2,4	0,5	6,1	1,3	2,1	2,3	0,7	9,0	1,9
3:30 h	1,2	2,7	0,3	5,7	1,3	1,9	2,6	0,6	8,3	1,7
4:00 h	1,2	2,8	0,3	5,6	1,1	1,9	2,7	0,5	8,0	1,7

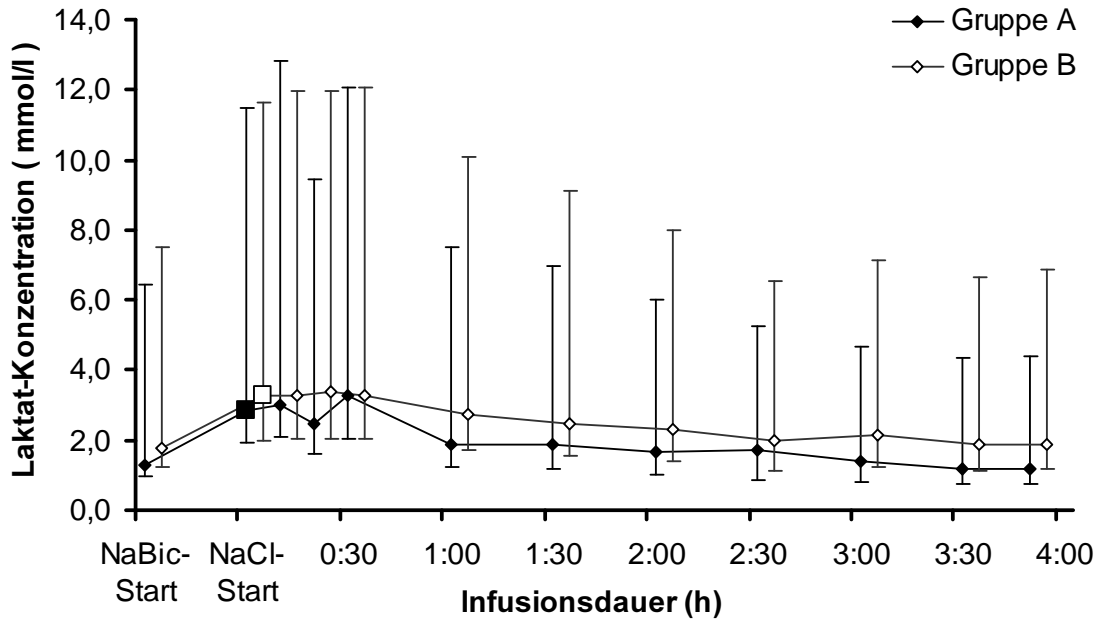


Abbildung 70: Entwicklung der L-Laktat-Konzentration im venösen Blut der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung; n = 10) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1; n = 10) während des Infusionsverlaufs (geometrischer Mittelwert und Streufaktor; ■/□: Ende der Natriumbikarbonat-Infusion / Beginn der vierstündigen ausschließlichen Infusion von 0,9 % Natriumchlorid-Lösung)

Die L-Laktat-Konzentration änderte sich im Verlauf der Infusion sowohl unter der Applikation Natriumbikarbonat-haltiger Lösungen als auch während der Verabreichung 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung signifikant. Dagegen bestand zwischen den beiden Kälbergruppen kein bedeutsamer Unterschied (Tabelle 31).

Tabelle 31: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf die L-Laktat-Konzentration der Kälber mit neonataler Diarrhoe während des Infusionsverlaufs (n. s. = nicht signifikant)

Infusionsabschnitt	Gruppe	Zeitverlauf
NaBic-Infusion	n.s.	p < 0,0001
NaCl-Infusion	n.s.	p < 0,0001

4.1.2.4 Natrium- und Chloridionen-Konzentration

Natriumionen-Konzentration (Na⁺-Konzentration)

Die durchschnittliche Na⁺-Konzentration betrug vor Beginn der Infusionsbehandlung 138 ± 14 mmol/l in der Gruppe A (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung) und 136 ± 7 mmol/l in der Gruppe B (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %ige Natriumchlorid-Lösung; Mischungsverhältnis 1 : 1). Es lagen keine signifikanten Unterschiede der Ausgangswerte beider Kälbergruppen vor (Tabelle 32). Bei allen Kälbern lag die Na⁺-Konzentration zu diesem Zeitpunkt innerhalb des Normbereiches (115 – 145 mmol/l).

Tabelle 32: Entwicklung der Natriumionen-Konzentration (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) (MW: arithmetischer Mittelwert, ± s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	± s	Min.	Max.	Median	MW	± s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	138	14	127	146	134	136	7	125	144	136
0:10 h	151	11	136	165	150	151	23	128	210	148
NaBic-Ende	161	22	138	211	151	154	15	134	187	151

Während der Infusion kam es bei allen zwanzig Tieren zunächst zu einem Anstieg der Na⁺-Konzentration. Bei jeweils einem Kalb beider Gruppen kam es kurzzeitig zu einer hochgradigen Erhöhung der Na⁺-Konzentration > 200 mmol/l.

In der Gruppe A wiesen nach zehnmütiger Natriumbikarbonat-Infusion bereits sieben Tiere eine erhöhte Na⁺-Konzentration auf. Dem Konzentrationsanstieg folgte bei vier Kälbern ein erneuter Abfall der Messwerte, doch lagen diese am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion noch deutlich über den Ausgangswerten (Abbildung 71 – 80).

In der Gruppe B konnten schon nach zehnmütiger Infusion der Natriumbikarbonathaltigen Lösung bei sechs Kälbern überhöhte Na⁺-Konzentrationen registriert werden. Ein anschließender Abfall der Na⁺-Konzentration konnte auch bei diesem Parameter nur bei Kalb Nr. 14 beobachtet werden (Abbildung 81 – 90).

Am Ende der Infusion der jeweiligen Natriumbikarbonat-haltigen Lösung wiesen acht Kälber der Gruppe A und ebenfalls acht Kälber der Gruppe B eine erhöhte Na^+ -Konzentration auf.

Chloridionen-Konzentration (Cl^- -Konzentration)

Die durchschnittliche Cl^- -Konzentration betrug vor Beginn der Infusionsbehandlung 102 ± 9 mmol/l in der Gruppe A (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung) und 103 ± 9 mmol/l in der Gruppe B (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %ige Natriumchlorid-Lösung; Mischungsverhältnis 1 : 1). Die Ausgangsbedingungen waren für beide Kälbergruppen gleich (Tabelle 33).

Tabelle 33: Entwicklung der Chloridionen-Konzentration (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) (MW: arithmetischer Mittelwert, \pm s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	\pm s	Min.	Max.	Median	MW	\pm s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	102	9	87	115	102	103	9	89	117	102
0:10 h	96	8	85	109	98	99	7	88	109	99
NaBic-Ende	98	11	84	104	97	97	8	83	107	95

Eine vom Normbereich (75 – 145 mmol/l) abweichende Chloridionen-Konzentration wurde im Verlauf der gesamten Infusionsphase bei keinem der Kälber beobachtet. Bei neunzehn Tieren nahm die Chloridionen-Konzentration während der Infusion der jeweiligen Natriumbikarbonat-haltigen Lösung jedoch ab (Abbildung 71 – 90).

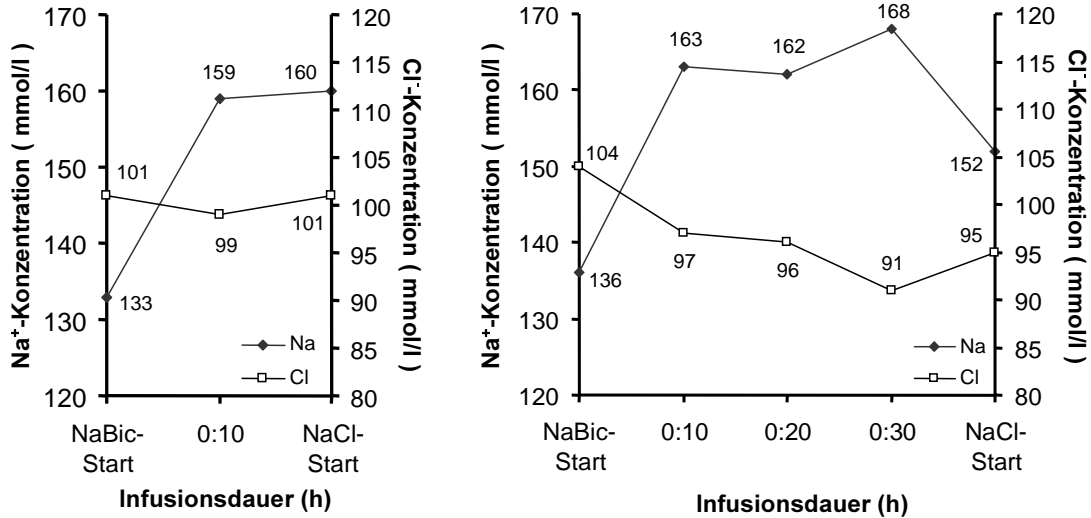


Abbildung 71: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 380 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 1 (Gruppe A; Abb. links)

Abbildung 72: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 424 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 2 (Gruppe A; Abb. rechts)

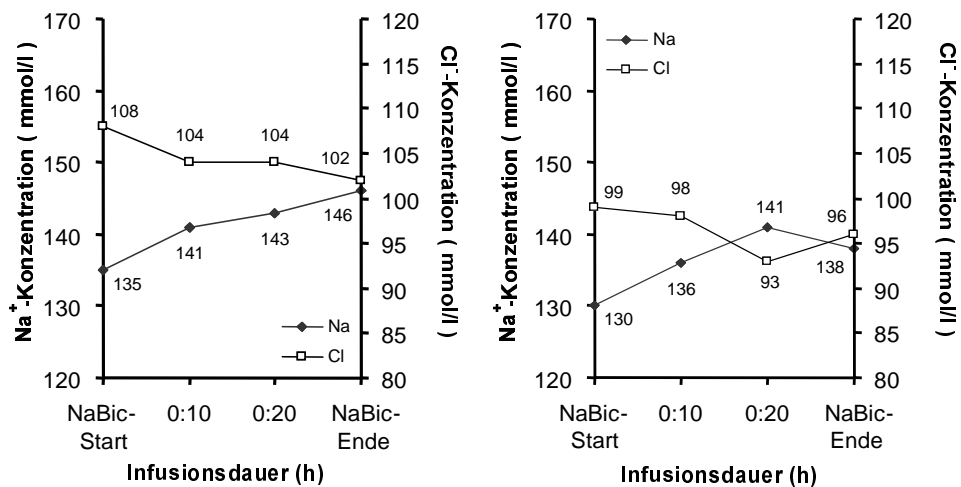


Abbildung 73: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 306 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 3 (Gruppe A, Abb. links)

Abbildung 74: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 494 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 4 (Gruppe A, Abb. rechts)

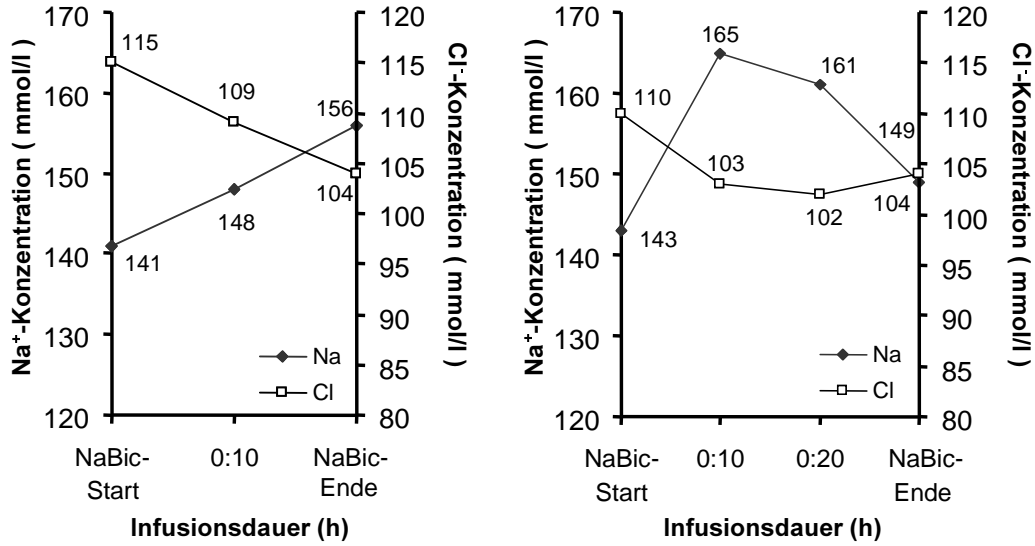


Abbildung 75: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 227 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 5 (Gruppe A, Abb. links)

Abbildung 76: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 192 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 6 (Gruppe A, Abb. rechts)

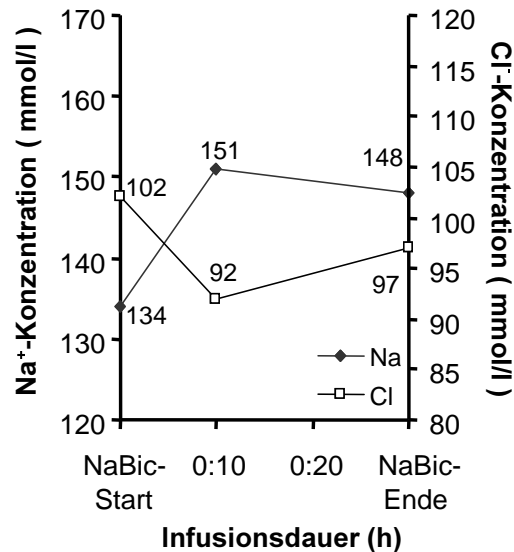


Abbildung 77: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 255 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 7 (Gruppe A)

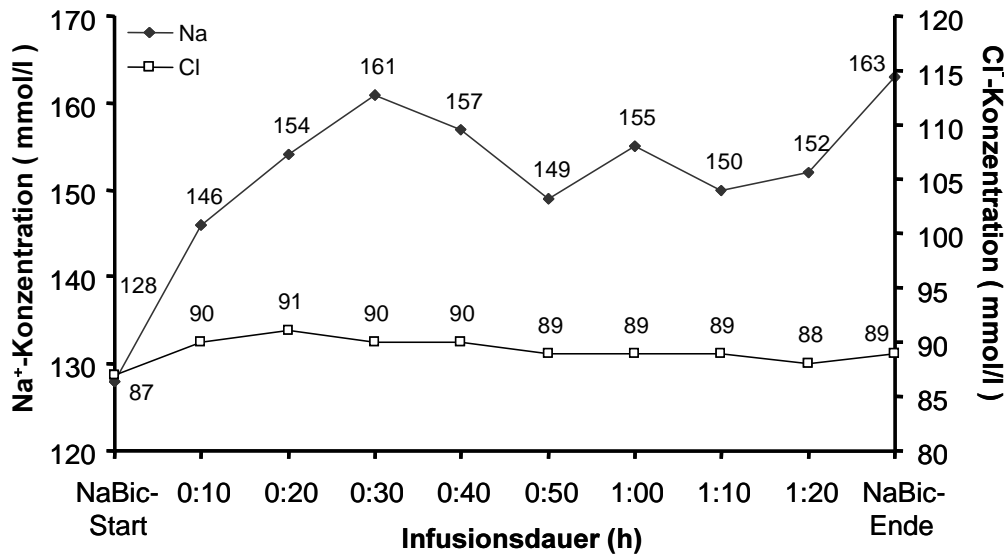


Abbildung 78: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 325 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 8 (Gruppe A)

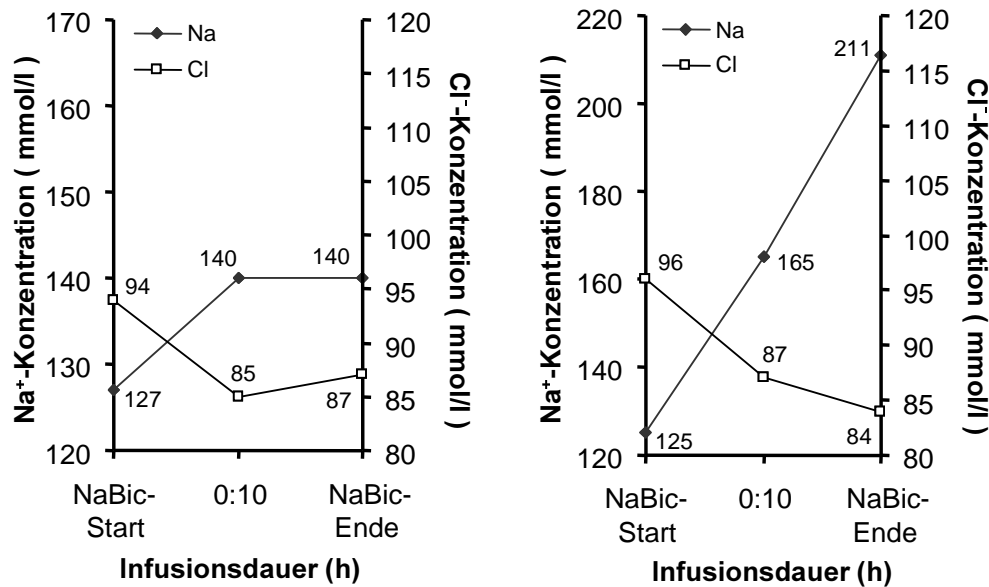


Abbildung 79: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 283 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 9 (Gruppe A; Abb. links)

Abbildung 80: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 374 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 10 (Gruppe A; Abb. rechts)

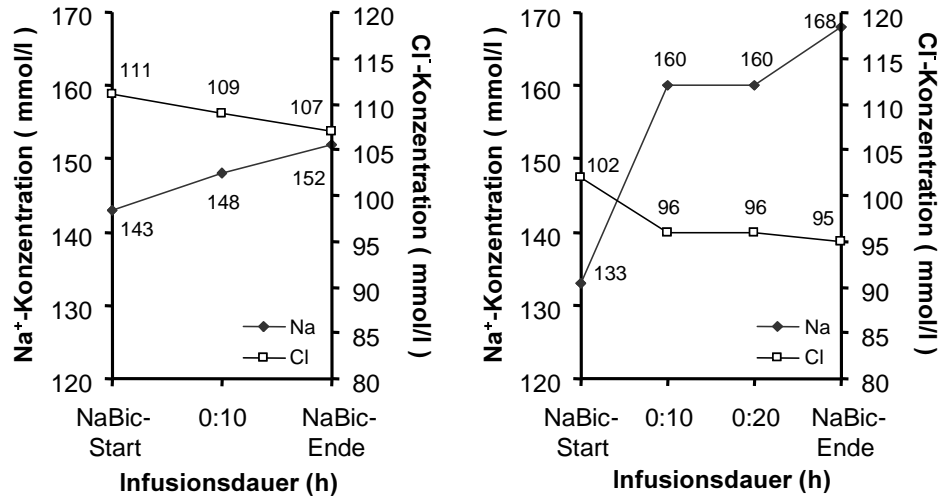


Abbildung 81: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 488 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 11 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 82: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 888 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 12 (Gruppe B; Abb. rechts)

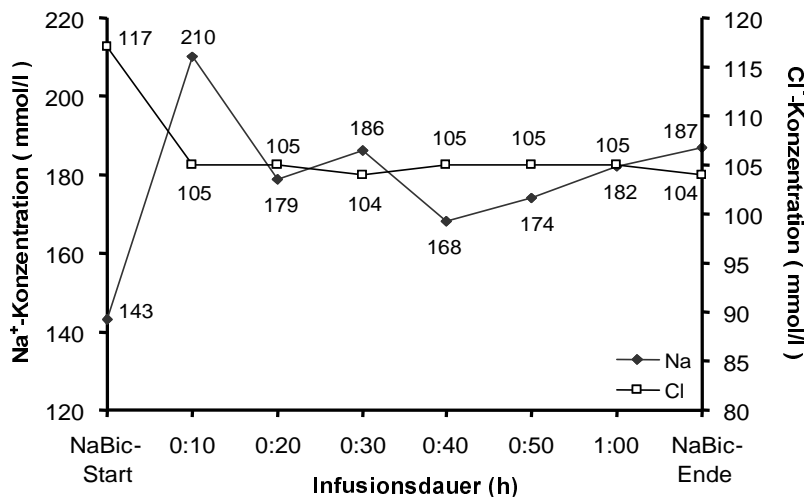


Abbildung 83: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 1288 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 14 (Gruppe B)

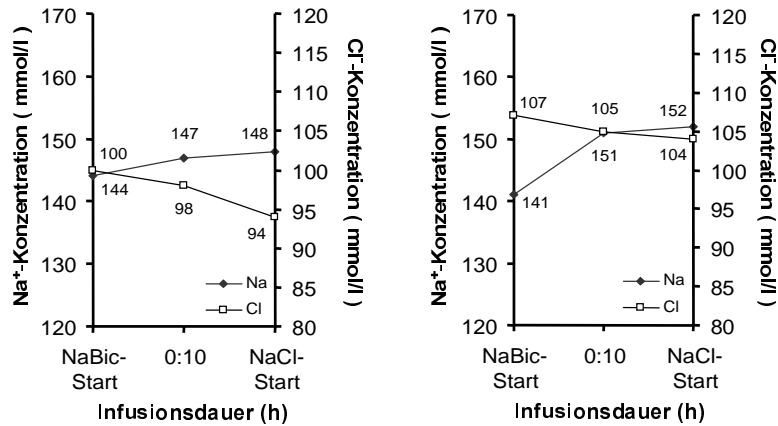


Abbildung 84: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 288 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 13 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 85: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 438 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 15 (Gruppe B; Abb. rechts)

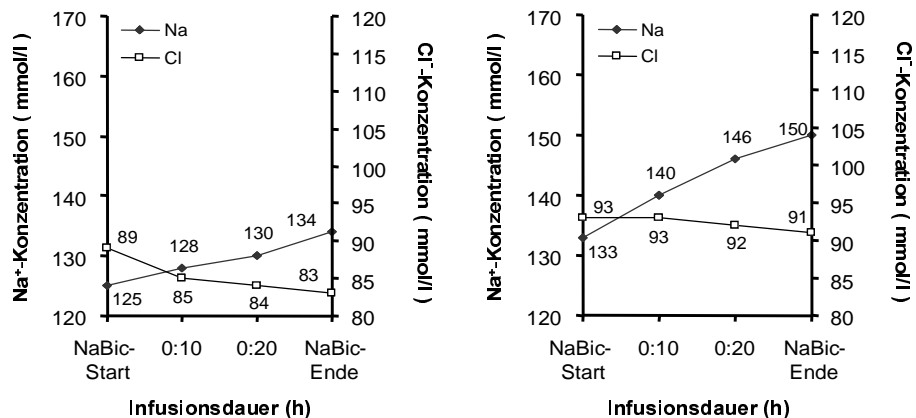


Abbildung 86: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 456 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 16 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 87: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 722 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 17 (Gruppe B; Abb. rechts)

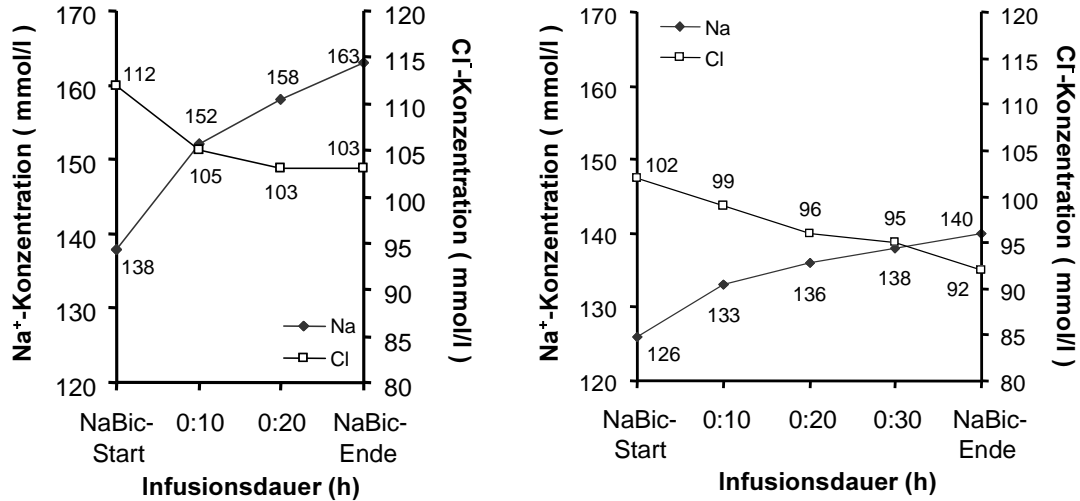


Abbildung 88: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 1062 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 18 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 89: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 976 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 20 (Gruppe B; Abb. rechts)

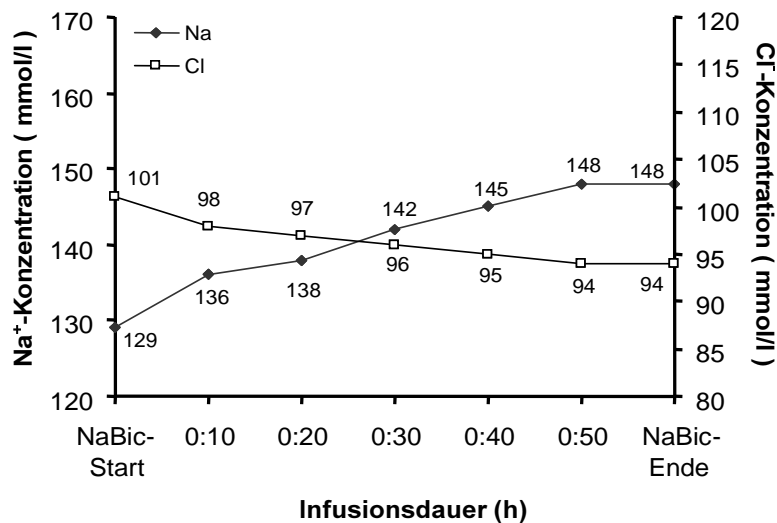


Abbildung 90: Entwicklung der Natrium- bzw. Chloridionen-Konzentration während der Infusion von 1058 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 19 (Gruppe B)

4.1.2.4.1 Weiterer Verlauf: Natriumionen-Konzentration

Die Na^+ -Konzentration sank in beiden Gruppen nach Beendigung der Natriumbikarbonat-Infusion erneut ab. In der Gruppe B kam es bereits nach etwa halbstündiger ausschließlicher Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung zu einer Stabilisierung der Werte, während die Werte der Gruppe A zu diesem Zeitpunkt nochmals kurzzeitig anstiegen, um schließlich nach etwa einer Stunde nahezu konstant zu bleiben (Tabelle 34, Abbildung 91).

Tabelle 34: Entwicklung der Na^+ -Konzentration (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) während des Infusionsverlaufs (MW: arithmetischer Mittelwert, $\pm s$: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	$\pm s$	Min.	Max.	Median	MW	$\pm s$	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	138	14	127	146	134	136	7	125	144	136
NaCl-Start	161	22	138	211	151	154	15	134	187	151
0:10 h	148	6	138	158	147	150	11	134	176	149
0:20 h	148	6	137	157	148	148	11	132	172	148
0:30 h	155	9	136	160	151	148	10	132	171	148
1:00 h	147	6	135	154	147	148	13	131	178	148
1:30 h	148	8	134	164	148	147	13	131	178	147
2:00 h	148	8	132	163	149	147	13	131	177	147
2:30 h	149	10	132	167	148	148	14	130	180	147
3:00 h	148	7	131	155	149	147	14	130	180	147
3:30 h	146	7	131	153	149	146	14	130	180	146
4:00 h	147	7	131	154	148	146	14	129	180	146

Nach vierstündiger Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und Abschluss der Messungen lagen die Durchschnittswerte beider Gruppen geringgradig oberhalb des Normbereiches von 115 – 145 mmol/l. Sechs Kälber der Gruppe A und fünf Kälber der Gruppe B wiesen zu diesem Zeitpunkt eine erhöhte Na^+ -Konzentration auf, während sie bei den übrigen Tieren im Normbereich lag. Die Werte aller Kälber lagen am Ende der Beobachtungen über den Ausgangswerten, wobei das Kalb Nr.12

(Gruppe B) auch zu diesem Zeitpunkt mit 180 mmol/l noch eine deutliche Hyponatriämie aufwies.

Die Na⁺-Konzentration änderte sich im Verlauf der Infusion sowohl unter der Applikation Natriumbikarbonat-haltiger Lösungen als auch während der Verabreichung 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung signifikant. Dagegen bestand zwischen den beiden Kälbergruppen kein bedeutsamer Unterschied (Tabelle 35).

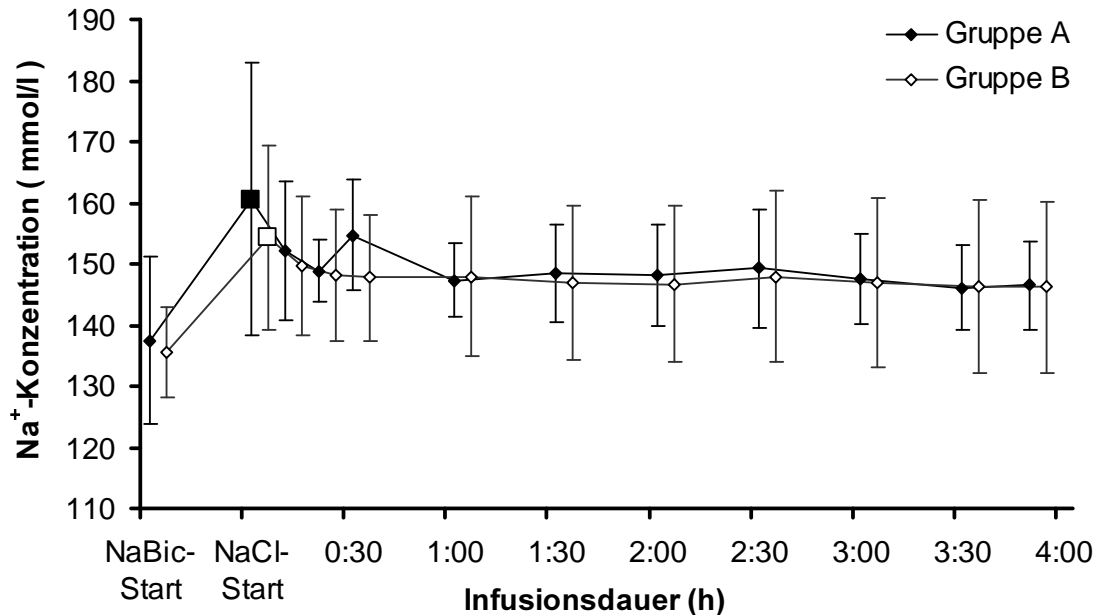


Abbildung 91: Entwicklung der Na⁺-Konzentration im venösen Blut der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung; n = 10) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1; n = 10) während des Infusionsverlaufs (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung; ■/□: Ende der Natriumbikarbonat-Infusion / Beginn der vierstündigen ausschließlichen Infusion von 0,9 % Natriumchlorid-Lösung)

Tabelle 35: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf die Na⁺-Konzentration der Kälber mit neonataler Diarrhoe während des Infusionsverlaufs (n. s. = nicht signifikant)

Infusionsabschnitt	Gruppe	Zeitverlauf
NaBic-Infusion	n.s.	p < 0,0001
NaCl-Infusion	n.s.	p = 0,0055

4.1.2.4.2 Weiterer Verlauf: Chloridionen-Konzentration

Die Cl⁻-Konzentration stieg nach Beendigung der Natriumbikarbonat-Infusion in der Gruppe A rascher an als in der Gruppe B. Doch auch hier kam es nach etwa einstündiger ausschließlicher Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung zu einer Stabilisierung der Werte, während sich die Werte der Gruppe A bereits nach etwa einer Stunde nahezu konstant blieben (Tabelle 36, Abbildung 92).

Tabelle 36: Entwicklung der Cl⁻-Konzentration (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) während des Infusionsverlaufs (MW: arithmetischer Mittelwert, ± s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	± s	Min.	Max.	Median	MW	± s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	102	9	87	115	102	103	9	89	117	102
NaCl-Start	98	11	84	104	97	97	8	83	107	95
0:10 h	98	9	84	109	97	100	10	83	118	97
0:20 h	101	6	89	108	101	100	8	84	113	98
0:30 h	105	10	89	112	103	100	9	84	115	99
1:00 h	104	8	88	113	105	103	12	85	128	102
1:30 h	105	9	86	116	105	103	13	86	132	104
2:00 h	105	8	86	113	106	103	12	85	128	104
2:30 h	107	13	86	131	106	106	13	87	133	108
3:00 h	106	10	86	116	107	105	14	86	136	107
3:30 h	104	9	86	112	105	105	13	86	135	108
4:00 h	105	9	86	112	107	105	13	87	132	108

Auch nach vierstündiger Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und Abschluss der Messungen lagen die Durchschnittswerte beider Gruppen innerhalb des Normbereiches von 75 – 145 mmol/l. Eine vom Normbereich abweichende Chloridionen-Konzentration wurde im Verlauf der gesamten Infusionsphase bei keinem der Kälber beobachtet.

Am Ende der Beobachtungen lagen die Werte aller Kälber im Bereich der Ausgangswerte.

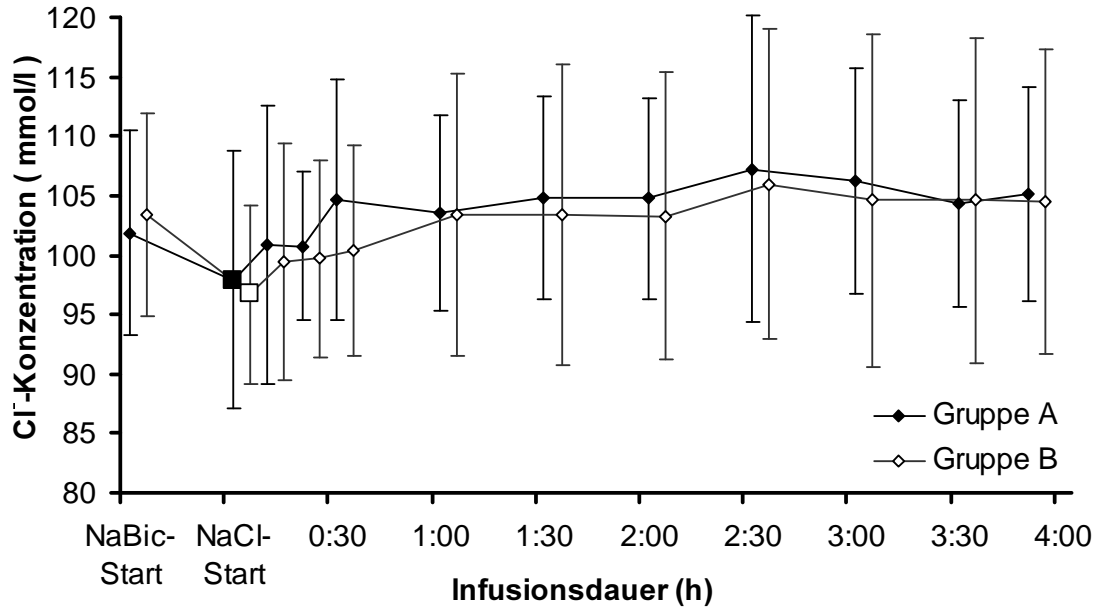


Abbildung 92: Entwicklung der Cl^- -Konzentration im venösen Blut der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung; $n = 10$) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1; $n = 10$) während des Infusionsverlaufs (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung; ■/□: Ende der Natriumbikarbonat-Infusion / Beginn der vierstündigen ausschließlichen Infusion von 0,9 % Natriumchlorid-Lösung)

Die Chloridionen-Konzentration änderte sich im Verlauf der Infusion sowohl unter der Applikation Natriumbikarbonat-haltiger Lösungen als auch während der Verabreichung 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung signifikant. Dagegen bestand zwischen den beiden Kälbergruppen kein bedeutsamer Unterschied (Tabelle 37).

Tabelle 37: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf die Chloridionen-Konzentration der Kälber mit neonataler Diarrhoe während des Infusionsverlaufs (n. s. = nicht signifikant)

Infusionsabschnitt	Gruppe	Zeitverlauf
NaBic-Infusion	n.s.	$p < 0,0001$
NaCl-Infusion	n.s.	$p = 0,0055$

4.1.2.5 Glukose- und Kaliumionen-Konzentration

Glukose-Konzentration

Die durchschnittliche Glukose-Konzentration betrug vor Beginn der Infusionsbehandlung 6,4 mmol/l (Streufaktor 1,9 mmol/l) in der Gruppe A (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung) und 4,4 mmol/l (Streufaktor 2,7 mmol/l) in der Gruppe B (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %ige Natriumchlorid-Lösung; Mischungsverhältnis 1 : 1) (Tabelle 38). Damit lag der Durchschnittswert der Gruppe B bereits zu diesem Zeitpunkt unterhalb des Normbereiches (5,5 – 8,3 mmol/l). Es lagen jedoch keine signifikanten Unterschiede der Ausgangswerte beider Kälbergruppen vor. Jeweils ein Kalb jeder Gruppe wies vor Infusionsbeginn eine hochgradige Hyperglykämie auf. Während diese bei Kalb Nr. 8 der Gruppe A bis zum Ende der Natriumbikarbonat-Infusion ausgeglichen werden konnte, stabilisierte sich die Glukose-Konzentration bei Kalb Nr. 14 auf konstant hohem Niveau.

Tabelle 38: Entwicklung der Glukose-Konzentration (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) (MW: geometrischer Mittelwert, SF: Streufaktor, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	SF	Min.	Max.	Median	MW	SF	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	6,4	1,9	3,2	34,3	5,7	4,4	2,7	1,1	40,5	4,6
0:10 h	5,6	1,8	2,6	20,1	4,7	4,2	2,5	1,1	35,2	4,0
NaBic-Ende	4,5	1,5	2,3	7,5	4,5	3,7	2,6	1,0	35,3	2,9

Im Infusionsverlauf kam es bei neunzehn Tieren zu einem Abfall der Glukose-Konzentration. Bei Kalb Nr. 13 (Gruppe B) stieg er dagegen leicht an.

Am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion wiesen fünf Kälber der Gruppe A und acht Kälber der Gruppe B eine zu geringe Glukose-Konzentration im venösen Blut auf (Abbildung 93 – 112). In beiden Gruppen lagen die Durchschnittswerte zu diesem Zeitpunkt unterhalb des Normbereiches.

Kaliumionen-Konzentration (K⁺-Konzentration)

Die durchschnittliche K⁺-Konzentration betrug vor Beginn der Infusionsbehandlung 5,8 ± 1,2 mmol/l in der Gruppe A (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung) und 5,1 ± 0,9 mmol/l in der Gruppe B (8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %ige Natriumchlorid-Lösung; Mischungsverhältnis 1 : 1). Die Ausgangsbedingungen waren für beide Kälbergruppen gleich (Tabelle 39). Die Durchschnittswerte beider Gruppen lagen vor Infusionsbeginn oberhalb des Normbereiches (3,5 – 5,0 mmol/l). Sieben Kälber der Gruppe A und sechs Kälber der Gruppe B wiesen vor Infusionsbeginn eine erhöhte Kaliumionen-Konzentration auf, während bei Kalb Nr. 6 (Gruppe A) bis zum Ende der Infusionsperiode ausschließlich erniedrigte Werte registriert wurden.

Tabelle 39: Entwicklung der Kaliumionen-Konzentration (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) (MW: arithmetischer Mittelwert, ± s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	± s	Min.	Max.	Median	MW	± s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	5,8	1,2	3,1	8,1	6,1	5,1	0,9	3,9	6,9	5,2
0:10 h	5,4	1,4	3,1	7,5	5,4	4,6	0,9	3,4	5,9	4,4
NaBic-Ende	4,6	1,0	3,2	6,8	4,7	4,1	0,9	3,1	5,4	3,9

Im Verlauf der Infusion konnte bei jeweils sieben Tieren jeder Gruppe ein konstanter Abfall der Kaliumionen-Konzentration beobachtet werden (Abbildung 93 – 112).

Während sich die durchschnittliche Kaliumionen-Konzentration der Gruppe A nach zehnmütiger Infusion der Natriumbikarbonat-haltigen Lösung noch oberhalb des Normbereiches (3,5 – 5,0 mmol/l) befand, hatte der Durchschnittswert der Gruppe B zu diesem Zeitpunkt bereits einen physiologischen Wert erreicht.

Am Ende der Natriumbikarbonat-Infusion lagen die Durchschnittswerte der Kaliumionen-Konzentration in beiden Gruppen innerhalb des Normbereiches.

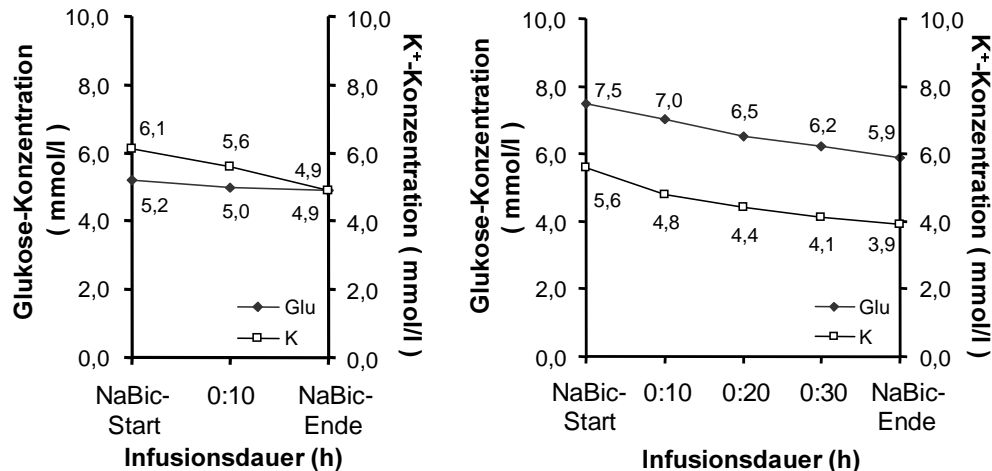


Abbildung 93: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 380 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 1 (Gruppe A; Abb. links)

Abbildung 94: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 424 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 2 (Gruppe A; Abb. rechts)

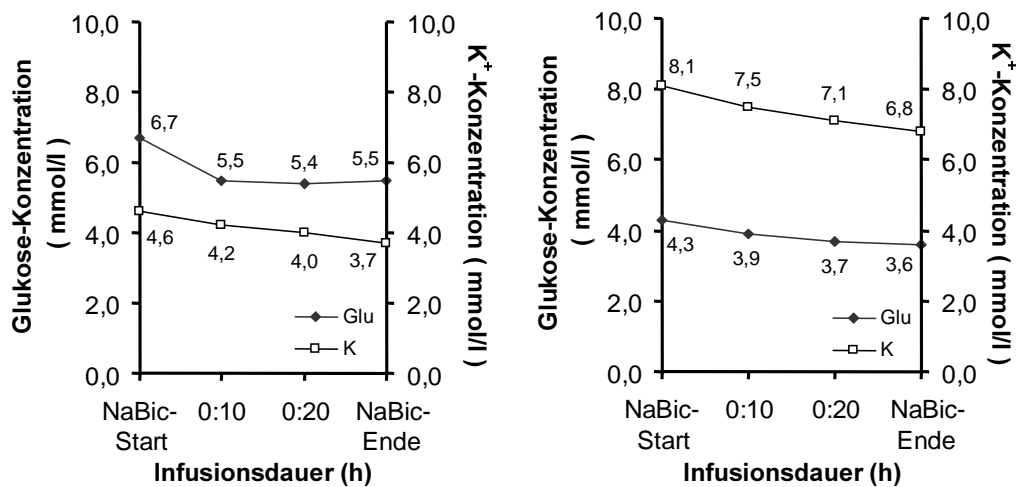


Abbildung 95: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 306 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 3 (Gruppe A; Abb. links)

Abbildung 96: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 494 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 4 (Gruppe A; Abb. rechts)

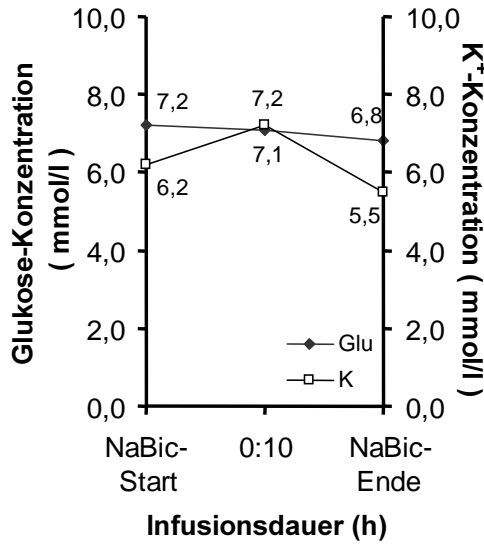


Abbildung 97: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 227 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 5 (Gruppe A; Abb. links)

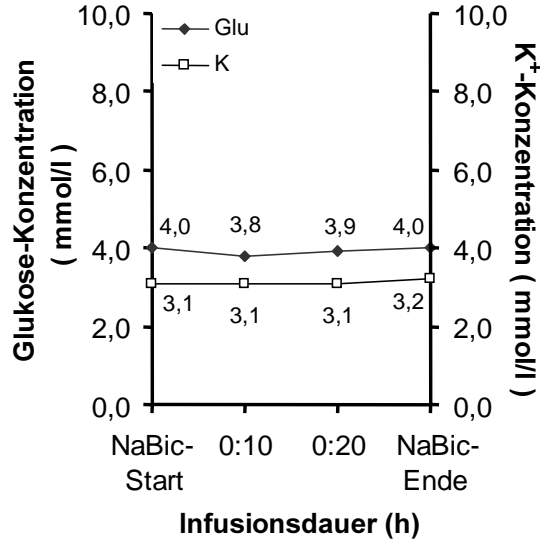


Abbildung 98: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 192 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 6 (Gruppe A; Abb. rechts)

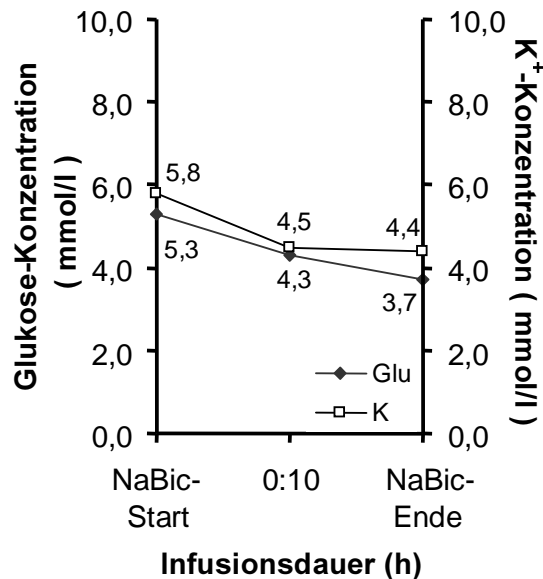


Abbildung 99: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 255 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 7 (Gruppe A)

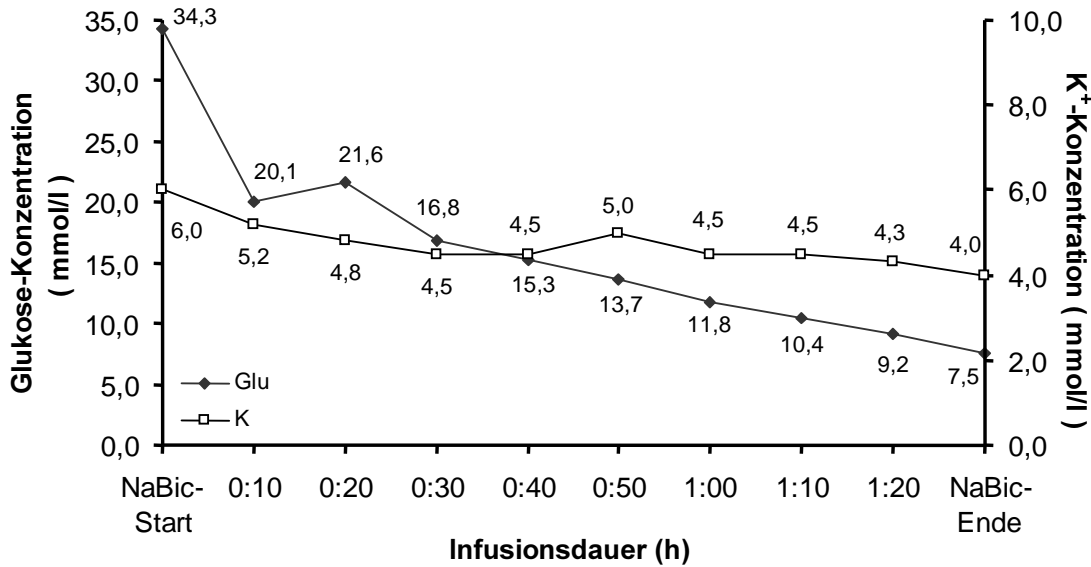


Abbildung 100: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 325 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 8 (Gruppe A)

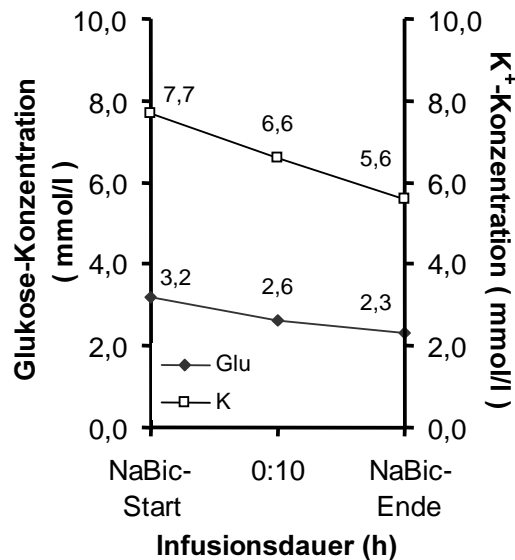
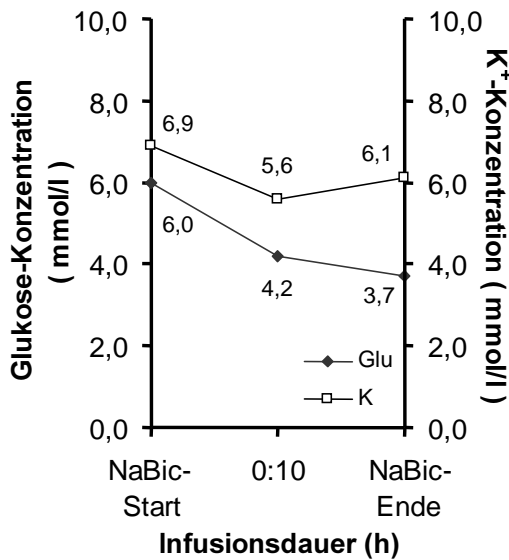


Abbildung 101: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 283 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 9 (Gruppe A; Abb. links)

Abbildung 102: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 374 ml 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung bei Kalb 10 (Gruppe A; Abb. rechts)

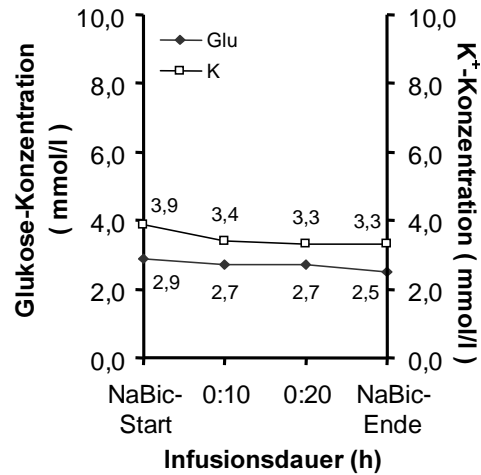
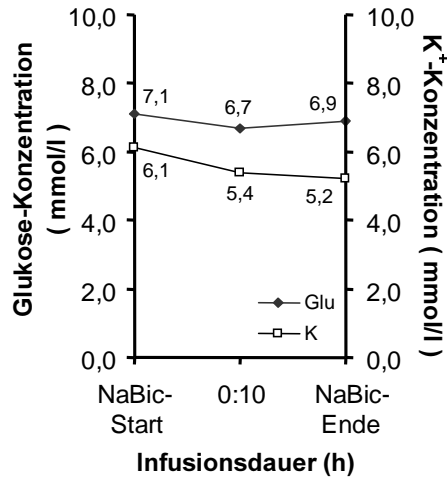


Abbildung 103: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 488 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 11 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 104: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 888 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 12 (Gruppe B; Abb. rechts)

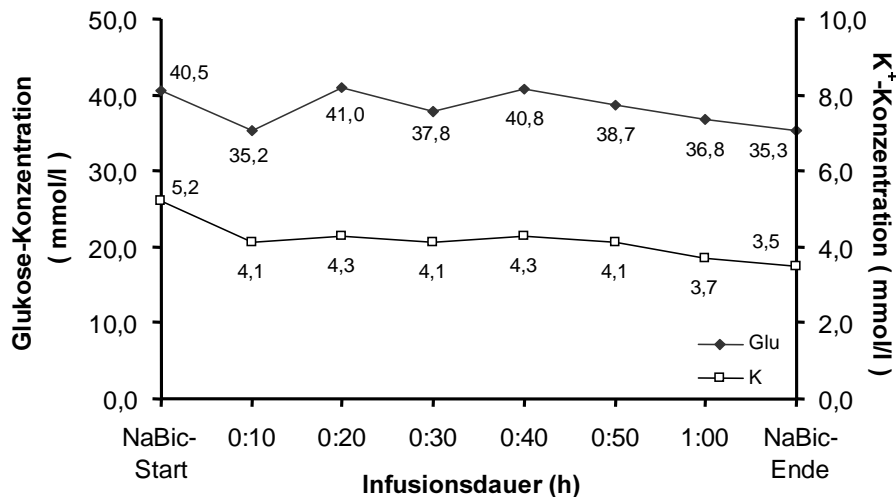


Abbildung 105: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 1288 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 14 (Gruppe B)

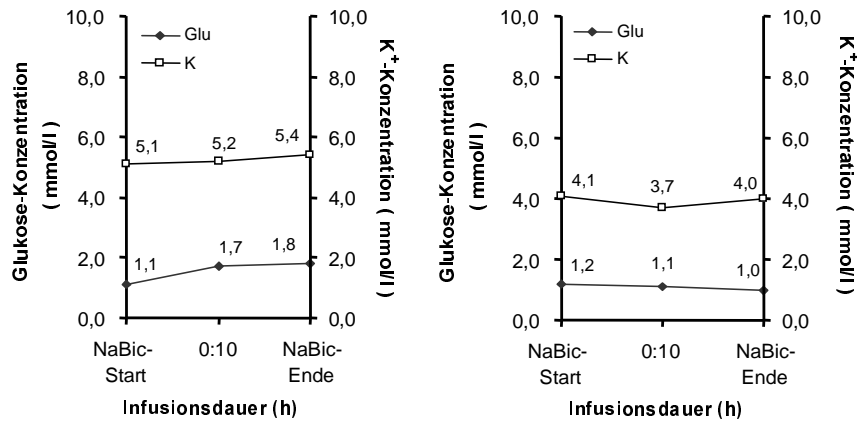


Abbildung 106: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 288 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 13 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 107: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 438 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 15 (Gruppe B; Abb. rechts)

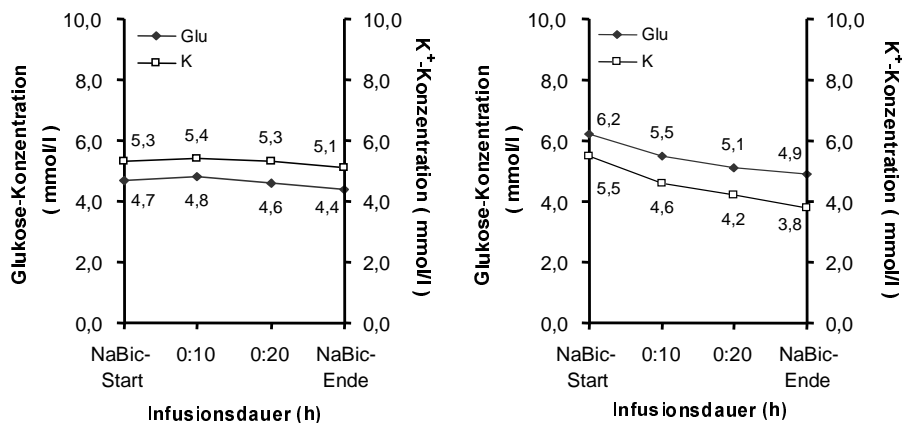


Abbildung 108: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 456 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 16 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 109: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 722 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 17 (Gruppe B; Abb. rechts)

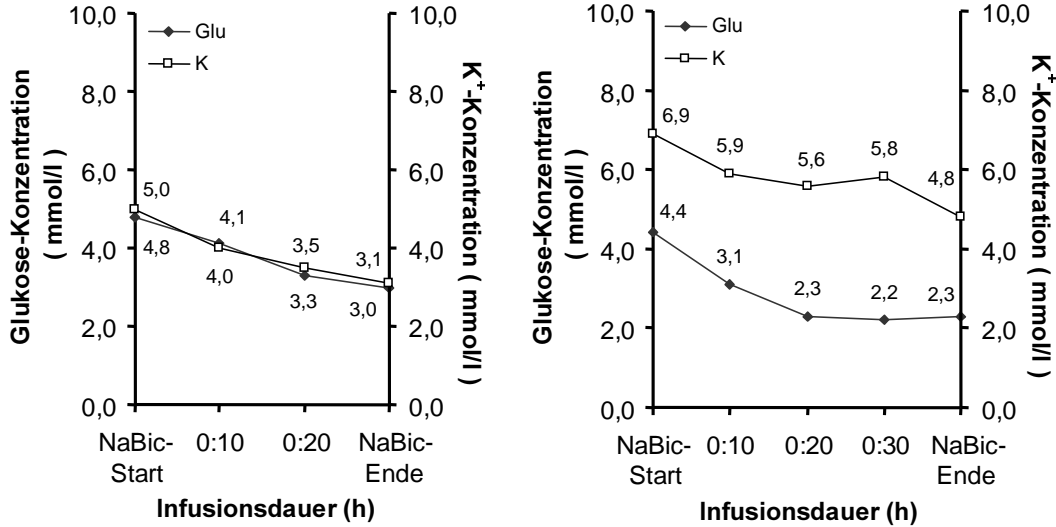


Abbildung 110: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 1062 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 18 (Gruppe B; Abb. links)

Abbildung 111: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 976 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 20 (Gruppe B, Abb. rechts)

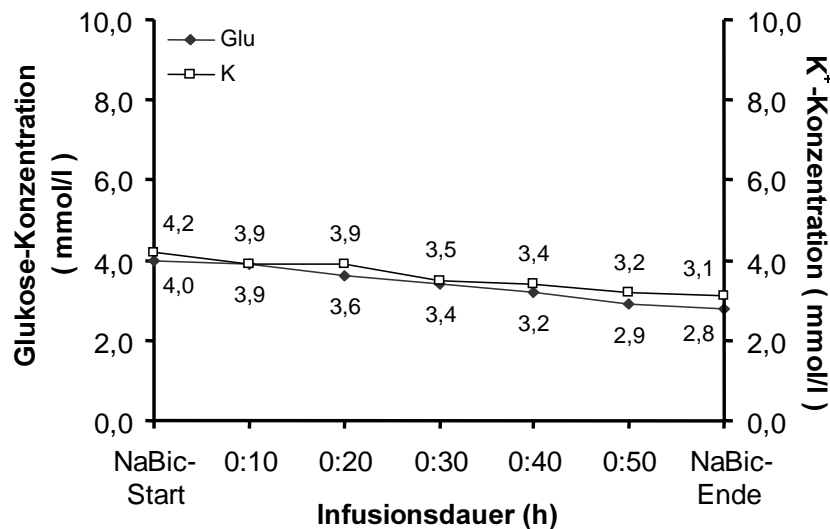


Abbildung 112: Entwicklung der Glukose- bzw. Kaliumionen-Konzentration während der Infusion von 1058 ml einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Verhältnis 1 : 1) bei Kalb 19 (Gruppe B)

4.1.2.5.1 Weiterer Verlauf: Glukose-Konzentration

Die Glukose-Konzentration sank in der Gruppe A auch nach Beendigung der Natriumbikarbonat-Infusion weiter ab. Nach zwanzigminütiger ausschließlicher Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung waren ein kurzzeitiger Anstieg und die anschließende Stabilisierung der Werte auf niedrigem Niveau zu beobachten. In der Gruppe B begann mit dem Start der Natriumchlorid-Infusion ein halbstündiger Anstieg der Glukose-Konzentration mit anschließender Stabilisierung der Werte (Tabelle 40, Abbildung 113).

Tabelle 40: Entwicklung der Glukose-Konzentration (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) während des Infusionsverlaufs (MW: geometrischer Mittelwert, SF: Streufaktor, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	SF	Min.	Max.	Median	MW	SF	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	6,4	1,9	3,2	34,3	5,7	4,4	2,7	1,1	40,5	4,6
NaCl-Start	4,5	1,5	2,3	7,5	4,5	3,7	2,6	1,0	35,3	2,9
0:10 h	4,1	1,3	3,0	5,6	4,0	4,1	2,5	1,1	35,4	3,7
0:20 h	4,3	1,3	3,1	6,8	4,3	4,5	2,6	1,0	37,5	4,1
0:30 h	4,1	1,3	2,6	6,5	3,9	4,6	2,5	1,0	37,7	4,3
1:00 h	3,8	1,6	1,4	5,9	3,8	4,2	2,7	0,9	33,2	4,8
1:30 h	3,7	1,8	0,8	6,0	4,2	4,6	2,5	0,9	32,4	5,0
2:00 h	3,9	1,7	1,1	6,1	4,4	4,4	2,6	0,8	34,0	4,9
2:30 h	3,9	1,5	1,7	5,8	4,4	4,0	2,7	1,0	31,7	4,6
3:00 h	4,0	1,5	2,0	5,6	4,7	4,3	2,4	1,3	31,2	4,2
3:30 h	3,7	1,6	1,5	5,5	4,3	4,3	2,3	1,4	30,8	4,3
4:00 h	3,7	1,6	1,4	5,3	4,3	4,3	2,2	1,8	30,8	4,2

Nach vierstündiger Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und Abschluss der Messungen lagen die Durchschnittswerte beider Gruppen unterhalb des Normbereiches von 5,5 - 8,3 mmol/l. Die Werte von siebzehn Kälbern lagen am Ende der Beobachtungen unter den Ausgangswerten, während die Glukose-Konzentration bei einem Kalb der Gruppe A und zwei Kälbern der Gruppe B leicht über den Anfangswerten lag. Kalb Nr. 14 (Gruppe B) wies auch bei Abschluss der Beobachtungen trotz allmählichem Rückgang der Werte eine hochgradige Hyperglykämie auf.

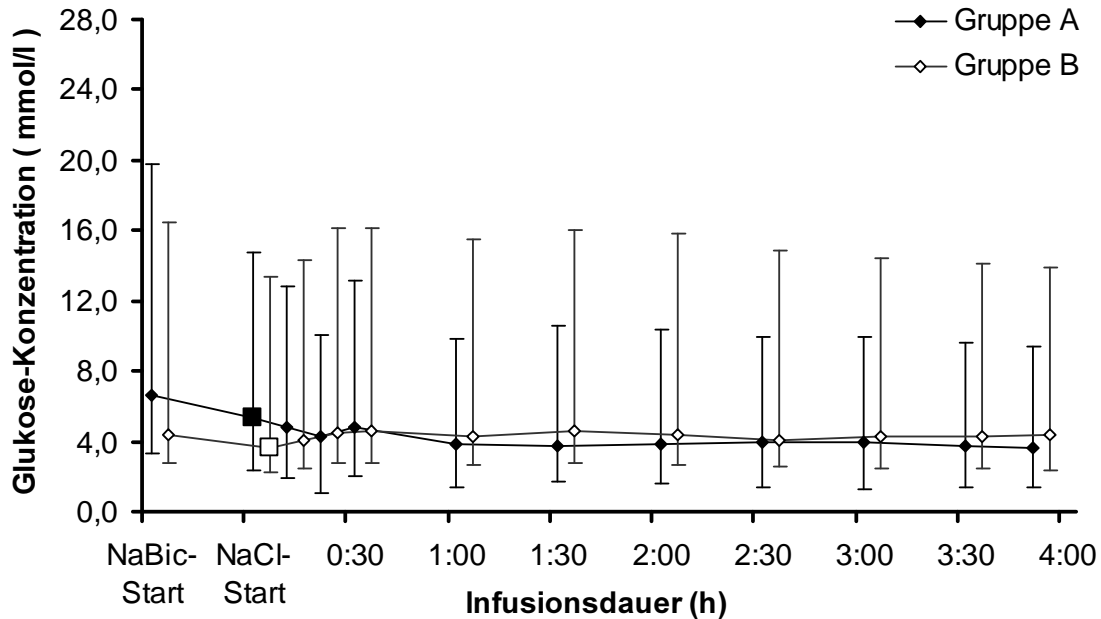


Abbildung 113: Entwicklung der Glukose-Konzentration im venösen Blut der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung; n = 10) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1; n = 10) während des Infusionsverlaufs (geometrischer Mittelwert und Streufaktor; ■/□: Ende der Natriumbikarbonat-Infusion / Beginn der vierstündigen ausschließlichen Infusion von 0,9 % Natriumchlorid-Lösung)

Die Glukose-Konzentration änderte sich im Verlauf der Infusion lediglich während der Applikation Natriumbikarbonat-haltiger Lösungen signifikant. Dagegen besaßen die Verabreichung 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und die jeweilige Kälbergruppe keinen bedeutsamen Einfluss auf die Glukose-Konzentration (Tabelle 41).

Tabelle 41: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf die Glukose-Konzentration der Kälber mit neonataler Diarrhoe während des Infusionsverlaufs (n. s. = nicht signifikant)

Infusionsabschnitt	Gruppe	Zeitverlauf
NaBic-Infusion	n.s.	p = 0,0006
NaCl-Infusion	n.s.	n.s.

4.1.2.5.2 Weiterer Verlauf: Kaliumionen-Konzentration

Die K^+ -Konzentration sank in beiden Gruppen nach Beendigung der Natriumbikarbonat-Infusion weiter ab. In der Gruppe B kam es bereits nach etwa zwanzigminütiger ausschließlicher Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung zu einer Stabilisierung der Werte, während die Werte der Gruppe A zu diesem Zeitpunkt nochmals kurzzeitig anstiegen, um schließlich nach etwa einer Stunde nahezu konstant zu bleiben (Abbildung 114). Die Entwicklung der K^+ -Konzentration ähnelte stark dem Verlauf der Na^+ -Konzentration.

Nach vierstündiger Infusion von 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und Abschluss der Messungen lagen die Durchschnittswerte beider Gruppen innerhalb des Normbereiches von 3,5 – 5,0 mmol/l (Tabelle 42). Die Werte aller Kälber lagen am Ende der Beobachtungen unter den Ausgangswerten.

Tabelle 42: Entwicklung der K^+ -Konzentration (mmol/l) der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1) während des Infusionsverlaufs (MW: arithmetischer Mittelwert, \pm s: Standardabweichung, Min.: Minimum, Max.: Maximum)

Messzeitpunkt	Gruppe A (n = 10)					Gruppe B (n = 10)				
	MW	\pm s	Min.	Max.	Median	MW	\pm s	Min.	Max.	Median
NaBic-Start	5,8	1,2	3,1	8,1	6,1	5,1	0,9	3,9	6,9	5,2
NaCl-Start	4,6	1,0	3,2	6,8	4,7	4,1	0,9	3,1	5,4	3,9
0:10 h	4,5	1,3	3,1	6,6	3,9	4,1	0,9	3,1	5,4	3,7
0:20 h	4,5	1,1	3,2	6,4	4,3	4,0	0,8	3,0	5,1	3,8
0:30 h	4,6	1,6	3,2	6,3	4,1	4,1	0,8	3,0	5,1	4,0
1:00 h	4,2	1,0	3,2	5,9	3,9	3,9	0,8	3,0	5,2	3,5
1:30 h	4,2	0,9	3,1	5,6	4,0	4,0	0,7	2,9	5,0	4,1
2:00 h	4,2	0,8	2,9	5,8	4,2	3,9	0,7	2,9	5,0	4,0
2:30 h	4,1	0,9	3,0	5,6	4,1	3,7	0,7	2,9	4,7	3,7
3:00 h	4,1	0,8	3,0	5,5	4,2	3,8	0,7	3,1	5,3	3,8
3:30 h	4,1	0,8	2,9	5,4	4,2	4,0	0,8	3,1	5,3	3,9
4:00 h	3,9	0,9	2,7	5,3	4,0	3,9	0,7	3,1	5,1	3,9

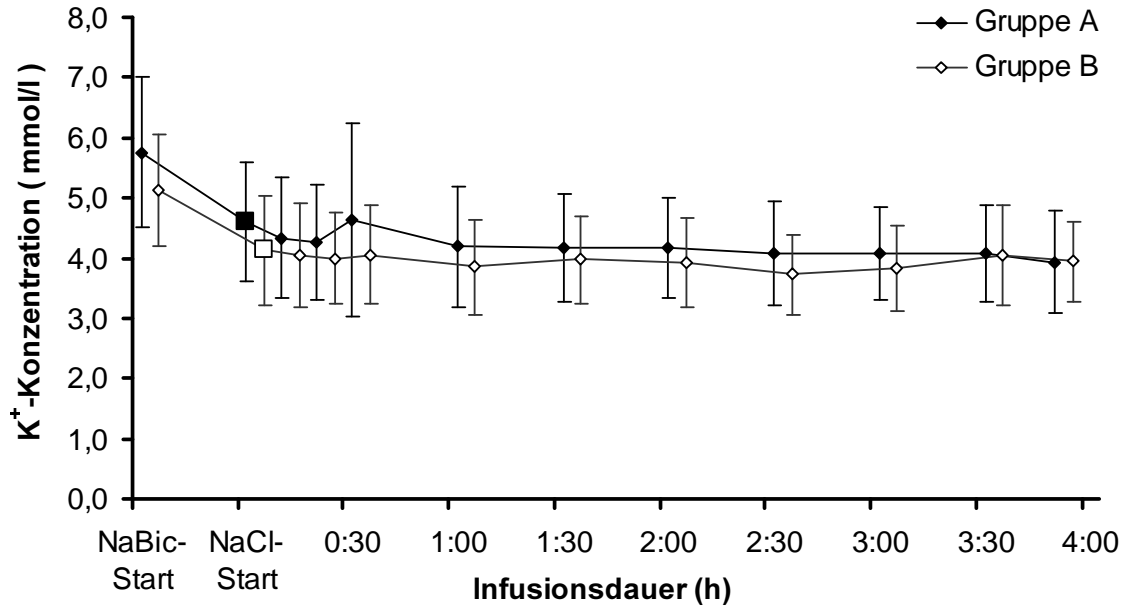


Abbildung 114: Entwicklung der K⁺-Konzentration im venösen Blut der Gruppe A (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung; n = 10) sowie der Gruppe B (8,4 % Natriumbikarbonat-Lösung + 0,9 % Natriumchlorid-Lösung im Mischungsverhältnis 1 : 1; n = 10) während des Infusionsverlaufs (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung; ■/□: Ende der Natriumbikarbonat-Infusion / Beginn der vierstündigen abschließlichen Infusion von 0,9 % Natriumchlorid-Lösung)

Die K⁺-Konzentration änderte sich im Verlauf der Infusion sowohl unter der Applikation Natriumbikarbonat-haltiger Lösungen als auch während der Verabreichung 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung signifikant. Dagegen bestand zwischen den beiden Kälbergruppen kein bedeutsamer Unterschied (Tabelle 37).

Tabelle 43: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf die K⁺-Konzentration der Kälber mit neonataler Diarrhoe während des Infusionsverlaufs (n. s. = nicht signifikant)

Infusionsabschnitt	Gruppe	Zeitverlauf
NaBic-Infusion	n.s.	p < 0,0001
NaCl-Infusion	n.s.	p = 0,012

4.1.3 Weitere klinische Untersuchungen

Keines der infundierten Kälber wies, soweit die Tiere überlebten, innerhalb der folgenden sieben Tag Anzeichen einer Entzündung oder Gewebenekrosen im Bereich der verwendeten Ohrvenen auf. Lediglich die Stellen, an denen der Ohrknorpel zwecks Befestigung der Braunüle mittels steriler Kanüle durchstoßen wurde, zeigten bei einigen Kälbern bereits nach einem Tag gering- bis mittelgradige Entzündungen, die jedoch problemlos abheilten.

4.1.4 Verbleib der Kälber

Bei allen Kälbern konnten die Messungen abgeschlossen werden. Während die Kälber der Gruppe A nach erfolgreicher Therapie ausnahmslos gesund entlassen werden konnten, verstarben die Kälber Nr. 13 und Nr. 14 der Gruppe B am Tag nach den Infusionsversuchen an den direkten Folgen ihrer Durchfallerkrankung (Anhang: Tabelle 143, Tabelle 144). Die Sterberate differierte zwischen den Gruppen jedoch nicht statistisch signifikant.

4.2 Sonographische Untersuchungen zur Darstellung der Dünndarmmotorik bei Kälbern mit und ohne Diarrhoe

4.2.1 Ergebnisse der Voruntersuchungen

Zur Entwicklung einer Methode zur sonographischen Darstellung der Größenverhältnisse von Darmwand und Darmlumen der verschiedenen Dünndarmabschnitte sowie der Dünndarmmotorik wurden bei zwei frisch toten Kälbern Vorversuche durchgeführt. Bei beiden Kälbern erfolgte direkt nach der Feststellung des Todes eine sonographische Untersuchung des Dünndarms im Bereich der rechten Flanke. Anschließend wurden die Kälber präpariert, um nach einer optischen und palpatorischen Erfassung der Situsverhältnisse den Dünndarm zu entnehmen. Nur mit Hilfe dieser Erkenntnisse gelang später die Unterscheidung zwischen Dünn- und Dickdarm. Im Anschluss erfolgte eine sonographische Untersuchung der entnommenen Darmabschnitte im Wasserbad. Bei der Untersuchung im Wasserbad wurden sowohl im Longitudinalschnitt als auch im Transversalschnitt die Größenverhältnisse von Dünndarmwand und -lumen erfasst (Abbildung 115).

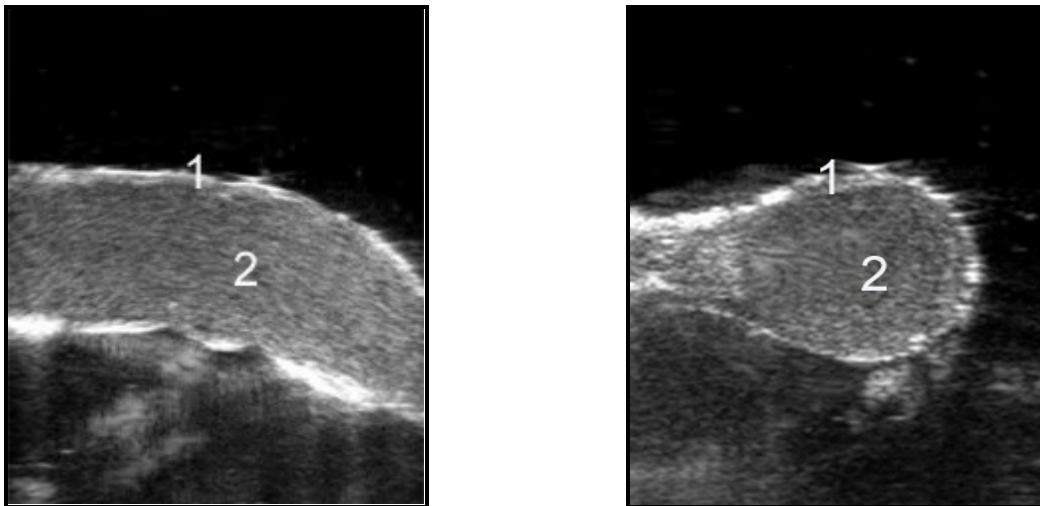


Abbildung 115: Sonographischer Longitudinal- und Transversalschnitt des Duodenums eines Kalbes im Wasserbad (SonoAce 9900, Eindringtiefe 4 cm)

- 1 Dünndarmwand
- 2 Dünndarmlumen

4.2.2 Ergebnisse der Hauptuntersuchungen

4.2.2.1 Klinische Daten und labordiagnostische Befunde

Zum Zeitpunkt der Einlieferung lag das Durchschnittsalter der Tiere mit Diarrhoe (Gruppe C, n = 10) bei $6,3 \pm 3$ Tagen. Für die Kälber der Kontrollgruppe (Gruppe D, n = 11) begannen die Untersuchungen jeweils am zweiten Lebenstag. Die wichtigsten Ergebnisse der täglich erfolgten klinischen und labordiagnostischen Untersuchungen sind in Tabelle 44 und Tabelle 45 zusammengefasst.

Die venösen pH-Werte und die Base-Excess-Befunde der Kälber mit Diarrhoe (Gruppe C) erwiesen sich als statistisch signifikant abhängig vom jeweiligen Untersuchungstag ($p < 0,0001$ / $p < 0,0001$). Ein besonders großer Unterschied bestand zwischen den Untersuchungsbefunden zum Zeitpunkt der Einlieferung und den Ergebnissen des folgenden Tages. Die venösen pH- und Base-Excess-Werte der Kontrollgruppe D waren dagegen unabhängig vom Tag der Untersuchung. Ein statistischer signifikanter Zusammenhang zwischen dem venösen pH-Wert und der Motilität des Dünndarms konnte in keiner der beiden Untersuchungsgruppen und an keinem der Beobachtungstage dokumentiert werden.

Tabelle 44: Untersuchungsbefunde der Gruppe C (Kälber mit Diarrhoe; n = 10) in Abhängigkeit vom Untersuchungstag (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung; Kotkonsistenz: Anzahl der Tiere)

Parameter		Einlieferung	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4
pH-Wert		$7,209 \pm 0,127$	$7,335 \pm 0,049$	$7,368 \pm 0,030$	$7,346 \pm 0,042$	$7,346 \pm 0,029$
Base-Excess		$-8,2 \pm 9,2$	$1,7 \pm 5,0$	$3,4 \pm 4,0$	$2,0 \pm 3,6$	$2,8 \pm 3,9$
Körpertemperatur(°C)		$38,8 \pm 0,8$	$38,9 \pm 0,4$	$39,0 \pm 0,5$	$38,8 \pm 0,4$	$38,9 \pm 0,5$
Kot-konsistenz	wässrig	6	5	1	3	1
	dünnbreiig	4	1	4	4	4
	mittlbreiig	-	4	3	1	1
	pastös	-	-	2	2	4

Tabelle 45: Untersuchungsbefunde der Gruppe D (Kontrollgruppe; n = 11) in Abhängigkeit vom Untersuchungstag (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung; Kotkonsistenz: Anzahl der Tiere)

Parameter		Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Tag 5
pH-Wert		7,388 ± 0,031	7,385 ± 0,025	7,376 ± 0,020	7,370 ± 0,031	7,373 ± 0,030
Base-Excess		5,6 ± 2,4	5,6 ± 2,5	5,7 ± 1,7	5,9 ± 1,6	5,8 ± 1,6
Körpertemperatur (°C)		38,9 ± 0,5	39,0 ± 0,3	39,0 ± 0,5	39,0 ± 0,3	38,9 ± 0,3
Kot-konsistenz	wässrig	-	-	-	-	-
	dünnbreilig	-	-	-	-	-
	mittelbreilig	1	1	1	-	1
	pastös	10	10	10	11	10

4.2.2.2 Sonographische Befunde

Die Parameter Motilität, Füllungszustand, Wanddicke und Durchmesser des Dünndarms sowie Bewegungsintensität und Echogenität der Ingesta wurden für die zehn Kälber mit neonataler Diarrhoe (Gruppe C) an vier Tagen und für die elf Kälbern der Kontrollgruppe D an fünf Tagen jeweils vor (Zeitpunkt 1), 30 Minuten (Zeitpunkt 2) und fünf Stunden nach der Fütterung (Zeitpunkt 3) beurteilt. Zusätzlich wurden die Befunde für die Tiere der Gruppe C zum Zeitpunkt der Einlieferung ermittelt.

4.2.2.2.1 Motilität des Dünndarms

Die mittlere Dünndarmmotilität zeigte sich in beiden Kälbergruppen nahezu gleich (Abbildung 116). In der Gruppe C konnte vom Zeitpunkt der Einlieferung bis zur Untersuchung vor der Fütterung am folgenden Tag eine deutliche Steigerung der Motilität beobachtet werden. Wiesen im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung noch zwei Kälber dieser Gruppe (20 %, n = 10) eine Darmatonie auf, konnte ein entsprechender Befund am ersten Tag des Klinikaufenthaltes bei keinem Kalb dokumentiert werden. Im gleichen Zeitraum stieg der Anteil der Tiere mit deutlich erkennbarer Peristaltik von 30 % auf 50 % an. Atonische Darmzustände konnten ansonsten in beiden Gruppen fast ausschließlich fünf Stunden nach der Fütterung

beobachtet werden. Am vierten Untersuchungstag fiel in der Gruppe C mit vier hyperperistaltischen Befunden (40 %, n = 10) die relativ hohe Anzahl an Kälbern mit überdurchschnittlichen Dünndarmaktivitäten 30 Minuten nach der Fütterung auf, doch auch in der Kontrollgruppe war die Dünndarmmotilität zu diesem Zeitpunkt höher als an den übrigen Untersuchungstagen (Tabelle 46, Tabelle 47).

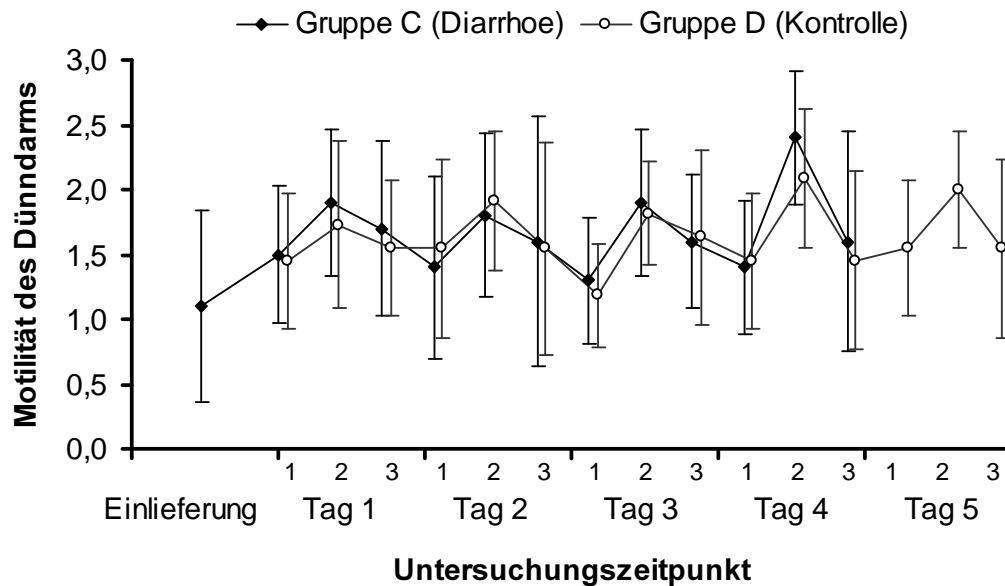


Abbildung 116: Entwicklung der mittleren Dünndarmmotilität (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung) im Untersuchungszeitraum (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Tabelle 46: Entwicklung der Dünndarmmotilität in der Gruppe C (Kälber mit Diarrhoe, n = 10) im Untersuchungszeitraum (- = Darmatonie; + = erkennbare Peristaltik; ++ = deutlich erkennbare Peristaltik; +++ = Hyperperistaltik; 1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Darmmotilität (in %)	Einlieferung	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
-	20,0	-	-	-	10,0	-	20,0	-	-	-	-	-	10,0
+	50,0	50,0	20,0	40,0	40,0	30,0	10,0	70,0	20,0	40,0	60,0	-	30,0
++	30,0	50,0	70,0	50,0	50,0	60,0	60,0	30,0	70,0	60,0	40,0	60,0	50,0
+++	-	-	10,0	10,0	-	10,0	10,0	-	10,0	-	-	40,0	10,0

Tabelle 47: Entwicklung der Dünndarmmotilität in der Gruppe D (Kontrollgruppe, n = 11) im Untersuchungszeitraum (- = Darmatonie; + = erkennbare Peristaltik; ++ = deutlich erkennbare Peristaltik; +++ = Hyperperistaltik; 1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Darmmotilität (in %)	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4			Tag 5		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
-	-	-	-	-	-	9,1	-	-	-	-	-	9,1	-	-	-
+	54,5	36,4	45,5	54,5	18,2	36,4	81,8	18,2	45,5	54,5	9,1	36,4	45,5	9,1	54,5
++	45,5	54,5	54,5	36,4	72,7	45,5	18,2	81,8	45,5	45,5	81,8	54,5	54,5	81,8	36,4
+++	-	9,1	-	9,1	9,1	9,1	-	-	9,1	-	9,1	-	-	9,1	9,1

An allen Untersuchungstagen kam es 30 Minuten nach der Fütterung sowohl in Gruppe C als auch in Gruppe D zu einer deutlichen Steigerung der Darmbewegungen. Fünf Stunden nach der Fütterung war die Aktivität des Dünndarms in beiden Untersuchungsgruppen wieder deutlich abgesunken, befand sich jedoch an allen Tagen oberhalb des Niveaus der Untersuchung vor der Fütterung. Diese Abhängigkeit der Motilität vom Zeitpunkt der Fütterung erwies sich als statistisch signifikant, während die Untersuchungsgruppe sowie die einzelnen Beobachtungstage keinen signifikanten Einfluss auf die Dünndarmmotilität hatten (Tabelle 48).

Tabelle 48: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf die Dünndarmmotilität der untersuchten Kälber (n. s. = nicht signifikant)

Parameter	Gruppe	Untersuchungstag	Zeitpunkt in Abhängigkeit zur Fütterung
Dünndarmmotilität	n. s.	n. s.	p < 0,0001

4.2.2.2.2 Füllungszustand

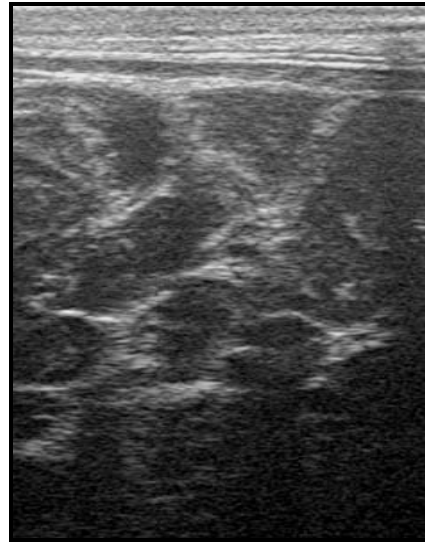
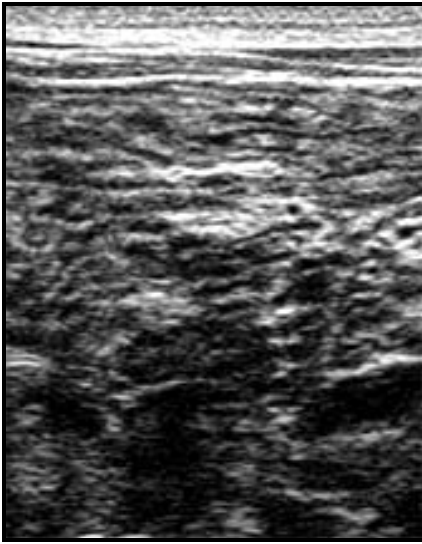


Abbildung 117: Sonogramm („Sonoline Prima“, SIEMENS; 7,5 MHz) leere Dünndarmschlingen (Abb. links)

Abbildung 118: Sonogramm („Sonoline Prima“, SIEMENS; 7,5 MHz): gut gefüllte Dünndarmschlingen (Abb. rechts)

Der durchschnittliche Füllungszustand des Dünndarms erwies sich vor allem zu Beginn der Untersuchungsphase in der Gruppe C deutlich höher als in der Kontrollgruppe D, während sich gegen Ende keine großen Differenzen detektieren ließen (Abbildung 119).

In der Gruppe C konnte vom Zeitpunkt der Einlieferung bis zur Untersuchung vor der Fütterung am folgenden Tag keine deutliche Veränderung der durchschnittlichen Dünndarmfüllung beobachtet werden. Zum Zeitpunkt der Einlieferung fanden sich bei den Kälbern weder leere (Abbildung 117) noch übermäßig gefüllte Dünndarmabschnitte. Es überwogen mit 70 % (7 Kälber, n = 10) die Tiere mit mäßig gefülltem Dünndarm. Am zweiten Untersuchungstag wiesen alle Kälber der Gruppe C vorwiegend gut gefüllte Darmschlingen auf (Abbildung 118).

Leere Dünndarmanteile wurden gruppenunabhängig vorwiegend im Rahmen der Untersuchungen vor der Fütterung dokumentiert. Wiederholt wiesen Kälber mit Diarrhoe (Gruppe C) dilatierte und vermehrt gefüllte Darmschlingen auf, während in der Gruppe D lediglich ein Kalb 30 Minuten nach der Fütterung am vierten Untersuchungstag eine übermäßige Darmfüllung zeigte (Tabelle 49, Tabelle 50).

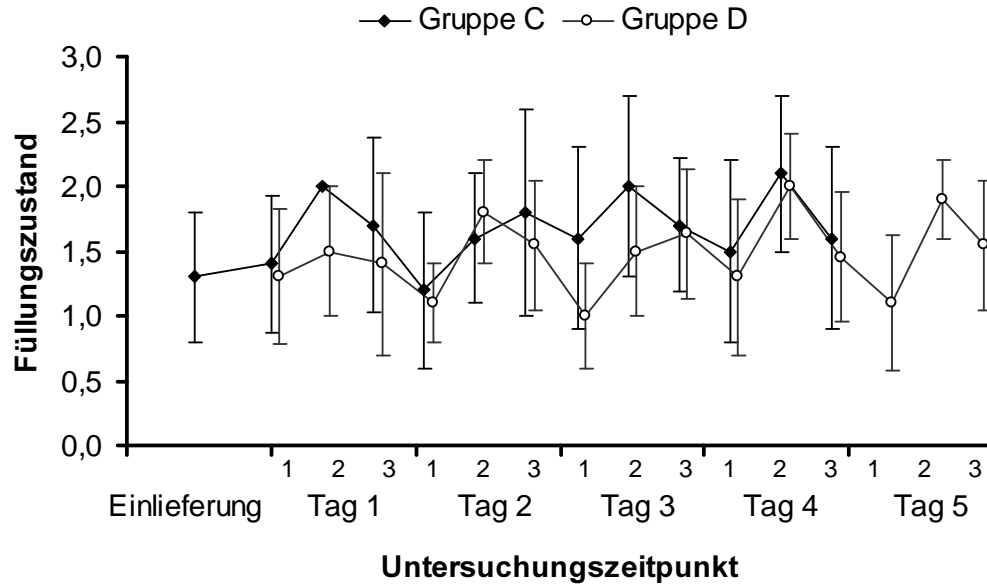


Abbildung 119: Entwicklung des durchschnittlichen Füllungszustandes des Dünndarms (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung) im Untersuchungszeitraum (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Tabelle 49: Entwicklung des durchschnittlichen Füllungszustandes des Dünndarms in der Gruppe C (Kälber mit Diarrhoe, n = 10) im Untersuchungszeitraum (- = überwiegend leere Darmabschnitte; + = mäßig gefüllte Darmschlingen; ++ = vorwiegend gut gefüllte Darmschlingen; +++ = dilatierte, vermehrt gefüllte Darmschlingen; 1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Füllungs- zustand (in %)	Einlieferung	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
-	-	-	-	-	10,0	-	10,0	-	-	-	10,0	-	-
+	70,0	60,0	-	40,0	60,0	40,0	10,0	50,0	20,0	30,0	30,0	10,0	50,0
++	30,0	40,0	100,0	50,0	30,0	60,0	70,0	40,0	60,0	70,0	60,0	70,0	40,0
+++	-	-	-	10,0	-	-	10,0	10,0	20,0	-	-	20,0	10,0

Tabelle 50: Entwicklung des durchschnittlichen Füllungszustandes des Dünndarms in der Gruppe D (Kontrollgruppe, n = 11) im Untersuchungszeitraum (- = überwiegend leere Darmabschnitte; + = mäßig gefüllte Darmschlingen; ++ = vorwiegend gut gefüllte Darmschlingen; +++ = dilatierte, vermehrt gefüllte Darmschlingen; 1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Füllungs- zustand (in %)	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4			Tag 5		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
-	-	-	9,1	-	-		9,1	-	-	9,1	-	-	9,1	-	-
+	72,7	54,5	45,5	90,9	18,2	54,5	81,8	45,5	36,4	54,5	9,1	45,5	72,7	9,1	45,5
++	27,3	45,5	45,5	9,1	81,8	45,5	9,1	54,5	63,6	36,4	81,8	54,5	18,2	90,9	54,5
+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,1	-	-	-	-

An allen Untersuchungstagen kam es 30 Minuten nach der Fütterung sowohl in Gruppe C als auch in Gruppe D zu einer deutlichen Steigerung der Dünndarmfüllung. Zu diesem Zeitpunkt wurden bei keinem Kalb überwiegend leere Darmschlingen nachgewiesen. Fünf Stunden nach der Fütterung war die Füllung des Dünndarms in beiden Untersuchungsgruppen zumeist wieder deutlich abgesunken. An lediglich je einem Untersuchungstag pro Gruppe stieg die durchschnittliche Füllung des Dünndarms bis fünf Stunden nach der Fütterung weiter an. Die Abhängigkeit der Dünndarmfüllung vom Zeitpunkt der Fütterung erwies sich als statistisch signifikant, während die Untersuchungsgruppe sowie die einzelnen Beobachtungstage keinen signifikanten Einfluss auf den Füllungszustand des Dünndarms hatten (Tabelle 51). Allerdings war der p-Wert für die Gruppenabhängigkeit mit 0,074 so klein, dass von einer tendenziell höheren Darmfüllung bei Kälbern mit Diarrhoe ausgegangen werden kann.

Tabelle 51: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf den Füllungszustand des Dünndarms der untersuchten Kälber (n. s. = nicht signifikant)

Parameter	Gruppe	Untersuchungstag	Zeitpunkt in Abhängigkeit zur Fütterung
Dünndarmfüllung	n. s.	n. s.	p < 0,0001

4.2.2.3 Bewegungsintensität der Ingesta

Die durchschnittliche Bewegungsintensität der Ingesta erwies sich zu Beginn der Untersuchungsphase in der Gruppe C deutlich höher als in der Kontrollgruppe D, während gegen Ende der Untersuchungen eine Annäherung der Ergebnisse beobachtet werden konnte. An allen gemeinsamen Untersuchungszeitpunkten war die durchschnittliche Bewegungsintensität der Ingesta im Dünndarm in der Gruppe der Kälber mit neonataler Diarrhoe (Gruppe C) höher als in der Kontrollgruppe D (Abbildung 120).

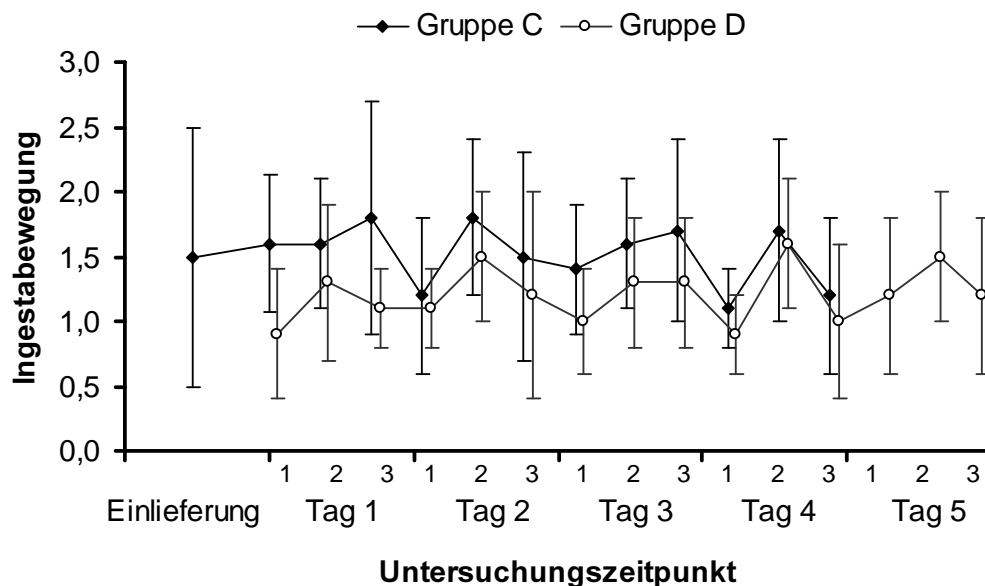


Abbildung 120: Entwicklung der durchschnittlichen Bewegungsintensität der Ingesta (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung) im Untersuchungszeitraum (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

In der Gruppe C wurde vom Zeitpunkt der Einlieferung bis zur Untersuchung vor der Fütterung am folgenden Tag lediglich ein geringer Anstieg der durchschnittlichen Bewegungsintensität der Ingesta beobachtet. Zum Zeitpunkt der Einlieferung konnten bei zwei Kälbern keine erkennbare Ingestabewegungen dokumentiert werden, während ein Tier vermehrte Bewegungen des Dünndarminhaltes aufwies. Es überwogen mit 50 % (5 Kälber, n = 10) die Tiere mit deutlichen Ingestabewegungen. Kälber mit vermehrten Ingestabewegungen fanden sich in der

In der Gruppe D konnte an allen Untersuchungstagen 30 Minuten nach der Fütterung eine deutliche Steigerung und fünf Stunden nach der Tränkeaufnahme ein erneuter Rückgang der Ingestabewegungen verzeichnet werden. In der Gruppe C erwies sich die durchschnittliche Bewegungsintensität der Ingesta am ersten und am dritten Untersuchungstag fünf Stunden nach der Fütterung höher als direkt nach der Tränkeaufnahme. Generell waren die durchschnittlichen Bewegungen des Darminhaltes fünf Stunden nach der Fütterung ausgeprägter als vor erfolgter Tränkeaufnahme der Kälber. Die Abhängigkeiten der Ingestabewegungen von der Untersuchungsgruppe und vom Zeitpunkt der Fütterung erwiesen sich als statistisch signifikant, während die verschiedenen Beobachtungstage keinen signifikanten Einfluss auf die Bewegungsintensität des Dünndarminhaltes hatten (Tabelle 54).

Tabelle 54: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf die Bewegungsintensität der Ingesta (n. s. = nicht signifikant)

Parameter	Gruppe	Untersuchungstag	Zeitpunkt in Abhängigkeit zur Fütterung
Bewegungsintensität der Ingesta	p = 0,003	n. s.	p < 0,0001

4.2.2.2.4 Echogenität des Dünndarminhaltes

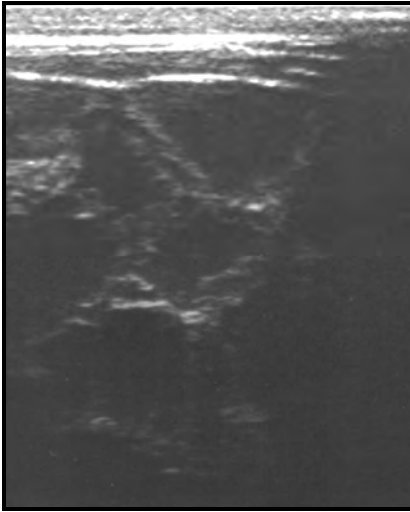


Abbildung 121: Sonogramm („Sonoline Prima“, SIEMENS; 7,5 MHz): anechogener, z. T. gashaltiger Dünndarminhalt (Abb. links)

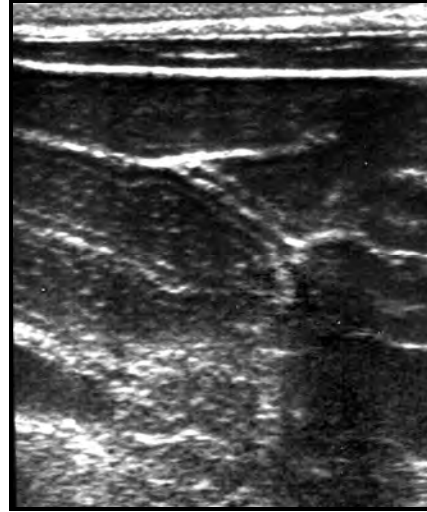


Abbildung 122: Sonogramm („Sonoline Prima“, SIEMENS; 7,5 MHz): flüssiger hypoechogener Dünndarminhalt mit mäßiger Dichte kleiner echogener Partikel (Abb. rechts)

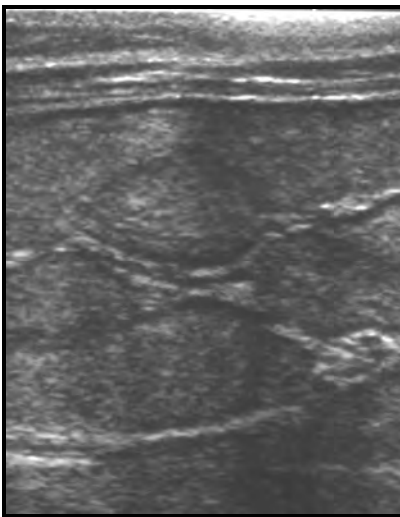


Abbildung 123: Sonogramm („Sonoline Prima“, SIEMENS; 7,5 MHz): flüssiger hypoechogener Dünndarminhalt mit zahlreichen größeren echogenen Partikeln (Abb. links)

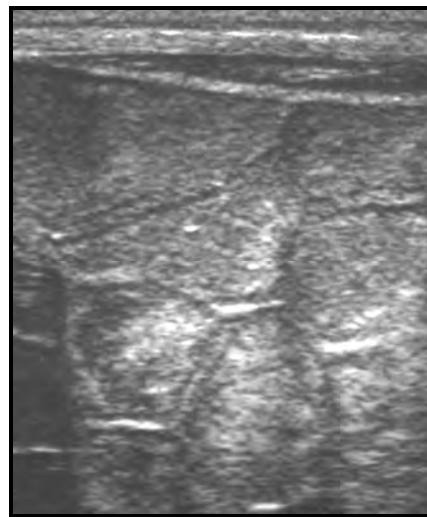


Abbildung 124: Sonogramm („Sonoline Prima“, SIEMENS; 7,5 MHz): homogener echogener Dünndarminhalt (Abb. rechts)

Die Entwicklung der durchschnittlichen Echogenität der Ingesta verlief in der Untersuchungsphase gruppenunabhängig ohne eindeutige temporäre Zusammenhänge. In der Kontrollgruppe D sank die Echogenität des Dünndarminhaltes zu Beginn der sonographischen Befunderhebungen zunächst über sechs Untersuchungen, ihr weiterer Verlauf erwies sich als wechselhaft. Die durchschnittliche Echogenität der Ingesta in der Gruppe D war an vier Untersuchungstagen 30 Minuten nach der Tränkeaufnahme geringer, als vor der Fütterung (Abbildung 125).

In der Gruppe C wurde vom Zeitpunkt der Einlieferung bis zur Untersuchung vor der Fütterung am folgenden Tag ein Abfall der durchschnittlichen Echogenität der Ingesta des Dünndarms beobachtet. Zum Zeitpunkt der Einlieferung wiesen zwei Kälber einen flüssigen hypoechogener Dünndarminhalt mit zahlreichen gröberen echogenen Partikeln (Abbildung 123) auf, während drei Tiere einen homogenen echogenen Dünndarminhalt (Abbildung 124) zeigten. Es überwogen mit 50 % (5 Kälber, n = 10) die Tiere mit flüssigem hypoechogenem Dünndarminhalt mit mäßiger Dichte kleiner echogener Partikel (Abbildung 122).

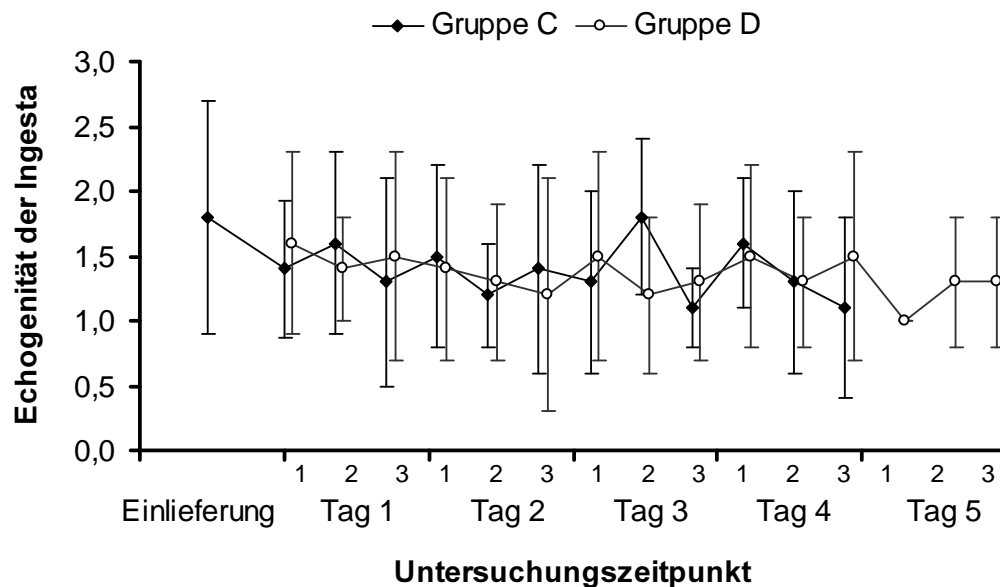


Abbildung 125: Entwicklung der durchschnittlichen Echogenität der Ingesta (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung) im Untersuchungszeitraum (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

In der Kontrollgruppe D hatten vor der Fütterung am fünften Untersuchungstag alle Tiere einen flüssigen hypoechogenen Darminhalt mit mäßiger Dichte kleiner echogener Partikel. Außer am fünften Untersuchungstag war der Dünndarminhalt in der Kontrollgruppe direkt nach der Fütterung echoärmer als vor der Tränkeaufnahme. Das Auftreten eines anechogenen Dünndarminhaltes (Abbildung 121) erwies sich als unabhängig von Untersuchungsgruppe und -zeitpunkt (Tabelle 55, Tabelle 56).

Tabelle 55: Entwicklung der durchschnittlichen Echogenität der Ingesta in der Gruppe C (Kälber mit Diarrhoe, n = 10) im Untersuchungszeitraum (- = anechogener, z. T. gashaltiger Dünndarminhalt; + = flüssiger hypoechogener Dünndarminhalt mit mäßiger Dichte kleiner echogener Partikel; ++ = flüssiger hypoechogener Dünndarminhalt mit zahlreichen größeren echogenen Partikeln; +++ = homogener echogener Dünndarminhalt; 1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Echogenität (in %)	Einlieferung	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
-	-	-	-	10,0	10,0	-	10,0	-	30,0	-	-	10,0	20,0
+	50,0	60,0	50,0	60,0	30,0	80,0	50,0	80,0	60,0	90,0	40,0	50,0	50,0
++	20,0	40,0	40,0	20,0	60,0	20,0	30,0	10,0	10,0	10,0	60,0	40,0	30,0
+++	30,0	-	10,0	10,0	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-

Tabelle 56: Entwicklung der durchschnittlichen Echogenität der Ingesta in der Gruppe D (Kontrollgruppe, n = 11) im Untersuchungszeitraum (- = anechogener, z. T. gashaltiger Dünndarminhalt; + = flüssiger hypoechogener Dünndarminhalt mit mäßiger Dichte kleiner echogener Partikel; ++ = flüssiger hypoechogener Dünndarminhalt mit zahlreichen größeren echogenen Partikeln; +++ = homogener echogener Dünndarminhalt; 1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Echogenität (in %)	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4			Tag 5		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
-	-	9,1	18,2	9,1	-	27,3	18,2	9,1	9,1	9,1	-	9,1	-	-	-
+	45,5	45,5	9,1	45,5	81,8	27,3	18,2	63,6	54,5	36,4	72,7	45,5	100,0	72,7	72,7
++	45,5	45,5	72,7	45,5	9,1	45,5	63,6	27,3	36,4	54,5	27,3	36,4	-	27,3	27,3
+++	9,1	-	-	-	9,1	-	-	-	-	-	-	9,1	-	-	-

Es bestanden keine signifikanten Einflüsse der Kälbergruppe, des Untersuchungstages oder des Untersuchungszeitpunktes auf die Echogenität der Ingesta im Dünndarm (Tabelle 57).

Tabelle 57: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf die Echogenität der Ingesta (n. s. = nicht signifikant)

Parameter	Gruppe	Untersuchungstag	Zeitpunkt in Abhängigkeit zur Fütterung
Echogenität der Ingesta	n. s.	n. s.	n. s.

4.2.2.2.5 Wanddicke des Dünndarms

Die durchschnittliche Dicke der Dünndarmwand war über den gesamten Untersuchungszeitraum in der Gruppe C deutlich ausgeprägter als in der Kontrollgruppe D. An allen gemeinsamen Untersuchungszeitpunkten lagen die

mittleren Messwerte in der Gruppe der Kälber mit neonataler Diarrhoe (Gruppe C) über den Ergebnissen des Kontrollkollektivs (Gruppe D) (Abbildung 126).

In der Gruppe C betrug die durchschnittliche Wanddicke des Dünndarms zum Zeitpunkt der Einlieferung $1,7 \pm 0,4$ mm. In dieser Untersuchung wurde mit 2,3 mm bei einem Kalb der maximale Wert beider Gruppen gemessen. Die folgende sonographische Untersuchung am nächsten Tag ergab lediglich eine mittlere Dicke von $1,6 \pm 0,2$ mm. Unterlag die durchschnittliche Dicke der Darmwand in der Gruppe C an den folgenden Untersuchungstagen nur geringen Schwankungen, stieg sie am vierten Tag von $1,5 \pm 0,2$ vor der Fütterung auf $1,8 \pm 0,2$ mm direkt nach der Tränkeaufnahme an, um in der anschließenden Untersuchung wieder auf das Niveau vor der Fütterung zu fallen (Tabelle 58, Abbildung 127).

In der Gruppe D betrug die durchschnittliche Wanddicke des Dünndarms während des Untersuchungszeitraumes zwischen $1,2 \pm 0,2$ und $1,4 \pm 0,2$ mm. Die Messwerte der Kontrollgruppe bewegten sich somit innerhalb engerer Grenzen als in der Gruppe der Kälber mit Diarrhoe. An drei Beobachtungstagen konnte eine geringgradige Zunahme der Darmwanddicke direkt im Anschluss an die Fütterung dokumentiert werden (Tabelle 59; Abbildung 128).

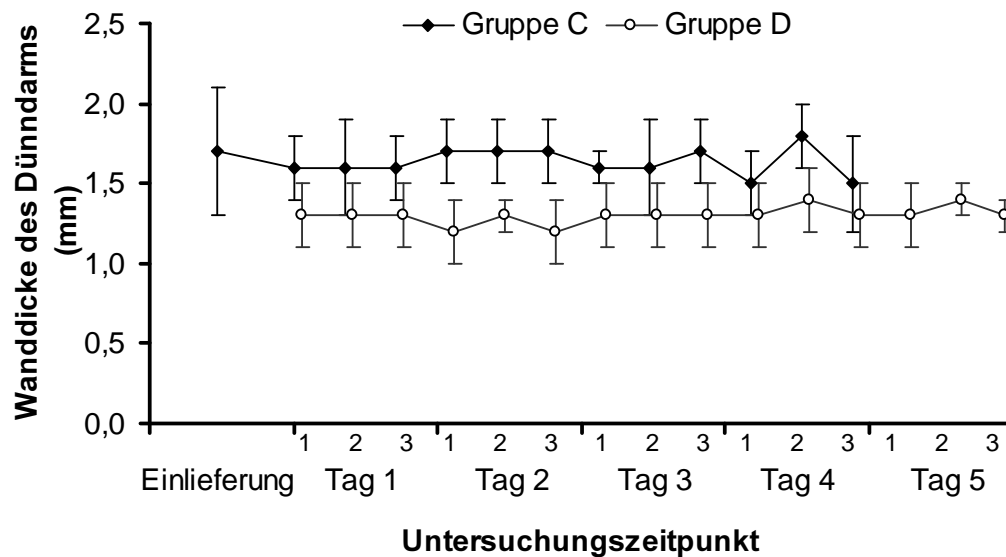


Abbildung 126: Entwicklung der durchschnittlichen Wanddicke des Dünndarms (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung) im Untersuchungszeitraum (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Tabelle 58: arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Median der Wanddicke des Dünndarms der Kälber mit Diarrhoe (Gruppe C, n = 10) in Abhängigkeit vom Untersuchungstag und dem Untersuchungszeitpunkt (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Wanddicke des Dünndarms (mm)	Einlieferung	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
arithm. Mittelwert	1,7	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,7	1,5	1,8	1,5
Standardabweichung	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3
Min.	1,3	1,2	1,3	1,2	1,4	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,4	0,9
Max.	2,3	1,9	1,8	1,9	1,8	2,0	2,0	1,8	2,2	2,0	1,9	2,2	1,8
Median	1,7	1,6	1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,8	1,6	1,7	1,5

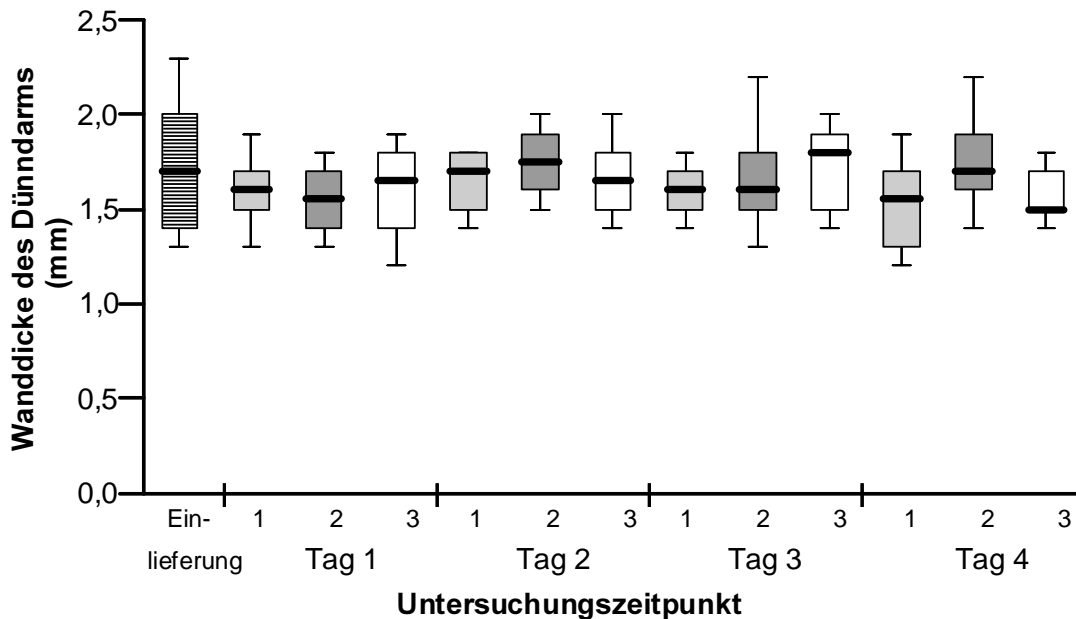


Abbildung 127: Wanddicke des Dünndarms der Kälber mit Diarrhoe (Gruppe C, n = 10) in Abhängigkeit vom Untersuchungstag und dem Untersuchungszeitpunkt (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung) dargestellt als Box-and-Whisker-Plot

Tabelle 59: arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Median der Wanddicke des Dünndarms des Kontrollkollektivs (Gruppe D, n = 11) in Abhängigkeit vom Untersuchungstag und dem Untersuchungszeitpunkt (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Wanddicke des Dünndarms (mm)	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4			Tag 5		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
arithm. Mittelwert	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3
Standardabweichung	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Min.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	0,8	1,1	1,1
Max.	1,5	1,5	1,4	1,3	1,4	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	1,7	1,5	1,5
Median	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,4	1,2	1,3	1,4	1,3

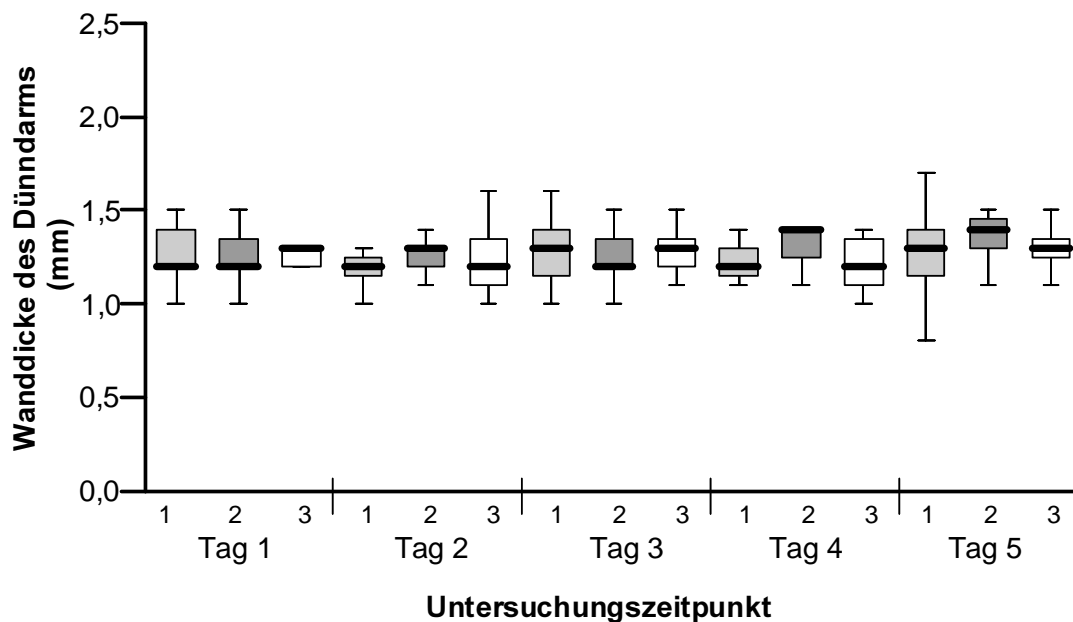


Abbildung 128: Wanddicke des Dünndarms der Kontrollgruppe (Gruppe D, n = 11) in Abhängigkeit vom Untersuchungstag und dem Untersuchungszeitpunkt (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung) dargestellt als Box-and-Whisker-Plot

Die Abhängigkeit der Wanddicke des Dünndarms von der Untersuchungsgruppe und vom Zeitpunkt der Fütterung erwies sich als statistisch signifikant, während die verschiedenen Beobachtungstage keinen signifikanten Einfluss auf die Dicke der Darmwand hatten (Tabelle 60). Es bestand jedoch eine signifikante Wechselwirkung ($p = 0,008$) zwischen dem jeweiligen Untersuchungstag und dem Zeitpunkt der Untersuchung, so dass die Ausprägung der Veränderungen zwischen den einzelnen Zeitpunkten tagesabhängig waren.

Tabelle 60: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf die Wanddicke des Dünndarms (n. s. = nicht signifikant)

Parameter	Gruppe	Untersuchungstag	Zeitpunkt in Abhängigkeit zur Fütterung
Wanddicke des Dünndarms	$p < 0,0001$	n. s.	$p = 0,008$

4.2.2.2.6 Durchmesser des Dünndarms

Der durchschnittliche Durchmesser des Dünndarms war in der Gruppe C während des gesamten Untersuchungszeitraums deutlich größer als in der Kontrollgruppe D. An allen gemeinsamen Untersuchungszeitpunkten lagen die mittleren Messwerte in der Gruppe der Kälber mit neonataler Diarrhoe (Gruppe C) über den Ergebnissen des Kontrollkollektivs (Gruppe D) (Abbildung 129).

In der Gruppe C betrug der durchschnittliche Durchmesser des Dünndarms zum Zeitpunkt der Einlieferung $8,8 \pm 1,9$ mm. Die folgende sonographische Untersuchung am nächsten Tag ergab einen geringgradig größeren mittleren Durchmesser von $9,0 \pm 0,9$ mm. Der durchschnittliche Durchmesser des Dünndarms nahm in der Gruppe C an den folgenden Untersuchungstagen insgesamt leicht ab, stieg jedoch am dritten und vierten Tag 30 Minuten nach der Tränkeaufnahme deutlich an. Der geringste Durchschnittswert wurde mit $7,5 \pm 1,7$ mm im Rahmen der letzten sonographischen Untersuchung ermittelt (Tabelle 61, Abbildung 130).

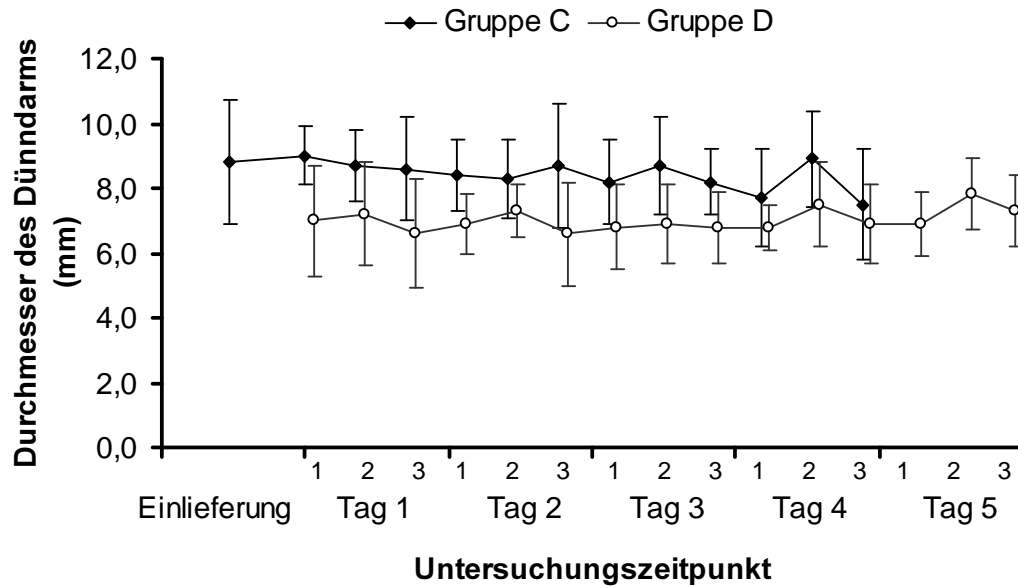


Abbildung 129: Entwicklung des durchschnittlichen Durchmessers des Dünndarms (arithm. Mittelwert, Standardabweichung) im Untersuchungszeitraum (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Tabelle 61: arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Median des durchschnittlichen Durchmessers des Dünndarms der Kälber mit Diarrhoe (Gruppe C, n = 10) in Abhängigkeit vom Untersuchungstag und dem Untersuchungszeitpunkt (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Durchmesser des Dünndarms (mm)	Einlieferung	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
arithm. Mittelwert	8,8	9,0	8,7	8,6	8,4	8,3	8,7	8,2	8,7	8,2	7,7	8,9	7,5
Standardabweichung	1,9	0,9	1,1	1,6	1,1	1,2	1,9	1,3	1,5	1,0	1,5	1,5	1,7
Min.	5,5	7,5	6,9	6,5	7,2	6,5	5,7	6,4	6,5	6,8	5,3	7,0	5,0
Max.	11,5	10,4	10,7	12,1	10,0	9,5	11,6	9,8	11,7	9,5	9,6	11,3	10,0
Median	8,7	9,2	8,7	8,4	8,3	8,1	9,1	7,9	8,5	8,1	8,1	8,8	7,3

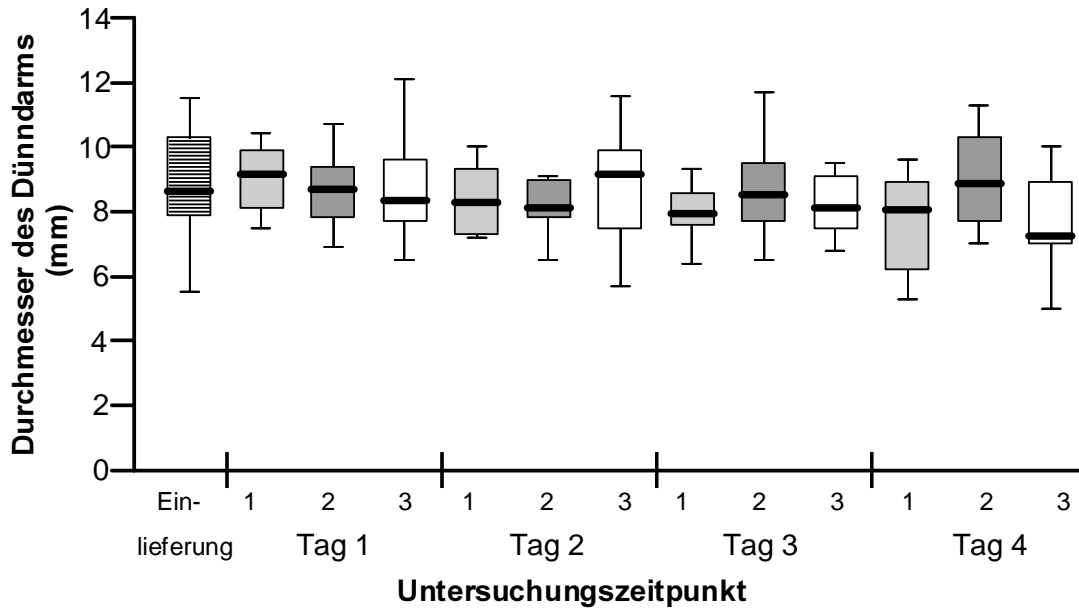


Abbildung 130: Durchmesser des Dünndarms der Kälber mit Diarrhoe (Gruppe C, $n = 10$) in Abhängigkeit vom Untersuchungstag und dem Untersuchungszeitpunkt (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung) dargestellt als Box-and-Whisker-Plot

In der Gruppe D betrug der durchschnittliche Durchmesser des Dünndarms während des Untersuchungszeitraumes zwischen $6,6 \pm 1,1$ mm und $7,8 \pm 1,7$ mm.

An allen Beobachtungstagen konnte eine Zunahme der Darmwanddicke direkt im Anschluss an die Fütterung dokumentiert werden. Fünf Stunden nach der Tränkeaufnahme fielen die Werte wieder deutlich ab (Tabelle 62, Abbildung 131).

Tabelle 62: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Median des durchschnittlichen Durchmessers des Dünndarms des Kontrollkollektivs (Gruppe D, n = 11) in Abhängigkeit vom Untersuchungstag und dem Untersuchungszeitpunkt (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Wanddicke des Dünndarms (mm)	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4			Tag 5		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
arithm. Mittelwert	7,0	7,2	6,6	6,9	7,3	6,6	6,8	6,9	6,8	6,8	7,5	6,9	6,9	7,8	7,3
Standardabweichung	1,7	1,6	1,7	0,9	0,8	1,6	1,3	1,2	1,1	0,7	1,3	1,2	1,0	1,1	1,1
Min.	4,9	5,4	3,7	5,7	6,3	3,4	4,0	5,2	4,8	5,6	5,8	4,7	4,7	6,5	5,8
Max.	9,9	10,5	9,1	8,6	8,9	8,7	8,5	9,6	8,3	7,9	10,0	9,2	8,5	9,8	9,2
Median	6,8	6,8	6,9	6,6	7,2	6,7	6,9	6,6	7,0	6,7	7,8	7,0	6,9	7,7	7,0

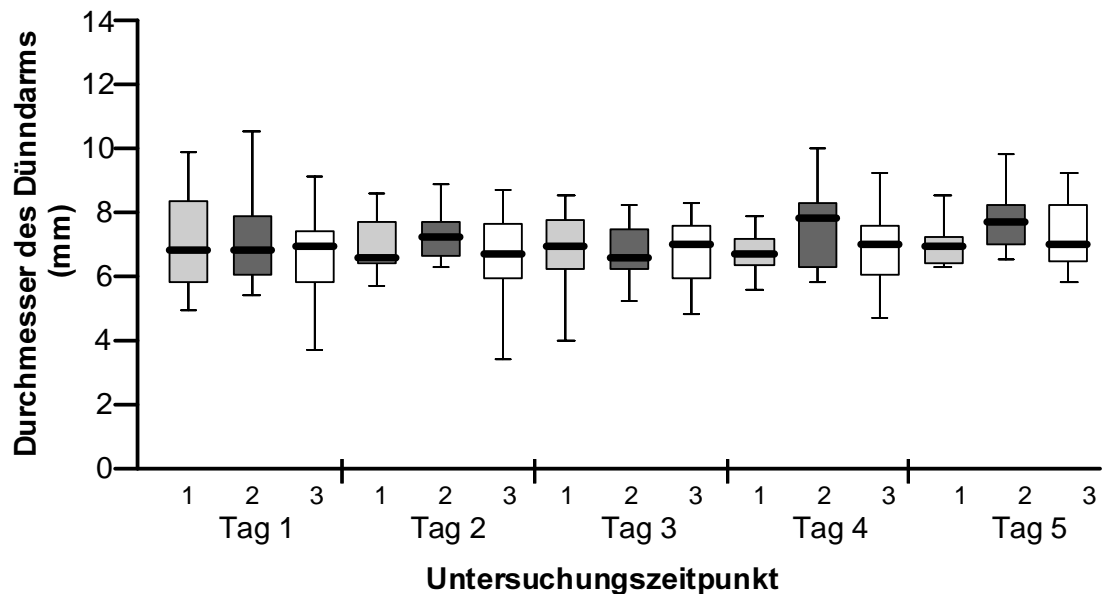


Abbildung 131: Durchmesser des Dünndarms der Kontrollgruppe (Gruppe D, n = 11) in Abhängigkeit vom Untersuchungstag und dem Untersuchungszeitpunkt (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung) dargestellt als Box-and-Whisker-Plot

Die Abhängigkeit des Dünndarmdiameters von der Untersuchungsgruppe und vom Zeitpunkt der Fütterung erwies sich als statistisch signifikant, während die verschiedenen Beobachtungstage keinen signifikanten Einfluss auf das Ausmaß des Durchmessers hatten (Tabelle 63).

Tabelle 63: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf den Durchmesser des Dünndarms (n. s. = nicht signifikant)

Parameter	Gruppe	Untersuchungstag	Zeitpunkt in Abhängigkeit zur Fütterung
Durchmesser des Dünndarms	p = 0,001	n. s.	p = 0,017

4.2.2.3 Auskultatorische Befunde

Im Rahmen der auskultatorischen Untersuchung wurden die von ständigen Darmgeräuschen isoliert wahrnehmbaren Kontraktionsgeräusche über einen Zeitraum von drei Minuten ausgezählt und ihre Intensität bewertet. In beiden Kälbergruppen erfolgte die Auswertung in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Untersuchung.

4.2.2.3.1 Anzahl isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche

Die durchschnittliche Anzahl isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche war in der Gruppe C über den gesamten Untersuchungszeitraum zumeist geringer als in der Kontrollgruppe D. An den ersten beiden Untersuchungstagen lagen die mittleren Messwerte vor der Tränkeaufnahme in der Gruppe der Kälber mit neonataler Diarrhoe (Gruppe C) jedoch über den Ergebnissen des Kontrollkollektivs (Gruppe D) (Abbildung 132).

In der Gruppe C wurden zum Zeitpunkt der Einlieferung durchschnittlich $1,1 \pm 0,6$ Kontraktionen gezählt. In der folgenden auskultatorischen Untersuchung am nächsten Tag stieg die mittlere Anzahl an Kontraktionsgeräuschen auf $1,3 \pm 0,7$. Der weitere Untersuchungsverlauf war durch Zunahmen direkt im Anschluss an die

Fütterung und einen anschließenden Abfall der Kontraktionszahlen gekennzeichnet. Eine Ausnahme bildete der dritte Untersuchungstag, bei dem die durchschnittliche Anzahl isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche fünf Stunden nach der Fütterung höher war als direkt nach der Tränkeaufnahme. Bei der Untersuchung vor der Fütterung des vierten Tages konnten lediglich bei zwei Kälbern Kontraktionsgeräusche dokumentiert werden (Tabelle 64, Abbildung 133).

In der Gruppe D betrug die durchschnittliche Anzahl isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche während des Untersuchungszeitraumes zwischen $1,1 \pm 0,7$ und $2,0 \pm 1,0$. An allen Beobachtungstagen konnte eine deutliche Zunahme der Kontraktionsgeräusche direkt im Anschluss an die Fütterung dokumentiert werden. An den ersten drei Tagen der Untersuchung war die Anzahl isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche fünf Stunden nach der Fütterung höher als vor der Tränkeaufnahme, während sie am vierten und fünften Tag deutlich geringer ausfiel (Tabelle 65, Abbildung 134).

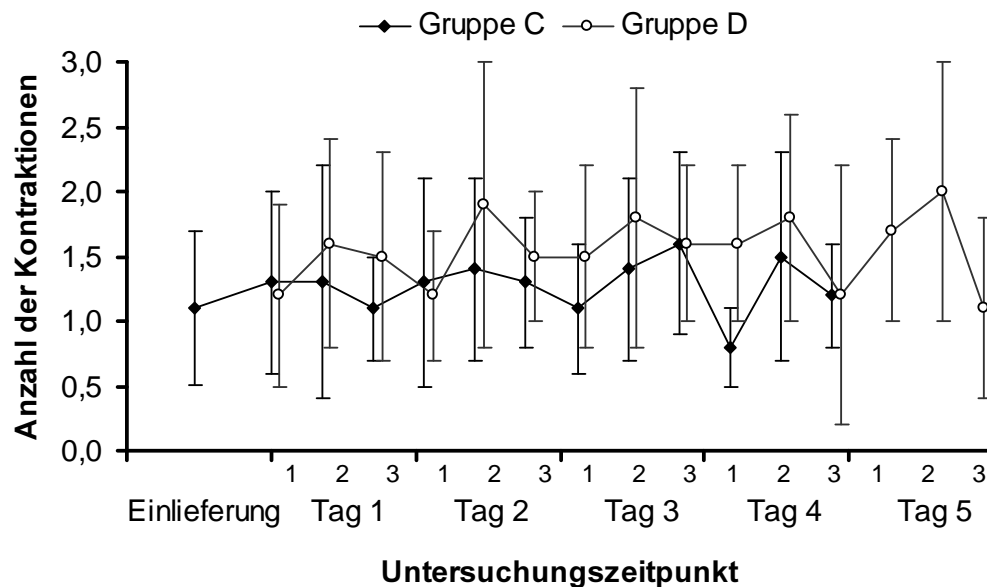


Abbildung 132: Entwicklung der durchschnittlichen Anzahl isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche (transformierte Werte, arithm. Mittelwert, Standardabweichung) im Untersuchungszeitraum (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Tabelle 64: arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung (transformierte Werte) sowie Minimum, Maximum und Median der Anzahl isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche der Kälber mit Diarrhoe (Gruppe C, n = 10) in Abhängigkeit vom Untersuchungstag und dem Untersuchungszeitpunkt (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Anzahl Kontraktionsgeräusche	Einlieferung	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
arithm. Mittelwert	1,1	1,3	1,3	1,1	1,3	1,4	1,3	1,1	1,4	1,6	0,8	1,5	1,2
Standardabweichung	0,6	0,7	0,9	0,4	0,8	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,3	0,8	0,4
Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max.	5	6	12	3	8	8	4	4	7	8	2	8	3
Median	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	2,0	0,0	2,5	1,0

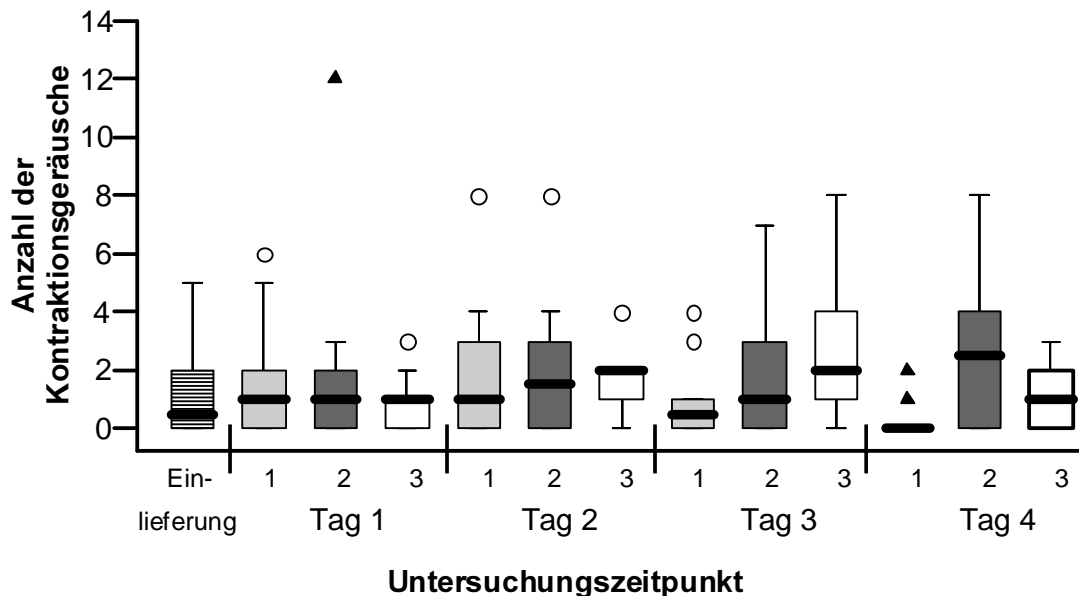


Abbildung 133: Anzahl isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche der Kälber mit Diarrhoe (Gruppe C, n = 10) in Abhängigkeit vom Untersuchungszeitpunkt (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung) dargestellt als Box-and-Whisker-Plot (o = Ausreißer / ▲ = Extremwert)

Tabelle 65: arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung (transformierte Werte) sowie Minimum, Maximum und Median der Anzahl isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche des Kontrollkollektivs (Gruppe D, n = 11) in Abhängigkeit vom Untersuchungstag und dem Untersuchungszeitpunkt (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Anzahl Kontraktionsgeräusche	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4			Tag 5		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
arithm. Mittelwert	1,2	1,6	1,5	1,2	1,9	1,5	1,5	1,8	1,6	1,6	1,8	1,2	1,7	2,0	1,1
Standardabweichung	0,7	0,8	0,8	0,5	1,1	0,5	0,7	1,0	0,6	0,6	0,8	1,0	0,7	1,0	0,7
Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max.	6	9	6	2	11	6	6	14	6	6	11	15	7	13	6
Median	1,0	2,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	3,0	2,0	3,0	3,0	0,0	3,0	4,0	0,0

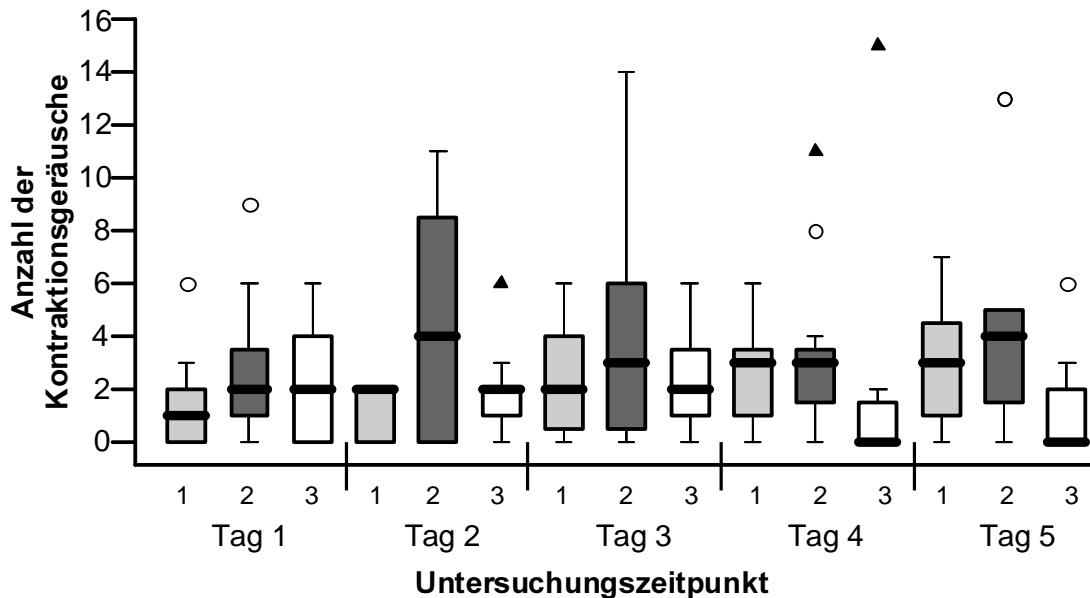


Abbildung 134: Anzahl isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche der Kontrollgruppe (Gruppe D, n = 11) in Abhängigkeit vom Untersuchungszeitpunkt (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung) dargestellt als Box-and-Whisker-Plot (o = Ausreißer / ▲ = Extremwert)

Die Abhängigkeit der durchschnittlichen Anzahl isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche von der Untersuchungsgruppe und vom Zeitpunkt der Fütterung erwies sich als statistisch signifikant, während die verschiedenen Beobachtungstage keinen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Kontraktionsgeräusche hatten (Tabelle 66).

Tabelle 66: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf die Anzahl der isoliert wahrnehmbaren Kontraktionsgeräusche (n. s. = nicht signifikant)

Parameter	Gruppe	Untersuchungstag	Zeitpunkt in Abhängigkeit zur Fütterung
Anzahl der Kontraktionsgeräusche	p = 0,028	n. s.	p = 0,004

In der Gruppe C bestand zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Dünndarmmotilität oder der Bewegungsintensität der Ingesta und der Anzahl der Kontraktionsgeräusche (Tabelle 67). In der Gruppe D lagen zu vier Zeitpunkten signifikante Zusammenhänge zwischen der Anzahl der Kontraktionsgeräusche und der Dünndarmmotilität sowie bei zwei Untersuchungen signifikante Beziehungen zwischen der Anzahl der Kontraktionsgeräusche und der Bewegungsintensität der Ingesta vor. Zu diesen Zeitpunkten waren die Daten jeweils deutlich positiv miteinander korreliert. Während in der Gruppe C die sonstigen Rangkorrelationskoeffizienten der verschiedenen Untersuchungen sehr unterschiedlich ausfielen, korrelierten die Daten der Kontrollgruppe zu überwiegenden Teilen positiv miteinander.

Tabelle 67: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Korrelationen zwischen der Anzahl der isoliert wahrnehmbaren Kontraktionsgeräusche und der Motilität des Dünndarms bzw. der Bewegungsintensität der Ingesta (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung; n. s. = nicht signifikant; r_s = Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman)

Anzahl Kontraktionsgeräusche	Gruppe C				Gruppe D			
	Dünndarmmotilität		Ingestabewegung		Dünndarmmotilität		Ingestabewegung	
	p-Wert	r_s	p-Wert	r_s	p-Wert	r_s	p-Wert	r_s
Einlieferung	n. s.	$r_s = -0,24$	n. s.	$r_s = -0,16$	-	-	-	-
Tag 1 - 1	n. s.	$r_s = -0,11$	n. s.	$r_s = 0,31$	$p = 0,046$	$r_s = 0,61$	n. s.	$r_s = 0,34$
Tag 1 - 2	n. s.	$r_s = -0,11$	n. s.	$r_s = 0,52$	$p = 0,001$	$r_s = 0,85$	n. s.	$r_s = 0,46$
Tag 1 - 3	n. s.	$r_s = -0,44$	n. s.	$r_s = 0,46$	n. s.	$r_s = 0,42$	n. s.	$r_s = 0,51$
Tag 2 - 1	n. s.	$r_s = -0,27$	n. s.	$r_s = -0,38$	n. s.	$r_s = 0,34$	n. s.	$r_s = 0,24$
Tag 2 - 2	n. s.	$r_s = 0,27$	n. s.	$r_s = 0,11$	n. s.	$r_s = 0,05$	n. s.	$r_s = 0,27$
Tag 2 - 3	n. s.	$r_s = 0,47$	n. s.	$r_s = 0,03$	$p = 0,001$	$r_s = 0,89$	$p = 0,003$	$r_s = 0,81$
Tag 3 - 1	n. s.	$r_s = -0,29$	n. s.	$r_s = 0,23$	n. s.	$r_s = 0,49$	n. s.	$r_s = 0,38$
Tag 3 - 2	n. s.	$r_s = -0,10$	n. s.	$r_s = 0,07$	n. s.	$r_s = 0,38$	n. s.	$r_s = 0,02$
Tag 3 - 3	n. s.	$r_s = -0,18$	n. s.	$r_s = -0,05$	n. s.	$r_s = 0,52$	$p = 0,005$	$r_s = 0,78$
Tag 4 - 1	n. s.	$r_s = 0,05$	n. s.	$r_s = -0,17$	n. s.	$r_s = 0,59$	n. s.	$r_s = -0,10$
Tag 4 - 2	n. s.	$r_s = 0,25$	n. s.	$r_s = 0,23$	n. s.	$r_s = -0,21$	n. s.	$r_s = -0,09$
Tag 4 - 3	n. s.	$r_s = 0,22$	n. s.	$r_s = 0,48$	n. s.	$r_s = 0,32$	n. s.	$r_s = 0,31$
Tag 5 - 1	-	-	-	-	n. s.	$r_s = 0,06$	n. s.	$r_s = -0,44$
Tag 5 - 2	-	-	-	-	n. s.	$r_s = 0,14$	n. s.	$r_s = -0,23$
Tag 5 - 3	-	-	-	-	$p = 0,039$	$r_s = 0,63$	n. s.	$r_s = 0,41$

4.2.2.3.2 Intensität isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche

Die durchschnittliche Intensität der isoliert wahrnehmbaren Kontraktionsgeräusche wies zu Beginn der Untersuchung nur geringe Gruppenunterschiede auf. Zumeist waren die Werte der Kontrollgruppe D geringgradig höher als die der Gruppe C. Gegen Ende der Untersuchungen entwickelten sich die Ergebnisse beider Gruppen in unterschiedlicher Weise (Abbildung 135).

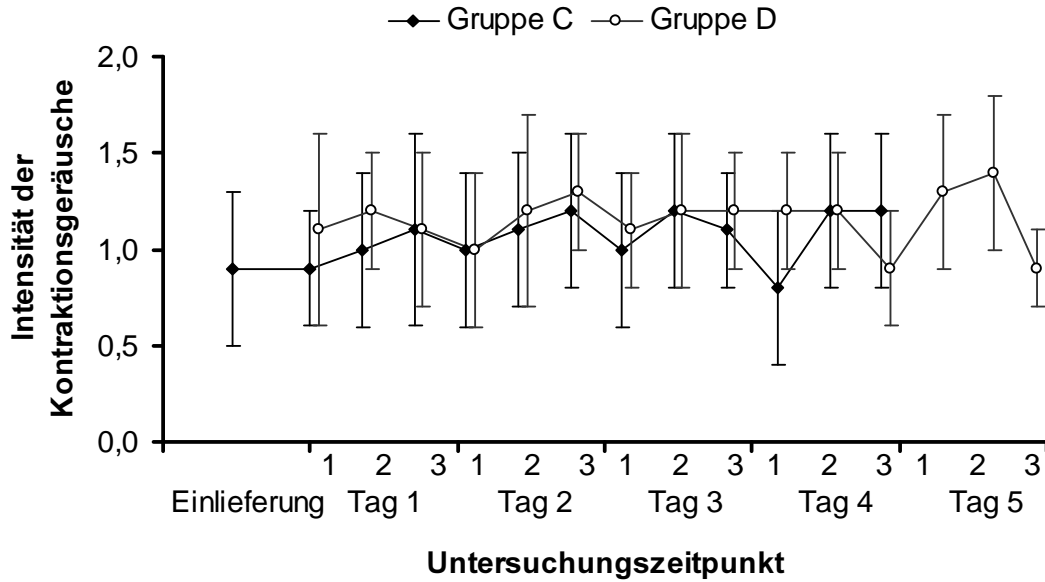


Abbildung 135: Entwicklung der durchschnittlichen Intensität isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche (transformierte Werte: arithm. Mittelwert, Standardabweichung) im Untersuchungszeitraum (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

In der Gruppe C wurde vom Zeitpunkt der Einlieferung bis zur Untersuchung vor der Fütterung am folgenden Tag ein minimaler Abfall der durchschnittlichen Intensität der isoliert wahrnehmbaren Kontraktionsgeräusche dokumentiert. Mit 50 % (5 Kälber) überwogen die Tiere ohne wahrnehmbare Kontraktionsgeräusche. Kälber mit laut hörbaren Kontraktionsgeräuschen wurden in beiden Gruppen selten, jedoch zumeist direkt im Anschluss an die Tränkeaufnahme dokumentiert (Tabelle 68, Tabelle 69).

Tabelle 68: Entwicklung der durchschnittlichen Intensität isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche in der Gruppe C (Kälber mit Diarrhoe, n = 10) im Untersuchungszeitraum (- = Ruhe; + = gerade hörbar; ++ = gut hörbar; +++ = laut hörbar; 1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Intensität Kontraktionsgeräusche (in %)	Einlieferung	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
-	50,0	50,0	40,0	40,0	40,0	30,0	20,0	50,0	30,0	20,0	80,0	30,0	30,0
+	40,0	50,0	40,0	30,0	40,0	50,0	30,0	30,0	20,0	60,0	-	20,0	30,0
++	10,0	-	20,0	20,0	20,0	10,0	50,0	20,0	50,0	20,0	20,0	50,0	40,0
+++	-	-	-	10,0	-	10,0	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 69: Entwicklung der durchschnittlichen Intensität isoliert wahrnehmbarer Kontraktionsgeräusche in der Gruppe D (Kontrollgruppe, n = 11) im Untersuchungszeitraum (- = Ruhe; + = gerade hörbar; ++ = gut hörbar; +++ = laut hörbar; 1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung)

Intensität Kontraktionsgeräusche (in %)	Tag 1			Tag 2			Tag 3			Tag 4			Tag 5		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
-	45,5	18,2	36,4	36,4	36,4	9,1	27,3	27,3	18,2	18,2	9,1	54,5	18,2	18,2	54,5
+	18,2	54,5	36,4	45,5	9,1	45,5	63,6	36,4	54,5	45,5	63,6	36,4	18,2	9,1	36,4
++	27,3	27,3	27,3	18,2	54,5	45,5	9,1	36,4	27,3	36,4	27,3	9,1	63,6	54,5	9,1
+++	9,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,1	-	-	9,1	-

Während des gesamten Untersuchungszeitraumes nahm die Intensität der Kontraktionsgeräusche gruppenunabhängig 30 Minuten nach der Fütterung zu. Lediglich am vierten Untersuchungstag blieben die mittleren Ergebnisse in der Kontrollgruppe D gegenüber der Auskultation vor der Fütterung unverändert.

Diese Abhängigkeit der Intensität der Kontraktionsgeräusche vom Zeitpunkt der Fütterung erwies sich als statistisch signifikant, während die Untersuchungsgruppe sowie die einzelnen Beobachtungstage keinen signifikanten Einfluss ausübten (Tabelle 70).

Tabelle 70: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Einflussfaktoren auf die Intensität der isoliert wahrnehmbaren Kontraktionsgeräusche (n. s. = nicht signifikant)

Parameter	Gruppe	Untersuchungstag	Zeitpunkt
Intensität der Kontraktionsgeräusche	n. s.	n. s.	p = 0,0093

In der Gruppe C bestand bei keiner der Untersuchungen ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Dünndarmmotilität und der Intensität der isoliert wahrnehmbaren Kontraktionsgeräusche, während in der Gruppe D die Bewegungsintensität der Ingesta zu keinem Zeitpunkt der Beobachtungen signifikant mit der Intensität der Darmgeräusche korrelierte (Tabelle 71).

Am zweiten Untersuchungstag waren fünf Stunden nach der Fütterung die Intensitäten von Kontraktionsgeräuschen und Ingestabewegungen statistisch signifikant korreliert. In der Gruppe D lagen zu drei Zeitpunkten signifikante Zusammenhänge zwischen der Intensität der Kontraktionsgeräusche und der Dünndarmmotilität vor. Bestanden signifikante Zusammenhänge waren die Daten jeweils deutlich positiv miteinander korreliert. Während in der Gruppe C die sonstigen Rangkorrelationskoeffizienten der verschiedenen Untersuchungen sehr unterschiedlich ausfielen, korrelierten die Daten der Kontrollgruppe zu überwiegenden Teilen positiv miteinander.

Tabelle 71: Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zu möglichen Korrelationen zwischen der Intensität der isoliert wahrnehmbaren Kontraktionsgeräusche und der Motilität des Dünndarms bzw. der Bewegungsintensität der Ingesta (1 = vor der Fütterung; 2 = 30 min nach der Fütterung; 3 = 5 h nach der Fütterung; n. s. = nicht signifikant; r_s = Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman)

Intensität Kontraktionsgeräusche	Gruppe C				Gruppe D			
	Dünndarm-motilität		Ingesta-bewegung		Dünndarm-motilität		Ingesta-bewegung	
	p-Wert	r_s	p-Wert	r_s	p-Wert	r_s	p-Wert	r_s
Einlieferung	n. s.	$r_s = -0,15$	n. s.	$r_s = -0,17$				
Tag 1 - 1	n. s.	$r_s = -0,20$	n. s.	$r_s = 0,41$	n. s.	$r_s = 0,37$	n. s.	$r_s = 0,17$
Tag 1 - 2	n. s.	$r_s = -0,01$	n. s.	$r_s = 0,61$	$p = 0,012$	$r_s = 0,72$	n. s.	$r_s = 0,41$
Tag 1 - 3	n. s.	$r_s = -0,25$	n. s.	$r_s = 0,58$	n. s.	$r_s = 0,34$	n. s.	$r_s = 0,05$
Tag 2 - 1	n. s.	$r_s = -0,49$	n. s.	$r_s = -0,39$	n. s.	$r_s = 0,06$	n. s.	$r_s = 0,11$
Tag 2 - 2	n. s.	$r_s = 0,35$	n. s.	$r_s = 0,08$	n. s.	$r_s = 0,21$	n. s.	$r_s = 0,42$
Tag 2 - 3	n. s.	$r_s = 0,54$	$p = 0,002$	$r_s = 0,84$	n. s.	$r_s = 0,38$	n. s.	$r_s = 0,42$
Tag 3 - 1	n. s.	$r_s = -0,29$	n. s.	$r_s = 0,04$	n. s.	$r_s = 0,17$	n. s.	$r_s = 0,40$
Tag 3 - 2	n. s.	$r_s = 0,24$	n. s.	$r_s = 0,42$	n. s.	$r_s = 0,36$	n. s.	$r_s = -0,07$
Tag 3 - 3	n. s.	$r_s = 0,06$	n. s.	$r_s = 0,04$	$p = 0,013$	$r_s = 0,72$	n. s.	$r_s = 0,54$
Tag 4 - 1	n. s.	$r_s = 0,10$	n. s.	$r_s = -0,17$	n. s.	$r_s = 0,53$	n. s.	$r_s = 0,11$
Tag 4 - 2	n. s.	$r_s = 0,04$	n. s.	$r_s = 0,47$	n. s.	$r_s = 0,06$	n. s.	$r_s = 0,28$
Tag 4 - 3	n. s.	$r_s = -0,12$	n. s.	$r_s = -0,27$	n. s.	$r_s = 0,21$	n. s.	$r_s = 0,27$
Tag 5 - 1	-	-	-	-	n. s.	$r_s = 0,06$	n. s.	$r_s = -0,44$
Tag 5 - 2	-	-	-	-	n. s.	$r_s = 0,14$	n. s.	$r_s = -0,23$
Tag 5 - 3	-	-	-	-	$p = 0,039$	$r_s = 0,63$	n. s.	$r_s = 0,41$

4.3 Retro- und prospektive Auswertung klinischer und labordiagnostischer Daten von Kälbern mit neonataler Diarrhoe

4.3.1 Beschreibung des Gesamtkollektivs

4.3.1.1 Anzahl der Probanden

Das Gesamtkollektiv bildeten 511 Kälber. In den Jahren 1998 bis 2005 konnten jeweils zwischen 31 und 92 Kälber in die Studie aufgenommen werden (Tabelle 72).

Tabelle 72: Verteilung der Probanden auf die Jahre 1998 bis 2005 (n = 511)

Jahr	Kälberzahl	Prozent
1998	32	6,3
1999	49	9,6
2000	89	17,4
2001	92	18,0
2002	84	16,4
2003	79	15,4
2004	55	10,8
2005	31	6,1
Summe	511	100,0

4.3.1.2 Jahreszeitlicher Verlauf

Im jahreszeitlichen Verlauf war ein starker Abfall der Patientenzahl im Frühjahr zwischen den Monaten April und Mai zu verzeichnen. Nach einem kurzen Anstieg im Juni blieb die Anzahl der Kälber über die Sommermonate auf geringem Niveau, bis sie ab November wieder stark zunahm. Die meisten Kälber wurden in den Monaten März und April in die Klinik aufgenommen, die wenigsten im September und Oktober (Abbildung 136).

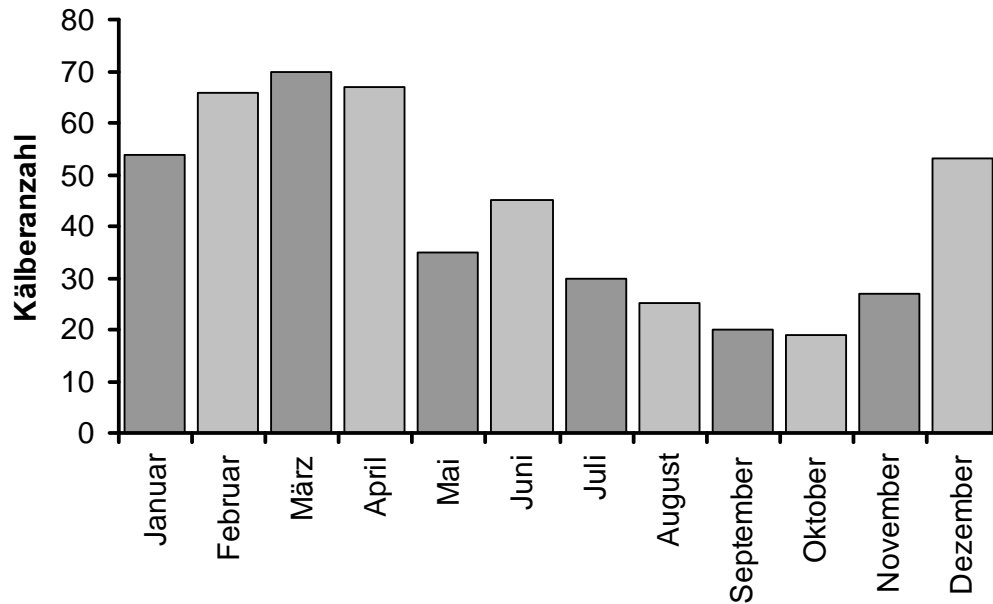


Abbildung 136: Jahreszeitliche Verteilung der Klinikaufnahmen von Kälbern mit neonataler Diarrhoe (n = 511)

4.3.1.3 Geschlechterverteilung

Bei 278 (54,4%) der 511 Kälber handelte es sich um weibliche Tiere, 233 (45,6%) Tiere waren Bullenkälber.

4.3.1.4 Rasseverteilung

Die Kälber verteilten sich auf elf verschiedene Rassen und deren Kreuzungen. Dabei bildete die Rasse „Deutsch Holstein Schwarzbunt“ mit 219 Kälbern (42,9 %) den größten Anteil. 110 Tiere gehörten der Rasse „Fleckvieh“ an, was einem Prozentsatz von 21,5 % des Gesamtkollektivs entsprach. Der Rasse „Deutsch Holstein Rotbunt“ entstammten 75 Kälber mit einem Anteil von 14,7 %, während Jerseykälber mit 20 Tieren einen Anteil von 3,9 % einnahmen. 17 Limousinkälber (3,3 %) und 16 Charolaistiere (3,1 %) waren vertreten. Die insgesamt 16 Kälber der Rassen „Galloway“, „Angus“, „Gelbvieh“, „Rotvieh“ und „Blonde d`Aquitaine“ wurden zu einer

Gruppe zusammengefasst, deren Anteil 3,1 % betrug. Die Gruppe der Kreuzungstiere umfasste 38 Individuen (7,4 %) (Abbildung 137).



Abbildung 137: Rasseverteilung der Kälber mit neonataler Diarrhoe (n = 511)

Den größte Anteil bildeten somit Kälber aus Milchnutzungsrasen mit 427 Tieren (83,6 %). 46 Kälber entstammten Fleischnutzungsrasen (9 %), während 38 Kälber (7,4 %) Kreuzungen beider Nutzungsrichtungen waren.

4.3.1.5 Erkrankungsalter

Das Alter der Kälber zum Zeitpunkt des Auftretens der ersten Symptome lag zwischen dem ersten und vierzehnten Lebenstag. Mit zunehmendem Alter erkrankten deutlich weniger Tiere (Abbildung 138). Ein Kalb (0,2 %) zeigte bereits am Tag der Geburt Symptome einer neonatalen Diarrhoe. Besonders häufig erkrankten die Tiere am 3. (12,3 %) und am 6. Lebenstag (13,7 %). Durchschnittlich traten erste Krankheitssymptome der neonatalen Diarrhoe im Alter von $5,6 \pm 3$ Tagen auf (Tabelle 73).

Tabelle 73: Erkrankungsalter der Kälber mit neonataler Diarrhoe (n = 511)

Alter in Tagen	Anzahl der Kälber	Prozent
< 1	1	0,2
1	37	7,2
2	53	10,4
3	63	12,3
4	60	11,7
5	51	9,9
6	70	13,7
7	47	9,2
8	37	7,2
9	29	5,7
10	28	5,5
11	13	2,5
12	6	1,2
13	7	1,4
14	9	1,8
Summe	511	100,0

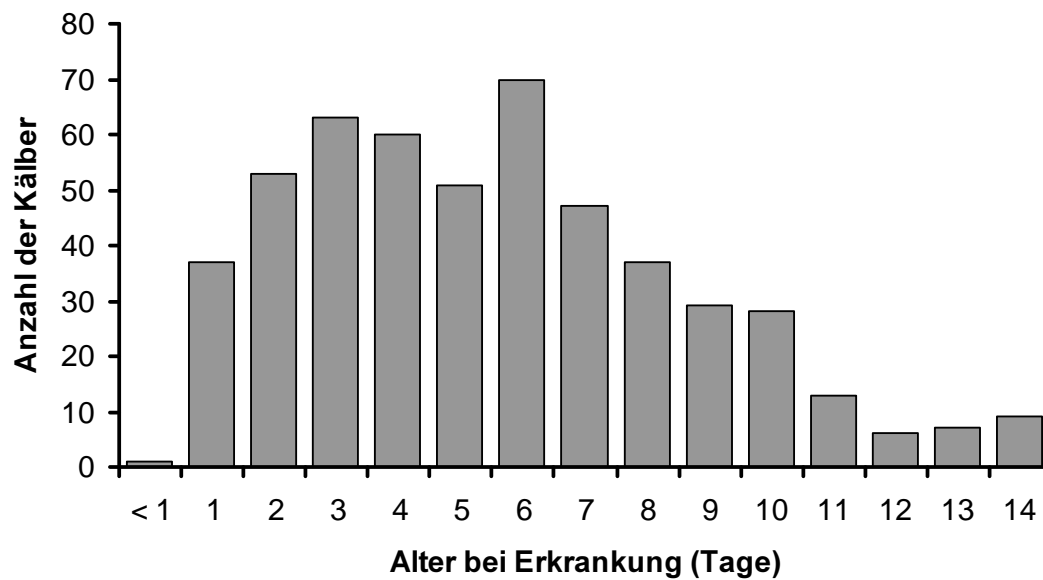


Abbildung 138: Erkrankungsalter der Kälber mit neonataler Diarrhoe (n = 511)

4.3.1.6 Erkrankungsdauer

Die Erkrankungsdauer konnte aufgrund fehlender Daten, Entlassung auf Wunsch oder tödlichem Ausgang lediglich für 244 Kälber (47,7 %) ermittelt werden. Die minimale Dauer betrug vier Tage. Dies war nur bei zwei Tieren der Fall. Die maximale Erkrankungsdauer umfasste 44 Tage (1 Kalb). Durchschnittlich zog sich die Erkrankung bis zur vollständigen Genesung über $14,6 \pm 7$ Tage hin. 12,3 % der Kälber konnten bereits nach einer Woche gesund entlassen werden, während bei 17,6 % der Tiere die Genesungszeit drei Wochen oder mehr betrug (Tabelle 74).

Tabelle 74: Erkrankungsdauer der Kälber mit neonataler Diarrhoe (n = 244)

Alter in Tagen	Anzahl der Kälber	Prozent
4	2	0,8
5 - 7	28	11,5
8 - 10	51	20,9
11 - 13	47	19,3
14 - 16	36	14,8
17 - 19	29	11,9
20 - 22	19	7,8
23 - 25	14	5,7
26 - 28	7	2,8
29 - 31	3	1,2
> 32	8	3,3
Summe	244	100,0

4.3.1.7 Schicksal

Von 511 Kälbern konnten 395 Tieren (77,3 %) gesund entlassen werden. 103 Kälber starben. Die Letalität betrug somit 20,2 %. Das Schicksal von 13 Tieren (2,5 %) war anhand der vorliegenden Daten nicht zu ermitteln. Von den verendeten 103 Kälbern verstarben 71 Tiere (68,9 %) spontan, während 32 Kälber (31,1 %) aufgrund einer infausten Prognose euthanasiert werden mussten.

Bei 74 Kälbern stellte die neonatale Diarrhoe die primäre Todesursache dar. Das entsprach 14,5 % vom Gesamtkollektiv. Als weitere Todesursachen traten vor allem neurologische Ausfallserscheinungen, Polyarthritiden sowie Nabel- und Lungenentzündungen auf. Jeweils einzelne Kälber verstarben an Volvulus, einem Aszites, an Pansentrinken mit rezidivierender Tympanie, einem offenen Gelenk und an den Folgen einer Trittverletzung. Bei drei Tieren blieb der Grund des Ablebens ungeklärt (2,9 %) (Tabelle 75).

Tabelle 75: Übersicht der Todesursachen der verstorbenen Kälber mit neonataler Diarrhoe (n = 103)

Todesursache	Anzahl der Kälber	Prozent
Diarrhoe & direkte Folgen	74	71,8
neurologische Ausfallserscheinungen	9	8,7
Polyarthritiden	6	5,8
Nabelentzündung	4	3,9
Lungenentzündung	2	1,9
Volvulus	1	1,0
Pansentrinken	1	1,0
Aszites	1	1,0
offenes Gelenk	1	1,0
Trittverletzung	1	1,0
unbekannt	3	2,9
Summe	103	100,0

20,4 % der Kälber (21 Tiere; n = 103) verstarben bereits am Tag der Einlieferung in die Klinik, 19,4 % am folgenden Tag (20 Tiere; n = 103). Insgesamt verstarben 71,8 % der Kälber bereits innerhalb der ersten sieben Tage (74 Tiere; n = 103) (Abbildung 139).

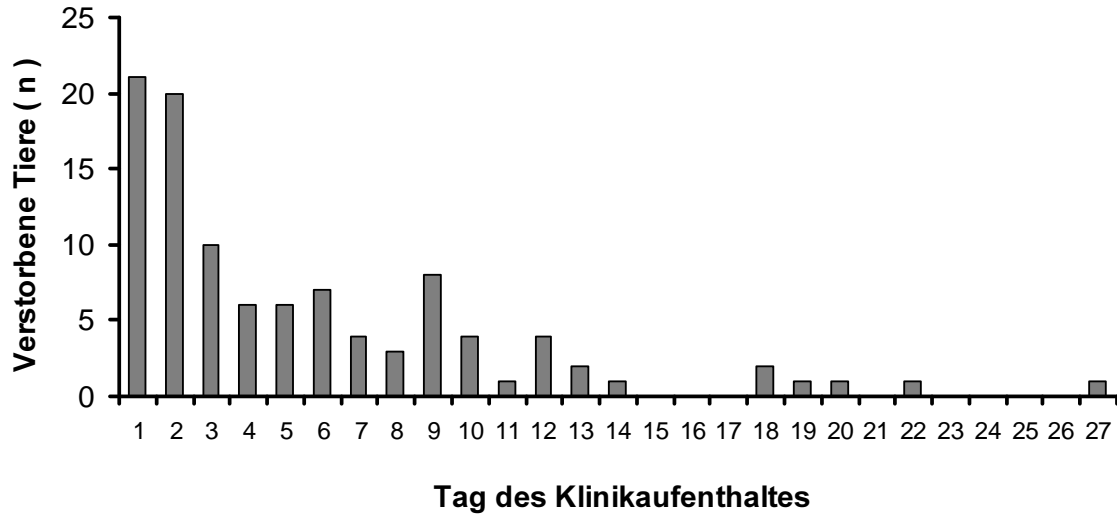


Abbildung 139: Anzahl der Kälber mit neonataler Diarrhoe, die an den jeweiligen Tagen ihres Aufenthaltes in der Klinik verstarben (n = 103)

4.3.1.8 Muttertiervakzination

Es konnten die Angaben von 250 Kälbern ausgewertet werden. In 88 der 250 auswertbaren Datensätze war eine Muttertiervakzination erfolgt (35,2 %). Bei drei Kälbern wurde das Muttertier laut Besitzerangaben geimpft, gegen welche Erreger die Vakzination erfolgte, war jedoch unbekannt (2,0 %) (Tabelle 76).

Tabelle 76: Anwendung von Muttertiervakzinen bei den Muttertieren der erkrankten Kälber (n = 250)

Art der Vakzine	Anzahl der Kälber	Prozent
keine	162	64,8
Rotavirus/Coronavirus/E. coli	20	8,0
Rotavirus/Coronavirus	57	22,8
E. coli	6	2,4
unbekannt	5	2,0
Summe	250	100,0

4.3.1.9 Vorbehandlung

425 Besitzer machten Angaben zur Vorbehandlung ihrer Kälber. Von diesen Kälbern waren 77,6 % (330 Tiere) vorbehandelt; 22,4 % (95 Tiere) hatten noch keine Medikamente erhalten. 67,3 % der Kälber (n = 330) wurden bereits mit Antibiotika behandelt; 32,4 % der Tiere erhielten vor Einlieferung in die Klinik Infusionen. 62 Kälber (18,8 %) waren sowohl mit Antibiotika als auch mit Infusionen vorbehandelt, während 43 Kälber (13,0 %) laut Vorbericht zwar eine Vorbehandlung, aber weder Antibiotika noch Infusionen erhalten hatten. In 20 Fällen (6,1 %) war die Art der durchgeführten Vorbehandlung unbekannt (Abbildung 140).

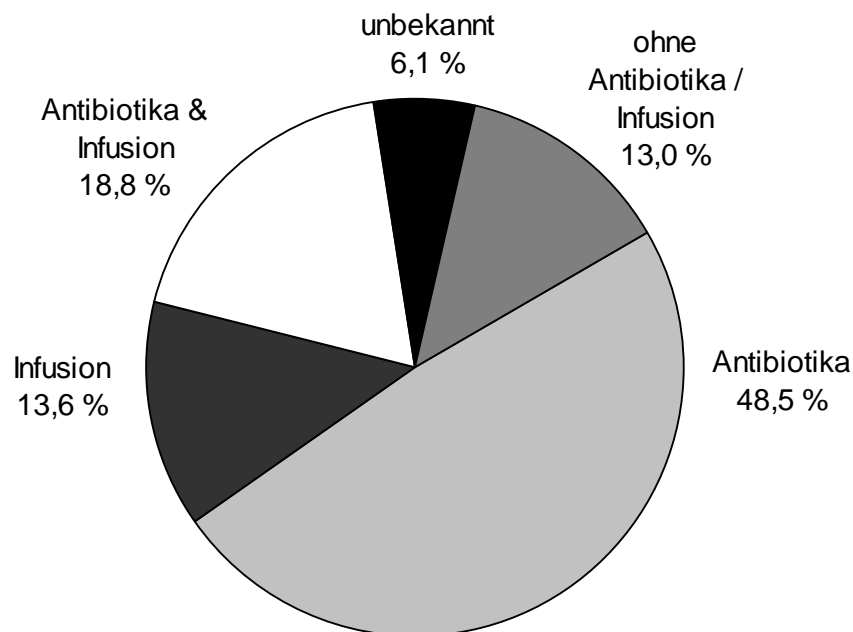


Abbildung 140: Art der vor Einlieferung in die Klinik erfolgten Vorbehandlung bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe (n = 330)

4.3.1.10 Kolostrumaufnahme

Bei 218 Kälbern konnten Informationen zur Kolostrumaufnahme erhoben werden. Dabei gaben lediglich fünf Landwirte (2,3 %) an, dass keine Versorgung mit Kolostrum erfolgt war. In 213 Fällen (97,7 %) erhielten die eingelieferten Kälber nach der Geburt Kolostrum.

4.3.1.11 Geburtsverlauf

Der Geburtsverlauf wurde bei 419 Kälbern dokumentiert. Demnach kamen 290 Kälber (69,2 %) ohne fremde Hilfe auf die Welt, während bei 69 Tieren (16,5 %) leichte und bei 22 Tieren (5,3 %) schwere Zughilfe geleistet wurde. Per Sectio caesarea kamen 38 Kälber (9,1 %) zur Welt (Abbildung 141).

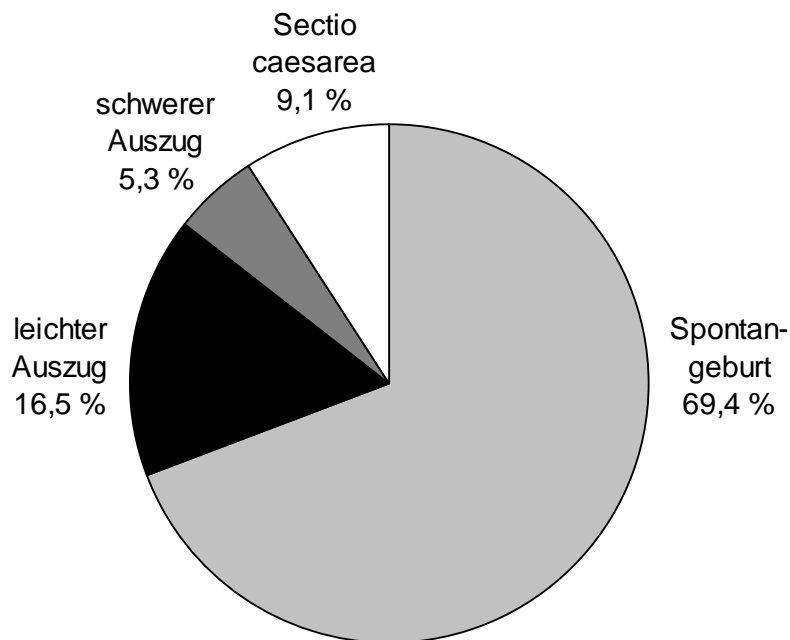


Abbildung 141: Anteile der verschiedenen Geburtsformen der Kälber mit neonataler Diarrhoe (n = 419)

4.3.1.12 Erregernachweise

Insgesamt wurden bei 407 (79,6 %) Kälbern virologische, bakteriologische oder parasitologische Erregernachweise durchgeführt. Eine parasitologische Untersuchung auf Kryptosporidien erfolgte in 349 Fällen (68,3 %), während nur bei 48 Tieren (9,4 %) das Ergebnis einer Untersuchung auf Giardien vorlag.

Von 389 Kälbern (76,1 %) wurden Kotproben zur bakteriologischen und von 362 Tieren (70,8 %) zur virologischen Abklärung entnommen und untersucht. Untersuchungsergebnisse aller drei Erregergruppen lagen bei 309 Kälbern (60,5 %) vor. Dabei konnten bei 44 Tieren (14,2 %; n = 309) keine spezifischen Diarrhoe-Erreger nachgewiesen werden. 50,5 % der Tiere wiesen eine Monoinfektion, 49,5 % eine Mischinfektion verschiedener Durchfallerreger auf (Tabelle 77).

Tabelle 77: Auftreten von Monoinfektionen und Mischinfektionen im Kot von Kälbern mit neonataler Diarrhoe (n = 265)

Anzahl nachgewiesener Erreger	Anzahl der Kälber	Prozent
Monoinfektion	134	50,5
2 Erreger	102	38,5
3 Erreger	27	10,2
4 Erreger	2	0,8
Summe	265	100,0

4.3.1.12.1 Gesamterregerspektrum

In den Kotproben der Kälber mit neonataler Diarrhoe wurden insgesamt 35 verschiedene Mikroorganismen nachgewiesen. Einen Überblick über die isolierten Erreger-Arten und die Häufigkeit ihrer positiven Nachweise gibt Tabelle 78.

Tabelle 78: Gesamterregerspektrum, Anzahl der durchgeführten Untersuchungen und Anteile der positiven Nachweise der jeweiligen Mikroorganismen

Mikroorganismen	Untersuchungen (n)	positiv	Prozent
Kryptosporidien	349	192	55,0
Giardien	48	2	4,2
Salmonella sp.	389	2	0,5
E. coli nicht typisierbar	389	326	83,8
E. coli varietas haemolytica	389	39	10,0
E. coli O9:K35	389	5	1,3
E. coli O78:K80	389	53	13,6
E. coli O101 (F5 +)	389	10	2,6
E. coli O101:K32	389	29	7,5
E. coli O101:K30	389	24	6,2
E. coli O101:K28	389	30	7,7
Proteus	389	175	45,0
α -hämolisierende Streptokokken	389	53	13,6
β -hämolisierende Streptokokken	389	4	1,0
γ -hämolisierende Streptokokken	389	119	30,6
Staphylococcus epidermidis	389	15	3,9
Clostridium perfringens	389	195	50,1
coliforme Bakterien	389	9	2,3
aerobe Bazillen	389	46	11,8
Pasteurella sp.	389	21	5,4
Mannheimia haemolytica	389	19	4,9
Corynebacterium sp.	389	18	4,6
Klebsiella sp.	389	10	2,6
Actinobacillus sp.	389	1	0,3
Pseudomonas sp.	389	21	5,4
Aeromonas sp.	389	1	0,3
Lactobacillus sp.	389	15	3,9
Acinetobacter sp.	389	13	3,3
Flavobacterium sp.	389	4	1,0
Alcaligenes faecalis	389	22	5,7
Providencia rettgeri	389	1	0,3
Hefen	389	34	8,7
Chlamydophila sp.	26	1	3,8
Coronaviren	362	18	5,0
Rotaviren	362	121	33,4

4.3.1.12.2 Kryptosporidien

Im Rahmen von 349 parasitologischen Untersuchungen konnte bei 192 Kälbern (55,0 %) eine Infektion mit Kryptosporidien nachgewiesen werden. Dabei ergab sich für 56 Tiere (29,2 %; n = 192) ein geringgradiger, für 69 Tiere (35,9 %; n = 192) ein mittelgradiger und für 67 Tiere (34,9 %; n = 192) ein hochgradiger Befall. Wurden lediglich die Ergebnisse der 309 Kälber mit vollständig vorliegenden Befunden der parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Kotprobenuntersuchungen berücksichtigt, konnte bei 174 Kälbern (56,3 %) eine Infektion mit Kryptosporidien nachgewiesen werden, wobei 72 Kälber (41,4 %; n = 174) keine weiteren pathogenen Durchfallerreger aufwiesen.

Bei Kälbern mit positivem Kryptosporidiennachweis lag das Alter zu Beginn der Erkrankung bei durchschnittlich $6,4 \pm 3$ Tagen (n = 192) und erwies sich damit als statistisch signifikant höher als im Gesamtkollektiv ($p = 0,042$). Das gleiche Durchschnittsalter ergab sich für die Kälber mit einer Monoinfektion durch Kryptosporidien (n = 72). Das jüngste Kalb erkrankte bereits am ersten Lebenstag, während die ältesten Tiere erst im Alter von 14 Tagen erste Symptome einer Diarrhoe zeigten (Abbildung 142).

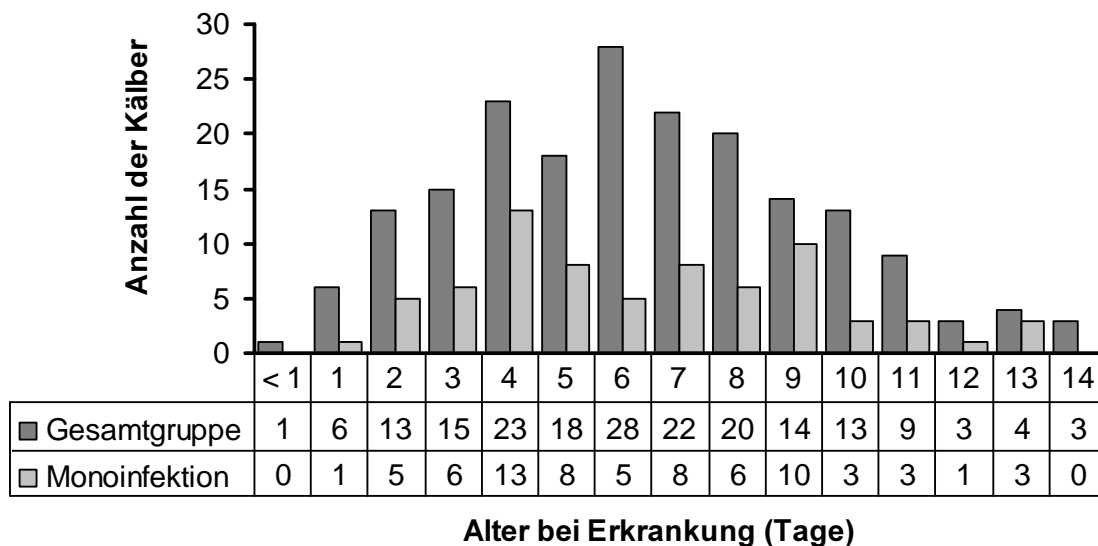


Abbildung 142: Erkrankungsalter bei Kälbern mit positivem Nachweis von Kryptosporidien im Kot (n = 192) und bei Kälbern mit einer Monoinfektion durch Kryptosporidien (n = 72)

Die Erkrankung dauerte mit durchschnittlich $15,8 \pm 7$ Tagen ($n = 93$) statistisch signifikant länger als im Gesamtkollektiv ($p = 0,022$). Die minimale Erkrankungsdauer unter der Beteiligung von Kryptosporidien betrug fünf Tage, die maximale 43 Tage bei jeweils einem Kalb.

Von den 192 Kälbern mit Kryptosporidienbefall konnten 150 Tiere (78,1 %) gesund entlassen werden, 41 Tiere starben oder wurden euthanasiert. Von einem Kalb (0,5 %) ist das weitere Schicksal unbekannt. Die Letalität in dieser Kälbergruppe betrug 21,4 % und lag damit nicht signifikant höher als im Gesamtkollektiv.

Bei 27 der 192 Tiere wurden keine Angaben zur Vorbehandlung der Kälber gemacht. Von den restlichen 165 Kälbern wurden 80 % (132 Tiere) bereits vor der Einlieferung in die Klinik mit Medikamenten und/oder Infusionen behandelt, während 20 % (33 Tiere) unbehandelt eingeliefert wurden. Insgesamt wiesen 82 Kälber (42,7 %; $n = 174$) mit positivem Kryptosporidiennachweis eine gleichzeitige Infektion mit ausschließlich Rota- oder Coronaviren oder pathogenen *Escherichia coli*-Spezies auf (Tabelle 79). Bei sieben der 41 Tiere mit gleichzeitiger *Escherichia coli*-Infektion konnten jeweils zwei verschiedene Serogruppen nachgewiesen werden. Bei 20 Kälbern wurden mehr als zwei pathogene Durchfallerreger nachgewiesen.

Tabelle 79: Anzahl der Kälber mit Kryptosporidieninfektion ($n = 174$) und gleichzeitigem Nachweis von ausschließlich Rota- oder Coronaviren oder pathogenen *Escherichia coli*-Spezies (*E. coli*) bzw. Kälber mit einer Monoinfektion durch Kryptosporidien, sowie die Letalität in den jeweiligen Gruppen

zusätzlicher Erreger	Anzahl	gestorbene Kälber	Letalität
keine	72	10	13,9 %
Rotavirus	38	14	36,8 %
Coronavirus	3	0	0,0 %
pathogene <i>E. coli</i>	41	12	29,3 %

Bei gleichzeitiger Infektion mit Kryptosporidien und Rotaviren umfasste die Erkrankung im Durchschnitt 17 ± 8 Tage ($n = 22$). In dieser Gruppe dauerte die Erkrankung mindestens acht und maximal 36 Tage bei jeweils einem Kalb.

Drei Kälber wiesen zusätzlich zum Befall mit Kryptosporidien eine Infektion mit Coronaviren auf. Jedoch konnte nur von einem Kalb die Krankheitsdauer (21 Tage) ermittelt werden.

Waren die Tiere gleichzeitig mit Kryptosporidien und spezifischen *Escherichia coli*-Serogruppen infiziert, betrug die durchschnittliche Erkrankungsdauer $15,2 \pm 6$ Tage ($n = 36$). Die Dauer der Erkrankung reichte bei diesen Kälbern von minimal sieben bis maximal 36 Tagen.

4.3.1.12.3 *Escherichia coli*

In 151 Fällen konnten in den Kotproben spezifische *Escherichia coli*-Serogruppen nachgewiesen werden (Tabelle 80). Bei zehn Tieren wurden mehrere Serogruppen dokumentiert, so dass bei insgesamt 134 Kälbern spezifische *Escherichia coli*-Serogruppen nachgewiesen wurden (Tabelle 81). Bei ausschließlicher Betrachtung der 309 vollständigen Untersuchungsergebnisse, konnte bei 101 Kälbern (32,7 %) eine Infektion mit spezifischen *Escherichia coli*-Serogruppen nachgewiesen werden, wobei 24 Kälber (23,8 %; $n = 101$) keine weiteren pathogenen Durchfallerreger aufwiesen.

Tabelle 80: Häufigkeit von spezifischen pathogenen *Escherichia coli*-Serogruppen und ihre Wachstumsintensität in Kotproben von Kälbern mit neonataler Diarrhoe ($n = 151$)

Serogruppe	+	++	+++	Summe
O9 : K35	1	-	4	5
O78 : K80	1	4	48	53
O101 : K28	-	-	30	30
O101 : K30	1	-	23	24
O101 : K32	4	-	25	29
O101 (F5 +)	-	-	10	10
Summe	7	4	140	151

+ geringgradiges Wachstum

++ mittelgradiges Wachstum

+++ hochgradiges Wachstum

Tabelle 81: Verteilung der nachgewiesenen Kombinationen von spezifischen pathogenen Escherichia coli-Serogruppen im Kot von Kälbern mit neonataler Diarrhoe (n = 10)

Serogruppe 1	Serogruppe 2	Serogruppe 3	Anzahl
O9 : K35	O78 : K80	-	1
O9 : K35	O101 : K28	O101 : K30	1
O78 : K80	O101 : K28	-	2
O78 : K80	O101 (F5 +)	-	1
O101 : K28	O101 : K30	-	2
O101 : K28	O101 : K32	-	2
O101 : K30	O101 : K32	-	1

Das mittlere Alter zu Beginn der Erkrankung lag bei $5,2 \pm 4$ Tagen (n = 134). Es bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zum Erkrankungsalter des Gesamtkollektivs. In der Gruppe der Tiere mit einer Monoinfektion durch spezifische Escherichia coli-Serogruppen waren die Kälber zu Beginn der Erkrankung durchschnittlich $4,3 \pm 4$ Tage alt (n = 24).

20 Kälber (14,9 %; n = 134) erkrankten bereits am ersten Lebenstag, während vier Tiere (3 %; n = 134) erst im Alter von 14 Tagen erste Symptome einer Diarrhoe zeigten (Abbildung 143). 74,6 % (100 Tiere) dieser Kälbergruppe erkrankten innerhalb der ersten Lebenswoche.

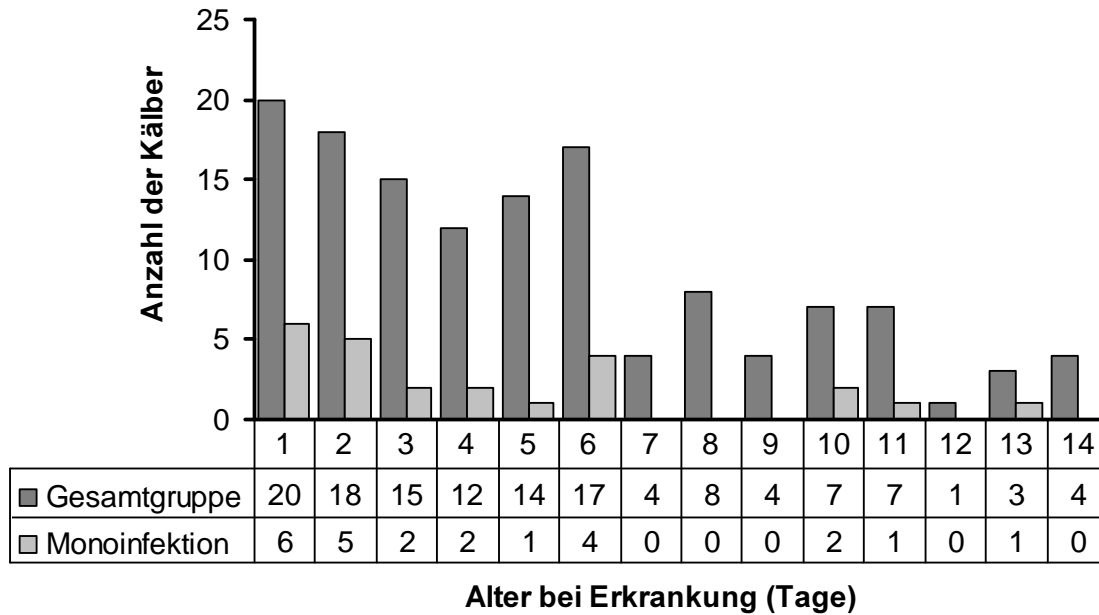


Abbildung 143: Erkrankungsalter bei Kälbern mit positivem Nachweis von spezifischen *Escherichia coli*-Serogruppen im Kot ($n = 134$) und bei Kälbern mit einer Monoinfektion durch spezifische *Escherichia coli*-Serogruppen ($n = 24$)

Die Erkrankung dauerte unter der Beteiligung von spezifischen *Escherichia coli*-Serogruppen durchschnittlich $15,1 \pm 8$ Tage ($n = 59$). Es bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zur durchschnittlichen Erkrankungsdauer des Gesamtkollektivs. Die minimale Erkrankungsdauer betrug fünf Tage, die maximale 36 Tage bei jeweils zwei Kälbern.

Von den 134 Kälbern konnten 101 Tiere (75,4 %) gesund entlassen werden. 31 Tiere starben oder wurden euthanasiert. Von zwei Kälbern (1,5 %) war das weitere Schicksal unbekannt. Die Letalität für diese Kälbergruppe betrug 23,1 % und lag damit nicht signifikant höher als im Gesamtkollektiv.

Von 79 Tieren lagen Daten über die Durchführung einer Muttertiervakzination vor. Demnach wurden 62 % der Muttertiere (49 Kühe) dieser Kälbergruppe nicht geimpft. Bei 30 Muttertieren (38 %) erfolgte eine antepartale Vakzination. 21 dieser Tiere (70 %) erhielten eine Vakzine gegen Rota- und Coronavirusinfektionen, während sechs Tieren (20 %) ein Kombinationsimpfstoff gegen *Escherichia coli*-, Rota- und Coronavirusinfektionen verabreicht wurde. Bei drei Muttertieren (10 %) erfolgte eine Vakzination gegen *Escherichia coli*-Infektionen.

Bei 26 der 134 Tiere wurden keine Angaben zu einer Vorbehandlung gemacht. Von den restlichen 108 Kälbern wurden 81,5 % (88 Tiere) bereits vor der Einlieferung in die Klinik mit Medikamenten und/oder Infusionen behandelt, während 18,5 % (20 Tiere) unbehandelt eingeliefert wurden. 67 % (59 Tiere) der vorbehandelten Kälber (n = 88) wurden bereits vor Einlieferung in die Klinik Antibiotika verabreicht. 24 Kälber (27,3 %) erhielten vorberichtlich eine Infusionsbehandlung.

Insgesamt wiesen 15 Kälber (11,2 %; n = 134) eine gleichzeitige Infektion ausschließlich mit Rotaviren auf. Bei keinem Tier konnte eine Infektion mit spezifischen Escherichia coli-Serogruppen und ausschließlich Coronaviren nachgewiesen werden (Tabelle 82). Zwei Kälber mit positivem Coronavirus-Nachweis waren auch mit Rotaviren infiziert.

Tabelle 82: Anzahl der Kälber mit positivem Nachweis von spezifischen Escherichia coli-Serogruppen (n = 101) und gleichzeitigem Nachweis von ausschließlich Rota- oder Coronaviren bzw. Kälber mit einer Monoinfektion durch spezifischen Escherichia coli-Serogruppen sowie die Letalität in den jeweiligen Gruppen

zusätzlicher Erreger	Anzahl	gestorbene Kälber	Letalität
keine	24	7	29,2 %
Rotavirus	15	2	13,3 %
Coronavirus	0	-	-

Bei gleichzeitiger Infektion mit spezifischen Escherichia coli-Serogruppen und Rotaviren betrug die durchschnittliche Erkrankungsdauer $17,4 \pm 8$ Tage (n = 15).

Der Unterschied zwischen der gemittelten Erkrankungsdauer bei Monoinfektionen durch spezifische Escherichia coli-Serogruppen und der durchschnittlichen Dauer der Erkrankung unter der zusätzlichen Beteiligung von Rotaviren erwies sich als statistisch nicht signifikant.

4.3.1.12.4 Rotaviren

Durch 362 virologische Untersuchungen konnte bei 121 Kälbern (33,4 %) eine Infektion mit bovinen Rotaviren nachgewiesen werden. Bei ausschließlicher Betrachtung der 309 vollständigen parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchungsergebnisse konnte bei 111 Kälbern (35,9 %) eine Infektion mit Rotaviren nachgewiesen werden, wobei 28 Kälber (23,8 %, n = 111) keine weiteren pathogenen Durchfallerreger aufwiesen.

Bei Kälbern mit positivem Nachweis von Rotaviren im Kot lag das Alter zu Beginn der Erkrankung bei durchschnittlich $5,9 \pm 3$ Tagen (n = 121). Es bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zum durchschnittlichen Erkrankungsalter des Gesamtkollektivs. Das jüngste Kalb erkrankte bereits am Tag der Geburt, während drei Tiere erst im Alter von 14 Tagen erste Symptome einer Diarrhoe zeigten (Abbildung 144).

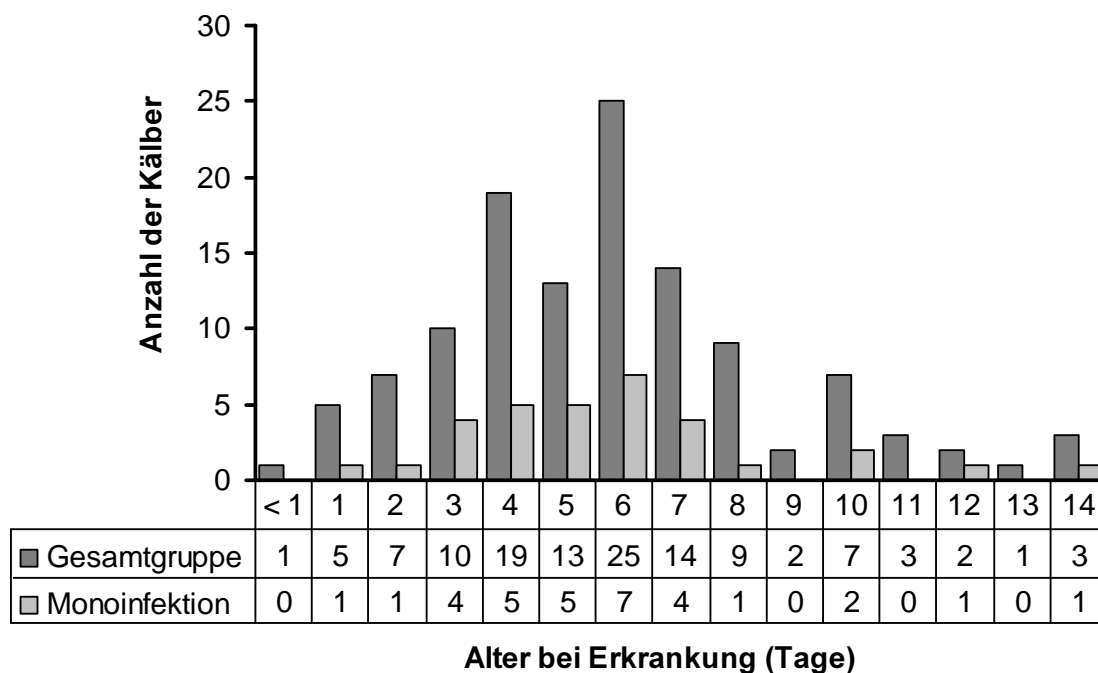


Abbildung 144: Erkrankungsalter bei Kälbern mit Nachweis von Rotaviren im Kot (n = 121) und bei Kälbern mit einer Monoinfektion durch Rotaviren (n = 32)

Die Erkrankung dauerte durchschnittlich $14,4 \pm 7$ Tage ($n = 55$). Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zur durchschnittlichen Erkrankungsdauer des Gesamtkollektivs ermittelt werden. Die minimale Erkrankungsdauer betrug fünf Tage, die maximale 36 Tage bei jeweils einem Kalb.

Von den 121 Kälbern mit Rotavirusinfektion konnten 90 Tiere (74,4 %) gesund entlassen werden, 28 Tiere starben oder wurden euthanasiert. Von drei Kälbern (2,5 %) war das weitere Schicksal unbekannt. Die Letalität für diese Kälbergruppe betrug 23,1 % und lag damit nicht signifikant höher als im Gesamtkollektiv.

Von 59 Tieren konnten Informationen über die Durchführung einer Muttertiervakzination ausgewertet werden. Demnach wurden 64,4 % der Muttertiere (38 Kühe) dieser Kälbergruppe nicht geimpft. Bei 21 Muttertieren (35,6 %) erfolgte eine präpartale Vakzination, wobei bei einem Tier (4,8 %) die Art der Vakzine unbekannt war. Zehn Kühe (47,6 %) erhielten Impfungen gegen Rota- und Coronavirusinfektionen, während sieben Tieren (33,3 %) ein Kombinationsimpfstoff gegen Escherichia coli-, Rotavirus- und Coronavirusinfektionen verabreicht wurde. Bei drei Muttertieren (14,3 %) erfolgte eine Vakzination gegen Escherichia coli-Infektionen.

Bei 15 der 121 Tiere wurden keine Angaben zur Vorbehandlung gemacht. Von den restlichen 106 Kälbern wurden 76,4 % (81 Tiere) bereits vor der Einlieferung in die Klinik mit Medikamenten und/oder Infusionen behandelt, während 23,6 % (25 Tiere) unbehandelt eingeliefert wurden.

Insgesamt wiesen sechs Kälber mit nachgewiesener Rotavirusinfektion eine gleichzeitige Infektion mit Coronaviren auf (Tabelle 83).

Tabelle 83: Anzahl der Kälber mit Rotavirusinfektion ($n = 111$) und gleichzeitigem Nachweis von ausschließlich Coronaviren sowie die Letalität in dieser Gruppe

zusätzlicher Erreger	Anzahl	gestorbene Kälber	Letalität
keine	32	5	15,5 %
Coronavirus	5	0	0,0 %

Bei gleichzeitiger Infektion mit Rotaviren und Coronaviren betrug die Erkrankungsdauer durchschnittlich $15,7 \pm 9,9$ Tage ($n = 3$). Die Einzelerkrankungen dehnten sich dabei jeweils über 9, 11 und maximal 27 Tage aus.

4.3.1.12.5 Coronaviren

Bei 18 Kälbern (5 %) wurde eine Infektion mit Coronaviren nachgewiesen. Werden ausschließlich die 309 vollständigen parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchungsergebnisse berücksichtigt, konnte bei 17 Kälbern (5,5 %) eine Infektion mit Coronaviren nachgewiesen werden, wobei sechs Kälber (35,3 %; $n = 17$) keine weiteren pathogenen Durchfallerreger aufwiesen.

Das Alter zu Beginn der Erkrankung betrug durchschnittlich $5,2 \pm 3$ Tage ($n = 18$). Es bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zum durchschnittlichen Erkrankungsalter des Gesamtkollektivs. Das jüngste Kalb erkrankte bereits am ersten Lebenstag, während das älteste Tier erst im Alter von 14 Tagen an Diarrhoe erkrankte (Abbildung 145).

Die Erkrankung dauerte durchschnittlich $14,3 \pm 8$ Tage. Hierbei war zu berücksichtigen, dass von lediglich sechs Kälbern die Erkrankungsdauer ermittelt werden konnte. Es konnte jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied zur durchschnittlichen Erkrankungsdauer des Gesamtkollektivs ermittelt werden. Die kürzeste Erkrankungsdauer unter der Beteiligung von Coronaviren betrug sieben Tage, die maximale 27 Tage ($n = 6$) bei jeweils einem Kalb.

Von den 18 Kälbern mit Coronavirusinfektion konnten 12 Tiere (66,7 %) gesund entlassen werden, fünf Tiere starben oder wurden euthanasiert. Von einem Kalb (5,6 %) war das weitere Schicksal unbekannt. Die Letalität für diese Kälbergruppe betrug 27,8 % und lag damit nicht signifikant höher als im Gesamtkollektiv.

Von neun Tieren lagen Informationen über die Durchführung einer Muttertiervakzination vor. Von diesen Kälbern waren 77,8 % der Muttertiere (7 Kühe) geimpft und 22,2 % nicht geimpft (2 Kühe). Von den sieben geimpften Mutterkühen wurden sechs Tiere gegen Infektionen mit Rota- und Coronaviren immunisiert, während bei einem Muttertier die Art der angewendeten Vakzine unbekannt war.

Bei zwei der 18 Tiere mit einer nachgewiesenen Coronavirusinfektion wurden keine Angaben zur Vorbehandlung gemacht. Von den restlichen 16 Kälbern wurden 93,8 % (15 Tiere) bereits vor der Einlieferung in die Klinik mit Medikamenten und/oder

Infusionen behandelt, während ein Tier (6,3 %) unbehandelt eingeliefert wurde. 66,7 % (10 Tiere) der vorbehandelten Kälber (n = 15) erhielten bereits vor Einlieferung in die Klinik Antibiotika. Sechs Kälber (40 %) wurden vorberichtlich infundiert.

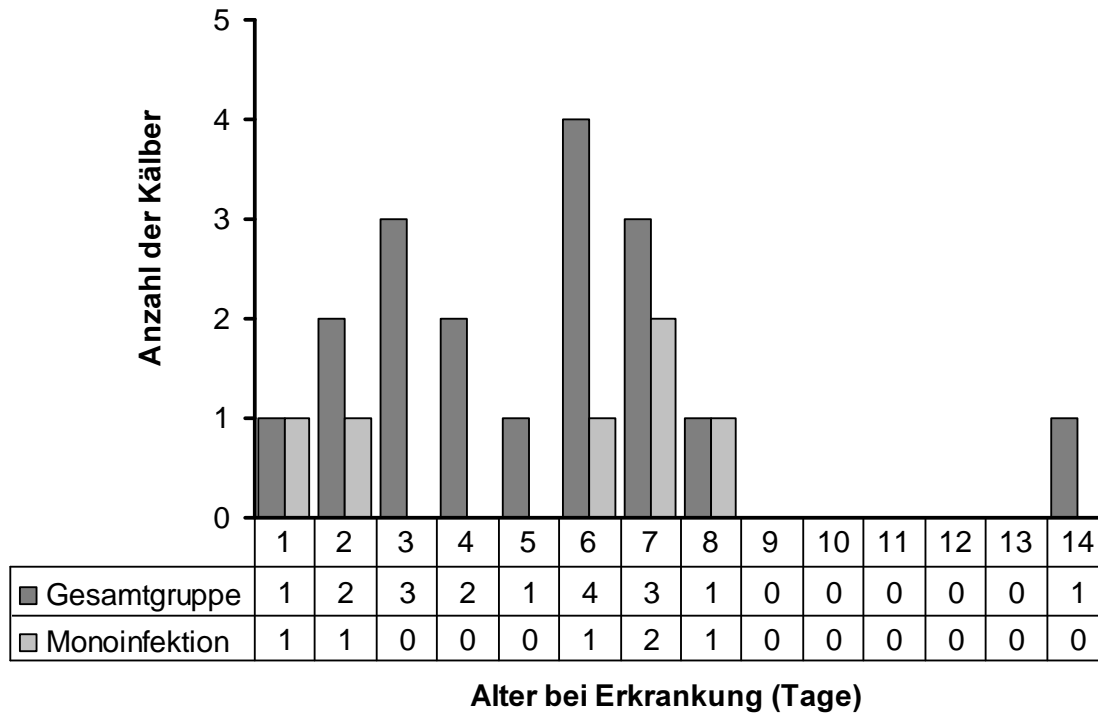


Abbildung 145: Erkrankungsalter bei Kälbern mit positivem Nachweis von Coronaviren (n = 18) und bei Kälbern mit einer Monoinfektion durch Coronaviren (n = 6)

4.3.1.12.6 Chlamydien

26 Kotproben wurden auf das Vorkommen von Chlamydophila-Spezies getestet, dabei konnte bei einem Tier (3,8 %) eine geringgradige Infektion nachgewiesen werden. Dieses Kalb erkrankte bereits am ersten Lebenstag an neonataler Diarrhoe. Bei Einlieferung in die Klinik war es nicht vorbehandelt. Informationen über eine Vakzination des Muttertieres lagen nicht vor. Die Erkrankung erstreckte sich über elf Tage. Anschließend konnte das Kalb gesund entlassen werden.

Das Ergebnis einer parasitologischen Untersuchung lag für dieses Tier nicht vor. Es wurde keine zusätzliche Infektion mit Rota- oder Coronaviren nachgewiesen und die

bakteriologische Untersuchung ergab lediglich eine hochgradige Infektion mit nicht typisierten Escherichia coli-Stämmen.

4.3.1.12.7 Nachweis von drei Durchfallerregern

Bei 309 der 511 Kälber (60,5 %) lagen Ergebnisse der parasitologischen, bakteriologischen und der virologischen Untersuchung vor. Dabei konnten in 27 Fällen (8,7 %) Mischinfektionen unter der Beteiligung von drei verschiedenen Erregern nachgewiesen werden. Eine Auflistung der dokumentierten Erregerkombinationen sowie der jeweiligen Letalität ist Tabelle 84 zu entnehmen. Die Anzahl der nachgewiesenen Erreger besaß keinen statistisch signifikanten Einfluss auf das weitere Schicksal der Tiere.

Bei zwei Kälbern wurden sogar vier verschiedene Erreger nachgewiesen: Neben Kryptosporidien und zwei spezifischen Escherichia coli-Serogruppen ergab die Untersuchung der Kotproben dieser Tiere gleichzeitig eine Infektion mit Rotaviren. Auch eines dieser Kälber starb an den Folgen der Erkrankung.

Tabelle 84: Häufigkeiten der nachgewiesenen Erregerkombinationen und die Letalität in den jeweiligen Gruppen

Erregerkombination	Anzahl der Kälber	davon gestorben	Letalität (%)
Kryptosporidien + E. coli + Rotaviren	18	3	16,7
Kryptosporidien + E. coli + Salmonella Gr. B	1	0	0,0
Kryptosporidien + Rotaviren + Coronaviren	1	1	100,0
Kryptosporidien + 2 E. coli-Serogruppen	5	1	20,0
E. coli + Rotaviren + Coronaviren	2	0	0,0
Summe	27	5	18,5

Die Kälber dieser Gruppe erkrankten im Alter von $5,6 \pm 3$ Tagen ($n = 27$). Dabei erkrankten jeweils drei Kälber bereits am ersten Lebenstag (Minimum) beziehungsweise erst im Alter von elf Tagen (Maximum).

Die mittlere Erkrankungsdauer ($n = 14$) betrug $17,5 \pm 3$ Tage (Abbildung 146). Die Einzelerkrankungen dehnten sich dabei über minimal neun bis maximal 27 Tage aus.

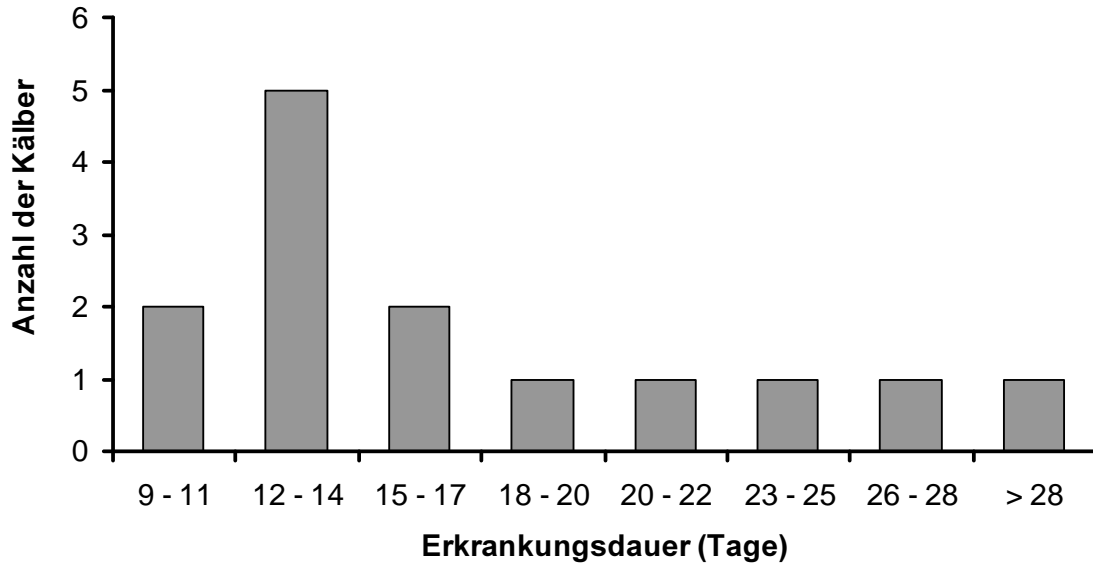


Abbildung 146: Dauer der Erkrankung bei Kälbern mit positivem Nachweis von drei verschiedenen Durchfallerregern (n = 27)

Für 22 der 27 Kälber lagen Besitzerangaben über eine Vorbehandlung vor. Demnach wurden 16 Tiere (72,7 %) bereits vor Einlieferung in die Klinik medikamentös behandelt. Dabei erfolgte bei elf Tieren (68,8 %) eine antibiotische Behandlung und fünf Tiere (31,3 %) erhielten Infusionen, während zwei Kälber (12,5 %) zwar medikamentös versorgt wurden, sie jedoch weder eine Antibiotika- noch eine Infusionsbehandlung erhalten hatten.

4.3.1.13 Klinische Symptomatik

4.3.1.13.1 Aufnahmebefunde

4.3.1.13.1.1 Reflexausprägung

Im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung wurden die Ausprägungen des Saug-, Schluck-, Droh-, Ohr-, Lid-, Corneal- und Pupillarreflexes untersucht. Dabei lag für 271 Kälber ein vollständiges Untersuchungsergebnis aller Reflexe vor. Bei 196 Kälbern (72,3 %; n = 271) konnten alle sieben Reflexe ausgelöst werden, während bei einem Kalb (0,4 %; n = 271) keiner der Reflexe auslösbar war.

Eine Übersicht über die prozentualen Anteile der nichtauslösbaren Reflexe gibt Abbildung 147.

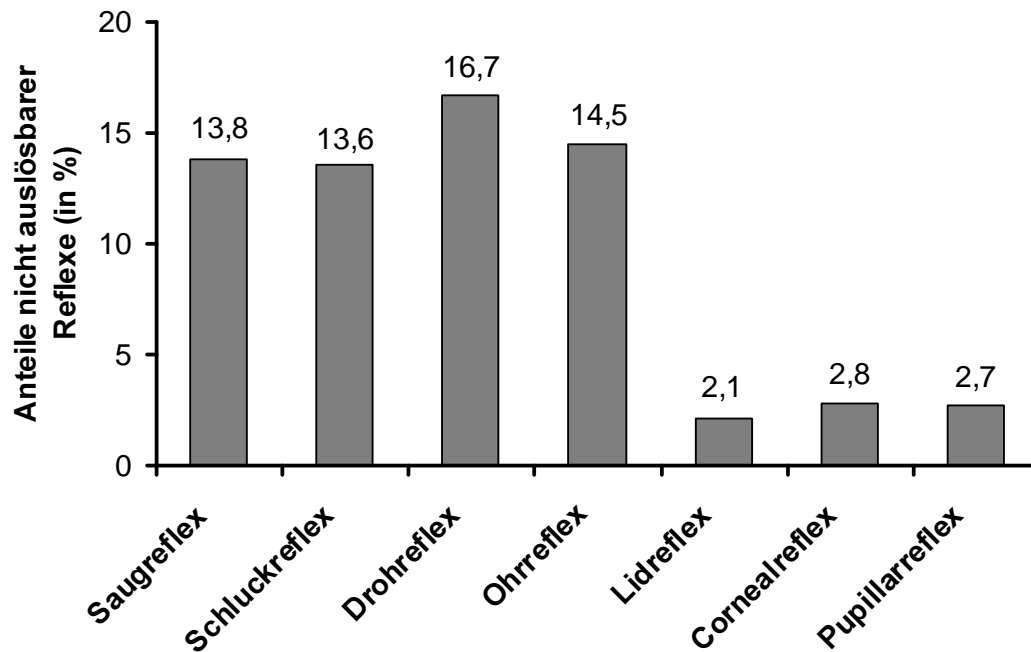


Abbildung 147: Anteile der ausgefallenen Reflexe zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik an den jeweils vorliegenden Ergebnissen der einzelnen Reflexe (Saugreflex n = 428; Schluckreflex n = 397; Drohreflex n = 419; Ohrreflex n = 421; Lidreflex n = 419; Cornealreflex n = 362; Pupillarreflex n = 293)

Alter

In Bezug auf das Alter beim Auftreten erster Durchfallsymptome reichte die Spanne von 19 % ausgefallenen Reflexen bei Erkrankung am 14. Lebenstag (n = 42) bis zu lediglich 3,6 % (n = 28) nicht auslösbaren Reflexen bei Erkrankung am zwölften Lebenstag (Tabelle 85, Abbildung 148).

Der Zusammenhang zwischen dem Alter bei Erkrankung und der zunehmenden Anzahl ausgefallener Reflexe erwies sich als statistisch signifikant ($r_s = 0,089$, $p = 0,043$).

Tabelle 85: Anzahl der überprüften und nicht auslösbaren Kopreflexe in Abhängigkeit vom Alter der Kälber zu Beginn der Diarrhoe-Erkrankung (n = 1890; 270 Kälber mit vollständigen Reflexbefunden)

Alter bei Krankheitsbeginn (Tage)	Anzahl Kälber	überprüfte Reflexe	nicht auslösbare Reflexe	
			Anzahl	%
1	21	147	14	9,5
2	22	154	14	9,1
3	26	182	15	8,2
4	27	189	20	10,5
5	28	196	22	11,2
6	40	280	36	12,8
7	27	189	24	12,6
8	24	168	12	7,1
9	15	105	10	9,5
10	17	119	8	6,7
11	9	63	9	14,3
12	4	28	1	3,6
13	4	28	5	17,9
14	6	42	8	19,0

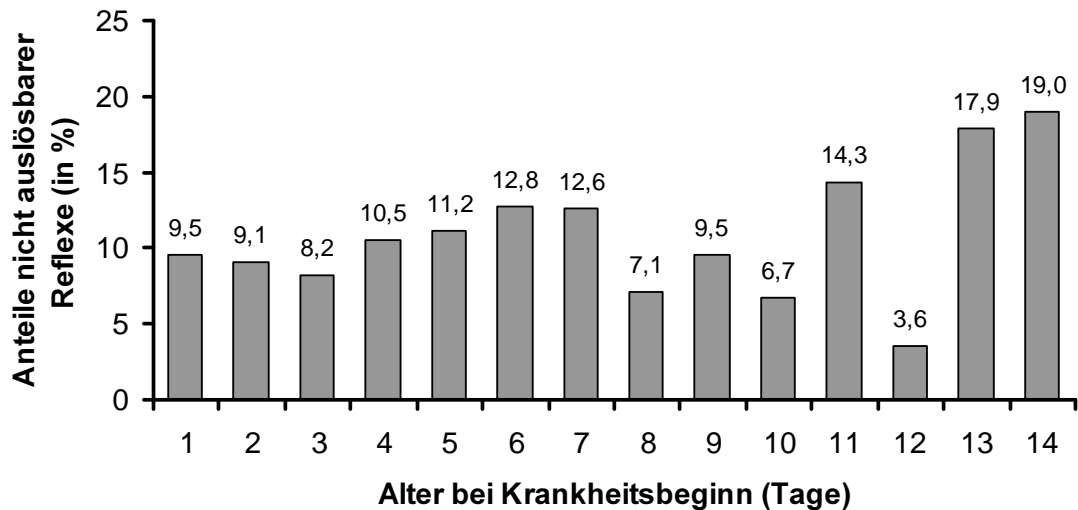


Abbildung 148: Anteile der in der Aufnahmeuntersuchung nicht auslösbaren Kopreflexe in Abhängigkeit vom Alter der Tiere zu Beginn der Diarrhoe-Erkrankung bezogen auf die Gesamtzahl der überprüften Reflexe (n = 1890; 270 Kälber mit vollständigen Reflexbefunden)

Dauer

Bei 125 Kälbern konnten neben den Untersuchungsergebnissen aller sieben Kopreflexe auch Daten zur Krankheitsdauer ermittelt werden. Die durchschnittliche Erkrankungsdauer je nach Anzahl der nicht auslösbaren Kopreflexe gibt Tabelle 86 wieder. Demnach dauert die Erkrankung bei Tieren, bei denen alle Kopreflexe ausgelöst werden konnten ($n = 96$), mit $15,5 \pm 7$ Tagen am längsten, während sie bei dem Tier mit einem Ausfall aller Reflexe lediglich sechs Tage anhielt. Beachtenswert sind bei dieser Betrachtung jedoch die sehr unterschiedlichen Gruppengrößen.

Zwischen der Anzahl der ausgefallenen Reflexe zum Zeitpunkt der Einlieferung und der Erkrankungsdauer konnte kein signifikanter Zusammenhang ermittelt werden.

Tabelle 86: Durchschnittliche Erkrankungsdauer der Kälber mit neonataler Diarrhoe ($n = 125$) in Abhängigkeit von der Anzahl der nicht auslösbaren Kopreflexe

nicht auslösbare Kopreflexe	Dauer der Erkrankung (d)		Anzahl der Tiere
	arithmetischer Mittelwert	Standardabweichung	
0	15,5	7,1	96
1	13,9	5,3	11
2	14,7	5,0	9
3	12,5	7,8	2
4	15,3	8,3	6
5	-	-	0
6	-	-	0
7	6,0	-	1

Schicksal

Von 262 Kälbern mit vollständigem Untersuchungsergebnis der Kopreflexe lagen Informationen über das weitere Schicksal der Tiere vor. In der Gruppe der Kälber, bei denen alle sieben Kopreflexe auslösbar waren ($n = 188$), konnten 80,3 % der Tiere gesund entlassen werden, während in der Gruppe der Kälber mit jeweils fünf nicht auslösbaren Reflexen ($n = 4$) 75 % der Tiere verstarben. Ausnahmslos verstarben die Kälber, bei denen sechs Kopreflexe nicht ausgelöst werden konnten ($n = 4$). Hingegen konnte das Kalb, bei dem in der Aufnahmeuntersuchung keiner der sieben

überprüften Kopreflexe positiv ausfiel, gesund entlassen werden (Tabelle 87, Abbildung 149). Insgesamt konnte in der einfaktoriellen Datenanalyse ein positiver signifikanter Zusammenhang zwischen der zunehmenden Anzahl ausgefallener Reflexe zum Zeitpunkt der Einlieferung und dem Versterben der Kälber ermittelt werden ($p < 0,0001$). Dieser wurde jedoch im Rahmen der multifaktoriellen Analyse nicht bestätigt.

Tabelle 87: Anzahl der gesund entlassenen bzw. verstorbenen Kälber mit neonataler Diarrhoe in Abhängigkeit von der Zahl der im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung nicht auslösbaren Kopreflexe (n = 262 Kälber)

Schicksal	Anzahl der nicht auslösbaren Reflexe							
	0	1	2	3	4	5	6	7
gesund entlassen	151	14	14	3	12	1	0	1
verstorben	37	9	5	3	5	3	4	0
Summe	188	23	19	6	17	4	4	1

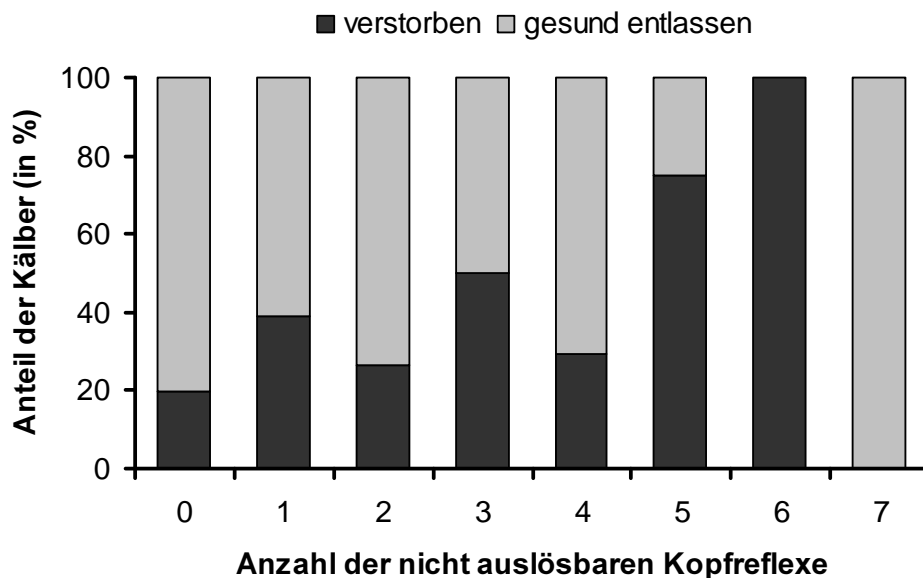


Abbildung 149: Prozentuale Verteilung des weiteren Schicksals von Kälbern mit neonataler Diarrhoe in Bezug zur Anzahl der nicht auslösbaren Kopreflexe bei ihrer Erstuntersuchung in der Klinik (n = 262 Kälber)

Erregerspektrum

Anhand der Daten von 230 Kälbern war es möglich, das Ergebnis der Reflexüberprüfung im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung in Beziehung zum nachgewiesenen Diarrhoe-Erreger zu setzen. Beim Vorliegen von Mischinfektionen wurden die beteiligten Erreger unabhängig voneinander betrachtet (Tabelle 88). Bei Beteiligung von Kryptosporidien (n = 109) konnten bei 69,7 %, von spezifischen Escherichia coli-Serogruppen (n = 58) bei 72,4 %, von Rotaviren (n = 59) bei 62,7 % und unter der Beteiligung von Coronaviren (n = 4) bei 50 % der Kälber alle sieben Kopfrelexe ausgelöst werden. Nur bei einem Tier mit einer Monoinfektion durch Kryptosporidien fiel die Überprüfung aller sieben Reflexe negativ aus.

Bei keinem der Erreger konnte ein signifikanter Zusammenhang mit der Anzahl der ausgefallenen Reflexe ermittelt werden.

Tabelle 88: Anzahl und Anteil der ausgefallenen Kopfrelexe in Abhängigkeit der beteiligten Erreger (230 Kälber mit vollständigen Reflexbefunden sowie vorliegenden Ergebnissen der parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchung)

beteiligter Erreger	überprüfte Reflexe	nicht auslösbare Reflexe	
		Anzahl	%
Kryptosporidien	763	90	11,8
Escherichia coli	406	26	6,4
Rotaviren	413	63	15,3
Coronaviren	28	7	25,0

Als statistisch signifikant im Rahmen einer multifaktoriellen Varianzanalyse erwiesen sich die negativen Zusammenhänge zwischen der Anzahl der ausgefallenen Reflexe und dem Base-Excess ($p < 0,0001$) sowie der Körpertemperatur ($p = 0,008$). Eine statistisch signifikante Beziehung zwischen der Anzahl der nichtauslösbaren Reflexe und der Erregerart sowie zum Alter bei Krankheitsbeginn bestand dagegen nicht.

4.3.1.13.1.2 Körpertemperatur

Die rektal gemessene, durchschnittliche innere Körpertemperatur ($n = 501$) betrug $38,5^{\circ}\text{C}$ mit einer Standardabweichung von $1,3^{\circ}\text{C}$. Die Temperaturspanne reichte von $32,0^{\circ}\text{C}$ (Minimum) bis $40,9^{\circ}\text{C}$ (Maximum). Zum Zeitpunkt der Aufnahme wiesen 154 Kälber (30,7 %) eine subnormale Körperinnentemperatur ($< 38,5^{\circ}\text{C}$) auf, während 79 Kälber (15,8 %) eine Hyperthermie ($> 39,5^{\circ}\text{C}$) hatten.

Bei 268 Tieren (53,5 %) lag die Körperinnentemperatur innerhalb des Referenzbereiches (Abbildung 150).

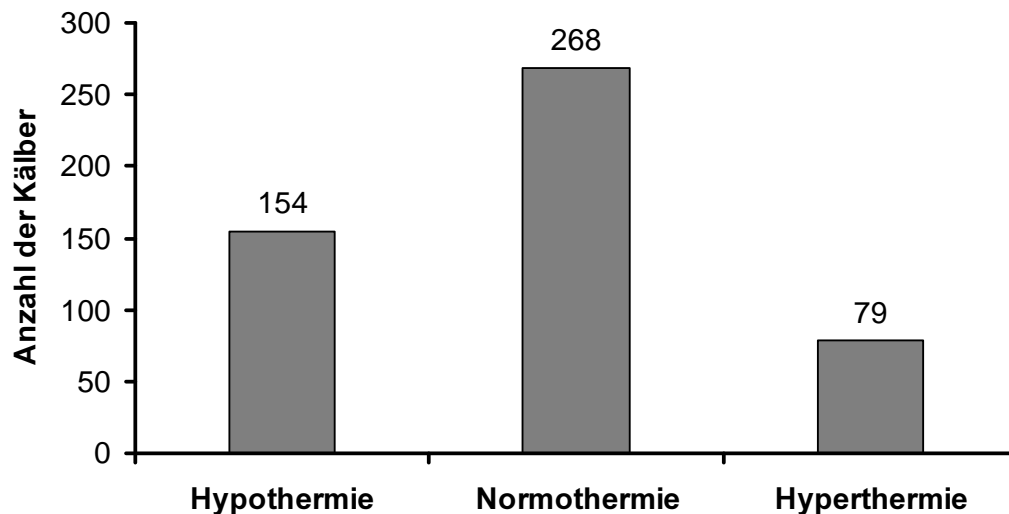


Abbildung 150: Anzahl der Kälber mit Hypothermie, Normothermie oder Hyperthermie zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik ($n = 501$)

Alter

Wird die rektal gemessene Körperinnentemperatur zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Bezug zum Alter bei Krankheitsbeginn gesetzt ($n = 500$), überwog an den Tagen 1 bis 8 sowie am zehnten Tag der Anteil der Kälber mit Normothermie. An den Tagen 9, 11 und 12 bildeten die Kälber mit Hypothermie die größte Gruppe, während am 13. und 14. Tag die Tiergruppen mit Hypothermie bzw. Normothermie gleich stark waren. Lediglich bei Kälbern, die am zehnten Lebenstag erste Diarrhoe-Symptome zeigten, war der Anteil der Tiere mit Hyperthermie (33,3 %) größer als der Anteil der Tiere mit Hypothermie (25 %) (Tabelle 89, Abbildung 151).

Zwischen dem Alter zu Beginn der Erkrankung und der Körpertemperatur zum Zeitpunkt der Einlieferung bestand kein signifikanter Zusammenhang.

Tabelle 89: Anzahl der Kälber mit Hypothermie, Normothermie oder Hyperthermie zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 500)

Alter bei Krankheitsbeginn (Tage)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Hypothermie	6	16	11	14	13	22	19	12	15	6	7	5	4	4
Normothermie	23	28	42	40	27	34	20	19	10	10	5	1	4	4
Hyperthermie	3	1	11	8	8	13	10	7	4	8	4	1	0	1
Summe	32	45	64	62	48	69	49	38	29	24	16	7	8	9

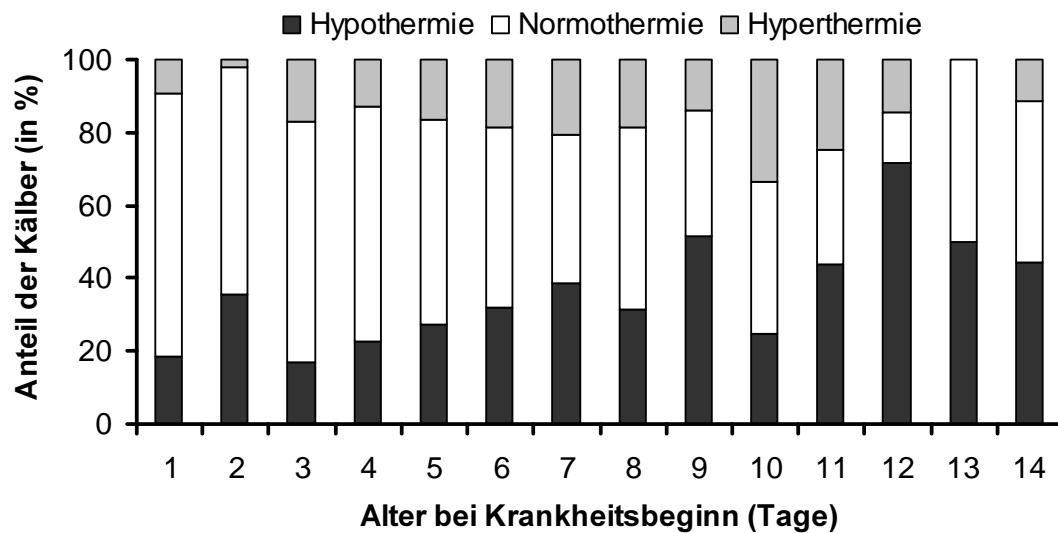


Abbildung 151: Anteile der Kälber mit Hypothermie, Normothermie oder Hyperthermie zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 500)

Dauer

Anhand der Daten von 240 Kälbern wurde die rektal gemessene Körpertemperatur zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik im Zusammenhang mit der Dauer der Durchfallerkrankung betrachtet. In nahezu allen Untergruppen verfügte die Gruppe der Kälber mit Normothermie über einen Anteil von mindestens 50 %. Eine Ausnahme bildete die relativ kleine Gruppe der Kälber mit einer Erkrankungsdauer von 29 bis 31 Tagen ($n = 3$) mit einem Anteil an Kälbern mit normaler Körperinnentemperatur von 33,3 % (Tabelle 90, Abbildung 152).

Tabelle 90: Anzahl der Kälber mit Hypothermie, Normothermie oder Hyperthermie zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer ($n = 240$)

Erkrankungsdauer (Tage)	Hypothermie	Normothermie	Hyperthermie	Summe
4	0	1	1	2
5 - 7	7	16	5	28
8 - 10	12	27	12	51
11 - 13	14	25	5	44
14 - 16	12	18	6	36
17 - 19	6	20	2	28
20 - 22	6	10	3	19
23 - 25	3	9	2	14
26 - 28	2	4	1	7
29 - 31	2	1	0	3
≥ 32	1	5	2	8

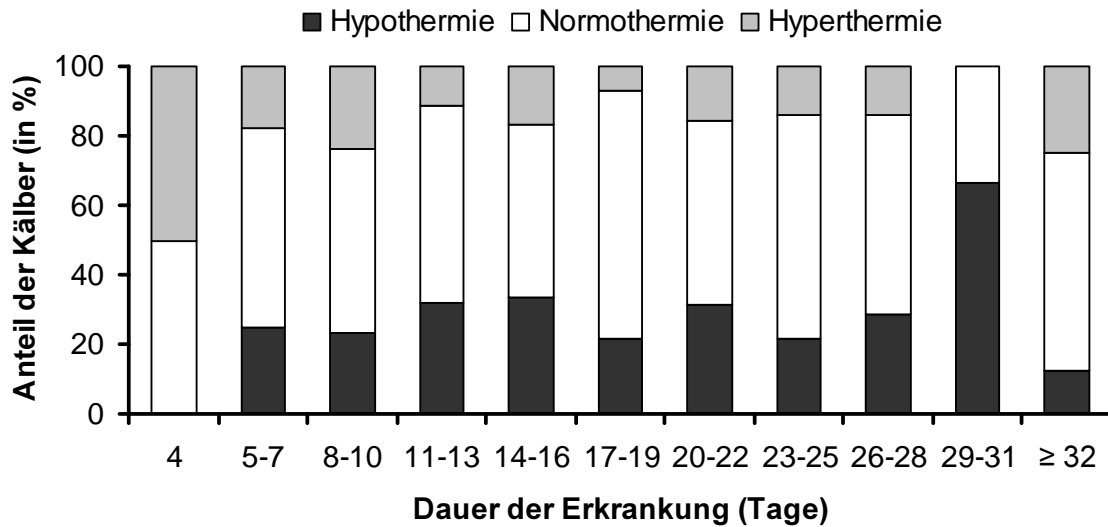


Abbildung 152: Anteile der Kälber mit Hypothermie, Normothermie oder Hyperthermie zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer (n = 240)

Schicksal

Bei 488 Kälbern konnte die Körpertemperatur zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Tiere betrachtet werden. In der Gruppe der verstorbenen Kälber (n = 101) wiesen 55,4 % der Tiere eine Hypothermie auf; 31,7 % der Tiere zeigten eine normale, 12,9 % eine erhöhte Körpertemperatur. Den größten Anteil in der Gruppe der Kälber, die gesund entlassen werden konnten (n = 387), bildeten die Tiere mit normaler Körpertemperatur mit 58,9 %. Dagegen wiesen lediglich 24,3 % der Kälber dieser Gruppe eine Hypothermie und 16,8 % eine erhöhte Körpertemperatur auf (Abbildung 153).

Aus den Ergebnissen der monofaktoriellen und multifaktoriellen Datenanalysen geht hervor, dass statistisch signifikant mehr Kälber verstarben, je geringer die Körpertemperatur zum Zeitpunkt der Aufnahme war ($p < 0,0001$ / $p < 0,0001$).

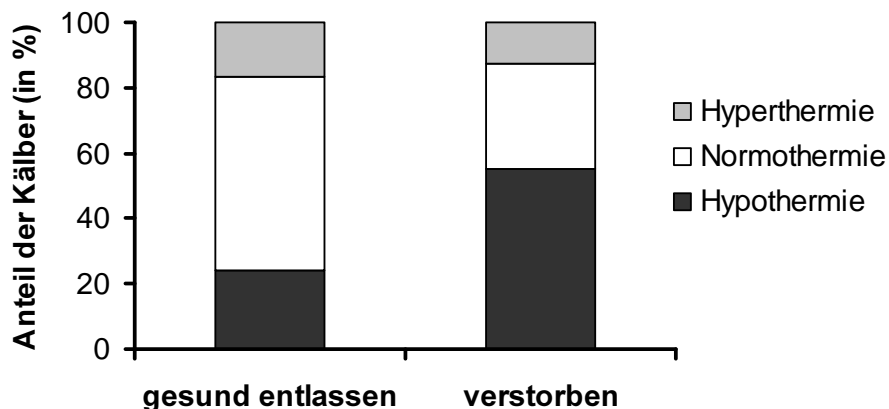


Abbildung 153: Anteile der Kälber mit Hypothermie, Normothermie oder Hyperthermie zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Kälber (gesund entlassen n = 387; verstorben n = 101)

Während in den Gruppen der Kälber mit normaler und erhöhter Körpertemperatur jeweils über 80 % der Tiere gesund entlassen werden konnten, betrug der Anteil dieser Tiere in der Gruppe der Kälber mit Hypothermie lediglich 62,7 % (Tabelle 91).

Tabelle 91: Anzahl und Anteile der Kälber mit Hypothermie, Normothermie oder Hyperthermie zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Bezug zu ihrem weiteren Schicksal (n = 488)

Körpertemperatur	gesund entlassen		verstorben		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
Hypothermie	94	62,7	56	37,3	150
Normothermie	228	87,7	32	12,3	260
Hyperthermie	65	83,3	13	16,7	78

Erregerspektrum

Mit Hilfe der Daten von 237 Kälbern war es möglich, das Ergebnis der Körpertemperaturmessung im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung in Beziehung zum nachgewiesenen Diarrhoe-Erreger zu setzen. Beim Vorliegen von Mischinfektionen wurden die beteiligten Erreger unabhängig voneinander betrachtet (Abbildung 154). Unter der Beteiligung von Kryptosporidien (n = 174), spezifischen *Escherichia coli*-Serogruppen (n = 90) und Rotaviren (n = 102) bestanden nur geringe Unterschiede in der Verteilung der verschiedenen Gruppen, jeweils bildeten die Tiere mit normaler Körpertemperatur den größten Anteil. Unter der Beteiligung von Coronaviren (n = 12) wiesen jedoch 50 % der Kälber zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik eine subnormale Körpertemperatur auf, während lediglich 8,3 % der Tiere eine Hyperthermie hatten.

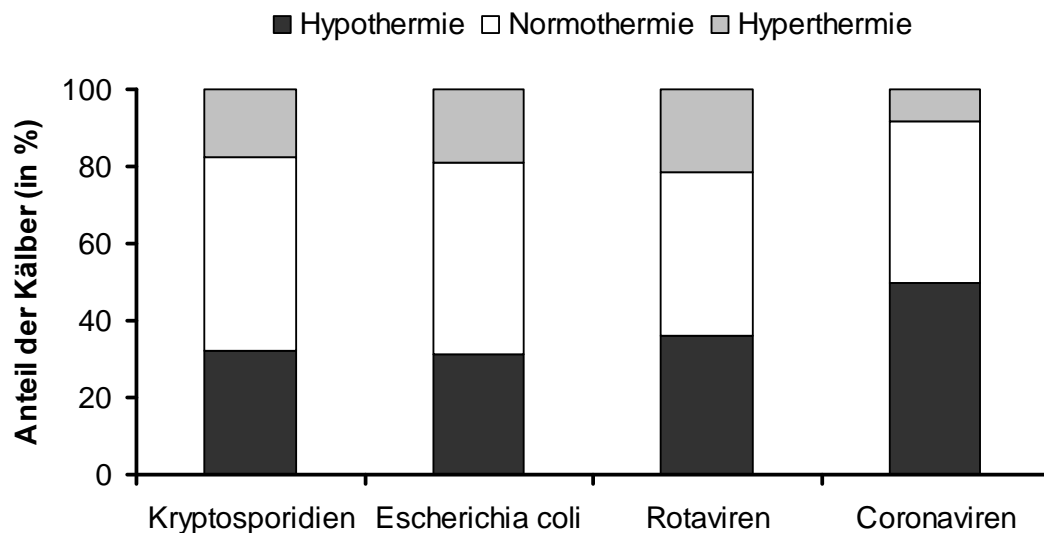


Abbildung 154: Anteile der Kälber mit Hypothermie, Normothermie oder Hyperthermie zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit der beteiligten Erreger (237 Kälber mit vollständig vorliegenden Ergebnissen der parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchung)

Erfolgt die Gliederung der Kälbergruppe nur nach der Anzahl der involvierten Durchfallerreger unabhängig von der Art der beteiligten Erreger, ergeben sich für die Tiere mit Monoinfektionen (n = 125) bzw. mit Infektionen durch zwei verschiedene Durchfallerreger (n = 93) sehr ähnliche Resultate. Überwogen in diesen beiden Gruppen die Kälber mit normaler Körpertemperatur mit über 50 %, so war unter der Beteiligung von drei verschiedenen Erregern die Gruppe der Kälber mit Normothermie mit 21,1 % die kleinste Fraktion, während die Kälber mit subnormalen Körperinnentemperaturen mit 52,6 % den größten Anteil bildeten (Tabelle 92).

Tabelle 92: Anzahl und Anteile der Kälber mit Hypothermie, Normothermie oder Hyperthermie zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Anzahl der beteiligten Durchfallerreger (n = 237)

Erregeranzahl	Hypothermie		Normothermie		Hyperthermie		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Monoinfektion	40	32,0	64	51,2	21	16,8	125
2 Erreger	29	31,2	47	50,5	17	18,3	93
3 Erreger	10	52,6	4	21,1	5	26,3	19

Weitere Parameter

Im Rahmen einer multifaktoriellen Datenanalyse wurde zusätzlich der Einfluss von venösem pH-Wert, Base-Excess und klinischen Anzeichen einer Exsikkose auf die Körperinnentemperatur zum Zeitpunkt der Aufnahmeuntersuchung überprüft. Je geringer die Messwerte von pH-Wert ($p < 0,0001$) und Base-Excess ($p = 0,013$) ausfielen, desto signifikant niedriger war die Körperinnentemperatur. Das Ausmaß der Exsikkose stand dagegen in keinem signifikanten Zusammenhang zur ermittelten Temperatur.

4.3.1.13.1.3 Exsikkose

Zum Zeitpunkt der Einlieferung in die Klinik lag bei 235 Kälbern (49,6 %; n = 474) eine hochgradige Exsikkose vor. 97 Tiere (20,5 %; n = 474) zeigten eine geringgradige Dehydratation, während 142 Tiere (30 %; n = 474) keine Anzeichen einer Exsikkose aufwiesen (Abbildung 155).

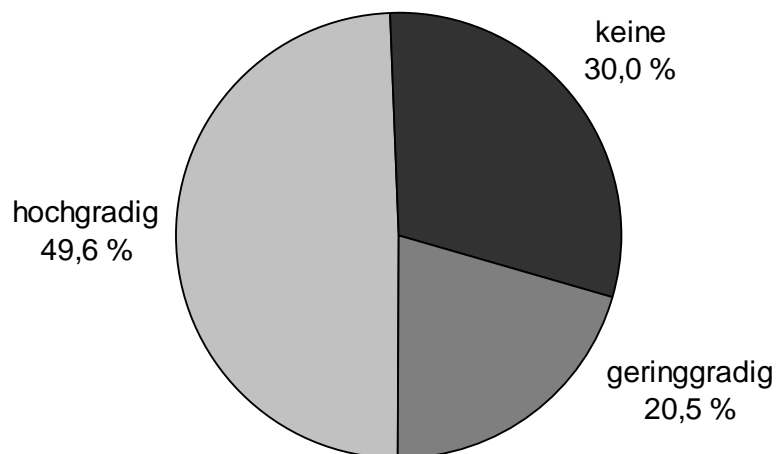


Abbildung 155: Prozentuale Verteilung der unterschiedlichen Exsikkose-Ausprägungen bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung (n = 474)

Alter

Werden das Vorliegen und die Ausprägung der Exsikkose zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Bezug zum Alter bei Krankheitsbeginn gesetzt (n = 474), überwog an elf Tagen der Anteil der Kälber mit hochgradiger Exsikkose innerhalb einer Spanne von 40,7 % bei Kälbern, die am neunten Lebenstag erste Symptome aufwiesen (n = 27), bis 83,3 % bei Kälbern, die am elften Lebenstag erkrankten (n = 12). In den Gruppen der Kälber, die am ersten (n = 34) bzw. am dritten Lebenstag (n = 48) an neonataler Diarrhoe erkrankten, bildeten dagegen die Tiere ohne Exsikkose mit 52,9 % bzw. 40,7 % die größten Fraktionen. Kälber, die am zehnten Lebenstag erste Diarrhoe-Symptome zeigten (n = 24), wiesen im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung zu 50 % eine geringgradige Exsikkose auf (Tabelle 93, Abbildung 156).

Tabelle 93: Anzahl der Kälber mit neonataler Diarrhoe und unterschiedlichen Exsikkose-Ausprägungen, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung erhoben wurden, in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 474)

Ausprägung der Exsikkose	Alter zu Beginn der Erkrankung (Tage)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
keine	18	13	22	19	9	20	13	7	10	6	1	1	1	2
geringgradig	3	6	14	11	11	11	11	4	6	12	1	2	2	3
hochgradig	13	29	18	29	26	36	21	24	11	6	10	3	4	4
Summe	34	48	54	59	46	67	45	35	27	24	12	6	7	9

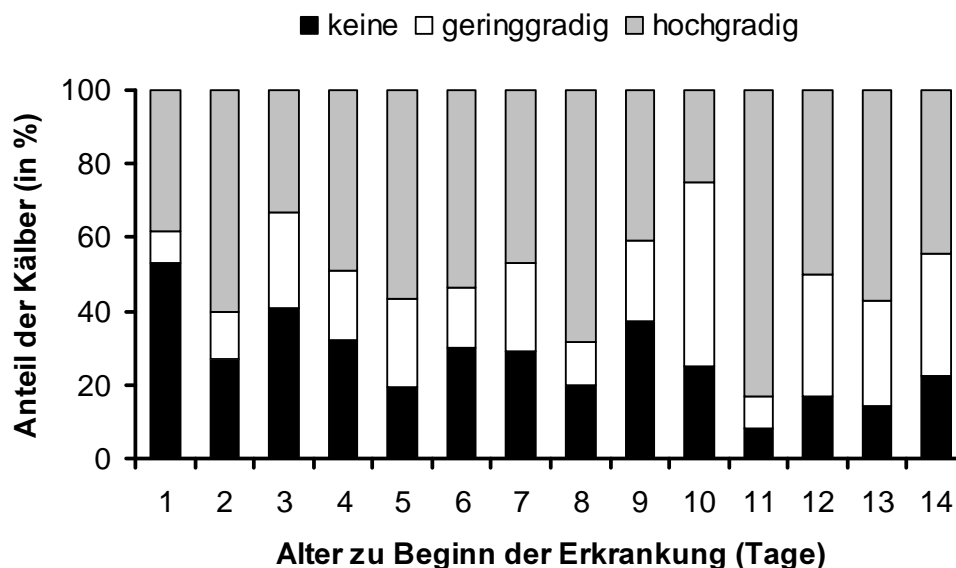


Abbildung 156: Anteile der Kälber mit neonataler Diarrhoe und unterschiedlichen Exsikkose-Ausprägungen, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung erhoben wurden, in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 474)

Insgesamt konnte bei den Tieren mit zunehmendem Erkrankungsalter ein statistisch signifikanter Zusammenhang zur Entwicklung einer hochgradig ausgeprägten Exsikkose zum Zeitpunkt der Einlieferung nachgewiesen werden ($r_s = 0,1043$, $p = 0,018$).

Dauer

In Abbildung 157 wird das Vorliegen bzw. die Ausprägung einer Exsikkose in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer dargestellt. Bei 227 Kälbern lagen entsprechende Daten zur Auswertung vor. Die Größe der jeweiligen Gruppen gibt Tabelle 94 wieder. Die durchschnittliche Erkrankungsdauer der Kälber ohne Exsikkose ($n = 76$) betrug $14,1 \pm 7$ Tage, die der Kälbern mit geringgradiger Exsikkose ($n = 50$) $14,5 \pm 7$ Tage. In der Gruppe der Tiere mit hochgradiger Exsikkose dauerte die Erkrankung $15,3 \pm 8$ Tage. Von den zwei Kälbern mit der nach Definition minimal möglichen Erkrankungsdauer von vier Tagen wies ein Tier geringgradige und ein Tier keine Exsikkoseanzeichen auf. Bis zu einer Erkrankungsdauer von sechzehn Tagen nahm der Anteil der Tiere ohne Exsikkose stetig ab, von 50 % bei der minimalen Erkrankungsdauer von vier Tagen ($n = 2$) bis zu 19,4 % in der Gruppe der Kälber mit einer Erkrankungsdauer von 14 bis 16 Tagen ($n = 31$). Dauerte die Durchfallerkrankung 17 bis 19 ($n = 28$) bzw. 20 bis 22 ($n = 17$) Tage an, bildeten die Tiere ohne Exsikkose den größten Anteil (46,4 % / 41,2 %). Dagegen waren in den Gruppen mit einer Erkrankungsdauer von fünf bis sieben ($n = 24$) bzw. acht bis zehn Tagen ($n = 47$) die Anteile der Tiere ohne Exsikkoseanzeichen und die der Kälber mit hochgradiger Exsikkose jeweils gleich groß (41,7 % / 38,3 %). Mit Ausnahme dieser vier Kälbergruppen und der zwei Tiere mit der minimalen Erkrankungsdauer macht die Fraktion der Tiere mit hochgradiger Exsikkose den jeweils größten Anteil aus.

Zwischen dem Grad der Exsikkoseausprägung und der Erkrankungsdauer bestand kein statistisch signifikanter Zusammenhang.

Tabelle 94: Anzahl der Kälber mit unterschiedlichen Exsikkose-Ausprägungen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer (n = 227)

Erkrankungsdauer (Tage)	Ausprägung der Exsikkose			Summe
	keine	geringgradig	hochgradig	
4	1	1	0	2
5 - 7	10	4	10	24
8 - 10	18	11	18	47
11 - 13	13	10	23	46
14 - 16	6	8	17	31
17 - 19	13	5	10	28
20 - 22	7	5	5	17
23 - 25	4	4	6	14
26 - 28	3	0	4	7
29 - 31	0	0	3	3
≥ 32	1	2	5	8

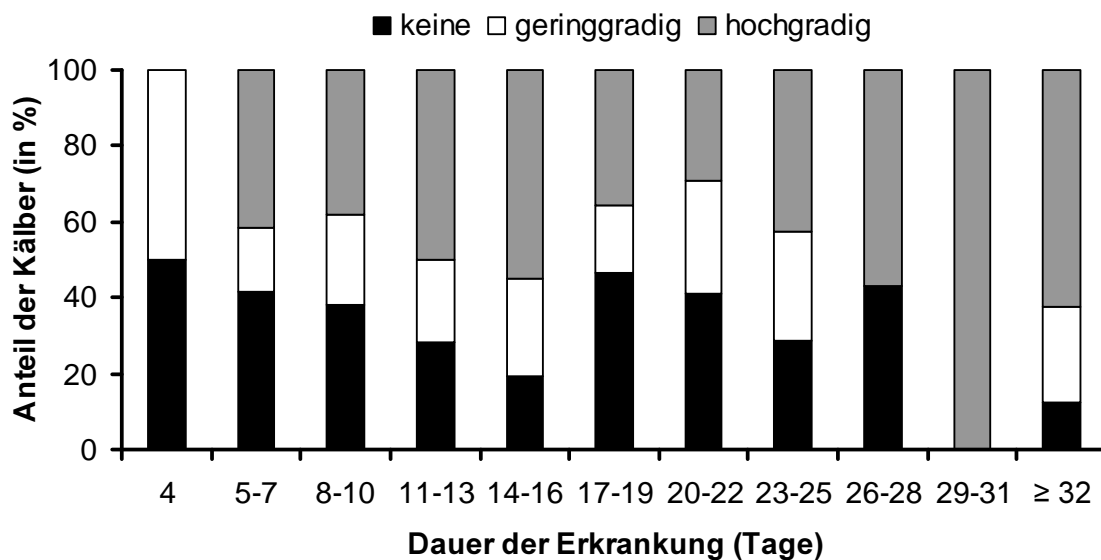


Abbildung 157: Anteile der Kälber mit unterschiedlichen Exsikkose-Ausprägungen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer (n = 227)

Schicksal

Bei 462 Kälbern konnte das Vorliegen einer Exsikkose zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Tiere betrachtet werden. Im Rahmen dieser Untersuchung wiesen in der Gruppe der verstorbenen Kälber ($n = 99$) 67,7 % der Tiere eine hochgradige Exsikkose auf; 12,1 % der Tiere zeigten geringgradige und 20,2 % keine Exsikkoseanzeichen. In der Gruppe der Kälber, die gesund entlassen werden konnten ($n = 363$), bildeten ebenfalls die Tiere mit hochgradiger Exsikkose mit 45,4 % den größten Anteil. Der Anteil der Kälber mit geringgradiger Exsikkose betrug in dieser Gruppe 22,3 %, während nur 32,2 % der Tiere keine Anzeichen einer Exsikkose aufwiesen (Abbildung 158). In der Gruppe der Tiere mit hochgradiger Exsikkose ($n = 16$) lag der Anteil der verstorbenen Kälber mit 28,9 % höher als in den Gruppen mit geringgradigen (12,9 %) oder fehlenden Exsikkoseanzeichen (14,6 %) (Tabelle 95).

Nach dem Ergebnis der monofaktoriellen Datenanalyse verstarben die Tiere mit ausgeprägter Exsikkose zum Zeitpunkt der Einlieferung signifikant häufiger als Kälber ohne Exsikkose ($p = 0,0001$). Im Rahmen der multifaktoriellen Analyse ergab sich jedoch kein entsprechender Zusammenhang.

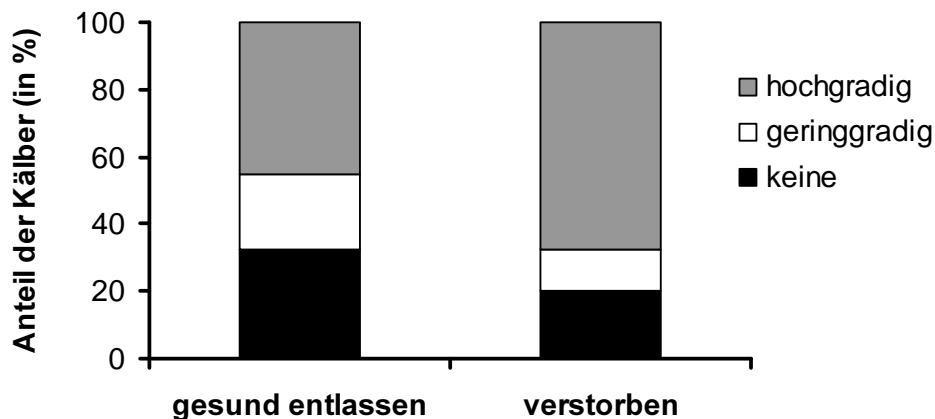


Abbildung 158: Anteile der Kälber mit unterschiedlichen Exsikkose-Ausprägungen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Kälber (gesund entlassen $n = 363$; verstorben $n = 99$)

Tabelle 95: Anzahl und Anteil der Kälber mit neonataler Diarrhoe, die gesund entlassen werden konnten bzw. verstarben in Bezug zur Ausprägung einer Exsikkose zum Zeitpunkt der Aufnahmeuntersuchung (n = 462)

Ausprägung der Exsikkose	gesund entlassen		verstorben		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
keine	117	85,4	20	14,6	291
geringgradig	81	87,1	12	12,9	113
hochgradig	165	71,1	67	28,9	16

Erregerspektrum

Mit Hilfe der Daten von 242 Kälbern war es möglich, das Vorliegen bzw. die Ausprägung einer Exsikkose im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung in Beziehung zum nachgewiesenen Diarrhoe-Erreger zu setzen. Beim Vorliegen von Mischinfektionen wurden die beteiligten Erreger unabhängig voneinander betrachtet. Unter der Beteiligung von Kryptosporidien (n = 172), spezifischen *Escherichia coli*-Serogruppen (n = 93) und Rotaviren (n = 98) bestanden nur geringe Unterschiede in der Verteilung der verschiedenen Befunde zur Exsikkoseausprägung. In diesen Gruppen bildeten jeweils die Tiere mit hochgradiger Exsikkose mit über 50 % die größte Fraktion (58,7 % / 58,1 % / 53,1 %) und die Tiere mit geringgradiger Exsikkose den kleinsten Anteil (19,8 % / 15,1 % / 21,4 %). Unter der Beteiligung von Coronaviren (n = 12) war der Anteil der Tiere mit hochgradiger Exsikkose (41,7 %; 5 Tiere) genauso groß wie der Anteil der Tiere mit geringgradiger Exsikkose (41,7 %; 5 Tiere). In dieser Gruppe zeigten lediglich 16,7 % der Kälber keine Anzeichen einer Exsikkose (Abbildung 159).

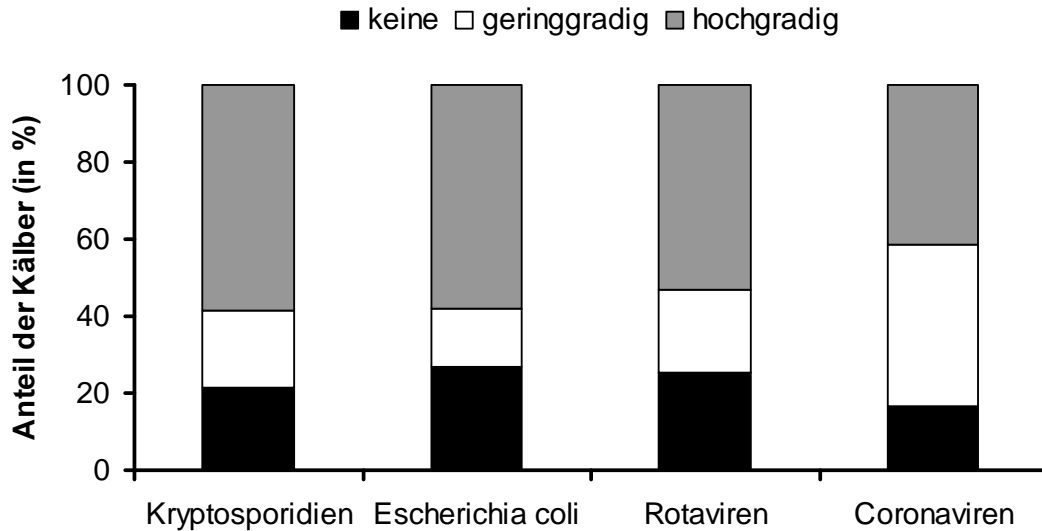


Abbildung 159: Anteile der Kälber mit verschiedenen Exsikkose-Ausprägungen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit der beteiligten Erreger (242 Kälber mit vollständig vorliegenden Ergebnissen der parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchung)

Bei Kälbern mit positivem Kryptosporidiennachweis war die Exsikkose stärker ausgeprägt als bei Tieren mit negativem Ergebnis. Dieser Zusammenhang erwies sich als statistisch signifikant ($p = 0,0003$), während für die anderen Erreger keine derartige Wechselbeziehung gefunden werden konnte.

Erfolgte die Einteilung der Kälbergruppen nur nach der Anzahl der involvierten Durchfallerreger unabhängig von der Art der beteiligten Erreger, überwogen sowohl in der Gruppe der Monoinfektionen ($n = 127$) als auch in den Gruppen mit Infektionen durch mehrere Durchfallerreger ($n = 115$) die Tiere mit hochgradiger Exsikkose. Dabei war der Anteil in der Gruppe mit Infektion durch lediglich einen Durchfallerreger ($n = 127$) mit 44,1 % jedoch geringer als in den beiden anderen Fraktionen (Tabelle 96).

Tabelle 96: Anzahl und Anteile der Kälber mit verschiedenen Exsikkose-Ausprägungen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Anzahl der beteiligten Durchfallerreger (n = 242)

Erregeranzahl	keine		geringgradig		hochgradig		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Monoinfektion	38	29,9	33	26,0	56	44,1	127
2 Erreger	18	18,8	19	19,8	59	61,5	96
3 Erreger	5	26,3	1	5,3	13	68,4	19

4.3.1.13.1.4 Kotbeschaffenheit

Im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung wurde bei 511 Kälbern die Kotkonsistenz überprüft. 213 Tiere (41,7 %) hatten dünnbreiigen, 298 Tiere (58,3 %) wässrigen Kot.

Kotfarbe

Die Farbe des Durchfallkotes konnte bei 503 Kälbern am Tag der Einlieferung in die Klinik einer von 15 verschiedenen Farbgruppen zugeordnet werden. Mit 58,1 % (292 Tiere) bildeten die Kälber mit gelbem Kot die mit Abstand größte Gruppe. 80 Tiere (15,9 %) wiesen ockerfarbenen, 43 Tiere (8,5 %) gelb-grünen Kot auf. Die insgesamt 39 Kälber, bei denen der Durchfallkot von weißer, roter, gelb-roter, braun-roter, grau-roter, grauer, grün-grauer, braun-grauer oder braun-grüner Farbe war, wurden zu einer Gruppe „sonstige Kotfärbungen“ zusammengefasst, deren Anteil 7,8 % betrug. Die Verteilung auf die verschiedenen Farbgruppen geben Abbildung 160 und Tabelle 97 wieder.

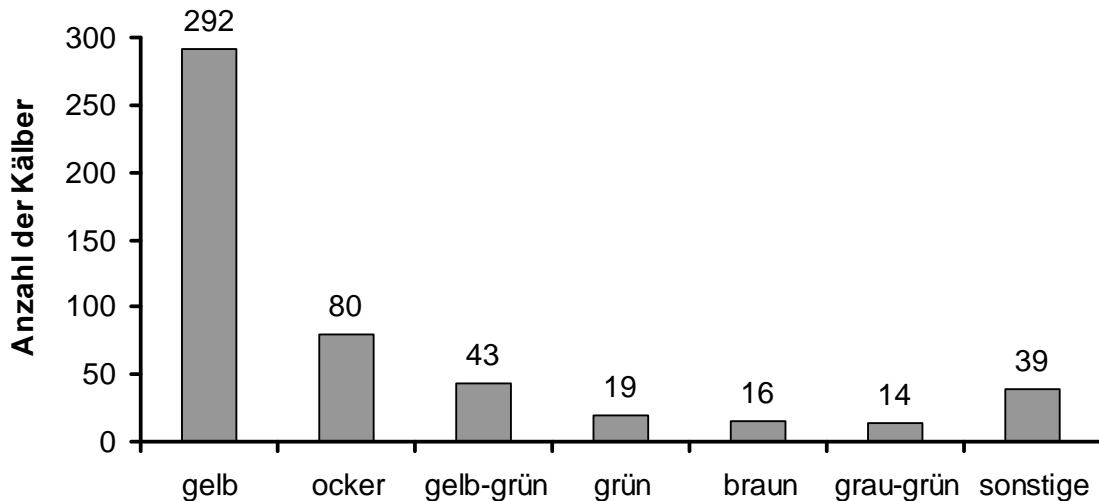


Abbildung 160: Verteilung der Kotfarbe am Tag der Einlieferung in die auf verschiedene Farbgruppen (n = 503)

Tabelle 97: Anzahl der Tiere mit Kot von unterschiedlichen Färbungen, die zu einer Gruppe „sonstige Kotfärbungen“ zusammengefasst wurden (n = 39)

Kotfarbe	Anzahl der Tiere
gelb-rot	8
braun-grün	6
grün-grau	6
braun-rot	5
grau	5
grau-rot	3
weiß	3
rot	2
braun-grau	1
Summe	39

Wurde die Konsistenz des Kotes in Beziehung zur Farbe des Kotes am Tag der Einlieferung in die Klinik gesetzt, überwogen in acht von sieben Gruppen die Tiere mit wässrigem Kot mit Anteilen von über 60 %. In der Gruppe der Kälber mit ockerfarbenem Kot (n = 80) wiesen jedoch 53,8 % (43 Tiere) Kot von dünnbreiiger Konsistenz auf (Abbildung 161).

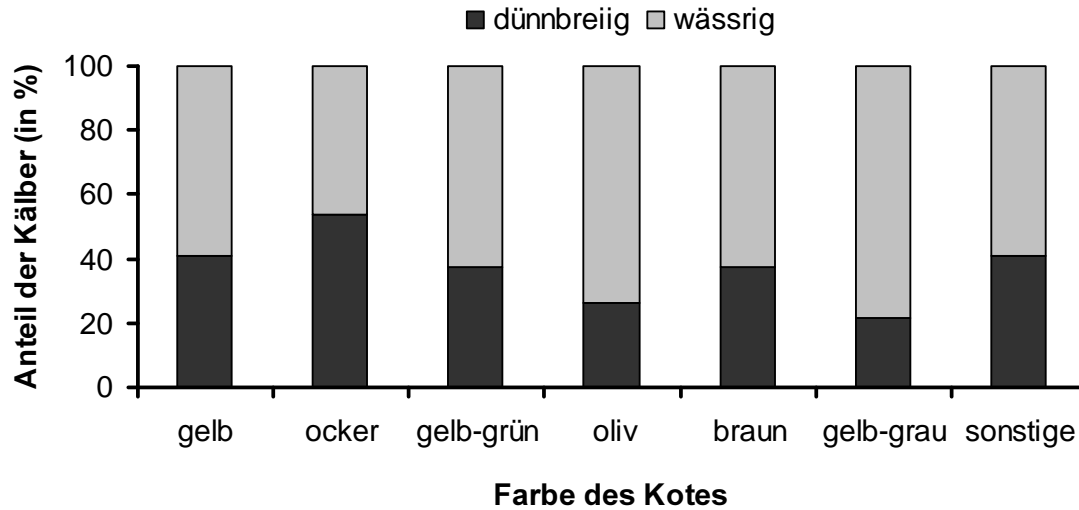


Abbildung 161: Anteile der Kälber mit dünnbreiigem oder wässrigem Kot zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Kotfarbe (n = 503)

Alter

Wird die Kotkonsistenz zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Zusammenhang mit dem Alter bei Krankheitsbeginn betrachtet (n = 510), überwog an elf Tagen der Anteil der Kälber wässrigem Kot innerhalb einer Spanne von 52,6 % bei Kälbern, die am achten Lebenstag erste Symptome aufwiesen (n = 38), bis 71,4 % bei Kälbern, die am zwölften Lebenstag erkrankten (n = 7). In den Gruppen der Kälber, die am dritten (n = 63), elften (n = 16) bzw. am 13. Lebenstag (n = 8) an neonataler Diarrhoe erkrankten, bildeten dagegen die Tiere mit Kot dünnbreiger Konsistenz mit 52,3 %, 56,3 % bzw. 62,5 % die größten Fraktionen (Tabelle 98, Abbildung 162).

Es gab keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Kotkonsistenz und dem Alter bei Krankheitsbeginn.

Tabelle 98: Anzahl der Kälber, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung dünnbreiigen oder wässrigen Kot aufwiesen, in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 510)

Kotkonsistenz	Alter zu Beginn der Erkrankung (Tage)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
dünnbreiig	13	14	34	24	20	32	15	18	12	11	9	2	5	3
wässrig	21	34	31	39	28	38	34	20	17	15	7	5	3	6
Summe	34	48	65	63	48	70	49	38	29	26	16	7	8	9

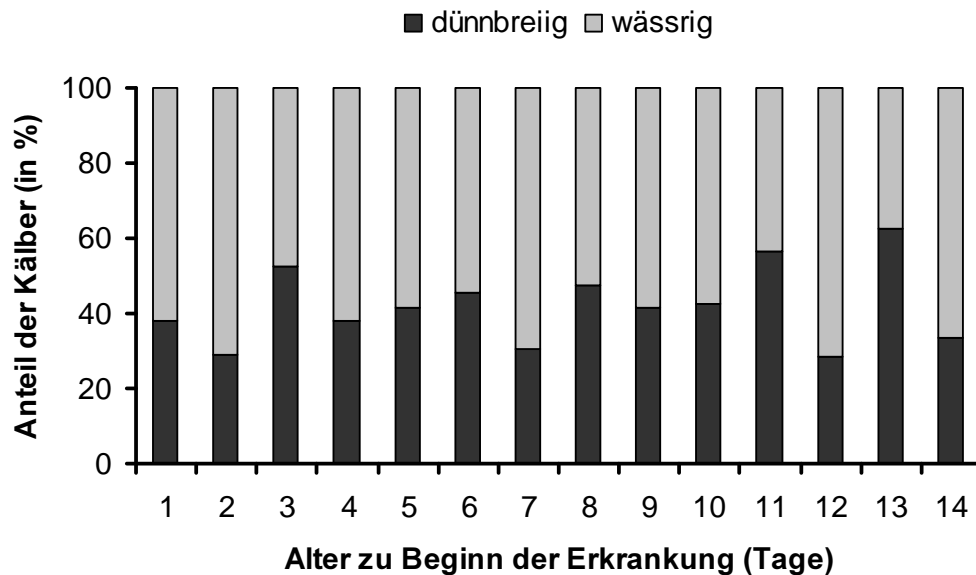


Abbildung 162: Anteile der Kälber, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung dünnbreiigen oder wässrigen Kot aufwiesen, in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 510)

Dauer

In Abbildung 163 wird die Kotkonsistenz in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer dargestellt. Bei 244 Kälbern lagen entsprechende Daten zur Auswertung vor. Die Größe der jeweiligen Gruppen gibt Tabelle 99 wieder. Die durchschnittliche Erkrankungsdauer der Kälber mit dünnbreiigem Kot (n = 102) betrug $14,4 \pm 7$ Tage, die der Kälbern mit wässrigem Kot (n = 142) $14,6 \pm 7$ Tage.

Beide Kälber mit der nach Definition minimalen Erkrankungsdauer von vier Tagen setzten Kot von wässriger Konsistenz ab. Mit Ausnahme der Kälber, deren Erkrankung 26 bis 28 Tage andauerte, machten die Tiere mit Kot wässriger Konsistenz in den anderen Gruppen mit jeweils über 50 % den größten Anteil aus. Die Kälber mit einer Erkrankungsdauer von 26 bis 28 Tagen ($n = 7$) setzten zu 71,4 % (5 Tiere) Kot dünnbreiiger Konsistenz ab. Es bestand keine statistisch signifikante Beziehung zwischen der Erkrankungsdauer und der Kotkonsistenz.

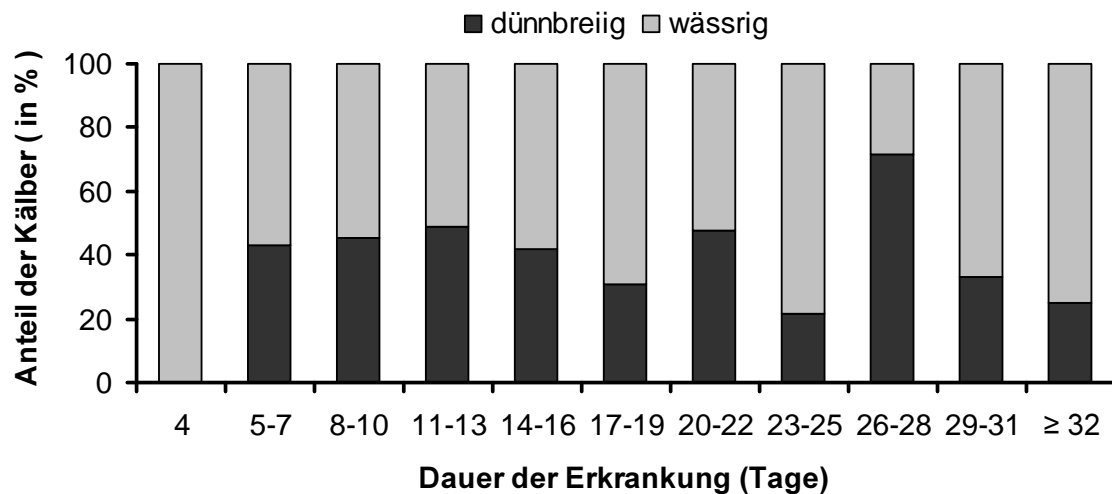


Abbildung 163: Anteile der Kälber, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung dünnbreiigen oder wässrigen Kot aufwiesen, in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer ($n = 244$)

Tabelle 99: Anzahl der Kälber, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung dünnbreiigen oder wässrigen Kot aufwiesen, in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer (n = 244)

Erkrankungsdauer (Tage)	Kotkonsistenz		Summe
	dünnbreiig	wässrig	
4	-	2	2
5 - 7	12	16	28
8 - 10	23	28	51
11 - 13	23	24	47
14 - 16	15	21	36
17 - 19	9	20	29
20 - 22	9	10	19
23 - 25	3	11	14
26 - 28	5	2	7
29 - 31	1	2	3
≥ 32	2	6	8

Schicksal

Bei 498 Kälbern konnte die Kotkonsistenz zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Tiere betrachtet werden. Im Rahmen dieser Untersuchung wiesen in der Gruppe der verstorbenen Kälber (n = 103) 59,2 % der Tiere Kot von wässriger Konsistenz auf; 40,8 % der Tiere setzten dünnbreiigen Kot ab. Im Kollektiv der Kälber, die gesund entlassen werden konnten (n = 395), bildeten ebenfalls die Tiere mit wässrigem Kot mit 57,7 % die größte Gruppe. Der Anteil der Kälber mit dünnbreiigem Kot betrug in dieser Gruppe 42,3 % (Abbildung 164).

In der Gruppe der Tiere mit wässriger Diarrhoe (n = 289) lag der Anteil der verstorbenen Kälber mit 22,1 % geringgradig höher als in der Gruppe mit dünnbreiiger Kotkonsistenz (20,6 %) (Tabelle 100). Dieser Zusammenhang erwies sich jedoch weder in der monofaktoriellen noch in der multifaktoriellen Datenanalyse als statistisch signifikant.

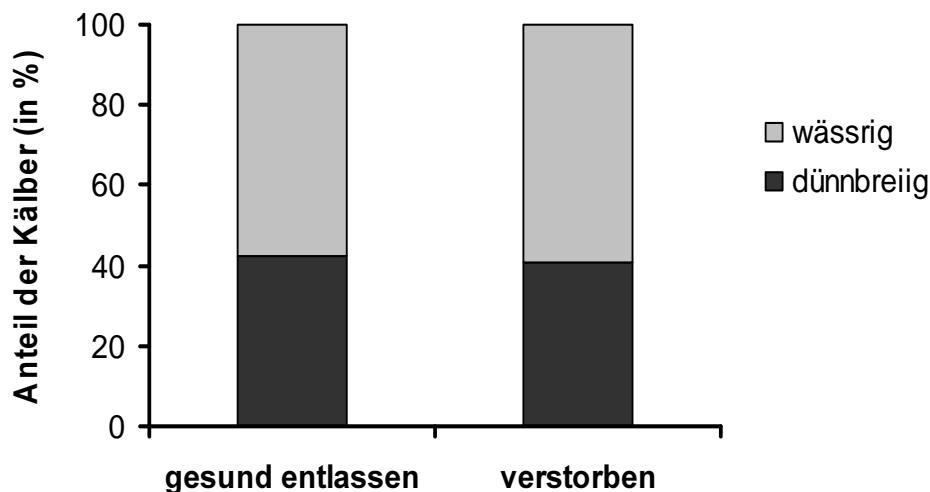


Abbildung 164: Anteile der Kälber mit dünnbreiiger oder wässriger Kotkonsistenz zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Kälber (gesund entlassen n = 395; verstorben n = 103)

Tabelle 100: Anzahl und Anteile der Kälber mit neonataler Diarrhoe, die gesund entlassen werden konnten bzw. verstarben in Bezug zur Kotkonsistenz zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik (n = 498)

Kotkonsistenz	gesund entlassen		verstorben		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
dünnbreiig	167	79,4	42	20,6	209
wässrig	228	77,9	61	22,1	289

Erregerspektrum

Mit Hilfe der Daten von 243 Kälbern war es möglich, die Konsistenz des Durchfallkotes im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung in Beziehung zum nachgewiesenen Diarrhoe-Erreger zu setzen. Beim Vorliegen von Mischinfektionen wurden die beteiligten Erreger unabhängig voneinander betrachtet.

Unter der Beteiligung von Kryptosporidien (n = 172), spezifischen Escherichia coli-Serogruppen (n = 94) und Rotaviren (n = 99) bestanden nur geringe Unterschiede in der Verteilung der verschiedenen Befunde zur Kotkonsistenz. In diesen Gruppen bildeten jeweils die Tiere mit wässriger Diarrhoe mit etwa 60 % die größte Fraktion

(60,5 % / 58,5 % / 60,6 %). Unter der Beteiligung von Coronaviren ($n = 12$) lag der Anteil der Tiere mit wässriger Kotkonsistenz bei 83,3 % (5 Tiere). In dieser Gruppe zeigten lediglich 16,7 % der Kälber dünnbreiigen Kot (Abbildung 165).

Erfolgt die Einteilung der Kälbergruppen nur nach der Anzahl der involvierten Durchfallerreger unabhängig von der Art der beteiligten Erreger, überwogen in allen Gruppen die Tiere mit wässriger Diarrhoe. Dabei war der Anteil in der Gruppe mit Infektion durch drei Durchfallerreger ($n = 19$) mit 73,7 % jedoch größer als in den beiden anderen Fraktionen (Tabelle 101). Weder die nachgewiesenen Erreger noch ihre Anzahl hatten einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Kotkonsistenz.

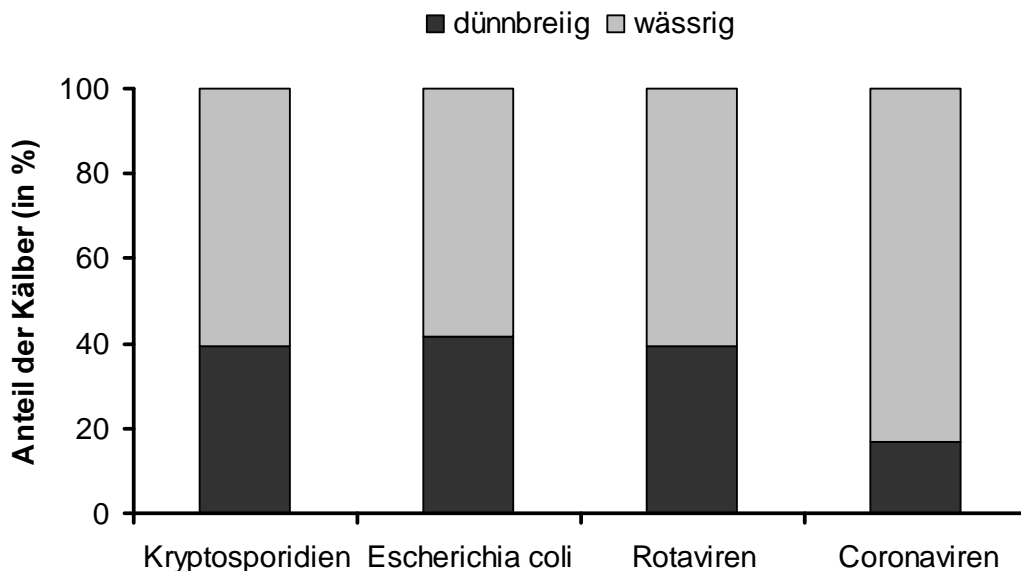


Abbildung 165: Anteile der Kälber mit dünnbreiiger oder wässriger Kotkonsistenz zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit der beteiligten Erreger (243 Kälber mit vollständig vorliegenden Ergebnissen der parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchung)

Tabelle 101: Anzahl und Anteile der Kälber mit dünnbreiigem oder wässriger Kotkonsistenz zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Anzahl der beteiligten Durchfallerreger (n = 243)

Erregeranzahl	dünnbreiig		wässrig		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
Monoinfektion	54	42,5	73	57,5	127
2 Erreger	40	41,2	57	58,8	97
3 Erreger	5	26,3	14	73,7	19

Bei 125 Kälbern mit einer nachgewiesenen Monoinfektion konnte der Erreger in Zusammenhang mit der Kotfarbe am Tag der Einlieferung betrachtet werden. Unabhängig vom auslösenden Erreger hatten die Tiere mit gelbem Durchfallkot mit über 50 % jeweils den größten Anteil. In der Gruppe der Kälber mit einer Infektion durch spezifische *Escherichia coli*-Serogruppen (n = 21) wiesen zwei Kälber Kot von roter Farbe auf (9,5 %) und bildeten damit in dieser Gruppe die Fraktion „sonstige“ Farben des abgesetzten Kotes (Tabelle 102). Beide Kälber, bei denen Salmonellen im Kot nachgewiesen werden konnten, wiesen bei Einlieferung in die Klinik dünnbreiigen Kot von gelber Farbe auf.

Tabelle 102: Anzahl der Kälber mit nachgewiesenen Monoinfektionen in Bezug auf die Farbe ihres Kotes am Tag der Einlieferung in die Klinik (n = 125)

Erreger	gelb	ocker	braun	grün	gelb-grün	gelb-grau	sonstige	n
Kryptosporidien	39	14	2	2	4	4	7	72
<i>Escherichia coli</i>	16	2	1	-	-	-	2	21
Rotaviren	16	3	1	-	3	2	1	26
Coronaviren	3	2	-	-	-	-	1	6

Im Rahmen einer multifaktoriellen Varianzanalyse konnte zu keinem der ausgewählten Parameter (Alter bei Krankheitsbeginn, Dauer der Erkrankung, Anzahl der beteiligten Erreger, Kryptosporidieninfektion, *E.coli*-Infektion, Rotavirusinfektion, Coronavirusinfektion) ein signifikanter Zusammenhang zur Kotkonsistenz zum Zeitpunkt der Einlieferung in die Klinik ermittelt werden.

4.3.1.13.1.5 Stehvermögen

Im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung wurde bei 481 Kälbern das Stehvermögen überprüft. 289 Tiere (66,3 %) waren in der Lage selbstständig zu stehen, 147 Tiere (33,7 %) lagen fest.

Alter

Wird das Stehvermögen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Bezug zum Alter bei Krankheitsbeginn gesetzt (n = 435), überwogen mit Ausnahme des elften und 13. Tages die Anteile der Kälber mit erhaltenem Stehvermögen. In der Gruppe der Kälber, die am elften (n = 12) bzw. 13. Lebenstag (n = 7) an Diarrhoe erkrankten, war der Anteil der festliegenden Tiere (66,7 % / 57,1 %) größer als der Anteil der Tiere mit erhaltenem Stehvermögen (33,3 % / 42,9 %) (Tabelle 103, Abbildung 166). Je älter die Tiere zum Zeitpunkt der ersten Symptome waren, desto statistisch signifikant häufiger lagen sie zum Zeitpunkt der Einlieferung fest (p = 0,0005).

Tabelle 103: Anzahl der Kälber mit erhaltenem bzw. aufgehobenem Stehvermögen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 435)

Stehvermögen	Alter bei Erkrankung (Tage)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
erhalten	29	27	43	33	33	33	24	20	14	16	4	4	3	5
festliegend	5	16	8	18	10	26	15	13	11	7	8	2	4	4
Summe	34	43	51	51	43	59	39	33	25	23	12	6	7	9

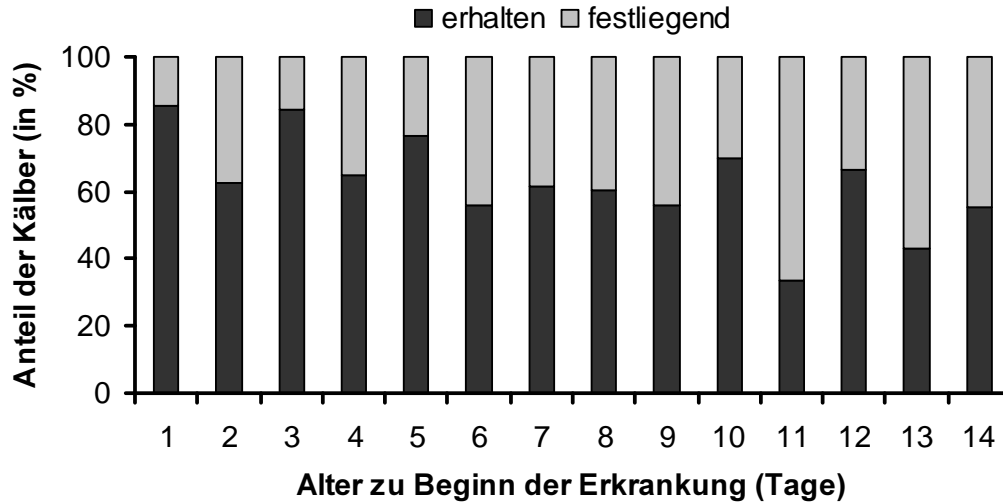


Abbildung 166: Anteile der Kälber mit erhaltenem bzw. aufgehobenem Stehvermögen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 435)

Dauer

Abbildung 167 stellt das Stehvermögen in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer dar. Bei 205 Kälbern lagen entsprechende Daten zur Auswertung vor. Die Größe der jeweiligen Gruppen gibt Tabelle 104 wieder. Die durchschnittliche Erkrankungsdauer der Kälber mit erhaltenem Stehvermögen (n = 147) betrug $15,1 \pm 7$ Tage, die der festliegenden Kälber (n = 58) $15,4 \pm 8$ Tage. Beide Kälber mit der nach Definition minimalen Erkrankungsdauer von vier Tagen waren in der Lage, selbstständig zu stehen. Mit Ausnahme der Kälber, deren Erkrankung 29 bis 31 Tage andauerte, machten die Tiere mit erhaltenem Stehvermögen in den anderen Gruppen mit jeweils über 50 % den größten Anteil aus. Von den drei Kälbern mit einer Erkrankungsdauer von 29 bis 31 Tagen waren zwei Tiere (66,7 %) nicht in der Lage selbstständig zu stehen. Zwischen dem Stehvermögen und der Erkrankungsdauer bestand kein statistisch signifikanter Zusammenhang.

Tabelle 104: Anzahl der Kälber, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung ein erhaltenes oder aufgehobenes Stehvermögen aufwiesen, in Abhängigkeit von der Dauer der Erkrankung (n = 205)

Erkrankungsdauer (Tage)	Stehvermögen		Summe
	erhalten	festliegend	
4	2	-	2
5 - 7	13	6	19
8 - 10	25	12	37
11 - 13	35	8	43
14 - 16	16	14	30
17 - 19	22	5	27
20 - 22	14	3	17
23 - 25	11	2	13
26 - 28	4	3	7
29 - 31	1	2	3
≥ 32	4	3	7

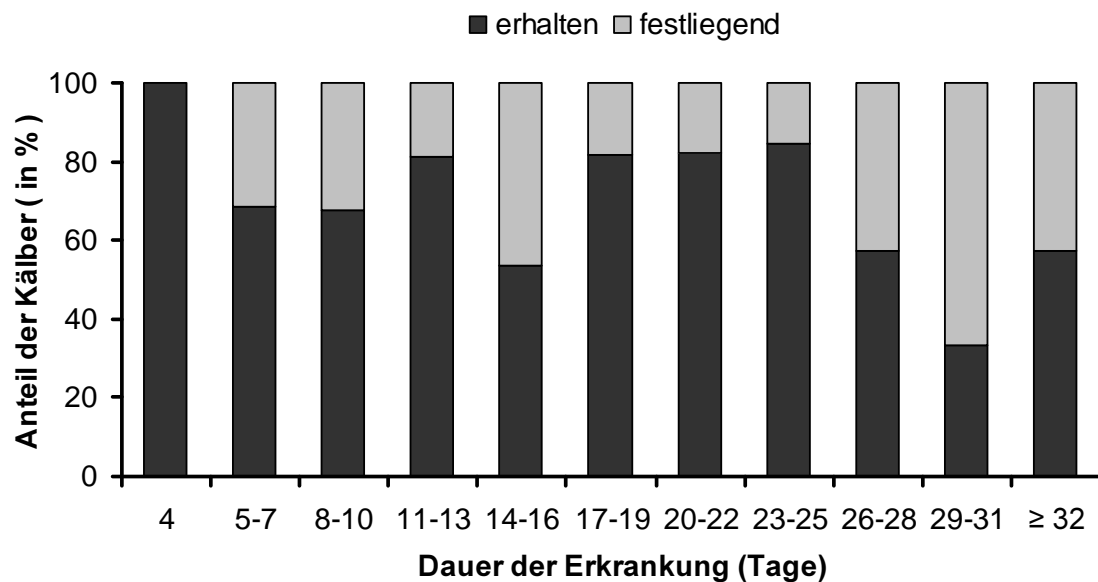


Abbildung 167: Anteile der Kälber, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung ein erhaltenes oder aufgehobenes Stehvermögen aufwiesen, in Abhängigkeit von der Dauer der Erkrankung (n = 205)

Schicksal

Bei 425 Kälbern konnte das Stehvermögen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Tiere analysiert werden. Im Rahmen dieser Untersuchung wiesen in der Gruppe der verstorbenen Kälber ($n = 96$) 45,8 % der Tiere ein erhaltenes Stehvermögen auf, während 54,1 % der Tiere nicht in der Lage waren selbstständig aufzustehen. In der Gruppe der Kälber, die gesund entlassen werden konnten ($n = 329$), bildeten dagegen die Tiere mit erhaltenem Stehvermögen mit 71,7 % den größten Anteil. Der Anteil der festliegenden Kälber betrug in dieser Gruppe 28,3 % (Abbildung 168).

In der Gruppe der festliegenden Tiere ($n = 145$) lag der Anteil der verstorbenen Kälber mit 35,9 % deutlich höher als in der Gruppe mit erhaltenem Stehvermögen (15,7 %; $n = 280$) (Tabelle 105).

Aus dem Ergebnis der einfaktoriellen Datenanalyse geht hervor, dass festliegende Kälber statistisch signifikant häufiger verstarben als Kälber mit erhaltenem Stehvermögen ($p < 0,0001$). Im Rahmen der multifaktoriellen Analyse ergab sich jedoch kein entsprechender Zusammenhang.

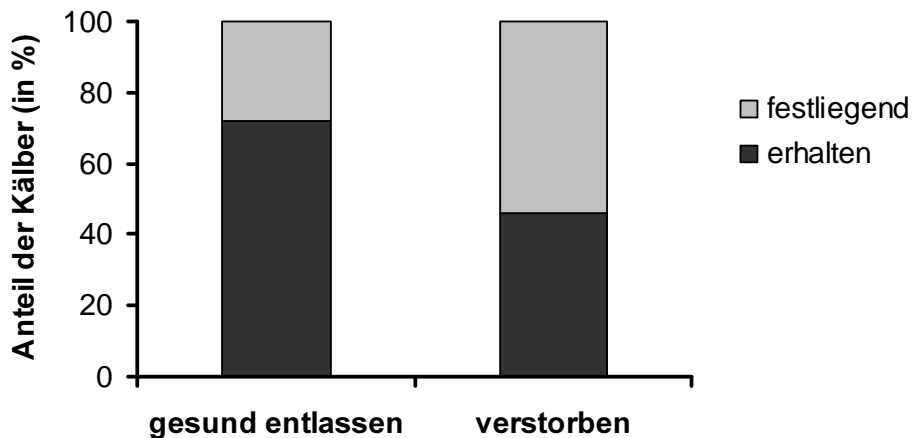


Abbildung 168: Anzahl und Anteile der Kälber mit neonataler Diarrhoe, die gesund entlassen werden konnten bzw. verstarben in Bezug zum Stehvermögen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik ($n = 425$)

Tabelle 105: Anteile der Kälber mit erhaltenem bzw. aufgehobenem Stehvermögen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Kälber (gesund entlassen n = 329; verstorben n = 96)

Stehvermögen	gesund entlassen		verstorben		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
erhalten	236	84,3	44	15,7	280
festliegend	93	64,1	52	35,9	145

Erregerspektrum

Mit Hilfe der Daten von 235 Kälbern war es möglich, das Stehvermögen im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung in Beziehung zum nachgewiesenen Diarrhoe-Erreger zu setzen. Beim Vorliegen von Mischinfektionen wurden die beteiligten Erreger unabhängig voneinander betrachtet. In allen Erregergruppen (Kryptosporidien [n = 166], spezifische Escherichia coli-Serogruppen [n = 91], Rotaviren [n = 94], Coronaviren [n = 10]) bestanden nur geringe Unterschiede in der Verteilung der verschiedenen Befunde zum Stehvermögen. Die größte Fraktion wurde in diesen Gruppen jeweils von den Tieren mit erhaltenem Stehvermögen (64,5 % / 65,9 % / 63,8 % / 60 %) gebildet (Abbildung 169).

Erfolgt die Einteilung der Kälbergruppen nur nach der Anzahl der involvierten Durchfallerreger unabhängig von der Art der beteiligten Erreger, überwogen in allen Gruppen die Tiere, die in der Lage waren, selbstständig aufzustehen. Dabei war der Anteil der festliegenden Tiere in der Gruppe mit Infektionen durch zwei Durchfallerreger (n = 93) mit 41,9 % am größten. Am geringsten war der Anteil der festliegenden Kälber in der Gruppe mit Infektionen durch drei Erreger (23,5 %; n = 17) (Tabelle 106). Die Beziehung zwischen dem Stehvermögen und der Erregeranzahl erwies sich als statistisch nicht signifikant.

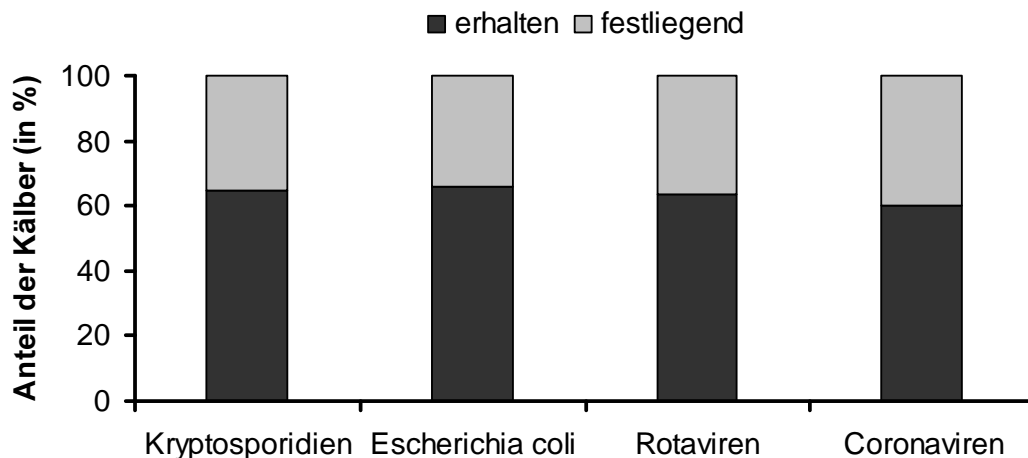


Abbildung 169: Anteile der Kälber mit erhaltenem bzw. aufgehobenem Stehvermögen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit der beteiligten Erreger (235 Kälber mit vollständig vorliegenden Ergebnissen der parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchung)

Tabelle 106: Anzahl und Anteile der Kälber mit erhaltenem bzw. aufgehobenem Stehvermögen zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Anzahl der beteiligten Durchfallerreger (n = 235)

Erregeranzahl	erhalten		festliegend		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
Monoinfektion	86	68,5	39	31,2	125
2 Erreger	54	58,1	39	41,9	93
3 Erreger	13	76,5	4	23,5	17

Im Rahmen der multifaktoriellen Varianzanalyse konnte der statistisch signifikante Zusammenhang zwischen dem Alter bei Krankheitsbeginn und dem Stehvermögen, der in der explorativen Analyse ermittelt wurde, bestätigt werden ($p = 0,023$). Zwischen dem Stehvermögen und der Dauer der Erkrankung sowie der Erregeranzahl ergab sich wiederum keine statistisch signifikante Beziehung.

Weitere Parameter

Im Rahmen einer multifaktoriellen Datenanalyse wurde zusätzlich der Einfluss der Körperinnentemperatur und klinischer Anzeichen einer Exsikkose auf das Stehvermögen zum Zeitpunkt der Aufnahmeuntersuchung überprüft. Je geringer die Temperatur ($p < 0,0001$) und je ausgeprägter die klinischen Exsikkose-Anzeichen ($p < 0,0001$) ausfielen, desto statistisch signifikant häufiger lagen die Kälber fest.

4.3.1.13.1.6 Begleiterkrankungen

Von 511 Kälbern mit neonataler Diarrhoe wiesen 193 Tiere (37,8 %) keine weiteren Erkrankungen auf. 318 Tiere (62,2 %) zeigten im Verlauf des Klinikaufenthaltes Anzeichen zusätzlicher Erkrankungen oder Symptomkomplexe (Tabelle 107). Bei 212 Kälbern bestand ein möglicher ursächlicher Zusammenhang zwischen der neonatalen Diarrhoe und den aufgetretenen Begleiterkrankungen.

Tabelle 107: Verteilung der Kälber mit neonataler Diarrhoe ($n = 511$) in Bezug auf die Anzahl der während des Klinikaufenthaltes entwickelten assoziierten Erkrankungen

Anzahl zusätzlicher Erkrankungen	Anzahl der Kälber	Anteil (%)
0	193	37,8
1	187	36,6
2	100	19,6
3	25	4,9
4	6	1,2
Summe	511	100,0

Als häufigste Begleiterkrankung trat die Bronchopneumonie mit einem Anteil von 24,3 % am Gesamtkollektiv ($n = 511$) und einem Anteil von 39 % in der Gruppe der Kälber mit zusätzlichen Erkrankungen ($n = 318$) auf. Insgesamt traten zusätzlich zur neonatalen Diarrhoe 21 verschiedene Erkrankungen und Symptomkomplexe auf (Tabelle 108).

Jeweils zehn Kälber wiesen eine Bronchopneumonie in Kombination mit einer Hernia umbilicalis oder einer entzündlichen Erkrankung des Nabels auf und bildeten so die größten Gruppen der Tiere mit mehreren zusätzlichen Erkrankungen (n = 126).

Tabelle 108: Verteilung der Kälber mit neonataler Diarrhoe auf die jeweiligen Begleiterkrankungen bzw. assoziierte Symptomkomplexe, sowie ihr Anteil am Gesamtkollektiv (n = 511)

Krankheit / Symptomkomplex	Anzahl Kälber	Anteil in %	ursächlicher Zusammenhang mit Diarrhoe möglich
Bronchopneumonie	124	24,3	+
Trinkschwäche	72	14,1	+
Nabelerkrankungen	65	12,7	+
Hernia umbilicalis	49	9,6	-
ZNS-Symptomatik	46	9,0	+
Thrombophlebitis	34	6,7	+
Prämaturität	20	3,9	+
Arthritis	15	2,9	+
Sepsis	14	2,7	+
Gliedmaßen-Fehlstellung	13	2,5	-
Pansentrinken	7	1,4	+
Labmagen-Ulzera	5	1,0	+
Myiasis	5	1,0	+
Trittverletzungen	3	0,6	-
Niereninsuffizienz	3	0,6	+
Gliedmaßenfraktur	2	0,4	-
Struma	2	0,4	-
Volvolus	1	0,2	+
Aszites	1	0,2	+

Schicksal

Bei 498 Kälbern mit neonataler Diarrhoe wurde das Vorliegen von Begleiterkrankungen in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Tiere betrachtet. Mit zunehmender Anzahl an Begleiterkrankungen nahm der Anteil der verstorbenen Tiere stetig zu. Während er in der Gruppe der Kälber ohne zusätzliche Erkrankungen (n = 192) lediglich 15,6 % betrug, machten die verstorbenen Kälber in der Gruppe der Tiere mit vier zusätzlichen Erkrankungen (n = 6) einen Anteil von 66,7 % aus (Tabelle 109).

Tabelle 109: Anzahl und Anteile der Kälber mit neonataler Diarrhoe, die gesund entlassen werden konnten bzw. verstarben, in Bezug zur Anzahl der Begleiterkrankungen (n = 498)

Anzahl Begleiterkrankungen	gesund entlassen		verstorben		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
keine	162	84,4	30	15,6	192
1 Erkrankung	151	83,9	29	16,1	180
2 Erkrankungen	70	72,9	26	27,1	96
3 Erkrankungen	10	41,7	14	58,3	24
4 Erkrankungen	2	33,3	4	66,7	6

Diarrhoe-assoziierte Erkrankungen

Wurde das Vorliegen von zusätzlichen Erkrankungen, die in einem möglichen ursächlichen Zusammenhang mit der Diarrhoe standen (siehe Tabelle 108), in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Tiere betrachtet, wiesen in der Gruppe der verstorbenen Kälber (n = 103) 30,1 % der Tiere keine weiteren Erkrankungen auf; während 31,1 % der Tiere eine zusätzliche Erkrankung und 38,8 % mehr als eine zusätzliche Erkrankung entwickelten. In der Gruppe der Kälber, die gesund entlassen werden konnten (n = 395), bildeten dagegen die Tiere ohne diarrhoe-assoziierte Begleiterkrankungen mit 48,9 % den größten Anteil. Der Anteil der Kälber mit einer zusätzlichen Erkrankung betrug in dieser Gruppe 35,4 %, der Anteil der Tiere mit mehr als einer assoziierten Begleiterkrankung betrug 15,7 % (Abbildung 170).

Aus dem Ergebnis der einfaktoriellen Datenanalyse geht hervor, dass Kälber statistisch signifikant häufiger verstarben je größer die Anzahl der diarrhoe-assoziierten Erkrankungen war ($p < 0,0001$). Im Rahmen der multifaktoriellen Analyse konnte dieser Zusammenhang bestätigt werden ($p < 0,0001$).

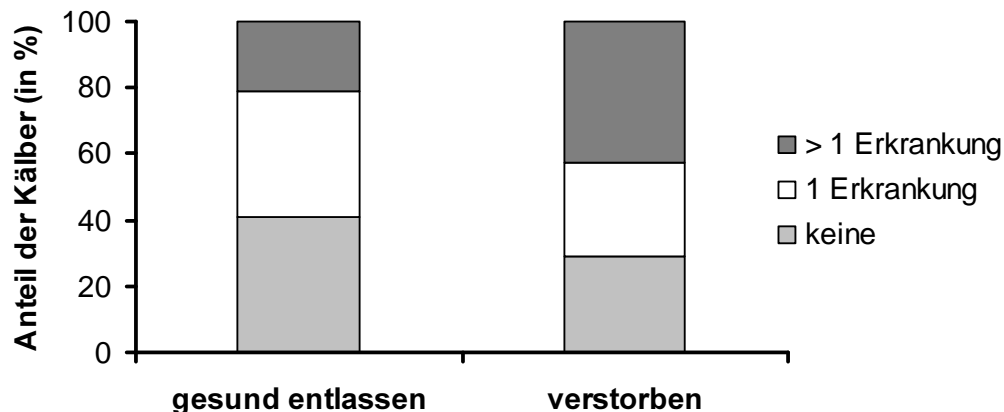


Abbildung 170: Anteile der Kälber ohne und mit diarrhoe-assoziierten Begleiterkrankungen in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Kälber (gesund entlassen $n = 395$; verstorben $n = 103$)

4.3.1.13.1.7 Venöser pH-Wert

Der durchschnittlich ermittelte venöse pH-Wert ($n = 459$) zum Zeitpunkt der Aufnahme betrug 7,180 mit einer Standardabweichung von 0,176. Die Spanne reichte von 6,529 (Minimum) bis 7,492 (Maximum). Von 374 Kälber (81,5 %) mit einer Blut-Azidose ($< 7,350$) wiesen 81 Tiere (17,6 %, $n = 459$) sogar einen venösen pH-Wert $< 7,0$ auf, während lediglich ein Kalb (0,2 %) eine Blut-Alkalose ($> 7,450$) zeigte. Bei 84 Tieren (18,3 %) lag der pH-Wert innerhalb des Referenzbereiches (Abbildung 171).

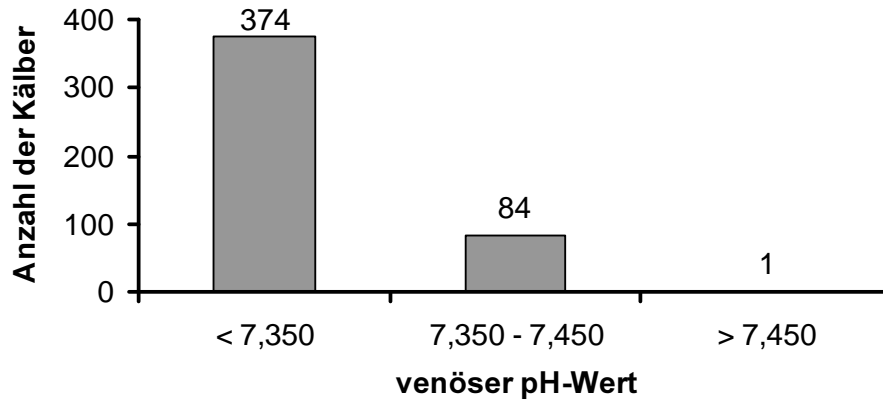


Abbildung 171: Anzahl der Kälber mit Blut-Azidose, Blut-Alkalose bzw. venösen pH-Werten im Normbereich zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik (n = 459)

Ingesamt wurde bei den weiblichen Kälbern ein statistisch signifikant niedrigerer venöser pH-Wert gemessen als bei den männlichen Tieren ($p = 0,013$).

Alter

Wird der venöse pH-Wert zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Bezug zum Alter bei Krankheitsbeginn gesetzt (n = 458), überwog an allen Tagen der Anteil der Kälber mit pH-Werten < 7,350. Die Tiere, die am zwölften (n = 7) bzw. 13. Lebenstag (n = 7) erkrankten, wiesen dabei zu 100 % eine Azidose auf. Das einzige Kalb mit einem pH-Wert > 7,450 erkrankte am zweiten Lebenstag (Tabelle 110, Abbildung 172).

Je älter die Tiere bei Krankheitsbeginn waren, desto signifikant niedriger war ihr venöser pH-Wert zum Zeitpunkt der Einlieferung ($p < 0,001$). Auch zwischen dem Alter zum Zeitpunkt der Einlieferung in die Klinik und dem venösen pH-Wert bestand ein signifikanter negativer Zusammenhang ($p = 0,003$).

Tabelle 110: Anzahl der Kälber mit Blut-Azidose, Blut-Alkalose bzw. venösen pH-Werten im Normbereich zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 458)

pH-Wert	Alter bei Krankheitsbeginn (Tage)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
< 7,350	21	33	37	47	39	52	39	31	22	20	13	7	7	6
7,350 - 7,450	10	9	16	7	7	14	7	2	3	4	2	-	-	2
> 7,450	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe	31	43	53	54	46	66	46	33	25	24	15	7	7	8

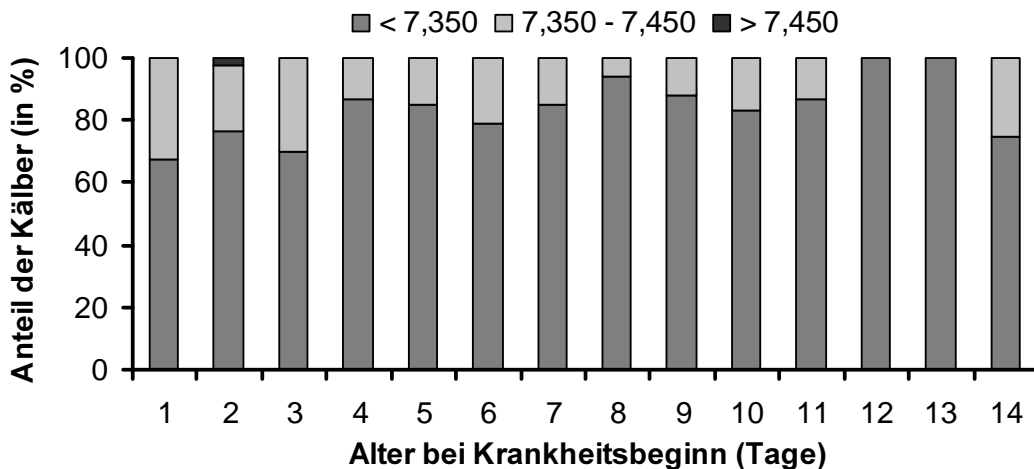


Abbildung 172: Anteile der Kälber mit Blut-Azidose, Blut-Alkalose bzw. pH-Werten im Normbereich zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 458)

Dauer

Anhand der Daten von 215 Kälbern wurde der pH-Wert zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik im Zusammenhang mit der Dauer der Durchfallerkrankung betrachtet. In allen Untergruppen verfügte die Gruppe der Kälber mit pH-Werten < 7,350 über einen Anteil von mindestens 55 %. Mit 44,4 % den größten Anteil an Kälbern mit einem pH-Wert im Normbereich besaß die Gruppe der Tiere mit einer Erkrankungsdauer von 20 bis 22 Tagen (n = 18). Für das Tier mit einem pH-Wert über 7,450 konnte keine Erkrankungsdauer ermittelt werden. (Tabelle 111, Abbildung 173). Es bestand kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem venösen pH-Wert zum Zeitpunkt der Einlieferung und der Erkrankungsdauer.

Tabelle 111: Anzahl der Kälber mit Blut-Azidose bzw. pH-Werten im Normbereich zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer (n = 215)

Erkrankungsdauer (Tage)	pH-Wert		Summe
	< 7,350	7,350 - 7,450	
4	2	-	2
5 - 7	17	-	17
8 - 10	37	9	46
11 - 13	35	10	45
14 - 16	28	5	33
17 - 19	19	5	24
20 - 22	10	8	18
23 - 25	9	4	13
26 - 28	6	1	7
29 - 31	3	-	3
≥ 32	6	1	7

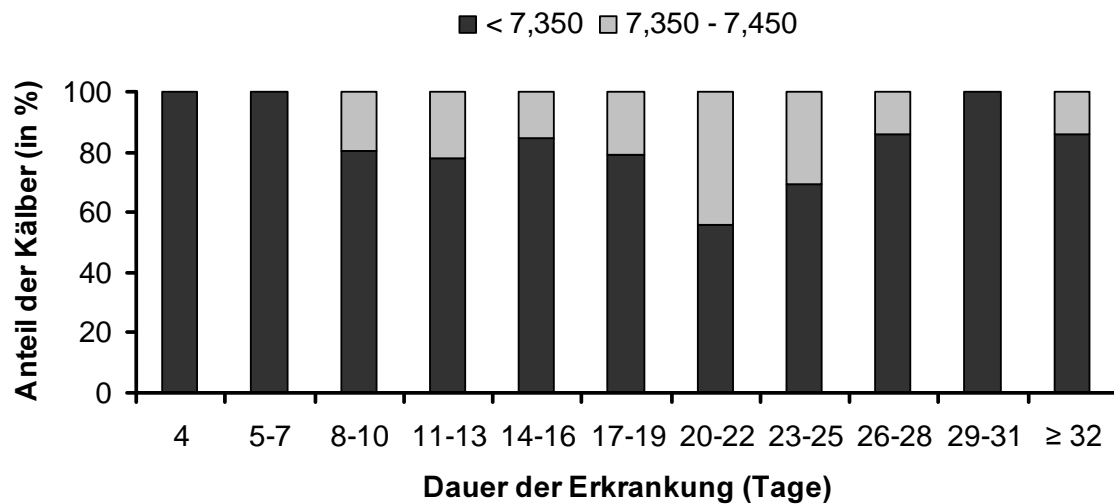


Abbildung 173: Anteile der Kälber mit Blut-Azidose bzw. pH-Werten im Normbereich zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer (n = 215)

Schicksal

Bei 447 Kälbern konnte der pH-Wert des Blutes zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Tiere betrachtet werden. In der Gruppe der verstorbenen Kälber ($n = 100$) wiesen 89 % der Tiere einen pH-Wert $< 7,350$ auf; bei 11 % der Tiere lag der pH-Wert im Referenzbereich. Keines der verstorbenen Tiere wies einen pH-Wert $> 7,450$ auf. Den größten Anteil in der Gruppe der Kälber, die gesund entlassen werden konnten ($n = 347$), bildeten ebenfalls die Tiere mit einem pH-Wert $< 7,350$ mit 79,5 % (276 Tiere). Dagegen wiesen 20,2 % (70 Tiere) der Kälber dieser Gruppe einen normalen pH-Wert sowie 0,3 % (1 Tier) einen pH-Wert $> 7,450$ auf (Abbildung 174).

Während in der Gruppe der Kälber mit einem pH-Wert im Referenzbereich 86,4 % der Tiere gesund entlassen werden konnten, betrug der Anteil dieser Tiere in der Gruppe der Kälber mit einem pH-Wert $< 7,350$ lediglich 75,6 % (Tabelle 112). In der Gruppe der Tiere mit einem pH-Wert $< 7,0$ ($n = 78$) verstarben 39,7 % der Kälber.

Tabelle 112: Anzahl und Anteile der Kälber mit neonataler Diarrhoe, die gesund entlassen werden konnten bzw. verstarben, in Bezug zum pH-Wert zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik ($n = 447$)

pH-Wert	gesund entlassen		verstorben		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
$< 7,350$	276	75,6	89	24,4	365
7,350 - 7,450	70	86,4	11	13,6	81
$> 7,450$	1	100	0	0	1

Im Rahmen der monofaktoriellen Datenanalyse ergab sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem venösen pH-Wert und dem weiteren Schicksal der Tiere. Je niedriger der venöse pH-Wert zum Zeitpunkt der Einlieferung war, desto häufiger verstarben die Kälber ($p = 0,0012$). In der multifaktoriellen Analyse konnte ein entsprechender Zusammenhang nicht bestätigt werden.

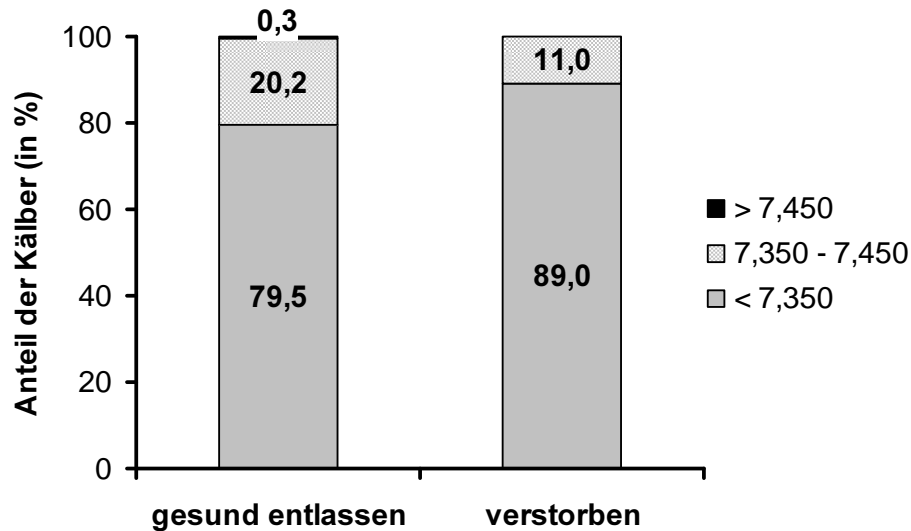


Abbildung 174: Anteile der Kälber mit Blut-Azidose, Blut-Alkalose bzw. pH-Werten im Normbereich zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Kälber (gesund entlassen n = 347; verstorben n = 100)

Erregerspektrum

Mit Hilfe der Daten von 233 Kälbern war es möglich, den pH-Wert zum Zeitpunkt der Einlieferung in die Klinik in Beziehung zum nachgewiesenen Diarrhoe-Erreger zu setzen. Beim Vorliegen von Mischinfektionen wurden die beteiligten Erreger unabhängig voneinander betrachtet (Abbildung 175). Unter der Beteiligung von Kryptosporidien (n = 169), spezifischen Escherichia coli-Serogruppen (n = 89) und Rotaviren (n = 99) bestanden nur geringe Unterschiede in der Verteilung der verschiedenen Gruppen, jeweils bildeten die Tiere mit einem pH-Wert < 7,350 mit ≥ 85 % den größten Anteil (85 % / 86,5 % / 85,9 %). Unter der Beteiligung von Coronaviren (n = 12) wiesen lediglich 58,3 % der Kälber zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik einen pH-Wert < 7,350 auf, während bei 41,7 % der Tiere der pH-Wert innerhalb des Referenzbereiches lag. Zu dem Kalb mit einem pH-Wert > 7,450 waren keine Erreger-Daten verfügbar.

Es bestand kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den einzelnen Erregern und dem venösen pH-Wert zum Zeitpunkt der Einlieferung.

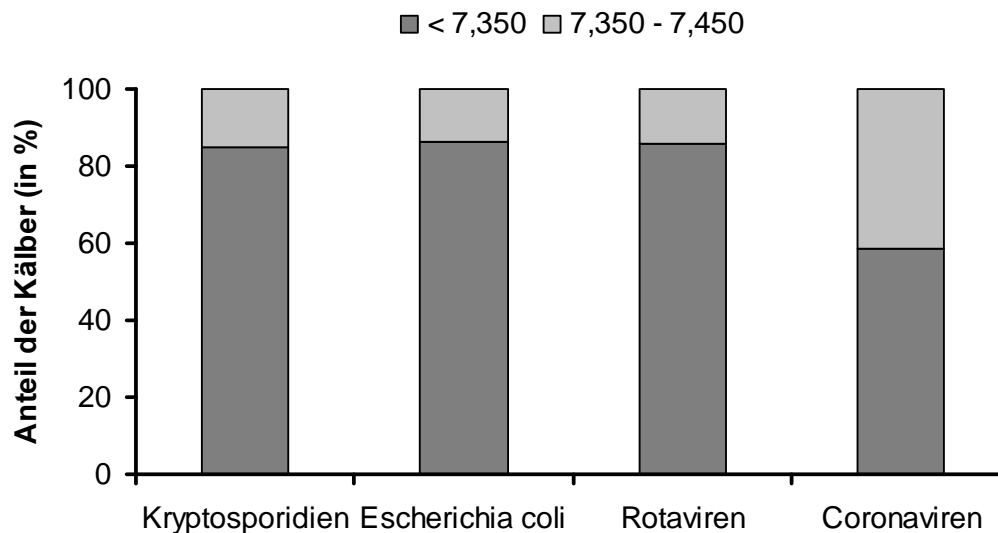


Abbildung 175: Anteile der Kälber mit Blut-Azidose, Blut-Alkalose bzw. pH-Werten im Normbereich zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit der beteiligten Erreger (233 Kälber mit vollständig vorliegenden Ergebnissen der parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchung)

Erfolgt die Gliederung der Kälbergruppe nur nach der Anzahl der involvierten Durchfallerreger unabhängig von der Art der beteiligten Erreger, überwogen in allen drei Gruppen die Kälber mit einem pH-Wert < 7,350. Mit zunehmender Anzahl an beteiligten Erregern nahm der Anteil der Tiere mit einem pH-Wert im Referenzbereich stetig ab. Während er in der Gruppe der Kälber mit Monoinfektionen (n = 119) 22,7 % betrug, machten die Kälber mit normalem pH-Wert in der Gruppe der Tiere mit Infektionen durch drei verschiedene Erreger (n = 19) lediglich einen Anteil von 5,3 % aus (Tabelle 113).

Die Beziehung zwischen der Anzahl verschiedener Erreger und dem venösen pH-Wert zum Zeitpunkt der Einlieferung erwies sich als statistisch nicht signifikant.

Tabelle 113: Anzahl und Anteile der Kälber mit Blut-Azidose, Blut-Alkalose bzw. pH-Werten im Normbereich zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Anzahl der beteiligten Durchfallerreger (n = 233)

Erregeranzahl	< 7,350		7,350 - 7,450		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
Monoinfektion	92	77,3	27	22,7	119
2 Erreger	82	86,3	13	13,7	95
3 Erreger	18	94,7	1	5,3	19

Während zwischen dem venösen pH-Wert und der Kotkonsistenz bei Einlieferung in die Klinik keine signifikante Wechselbeziehung bestand, lagen die Kälber mit niedrigem pH-Wert signifikant häufiger fest ($p < 0,0001$). Im Rahmen einer multifaktoriellen Varianzanalyse erwies sich der Zusammenhang zwischen venösem pH-Wert und dem Stehvermögen ($p < 0,0001$) enger als der zwischen pH-Wert und Alter bei Erkrankungsbeginn ($p = 0,02$). Hier konnte keine Verbindung zwischen venösem pH-Wert und dem Geschlecht der Kälber, der Kotkonsistenz sowie der Erregerart nachgewiesen werden.

4.3.1.13.1.8 Base-Excess

Bei der Aufnahmeuntersuchung befand sich der Base-Excess bei 16,6 % der Kälber (74 Tiere; n = 447) im Referenzbereich von - 3 bis + 3 mmol/l. 274 Kälber (61,3 %) wiesen einen Base-Excess von < - 3 mmol/l und 99 Tiere (22,1 %) einen Base-Excess von > + 3 mmol/l auf (Abbildung 176). Der durchschnittlich ermittelte Base-Excess lag bei $- 8,0 \pm 11,5$ mmol/l, mit einem Median von - 7,3 mmol/l. Die Spanne des Base-Excess reichte von - 29,8 (Minimum) bis 16,9 (Maximum) mmol/l.

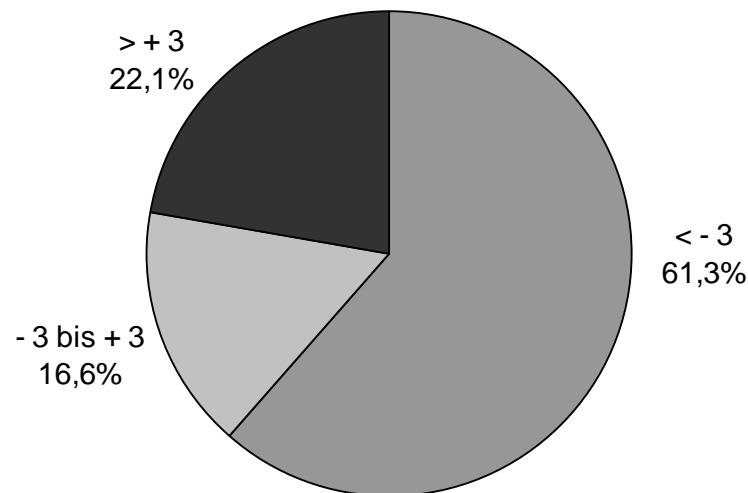


Abbildung 176: Verteilung der Base-Excess-Werte (mmol/l) bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung ermittelt wurden (n = 447)

Alter

Wird der Base-Excess zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Bezug zum Alter bei Krankheitsbeginn gesetzt (n = 446), überwog an nahezu allen Tagen der Anteil der Kälber mit einem Base-Excess $< - 3$ mmol/l. Die Ausnahme bildete die Gruppe der Tiere, die am dritten Lebenstag erkrankten, in der die Kälber mit einem Base-Excess $> + 3$ mmol/l mit 44,2 % (23 Tiere; n = 52) den größten Anteil besaßen. Der Anteil der Tiere mit einem Base-Excess im Normbereich reichte von 0 % bei Kälbern, die am zwölften Lebenstag erkrankten (n = 7) bis zu 26,1 % bei Kälbern, die am fünften Lebenstag (12 Tiere; n = 46) erste Diarrhoe-Symptome zeigten. Von 0 % (n = 6) bei Kälbern, die am 13. Lebenstag erkrankten, bis zu 44,2 % (23 Tiere, n = 52) bei Kälbern, die am fünften Lebenstag erkrankten, reichte die Spanne der Anteile der Tiere mit einem Base-Excess $> + 3$ mmol/l (Tabelle 114, Abbildung 177). Es bestand ein negativer statistischer Zusammenhang zwischen dem Alter bei Erkrankungsbeginn und dem Base-Excess zum Zeitpunkt der Einlieferung ($r = -0,225$, $p < 0,0001$).

Tabelle 114: Anzahl der Kälber mit unterschiedlichen Base-Excess-Befunden bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung ermittelt wurden, in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 446)

Base-Excess (mmol/l)	Alter bei Krankheitsbeginn (Tage)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
< - 3	18	23	19	34	27	41	27	24	17	18	11	6	5	4
- 3 bis + 3	3	7	10	10	12	8	8	7	1	3	2	-	1	2
> + 3	10	13	23	7	7	16	8	1	5	3	2	1	-	2
Summe	31	43	52	51	46	65	43	32	23	24	15	7	6	8

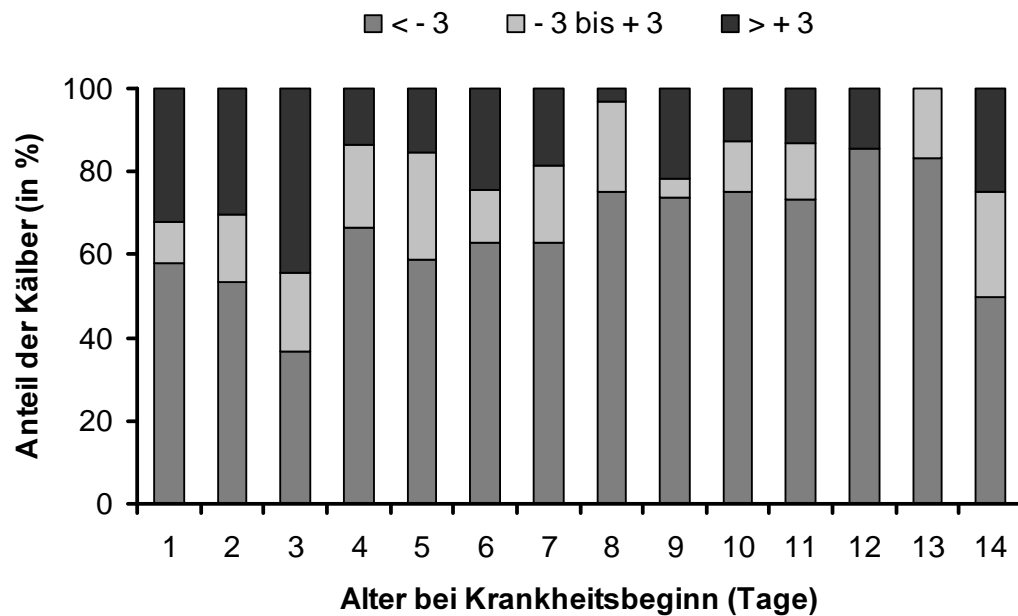


Abbildung 177: Anteile der unterschiedlichen Base-Excess-Befunde (mmol/l) bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung ermittelt wurden, in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 446)

Dauer

Die prozentuale Verteilung der verschiedenen Base-Excess-Werte in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer ist in Abbildung 178 dargestellt. Bei 212 Kälbern lagen entsprechende Daten zur Auswertung vor. Die Größe der jeweiligen Gruppen gibt Tabelle 115 wieder. Beide Kälber mit der minimalen Erkrankungsdauer von vier Tagen wiesen einen Base-Excess $> + 3$ mmol/l auf. Die durchschnittliche Erkrankungsdauer der 126 Kälber mit einem Base-Excess $< - 3$ mmol/l betrug $14,9 \pm 7$ Tage, während sich bei den Kälbern mit einem Base-Excess $> + 3$ mmol/l ($n = 47$) eine durchschnittliche Erkrankungsdauer von $15,2 \pm 8$ Tagen ergab. In der Gruppe der Tiere mit einem Base-Excess im Referenzbereich ($n = 39$) dauerte die Erkrankung $14,6 \pm 6$ Tage. Mit Ausnahme der Gruppe der Kälber mit der minimalen Erkrankungsdauer von vier Tagen, besaß jeweils die Gruppe der Tiere mit einem Base-Excess $< - 3$ mmol/l den größten Anteil.

Es bestand kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Erkrankungsdauer und dem Base-Excess zum Zeitpunkt der Einlieferung.

Tabelle 115: Anteile der Kälber mit unterschiedlichen Base-Excess-Befunden zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer ($n = 212$)

Erkrankungsdauer (Tage)	Base-Excess (mmol/l)			Summe
	$< - 3$	$- 3$ bis $+ 3$	$> + 3$	
4	-	-	2	2
5 - 7	13	2	2	17
8 - 10	25	9	12	46
11 - 13	27	10	7	44
14 - 16	22	4	5	31
17 - 19	11	8	5	24
20 - 22	10	2	6	18
23 - 25	6	2	5	13
26 - 28	4	1	2	7
29 - 31	3	-	-	3
≥ 32	5	1	1	7

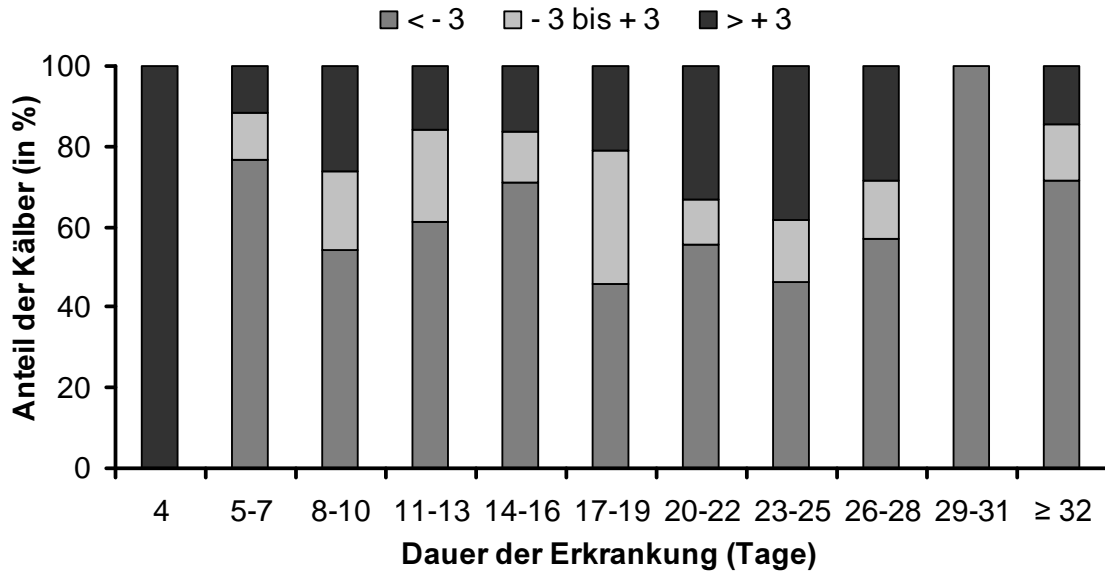


Abbildung 178: Anteile der Kälber mit unterschiedlichen Base-Excess-Befunden (mmol/l) zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer (n = 212)

Schicksal

Bei 435 Kälbern konnte der Base-Excess zum Zeitpunkt der Aufnahmeuntersuchung in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Tiere betrachtet werden. Im Rahmen dieser Untersuchung wiesen in der Gruppe der später verstorbenen Kälber (n = 94) 72,3 % der Tiere einen Base-Excess < - 3 mmol/l auf, während bei 16 % der Tiere ein Base-Excess > + 3 mmol/l ermittelt wurde und bei 11,7 % der Base-Excess im Referenzbereich lag. In der Gruppe der Kälber, die gesund entlassen werden konnten (n = 341), bildeten ebenfalls die Tiere mit einem Base-Excess < - 3 mmol/l mit 58,7 % den größten Anteil. Der Anteil der Kälber mit einem Base-Excess > + 3 mmol/l betrug in dieser Gruppe 23,8 %, während bei 17,6 % der Tiere der Base-Excess im Referenzbereich lag (Abbildung 179). In der Gruppe der Tiere mit einem Base-Excess < - 3 mmol/l (n = 268) lag der Anteil der verstorbenen Kälber mit 25,4 % höher als in den anderen beiden Gruppen mit 15,5 % bzw. 15,6 % (Tabelle 116).

Aus dem Ergebnis der einfaktorischen Datenanalyse geht hervor, dass Kälber statistisch signifikant häufiger verstarben, je geringer der Base-Excess zum Zeitpunkt der Einlieferung war ($p = 0,025$). Im Rahmen der multifaktorischen Analyse konnte ein entsprechender Zusammenhang jedoch nicht bestätigt werden.

Tabelle 116: Anzahl und Anteile der Kälber mit neonataler Diarrhoe, die gesund entlassen werden konnten bzw. verstarben in Bezug zum Base-Excess zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik (n = 435)

Base-Excess (mmol/l)	gesund entlassen		verstorben		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
< - 3	200	74,6	68	25,4	268
- 3 bis + 3	60	84,5	11	15,5	71
> + 3	81	84,4	15	15,6	96

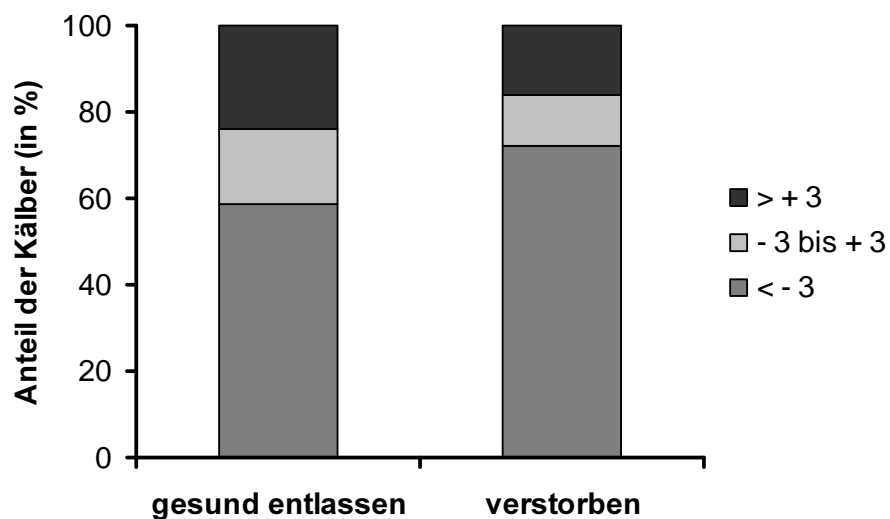


Abbildung 179: Anteile der Kälber mit unterschiedlichen Base-Excess-Befunden (mmol/l) zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Kälber (gesund entlassen n = 341; verstorben n = 94)

Erregerspektrum

Mit Hilfe der Daten von 225 Kälbern war es möglich, die Base-Excess-Befunde im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung in Beziehung zum nachgewiesenen Diarrhoe-Erreger zu setzen. Beim Vorliegen von Mischinfektionen wurden die beteiligten Erreger unabhängig voneinander betrachtet (Abbildung 180).

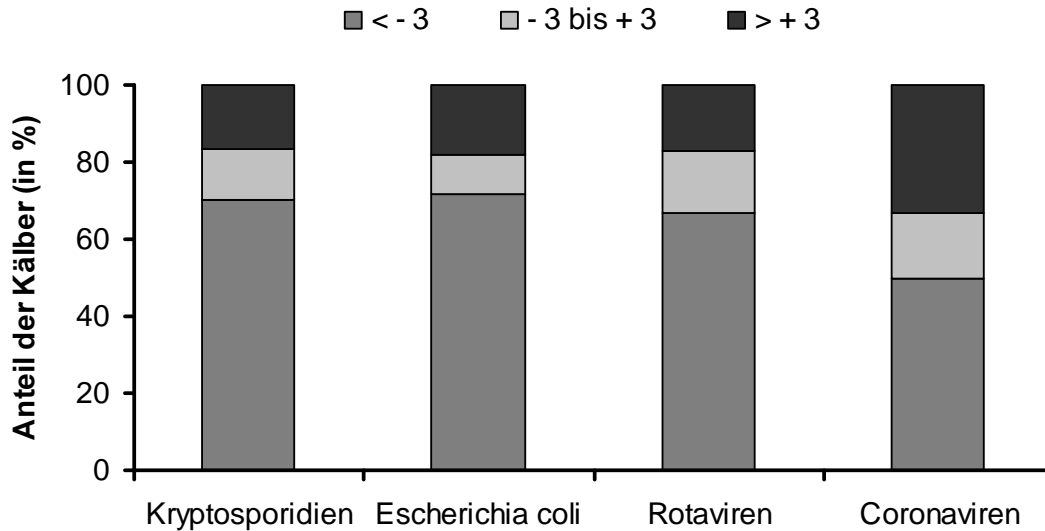


Abbildung 180: Anteile der Kälber mit verschiedenen Base-Excess-Befunden (mmol/l) zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit der beteiligten Erreger (225 Kälber mit vollständig vorliegenden Ergebnissen der parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchung)

Unter der Beteiligung von Kryptosporidien ($n = 154$), spezifischen *Escherichia coli*-Serogruppen ($n = 89$) und Rotaviren ($n = 94$) bestanden nur geringe Unterschiede in der Verteilung der verschiedenen Base-Excess-Befunde. In diesen Gruppen bildeten jeweils die Tiere mit einem Base-Excess < -3 mmol/l mit über 67 % die größte Fraktion (70,3 % / 71,9 % / 67 %), der Anteil der Tiere mit einem Base-Excess $> +3$ mmol/l lag jeweils bei 17 % (16,5 % / 18 % / 17 %). Unter der Beteiligung von Coronaviren ($n = 12$) bildeten mit 50 % ebenfalls die Kälber mit einem Base-Excess < -3 mmol/l den größten Anteil, in dieser Gruppe wiesen jedoch 33,3 % der Tiere einen Base-Excess $> +3$ mmol/l auf. Der Anteil der Kälber mit einem Base-Excess im Referenzbereich reichte von 10,1 % in der Gruppe der Tiere mit einer Infektion unter Beteiligung von spezifischen *Escherichia coli*-Serogruppen ($n = 89$) bis zu 16,7 % in der Gruppe der Kälber mit Coronavirus-Infektionen ($n = 12$).

Erfolgt die Gliederung der Kälbergruppe nur nach der Anzahl der involvierten Durchfallerreger unabhängig von der Art der beteiligten Erreger, überwogen in allen drei Gruppen die Kälber mit einem Base-Excess < -3 mmol/l. Mit zunehmender Anzahl an beteiligten Erregern nahm der Anteil der Tiere mit einem Base-Excess im

Referenzbereich stetig ab. Während er in der Gruppe der Kälber mit Monoinfektionen (n = 115) 17,4 % betrug, machten die Kälber mit einem Base-Excess zwischen - 3 und + 3 mmol/l in der Gruppe der Tiere mit Infektionen durch drei verschiedene Erreger (n = 19) lediglich einen Anteil von 5,3 % aus (Tabelle 117).

Es bestand kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl verschiedener Erreger und dem Base-Excess zum Zeitpunkt der Einlieferung.

Tabelle 117: Anzahl und Anteile der Kälber mit verschiedenen Base-Excess-Befunden (mmol/l) zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Anzahl der beteiligten Durchfallerreger (n = 225)

Erregeranzahl	< - 3		- 3 bis + 3		> + 3		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Monoinfektion	70	60,9	20	17,4	25	21,7	115
2 Erreger	65	71,4	12	13,2	14	15,4	91
3 Erreger	15	78,9	1	5,3	3	15,8	19

Während zwischen dem Base-Excess und der Kotkonsistenz bei Einlieferung in die Klinik keine signifikante Wechselbeziehung bestand, lagen die Kälber mit niedrigem Base-Excess signifikant häufiger fest ($p < 0,0001$).

Im Rahmen einer multifaktoriellen Varianzanalyse erwies sich der Zusammenhang zwischen Base-Excess und dem Stehvermögen ($p < 0,001$) genauso eng wie der zwischen Base-Excess und dem Alter bei Erkrankungsbeginn ($p < 0,001$). Weniger straff aber doch statistisch signifikant war in dieser Analyse die Beziehung zwischen Kälbern mit nachgewiesener Coronavirusinfektion und einem niedrigen Base-Excess ($p = 0,02$), wogegen zwischen den anderen Erregern sowie der Kotkonsistenz und dem Base-Excess keine signifikante Beziehung bestand.

4.3.1.13.1.9 Hämatokrit

Bei der Aufnahmeuntersuchung befand sich der Hämatokrit bei 49,5 % der Kälber (107 Tiere; n = 216) im Referenzbereich von 0,30 bis 0,40 l/l. 55 Kälber (25,5 %) wiesen einen Hämatokrit < 0,3 l/l, 54 Tiere (25 %) einen Hämatokrit > 0,40 l/l auf (Abbildung 181). Der durchschnittlich ermittelte Hämatokrit lag bei $0,348 \pm 0,077$. Die Spanne des Hämatokrits reichte von 0,140 (Minimum) bis 0,592 (Maximum).

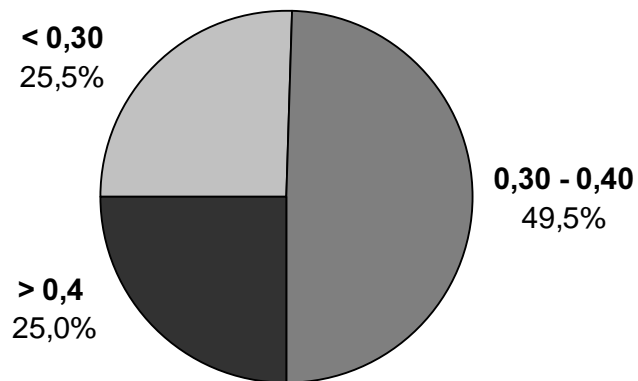


Abbildung 181: Verteilung der Hämatokritwerte (l / l) bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung ermittelt wurden (n = 216)

Alter

Anhand der Daten von 215 Kälbern war es möglich, den Hämatokrit zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Bezug zum Alter bei Krankheitsbeginn zu setzen. Der Anteil der Tiere mit einem Hämatokrit im Referenzbereich reichte von 25 % bei Kälbern, die am 13. Lebenstag erkrankten (1 Tier; n = 4), bis zu 71,4 % bei den Kälbern, die am elften Lebenstag erste Diarrhoe-Symptome aufwiesen (5 Tiere; n = 7). In acht von vierzehn Gruppen überwogen die Tiere mit physiologischem Hämatokrit, in zwei Gruppen (Erkrankung am zehnten bzw. 13. Lebenstag) hatten die Kälber mit einem Hämatokrit < 0,30 l/l den größten Anteil und in einer Gruppe (Erkrankung am vierten Lebenstag) waren die Kälber mit einem Hämatokrit > 0,40 l/l in der Überzahl (Tabelle 118, Abbildung 182).

Zwischen dem Hämatokrit und dem Alter bei Erkrankungsbeginn bestand kein signifikanter Zusammenhang.

Tabelle 118: Anzahl der Kälber mit unterschiedlichen Hämatokrit-Befunden, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung von Kälbern mit Diarrhoe ermittelt wurden, in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 215)

Hämatokrit (l/l)	Alter bei Krankheitsbeginn (Tage)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
< 0,30	6	4	5	6	3	10	2	3	2	8	1	2	2	-
0,30 bis 0,40	6	7	13	10	14	13	11	9	7	6	5	2	1	3
> 0,40	1	3	4	11	5	12	4	3	4	2	1	-	1	3
Summe	13	14	22	27	22	35	17	15	13	16	7	4	4	6

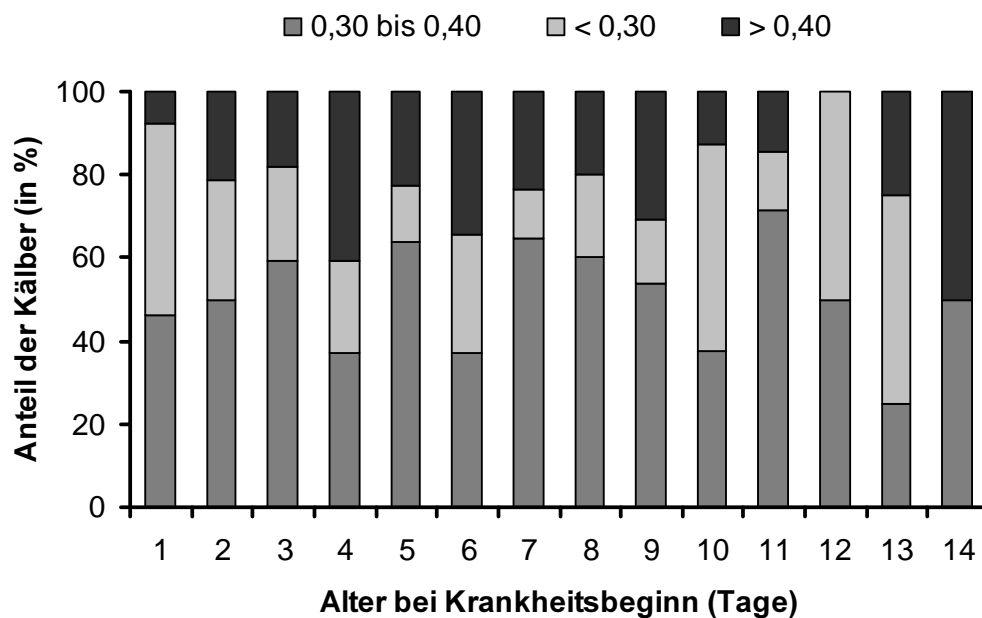


Abbildung 182: Anteile der unterschiedlichen Hämatokrit-Befunde (I/I) bei Kälber mit neonataler Diarrhoe, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung ermittelt wurden, in Abhängigkeit vom Alter der Tiere bei Krankheitsbeginn (n = 215)

Dauer

Die prozentuale Verteilung der verschiedenen Hämatokrit-Befunde in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer ist in Abbildung 183 dargestellt. Bei 111 Kälbern lagen entsprechende Daten zur Auswertung vor. Die Größe der jeweiligen Gruppen gibt Tabelle 119 wieder. Für die beiden Kälber mit der minimalen Erkrankungsdauer von vier Tagen lagen keine Angaben zum Hämatokrit vor. Die durchschnittliche Erkrankungsdauer der 32 Kälber mit einem Hämatokrit $< 0,30$ l/l betrug $15,2 \pm 6$ Tage, während sich bei den Kälbern mit einem Hämatokrit $> 0,40$ l/l ($n = 23$) eine durchschnittliche Erkrankungsdauer von $14,6 \pm 7$ Tagen ergab. In der Gruppe der Tiere mit einem Hämatokrit im Referenzbereich ($n = 56$) dauerte die Erkrankung ebenfalls durchschnittlich $14,6 \pm 7$ Tage. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Hämatokrit und der Erkrankungsdauer nachgewiesen werden.

Tabelle 119: Anteile der Kälber mit unterschiedlichen Hämatokrit-Befunden zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer ($n = 111$)

Erkrankungsdauer (Tage)	Hämatokrit (l/l)			Summe
	$< 0,30$	0,30 bis 0,40	$> 0,40$	
4	-	-	-	0
5 - 7	3	5	2	10
8 - 10	3	13	6	22
11 - 13	8	13	3	24
14 - 16	6	8	5	19
17 - 19	5	5	2	12
20 - 22	4	3	2	9
23 - 25	-	5	2	7
26 - 28	3	1	-	4
29 - 31	-	1	-	1
≥ 32	-	2	1	3

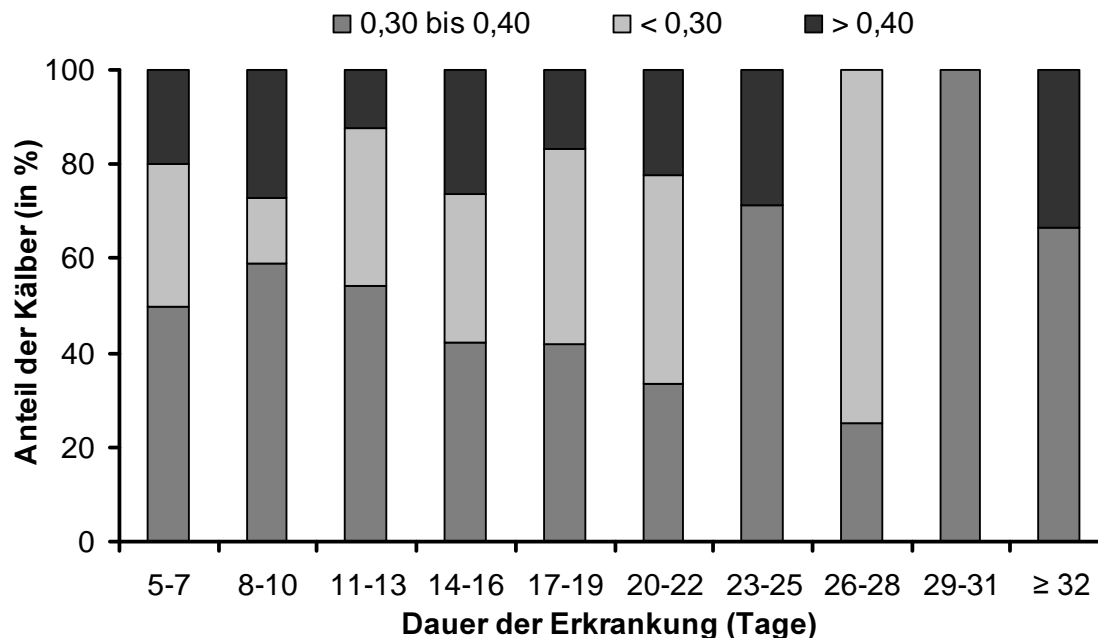


Abbildung 183: Anteile der Kälber mit unterschiedlichen Hämatokrit-Befunden (l/l) zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer (n = 111)

Venöser pH-Wert

Mit Hilfe der Daten von 215 Kälbern war es möglich, den Hämatokrit in Abhängigkeit vom ermittelten pH-Wert zu betrachten. In allen Gruppen überwogen die Kälber mit einem pH-Wert < 7,350. Mit 87 % den größten Anteil an Tieren mit einem pH-Wert < 7,350 hatte die Gruppe der Kälber mit einem Hämatokrit > 0,4 l/l (n = 54). Für das Kalb mit einem pH-Wert > 7,450 lagen keine Daten zum Hämatokrit vor (Abbildung 184). Sowohl in der Gruppe der Tiere mit einem pH-Wert < 7,350 (n = 175) als auch in der Gruppe der Tiere mit einem pH-Wert im Referenzbereich (n = 40) waren die Kälber mit einem Hämatokrit zwischen 0,30 und 0,40 l/l mit einem Anteil von 49,1 % bzw. 50 % in der Überzahl.

Es bestand ein negativer statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Hämatokrit und dem venösen pH-Wert zum Zeitpunkt der Einlieferung ($r = -0,242$; $p < 0,0001$).

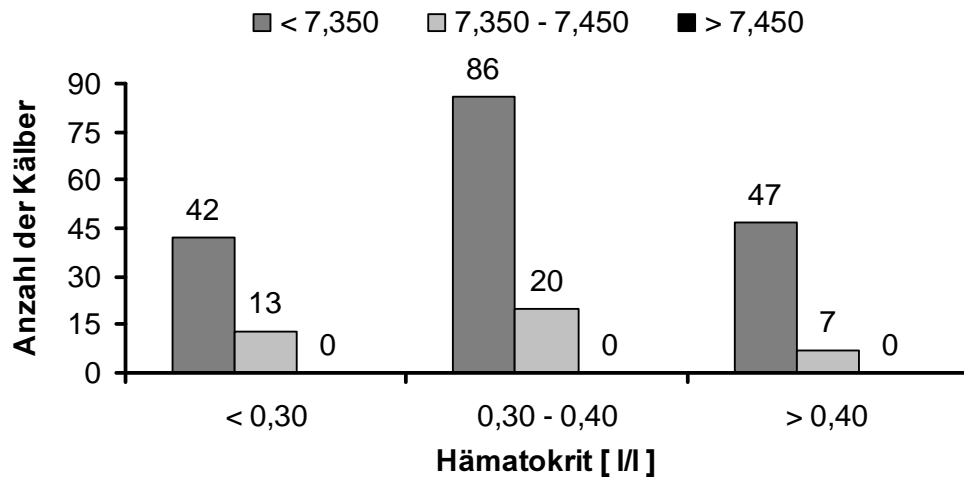


Abbildung 184: Anzahl der Kälber mit unterschiedlichen pH-Werten zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom Hämatokrit (n = 447)

Schicksal

Bei 210 Kälbern konnte der Hämatokrit zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Tiere betrachtet werden. Im Rahmen dieser Untersuchung wiesen in der Gruppe der verstorbenen Kälber (n = 43) 34,9 % der Tiere einen Hämatokrit < 0,30 l/l auf; 23,3 % der Tiere hatten einen Hämatokrit > 0,40 l/l und bei 41,9 % lag der Hämatokrit im Referenzbereich. In der Gruppe der Kälber, die gesund entlassen werden konnten (n = 167), bildeten ebenfalls die Tiere mit einem Hämatokrit im Referenzbereich mit 52,1 % den größten Anteil. Der Anteil der Kälber mit einem Hämatokrit < 0,30 l/l betrug in dieser Gruppe 22,2 %, während bei 25,7 % der Tiere der Hämatokrit über dem Wert von 0,40 l/l lag (Abbildung 185). In der Gruppe der Tiere mit einem Hämatokrit < 0,30 l/l (n = 32) lag der Anteil der verstorbenen Kälber mit 28,8 % höher als in den anderen beiden Gruppen mit 17,1 % bzw. 18,9 % (Tabelle 120). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Hämatokrit und dem weiteren Schicksal der Tiere bestand weder in der monofaktoriellen noch in der multifaktoriellen Datenanalyse.

Tabelle 120: Anzahl und Anteile der Kälber mit neonataler Diarrhoe, die gesund entlassen werden konnten bzw. verstarben in Bezug zum Hämatokrit zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik (n = 210)

Hämatokrit (l/l)	gesund entlassen		verstorben		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
< 0,30	37	71,2	15	28,8	52
0,30 bis 0,40	87	82,9	18	17,1	105
> 0,40	43	81,1	10	18,9	53

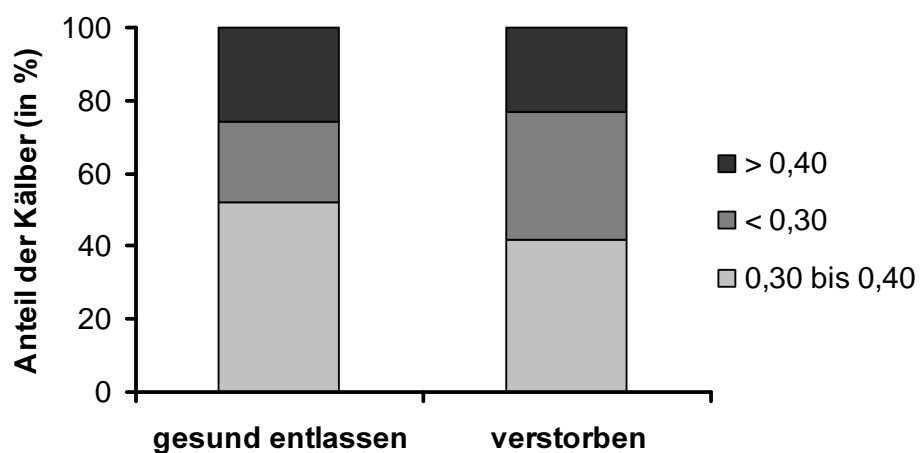


Abbildung 185: Anteile der Kälber mit unterschiedlichen Hämatokritwerten (l/l) zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit vom weiteren Schicksal der Kälber (gesund entlassen n = 167; verstorben n = 43)

Erregerspektrum

Mit Hilfe der Daten von 132 Kälbern war es möglich, die Hämatokritwerten im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung in Beziehung zum nachgewiesenen Diarrhoe-Erreger zu setzen. Beim Vorliegen von Mischinfektionen wurden die beteiligten Erreger unabhängig voneinander betrachtet (Abbildung 186).

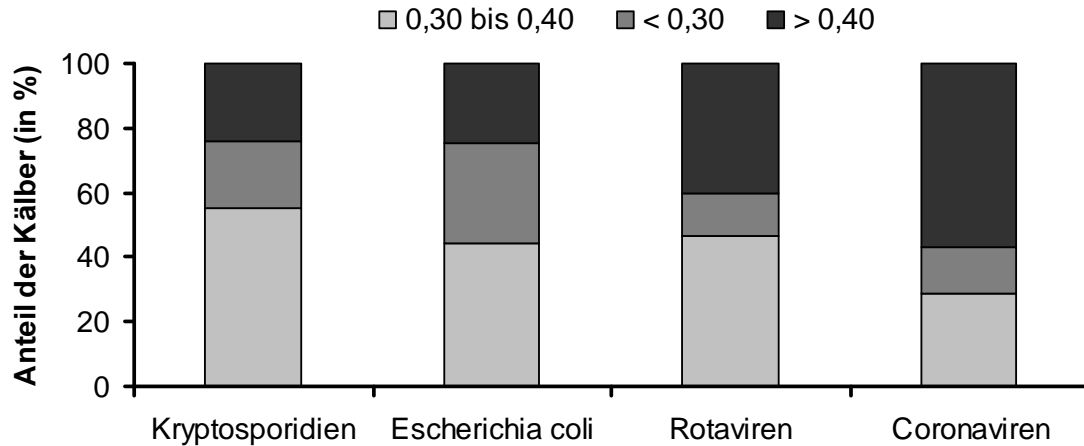


Abbildung 186: Anteile der Kälber mit verschiedenen Hämatokrit-Befunden (l/l) zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit der beteiligten Erreger (132 Kälber mit vollständig vorliegenden Ergebnissen der parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchung)

Unter der Beteiligung von Kryptosporidien ($n = 92$), spezifischen *Escherichia coli*-Serogruppen ($n = 45$) und Rotaviren ($n = 60$) überwogen die Tiere mit einem Hämatokrit innerhalb des Referenzbereiches mit über 44 % (55,4 % / 44,4 % / 46,7 %). Unter der Beteiligung von Coronaviren ($n = 7$) bildeten mit 57,1 % die Kälber mit einem Hämatokrit $> 0,40$ l/l den größten Anteil, in dieser Gruppe wiesen lediglich 28,6 % der Tiere einen Hämatokrit innerhalb des Referenzbereiches auf. Der Anteil der Kälber mit einem Hämatokrit $< 0,30$ l/l reichte von 13,3 % in der Gruppe der Tiere mit einer Rotavirusinfektion ($n = 60$) bis zu 31,1 % in der Gruppe der Kälber mit einer Infektionen unter Beteiligung von spezifischen *Escherichia coli*-Serogruppen ($n = 45$). Es konnte gezeigt werden, dass Tiere mit positivem Rotavirusnachweis zum Zeitpunkt der Einlieferung einen signifikant höheren Hämatokrit aufwiesen ($p = 0,0073$), während bei den anderen Erregern keine signifikante Beziehung zum Hämatokrit bestand.

Erfolgte die Einteilung der Kälbergruppen nur nach der Anzahl der involvierten Durchfallerreger unabhängig von der Art der beteiligten Erreger, überwogen sowohl in der Gruppe der Monoinfektionen (n = 70) als auch in den Gruppen mit Infektionen durch mehrere Durchfallerreger (n = 62) die Tiere mit einem Hämatokrit im Referenzbereich. Jedoch lag der Anteil der Kälber mit physiologischem Hämatokrit mit 42,3 % in der Gruppe mit Infektion durch zwei verschiedene Erreger (n = 52) etwas höher als in den beiden anderen Fraktionen (Tabelle 121).

Tabelle 121: Anzahl und Anteile der Kälber mit verschiedenen Hämatokrit-Befunden (l/l) zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik in Abhängigkeit von der Anzahl der beteiligten Durchfallerreger (n = 132)

Erregeranzahl	< 0,30		0,30 bis 0,40		> 0,40		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
Monoinfektion	12	17,1	39	55,7	19	27,1	70
2 Erreger	12	23,1	22	42,3	18	34,6	52
3 Erreger	2	20,0	6	60,0	2	20,0	10

Zwischen dem Stehvermögen sowie der Kotkonsistenz und dem Hämatokrit bestand keine statistisch signifikante Beziehung. Im Rahmen einer multifaktoriellen Varianzanalyse erwies sich der Zusammenhang zwischen Hämatokrit und dem venösen pH-Wert ($p = 0,0024$) enger als der zwischen dem Hämatokrit und einem positiven Rotavirusnachweis ($p = 0,032$). Hingegen bestanden auch in dieser Analyse zwischen den anderen Erregern sowie dem Alter bei Erkrankung und dem Hämatokrit zum Zeitpunkt der Einlieferung keine signifikanten Beziehungen.

4.3.1.13.2 Entwicklung der klinischen Befunde

Die Entwicklung der klinischen Befunde wurde über einen Zeitraum von fünfzehn Tagen beobachtet.

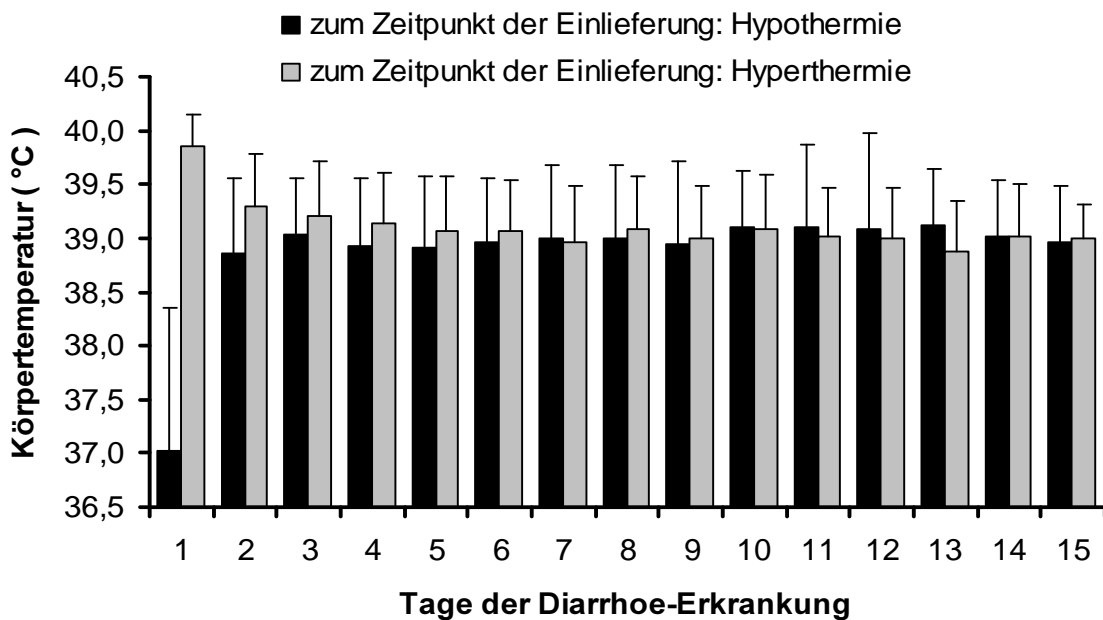
4.3.1.13.2.1 Körpertemperatur

Am Tag der Einlieferung in die Klinik lag die durchschnittliche Körpertemperatur bei 38,5°C mit einer Standardabweichung von 0,6°C (n = 501). An den folgenden Tagen blieb die durchschnittliche Körpertemperatur konstant zwischen 39,0°C und 39,1°C (Tabelle 122).

Tabelle 122: Verlauf der durchschnittlichen täglich rektal gemessenen Körperinnentemperatur über einen Zeitraum von 15 Tagen bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe sowie die Gesamtzahl der berücksichtigten Tiere

Tag	arithmetischer Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Median	Gesamtzahl der Tiere
1	38,5	1,3	32,0	40,9	38,9	501
2	39,0	0,6	35,7	43,0	39,1	485
3	39,0	0,5	37,4	41,5	39,1	462
4	39,0	0,5	36,1	40,6	39,0	448
5	39,0	0,5	36,3	40,4	39,1	432
6	39,0	0,5	37,3	40,6	39,0	397
7	39,0	0,6	36,0	40,8	39,0	374
8	39,0	0,6	35,3	40,9	39,1	336
9	39,0	0,6	34,7	41,0	39,0	286
10	39,1	0,5	37,3	41,4	39,1	244
11	39,1	0,5	35,2	40,7	39,1	221
12	39,1	0,7	35,7	40,5	39,1	188
13	39,1	0,5	38,0	41,5	39,1	167
14	39,0	0,5	37,7	40,3	39,0	147
15	39,0	0,5	37,4	40,8	39,1	119

Den Verlauf der durchschnittlichen täglich rektal gemessenen Körperinnentemperatur über einen Zeitraum von 15 Tagen bei Kälbern, die zum Zeitpunkt der Einlieferung eine Körperinnentemperatur von $< 38,5\text{ °C}$ (Hypothermie) bzw. $> 39,5\text{ °C}$ (Hyperthermie) aufwiesen, gibt Abbildung 187 wieder. Bereits am zweiten Tag des Klinikaufenthaltes konnte eine deutliche Annäherung der Mittelwerte beider Gruppen beobachtet werden, jedoch war die durchschnittlich gemessene Körperinnentemperatur der Tiere, die mit einer Hypothermie in die Klinik aufgenommen wurden ($n = 154$), noch bis einschließlich sechs Tage nach der Einlieferung geringer als die der Kälber mit Hyperthermie ($n = 79$).



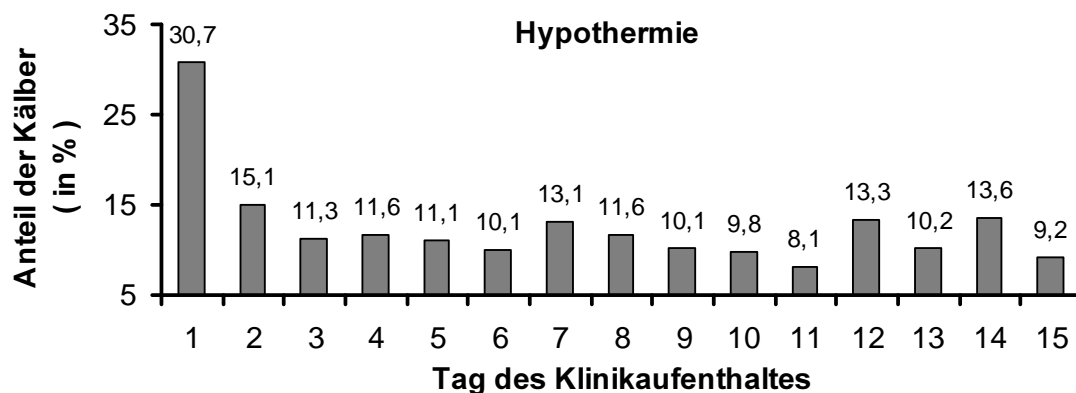
Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Hypothermie (n)	154	139	121	118	113	102	94	85	74	60	55	50	43	34	30
Hyperthermie (n)	79	77	74	72	70	63	58	49	42	37	35	31	28	22	14

Abbildung 187: Verlauf der durchschnittlichen täglich rektal gemessenen Körperinnentemperatur über einen Zeitraum von 15 Tagen bei Kälbern, die mit neonataler Diarrhoe und Hypothermie ($n = 154$) bzw. Hyperthermie ($n = 79$) in die Klinik eingeliefert wurden (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung)

An allen 15 Beobachtungstagen überwogen die Tiere mit normaler Körpertemperatur mit Anteilen von 53,5 % (1. Tag) bis 79,8 % (15. Tag). Mit Ausnahme des ersten und des vierzehnten Tages war der Anteil der Tiere mit Hyperthermie stets etwas größer als der Anteil der Kälber mit Hypothermie. Hatten am ersten Tag 154 Kälber (30,7 %; n = 501) eine Körperinnentemperatur von weniger als 38,5°C, wurde am zweiten Tag des Klinikaufenthaltes lediglich bei 73 Tieren (15,1 %; n = 485) eine Hypothermie diagnostiziert. Dies entspricht einem Rückgang um 50,8 % (Abbildung 188).

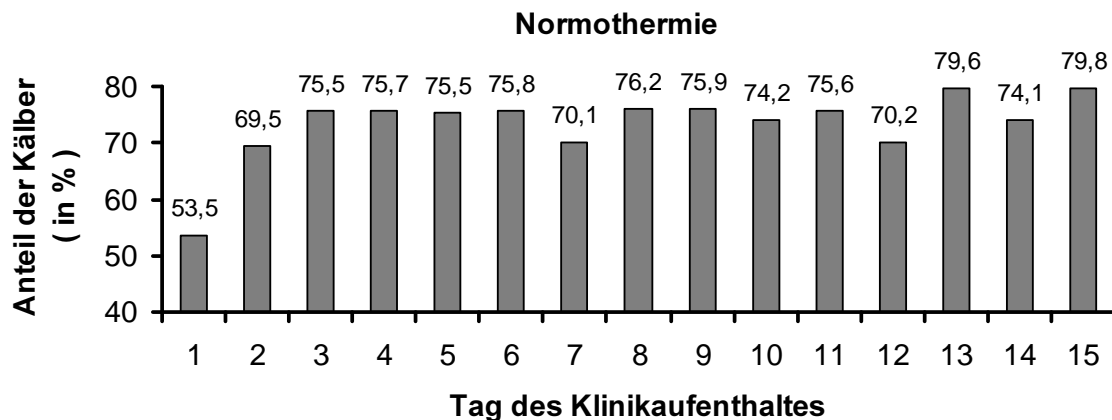
Der Anteil der Tiere mit Normothermie stieg dagegen von 53,5 % (268 Tiere; n = 501) am ersten Tag auf 69,5 % (337 Tiere; n = 485) am zweiten und schließlich 79,8 % (95 Tiere; n = 119) am fünfzehnten Tag des Klinikaufenthaltes. Vom ersten zum zweiten Tag stieg der Anteil der Tiere mit normaler Körpertemperatur um 23 % (Abbildung 189).

Der Anteil der Kälber mit Hyperthermie unterlag geringeren Schwankungen. Die Spanne der Tiere mit erhöhter Körpertemperatur reichte von 10,2 % (17 Tiere; n = 167) am dreizehnten Tag bis zu 16,8 % (63 Tiere; n = 374) am siebten Tag. Vom ersten zum zweiten Beobachtungstag fiel der Anteil der Tiere mit Hyperthermie um lediglich 1,9 % (Abbildung 190).



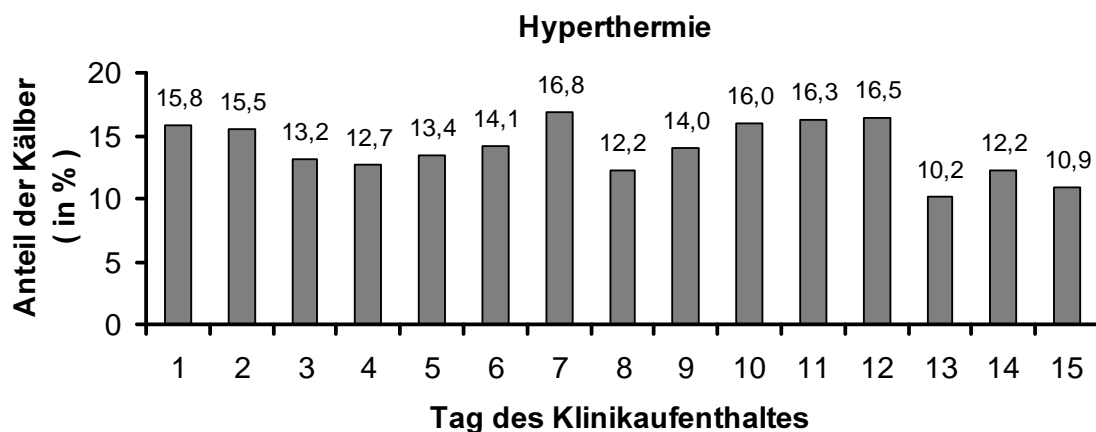
Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
n	501	485	462	448	432	397	374	336	286	244	221	188	167	147	119

Abbildung 188: Anteile der Tiere mit Hypothermie über einen Zeitraum von 15 Tagen bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe



Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
n	501	485	462	448	432	397	374	336	286	244	221	188	167	147	119

Abbildung 189: Anteile der Tiere mit Normothermie über einen Zeitraum von 15 Tagen bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe



Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
n	501	485	462	448	432	397	374	336	286	244	221	188	167	147	119

Abbildung 190: Anteile der Tiere mit Hyperthermie über einen Zeitraum von 15 Tagen bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe

Insgesamt 55 Kälber wiesen im Verlauf ihres Klinikaufenthaltes bzw. im Beobachtungszeitraum von 15 Tagen keine Abweichungen der Körpertemperatur ($< 38,5^{\circ}\text{C}$ oder $> 39,5^{\circ}\text{C}$) auf. 79,9 % der Kälber mit

neonataler Diarrhoe, die am ersten Tag des Klinikaufenthaltes eine Hypothermie hatten ($n = 154$), wiesen am nächsten Tag eine Körperinnentemperatur im Normbereich auf (Tabelle 123). 23 Tiere hatten an mindestens drei aufeinander folgenden Tagen eine erniedrigte Körpertemperatur. Bei einem Kalb konnten innerhalb des Beobachtungszeitraumes sowohl drei aufeinander folgende Tage mit Hypothermie als auch mit Hyperthermie beobachtet werden.

Tabelle 123: Anzahl der Kälber mit Hypothermie in Abhängigkeit vom ersten Tag mit subnormaler Körperinnentemperatur und der jeweiligen Dauer

erstmals Hypothermie am	Dauer der Hypothermie (Tage)						Summe
	1	2	3	4	5	6	
1. Tag	123	25	4	1	1	-	154
2. Tag	30	8	-	1	-	-	39
3. Tag	18	7	2	1	-	-	28
4. Tag	15	-	-	2	-	-	17

68,4 % der Kälber mit neonataler Diarrhoe, bei denen am ersten Tag des Klinikaufenthaltes eine Hyperthermie vorlag ($n = 79$), wiesen am nächsten Tag eine Körperinnentemperatur im Normbereich auf. In der Gruppe der Kälber, bei denen erst am zweiten Tag in der Klinik eine erhöhte Temperatur gemessen wurde ($n = 47$), betrug der Anteil der Tiere, die am folgenden Tag eine normale Körpertemperatur aufwiesen, sogar 80,9 % (Tabelle 124). Bei 51 Kälbern trat an mindestens drei aufeinander folgenden Tagen eine Hyperthermie auf.

Tabelle 124: Anzahl der Kälber mit Hyperthermie in Abhängigkeit vom ersten Tag mit erhöhter Körperinnentemperatur und der jeweiligen Dauer

erstmals am	Dauer der Hyperthermie (Tage)						Summe
	1	2	3	4	5	6	
1. Tag	54	18	4	-	1	2	79
2. Tag	38	4	2	1	1	1	47
3. Tag	20	7	3	6	1	-	37
4. Tag	16	8	3	1	-	-	28

Die durchschnittliche Dauer der Diarrhoe-Erkrankung betrug in der Gruppe der Tiere, die bis zum Ende der Erkrankung bzw. innerhalb des Zeitraumes von 15 Tagen ausschließlich normale Körpertemperaturen aufwiesen ($n = 18$), 12,6 Tage (Streuungsfaktor 1,63). In der Gruppe der Tiere, die innerhalb der 15 Tage mindestens an drei aufeinander folgenden Tagen eine subnormale Körpertemperatur hatten ($n = 10$), wurde eine durchschnittliche Dauer von 15,1 Tagen (Streuungsfaktor 1,66) ermittelt. Die Kälber, die im Verlauf des Beobachtungszeitraumes an mindestens drei aufeinander folgenden Tagen eine Hyperthermie aufwiesen ($n = 24$), hatten eine durchschnittliche Erkrankungsdauer von 15,2 Tagen (Streuungsfaktor 1,59). Bei dem Kalb, das innerhalb der 15 Tage sowohl drei Tage subnormale Temperaturen als auch drei Tage Hyperthermie aufwies, dauerte die Diarrhoe-Erkrankung 25 Tage an. Die Unterschiede der Erkrankungsdauer in Bezug zur Entwicklung der Körpertemperatur erwiesen sich als knapp nicht signifikant ($p = 0,072$). Tendenziell kann jedoch bei Tieren ohne Temperaturabweichungen von einer kürzeren Krankheitsdauer ausgegangen werden.

Bei 120 Kälbern war es möglich, Besonderheiten im Verlauf der Körperinnentemperatur innerhalb des Beobachtungszeitraumes in Bezug zum weiteren Schicksal der Tiere zu setzen (Tabelle 125). Das Kalb, das innerhalb der 15 Tage sowohl drei Tage subnormale Temperaturen als auch drei Tage Hyperthermie aufwies, konnte gesund entlassen werden.

Tabelle 125: Anzahl und Anteile der Kälber mit Körpertemperaturen ausschließlich im Normbereich bzw. mit Hypothermie oder Hyperthermie an drei aufeinander folgenden Tagen innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 15 Tagen in Bezug zu ihrem weiteren Schicksal ($n = 119$)

Körpertemperatur	gesund entlassen		verstorben		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
ohne Hyperthermie/ Hypothermie	36	80,0	9	20,0	45
3 Tage Hypothermie	15	65,2	8	34,8	23
3 Tage Hyperthermie	46	90,2	5	9,8	51

Während sich die Beziehung zwischen einer dreitägiger Hyperthermiephase und dem weiteren Schicksal der Tiere als nicht statistisch signifikant erwies, verstarben Kälber, bei denen an mindestens drei aufeinander folgenden Tagen subnormale Körpertemperaturen gemessen wurden, signifikant häufiger ($p = 0,002$).

4.3.1.13.2.2 Exsikkose

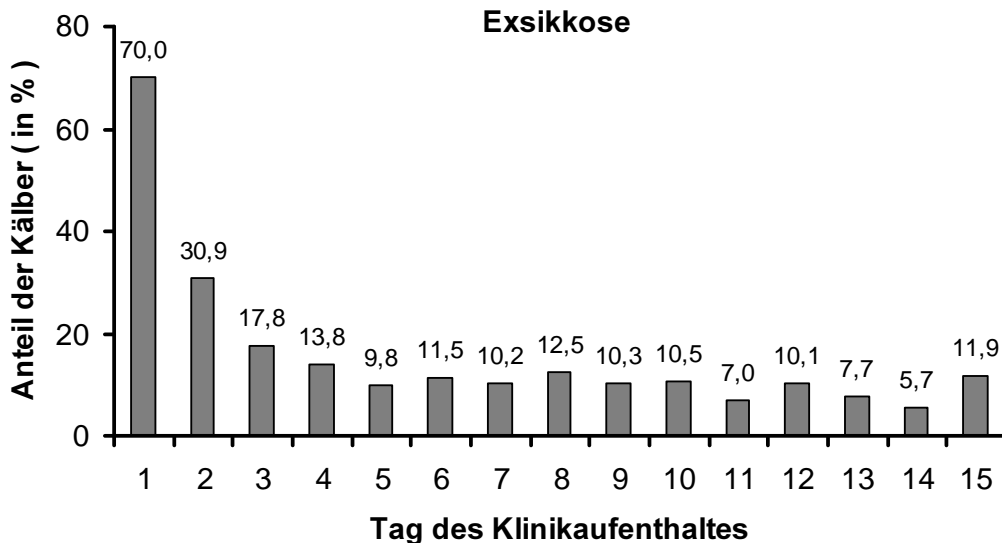
Am ersten Tag des Klinikaufenthaltes zeigten 332 Kälber klinische Anzeichen einer Exsikkose (70 %; $n = 474$). An den folgenden Tagen standen deutlich weniger Daten zum Exsikkose-Status zur weiteren Auswertung zur Verfügung. 55 Tiere wiesen am ersten und zweiten Tag eine Exsikkose auf (42 %; $n = 131$); während 35,5 % der Kälber am ersten, zweiten und dritten Tag Anzeichen einer Dehydratation zeigten (11 Tiere; $n = 31$). An den ersten vier Tagen hatten 33,3 % der Tiere eine Exsikkose (2 Tiere; $n = 6$). Bei zwei Kälbern lagen die Exsikkose-Daten für die ersten fünf Tage vor; eines dieser Kälber wies auch am fünften Tag Anzeichen einer Dehydratation auf (Tabelle 126).

Tabelle 126: Anzahl der Kälber mit Exsikkose in Abhängigkeit vom Tag des Klinikaufenthaltes aufgrund einer neonatalen Diarrhoe
(- = keine Exsikkose-Anzeichen + = Anzeichen einer Exsikkose)

1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	Anzahl
-					142
+					332
+	-				76
+	+				55
+	+	-			20
+	+	+			11
+	+	+	-		4
+	+	+	+		2
+	+	+	+	-	1
+	+	+	+	+	1

Lediglich am ersten Tag des Klinikaufenthaltes überwogen mit 70 % die Kälber mit klinischen Anzeichen einer Exsikkose (332 Tiere; n = 474). Der Anteil der Kälber mit Exsikkose nahm zunächst stetig ab, um sich schließlich auf einem Niveau von etwa 10 % zu stabilisieren. Vom ersten zum zweiten Tag des Klinikaufenthaltes fiel der Anteil der Tiere mit klinischen Exsikkoseanzeichen um 56 %, vom ersten zum dritten Beobachtungstag sogar um 75 %. Innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 15 Tagen erreichte der Anteil der Tiere mit Dehydratationsanzeichen am vierzehnten Tag mit 5,7 % sein Minimum (3 Tiere; n = 53) (Abbildung 191).

46 Kälber (32,4 %), die am Tag der Einlieferung in die Klinik keine Anzeichen einer Exsikkose zeigten (n = 142), entwickelten diese im Verlauf des Beobachtungszeitraumes von 15 Tagen. 60 Tiere (18,1 %), bei denen am Tag der Einlieferung in die Klinik eine Exsikkose nachgewiesen wurde (n = 332), zeigten nach erfolgtem Ausgleich und mindestens einem Tag ohne Exsikkose innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 15 Tagen erneute Anzeichen einer Dehydratation.

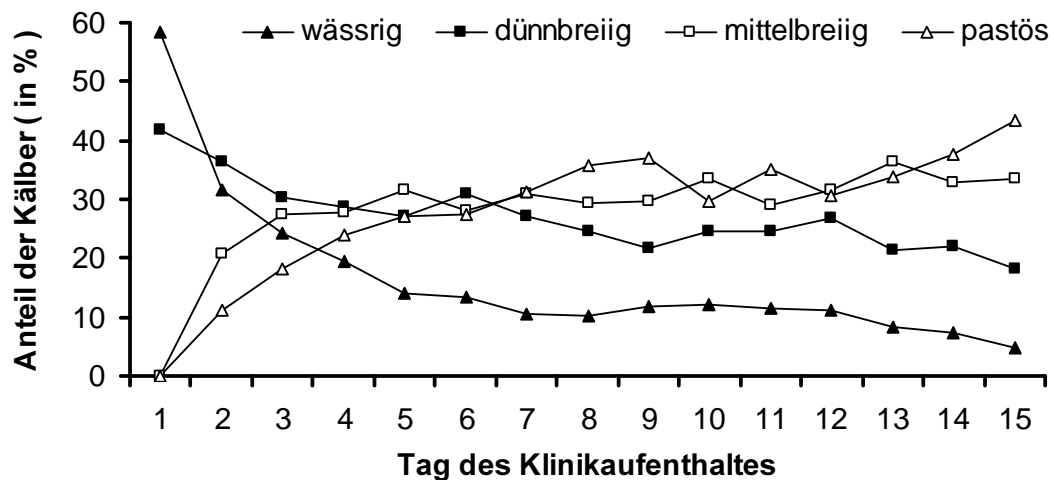


Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
n	474	207	214	195	174	174	157	136	117	105	86	69	52	53	42

Abbildung 191: Anteile der Kälber mit Anzeichen einer Exsikkose in Bezug zum Tag des Klinikaufenthaltes aufgrund einer neonatalen Diarrhoe

4.3.1.13.2.3 Kotbeschaffenheit

Am ersten Tag des Klinikaufenthaltes wiesen 298 Kälber Kot von wässriger (58,3 %; n = 511) und 213 Kälber Kot dünnbreiiger Konsistenz auf (41,7 %; n = 511). Am fünfzehnten Tag setzten lediglich noch 4,9 % der Kälber (6 Tiere; n = 122) wässrigen und 18 % (22 Tiere; n = 122) dünnbreiigen Kot ab. Die Anteile der Tiere mit mittelbreiigem und pastösem Kot stiegen dagegen bis zum fünfzehnten Tag des Klinikaufenthaltes auf 33,6 % (41 Tiere; n = 122) bzw. 43,4 % (53 Tiere; n = 122) an (Abbildung 192).



Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
n	511	489	470	454	437	405	380	338	291	247	225	190	168	149	122

Abbildung 192: Anteile der Kälber mit unterschiedlicher Kotkonsistenz in Bezug zum Tag des Klinikaufenthaltes aufgrund einer neonatalen Diarrhoe

11,2 % der Kälber mit neonataler Diarrhoe, die am ersten Tag des Klinikaufenthaltes wässrigen oder dünnbreiigen Kot absetzten, hatten am Folgetag pastösen Kot (55 Tiere; n = 481); bei 21 % war der Kot am nächsten Tag von mittelbreiiger Konsistenz (101 Tiere; n = 481). Die Entwicklung der Kotkonsistenz über einen Zeitraum von 15 Tagen in Abhängigkeit von der Kotkonsistenz am ersten Tag des Klinikaufenthaltes ist Abbildung 193 und Abbildung 194 zu entnehmen.

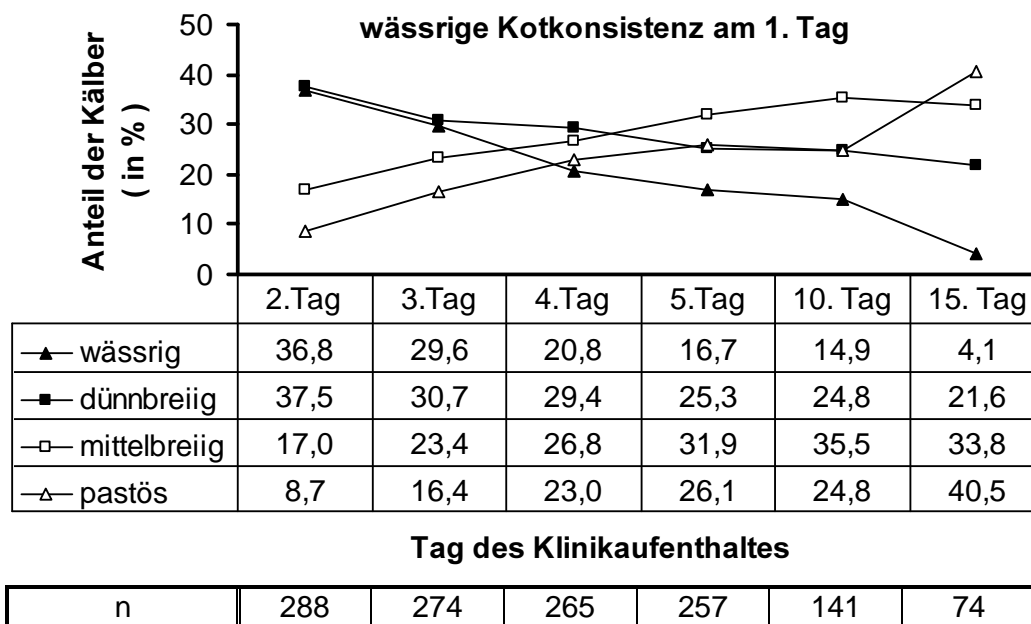


Abbildung 193: Entwicklung der Kotkonsistenz über einen Zeitraum von 15 Tagen bei Kälbern, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung wässrigen Kot aufwiesen (n = 298)

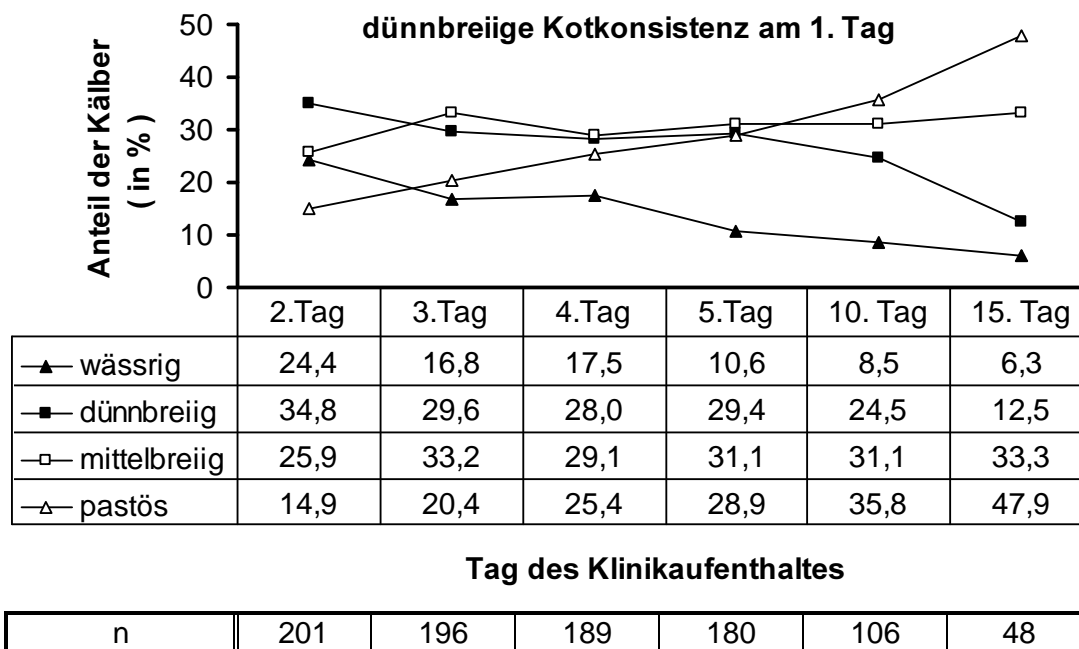


Abbildung 194: Entwicklung der Kotkonsistenz über einen Zeitraum von 15 Tagen bei Kälbern, die im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung dünnbreiigen Kot aufwiesen (n = 213)

85 Tiere setzten innerhalb des berücksichtigten Zeitabschnitts von fünfzehn Tagen an mindestens drei aufeinander folgenden Tagen Kot von wässriger Konsistenz ab. Ein Tier hatte vom Einlieferungstag an acht Tage lang wässrigen Kot. Bei 163 Kälbern beinhalteten die fünfzehn Tage jeweils eine Periode von mindestens drei Tagen, in denen ausschließlich pastöser Kot abgesetzt wurde. 14 Kälber wiesen ab dem zweiten Tag in der Klinik bis zu ihrer Entlassung ohne Ausnahme Kot von pastöser Konsistenz auf. In der Gruppe der Tiere mit einer mindestens dreitägigen Periode mit pastöser Kotkonsistenz war der Anteil der verstorbenen Kälber mit 7 % (11 Tiere; n = 157) wesentlich geringer als in der Gruppe der Tiere mit einer mindestens dreitägigen Phase mit wässrigem Kot mit 21,2 % (18 Tiere; n = 85) (Tabelle 127). Demnach verstarben die Kälber mit pastöser Kotphase signifikant seltener ($p = 0,017$), während die Tiere mit wässriger Kotphase signifikant häufiger verstarben ($p = 0,032$).

Tabelle 127: Anzahl und Anteile der Kälber mit unveränderter Kotkonsistenz an mindestens drei aufeinander folgenden Tagen innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 15 Tagen in Bezug zu ihrem weiteren Schicksal (n = 453)

Kotkonsistenz (über mind. 3 Tage)	gesund entlassen		verstorben		Summe
	Anzahl	%	Anzahl	%	
wässrig	67	78,8	18	21,2	85
dünnbreiig	96	89,7	11	10,3	107
mittelbreiig	94	90,4	10	9,6	104
pastös	146	93,0	11	7,0	157

Bei 182 Kälbern (39,4 %; n = 462) wechselte die Farbe des abgesetzten Kots an den ersten drei Tagen ihres Klinikaufenthaltes nicht (Tabelle 128).

Tabelle 128: Anzahl der Kälber mit konstanter Kotfarbe während der ersten drei Tage des Klinikaufenthaltes aufgrund einer neonatalen Diarrhoe

Kotfarbe	gelb	ocker	braun	gelb-grau	gelb-grün	oliv
Anzahl	164	11	3	2	1	1

4.3.2 Beschreibung der Infektionsgruppe

72 Kälber wurden in der Klinik mit zunächst ungestörtem Allgemeinbefinden geboren und entwickelten im Verlauf ihres Klinikaufenthaltes eine neonatale Diarrhoe. 25 (34,7%) dieser Kälber waren weiblichen Geschlechtes; 47 Tiere (65,3 %) waren männlich.

Alter

Das durchschnittliche Erkrankungsalter lag bei $4,8 \pm 3$ Tagen. Die Kälber, die in der Klinik erkrankten, zeigten somit signifikant früher klinische Anzeichen einer neonatalen Diarrhoe als die Tiere, die von Landwirten zur weiteren Therapie in die Klinik eingeliefert wurden ($p = 0,049$). 26,4 % der Kälber erkrankten am dritten Lebenstag (19 Tiere; $n = 72$); 16,7 % der Kälber waren am ersten Tag der Diarrhoe-Symptomatik vier Tage alt (12 Tiere; $n = 72$). Ein Kalb zeigte bereits am ersten Lebenstag Anzeichen einer neonatalen Diarrhoe (Abbildung 195).

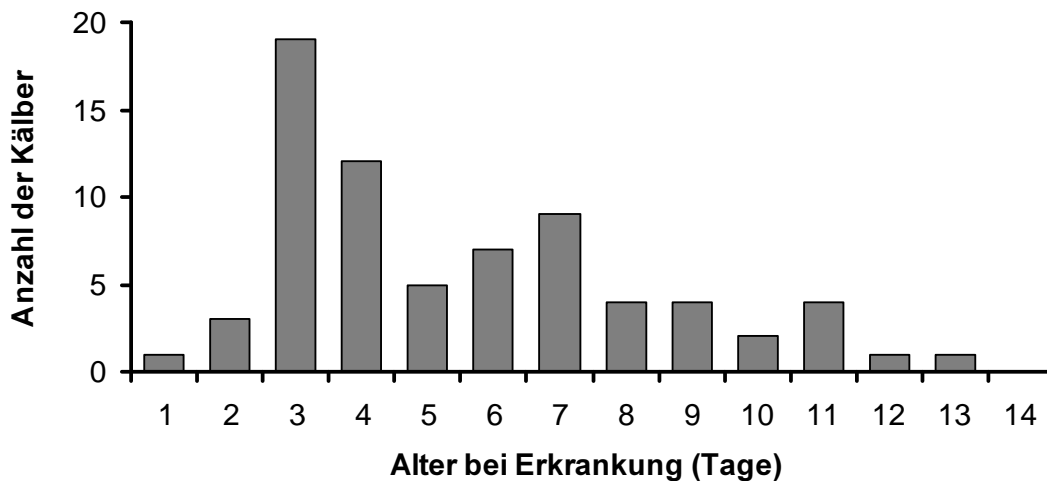


Abbildung 195: Erkrankungsalter der Kälber, die in der Klinik an neonataler Diarrhoe erkrankten ($n = 72$)

Dauer

Die Erkrankungsdauer konnte aufgrund fehlender Daten, Entlassung auf Wunsch oder tödlichem Ausgang lediglich für 38 Kälber (52,8 %) ermittelt werden.

Die durchschnittliche Erkrankungsdauer betrug $10,6 \pm 5$ Tage. Die minimale Dauer betrug fünf Tage. Dies war bei sechs Tieren der Fall. Die maximale

Erkrankungsdauer umfasste 20 Tage (2 Kälber). Insgesamt wiesen die Kälber, die in der Klinik erkrankten, eine statistisch signifikant kürzere Dauer der Erkrankung auf, als die Tiere, die von Landwirten in die Klinik eingeliefert wurden ($p = 0,0001$).

Bei 38 Tieren war es möglich, das Alter am ersten Tag der Durchfall-Symptomatik in Beziehung zur Erkrankungsdauer zu setzen (Abbildung 196). Dabei betrug die durchschnittliche Erkrankungsdauer der Kälber, die in den ersten drei Lebenstagen an neonataler Diarrhoe erkrankten ($n = 15$), $9,6 \pm 5$ Tage. Kälber, die innerhalb der zweiten Lebenswoche erkrankten ($n = 7$), hatten eine durchschnittliche Erkrankungsdauer von $9,9 \pm 4$ Tagen. Zeigten die Tiere am vierten bis siebten Lebenstag erste Diarrhoe-Symptome ($n = 16$), dauerte die Erkrankung durchschnittlich $11,9 \pm 4$ Tage. Zwischen dem Alter zu Beginn der Erkrankung und der Erkrankungsdauer bestand kein statistisch signifikanter Zusammenhang.

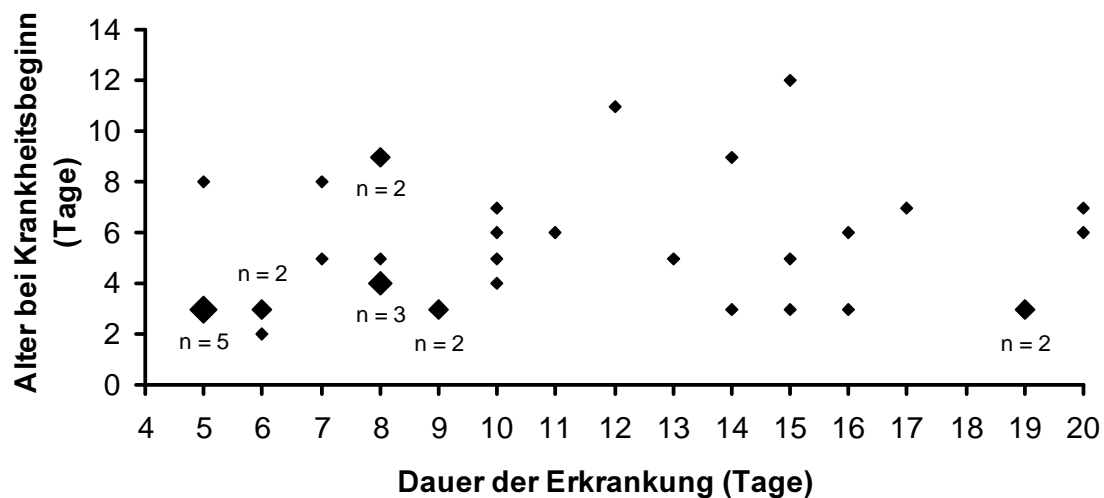


Abbildung 196: Beziehung zwischen dem Erkrankungsalter und der Erkrankungsdauer von Kälbern, die in der Klinik an neonataler Diarrhoe erkrankten ($n = 38$)

Schicksal

Von 72 Kälbern konnten 62 Tieren (86,1 %) gesund entlassen werden. Neun Kälber verstarben. Die Letalität betrug in dieser Kälbergruppe somit 12,5 %. Das Schicksal von einem Tier (1,4 %) war anhand der vorliegenden Daten nicht zu ermitteln. Insgesamt wiesen die Kälber, die in der Klinik erkrankten, eine geringere Sterblichkeitsrate auf, als die Tiere, die von Landwirten in die Klinik eingeliefert

wurden. Die Unterschiede in der Letalität beider Gruppen erwiesen sich jedoch als knapp nicht signifikant ($p = 0,072$).

Ein statistisch signifikanter Einfluss auf das Schicksal der Kälber, die in der Klinik an neonataler Diarrhoe erkrankten, bestand bei keinem der überprüften Parameter (Tabelle 129).

Tabelle 129: Ergebnisse der statistischen Testverfahren (einfaktorielle / multifaktorielle Datenanalyse) zu möglichen Einflussfaktoren auf das Schicksal der Kälber, die in der Klinik an neonataler Diarrhoe erkrankten (n.s. = nicht signifikant)

Parameter	Alter	Temperatur	Base-Excess	pH-Wert	Geburtsverlauf
Schicksal	n.s. / n.s.	n.s. / n.s.	n.s. / n.s.	n.s. / n.s.	n.s. / n.s.

Erregerspektrum

Bei 37 Kälbern lagen Daten über durchgeführte Erreger-Nachweise vor, die jedoch bei 16 Tieren nicht vollständig vorlagen. Die Ergebnisse der parasitologischen und virologischen Untersuchungen sind Tabelle 130 zu entnehmen. Bei 14 Tieren konnten pathogene *Escherichia coli*-Serogruppen nachgewiesen werden (Tabelle 131).

Tabelle 130: Anzahl und Anteil der positiven Erreger-Nachweise im Kot von Kälbern, die in der Klinik an neonataler Diarrhoe erkrankten

Erreger	untersuchte Kotproben	positive Nachweise	
		Anzahl	Anteil
Kryptosporidien	25	4	16,0 %
Rotaviren	31	12	38,7 %
Coronaviren	31	6	19,4 %

Tabelle 131: Verteilung der in Kotproben nachgewiesenen spezifischen *Escherichia coli*-Serogruppen bei Kälbern, die in der Klinik an neonataler Diarrhoe erkrankten

Serogruppe	O9 : K35	O78 : K80	O101 : K28	O101 : K30	O101 : K32	O101 (F5 +)
Anzahl	-	4	1	1	7	1

Von 21 Tieren konnten vollständige Ergebnisse einer parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchung berücksichtigt werden. Kein Tier wies eine reine Kryptosporidien-Infektion auf. Bei vier Kälbern (19 %; n = 21) verliefen die Untersuchungen von Kotproben auf das Vorkommen spezifischer Durchfallerreger negativ (Tabelle 132).

Tabelle 132: Nachgewiesene Erregerkombinationen und die jeweilige Anzahl der verstorbenen Kälber (n = 21)

Erregerkombination	Anzahl der Kälber	davon gestorben
Kryptosporidien	-	-
Rotaviren	3	-
Coronaviren	2	1
Escherichia coli	5	2
Kryptosporidien + Rotaviren	1	-
Kryptosporidien + Coronaviren	1	-
Escherichia coli + Rotaviren	2	-
Kryptosporidien + Escherichia coli + Rotaviren	2	-
Escherichia coli + Rotaviren + Coronaviren	1	-
keine spezifischen Diarrhoe-Erreger nachweisbar	4	1

Mit Hilfe der Daten der 21 Kälber mit vollständigen Untersuchungsergebnissen war es möglich, das Alter zu Beginn der Erkrankung in Beziehung zum nachgewiesenen Diarrhoe-Erreger zu setzen. Beim Vorliegen von Mischinfektionen wurden die beteiligten Erreger unabhängig voneinander betrachtet. Demnach erkrankten zunächst die Kälber mit Infektionen unter der Beteiligung von Coronaviren ($6,5 \pm 2$ Tage) bzw. spezifischen Escherichia coli-Serogruppen ($6,5 \pm 4$ Tage). Erst im Alter von $8,3 \pm 2$ Tagen erkrankten die Tiere mit einer Infektion unter der Beteiligung von Kryptosporidien (Tabelle 133, Abbildung 197). Der Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer Kryptosporidieninfektion und einem späteren Erkranken der Tiere erwies sich in der einfaktoriellen Datenanalyse als statistisch signifikant ($p = 0,04$). Dies Ergebnis konnte in der multifaktoriellen Analyse jedoch nicht bestätigt werden ($p = 0,176$). Für die weiteren überprüften Erreger konnte keine signifikante Beeinflussung des Erkrankungsalters dokumentiert werden (Tabelle 134).

Tabelle 133: Arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, Median des Alters bei Krankheitsbeginn sowie die Gesamtzahl der berücksichtigten Tiere bezogen auf die nachgewiesenen Erreger (21 Kälber mit vollständig vorliegenden Ergebnissen der parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchung)

Alter bei Krankheitsbeginn (Tage)	nachgewiesene Erreger				
	Kryptosporidien	Rotaviren	Coronaviren	E. coli	keine
arithm. Mittelwert	8,3	7,2	6,5	6,5	7,5
Standardabweichung	1,9	2,3	1,9	4,0	4,7
Minimum	7	4	4	1	3
Maximum	11	11	8	13	12
Median	7,5	7,0	7,0	6,0	7,5
Gesamtzahl der Tiere	4	9	4	10	4

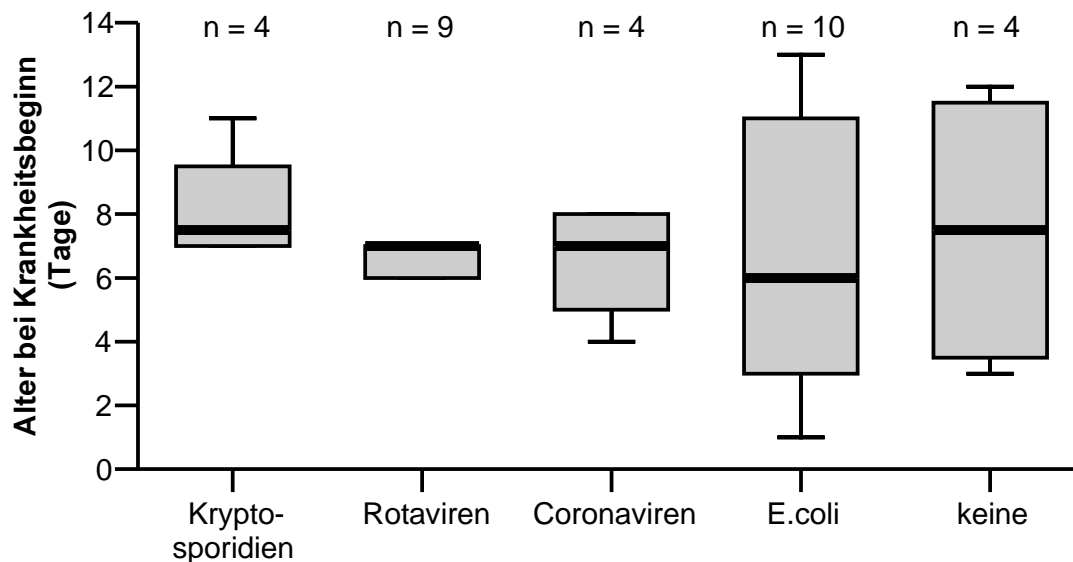


Abbildung 197: Alter bei Krankheitsbeginn von Kälbern, die in der Klinik an neonataler Diarrhoe erkrankten, in Abhängigkeit der nachgewiesenen Erreger, dargestellt im Box-and-Whisker-Plot

Tabelle 134: Ergebnisse der statistischen Testverfahren (einfaktorielle / multifaktorielle Datenanalyse) zur möglichen Beeinflussung des Erkrankungsalter der Kälber durch nachgewiesene spezifische Durchfallerreger (n.s. = nicht signifikant)

Parameter	Kryptosporidien	E. coli	Rotaviren	Coronaviren
Erkrankungsalter	p = 0,04 / n.s.	n.s. / n.s.	n.s. / n.s.	n.s. / n.s.

Bei 12 Kälbern konnte die Erkrankungsdauer in Verbindung mit den nachgewiesenen Erregern betrachtet werden. Die kürzeste Erkrankungsdauer betrug sieben Tage bei einem Kalb mit einer Coronavirusinfektion. Am längsten dauerte die Durchfallerkrankung bei einem Kalb mit einer Infektion unter der Beteiligung von spezifischen Escherichia coli-Serogruppen und Rotaviren mit 20 Tagen (Tabelle 135).

Tabelle 135: Alter bei Krankheitsbeginn sowie die Dauer der Diarrhoe-Erkrankung in Bezug zu den nachgewiesenen Erregern (12 Kälber mit vollständig vorliegenden Ergebnissen der parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Untersuchung)

Kalb Nr.	nachgewiesene Erreger	Erkrankungsalter (d)	Erkrankungsdauer (d)
150	Rotaviren	7	10
376	Rotaviren	6	11
443	Rotaviren	4	8
38	Coronaviren	8	7
489	Coronaviren	4	8
365	Escherichia coli	3	19
401	Escherichia coli	3	16
159	E. coli + Rotaviren	6	20
442	Kryptosporidien + E. coli + Rotaviren	7	17
73	keine	11	12
109	keine	12	15
316	keine	3	9

Venöser pH-Wert

Von 39 Kälbern, die in der Klinik erkrankten, lagen Daten zum venösen pH-Wert und zum Base-Excess am ersten Tag der Erkrankung vor.

27 Kälber (69,2 %) hatten einen pH-Wert $< 7,350$, bei elf Kälbern (28,2 %) lag er im Normbereich (7,350 – 7,450). Lediglich ein Kalb (2,6 %) wies einen pH-Wert $> 7,450$ auf. Der durchschnittlich ermittelte venöse pH-Wert ($n = 39$) am ersten Tag der Diarrhoe-Symptome betrug 7,307 mit einer Standardabweichung von 0,086. Die Spanne reichte von 7,022 (Minimum) bis 7,492 (Maximum) (Tabelle 136). Insgesamt wiesen die Kälber, die in der Klinik erkrankten, am ersten Tag der Diarrhoe-symptomatik statistisch signifikant höhere venöse pH-Werte auf, als sie bei den Tieren, die von Landwirten in die Klinik eingeliefert wurden, im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung gemessen werden konnten ($p < 0,0001$).

Der venöse pH-Wert am ersten Krankheitstag stand in keinem signifikanten Zusammenhang zum Erkrankungsalter und der Erkrankungsdauer.

Tabelle 136: Alter der Kälber bei Krankheitsbeginn und die Erkrankungsdauer der Tiere (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung) sowie die Anzahl der verstorbenen Kälber in Abhängigkeit vom venösen pH-Wert am ersten Tag der Diarrhoe-Symptomatik

venöser pH-Wert	$< 7,350$	7,350 bis 7,450	$> 7,450$	Summe
Alter bei Krankheitsbeginn (d)	6,0 \pm 3 (n = 27)	4,8 \pm 2 (n = 11)	2,0 (n = 1)	39
Dauer der Erkrankung (d)	9,8 \pm 4 (n = 12)	14,2 \pm 2 (n = 6)	-	18
Verstorbene Tiere (n)	6	1	-	7

Base-Excess

Bei acht Kälbern (20,5 %) war der Base-Excess $< - 3$ mmol/l; neun Kälber (23,1 %) hatten einen Base-Excess im Normbereich. Mit 22 Tieren (56,4 %) wies die Mehrzahl der Kälber einen Base-Excess $> + 3$ mmol/l auf.

Der durchschnittlich ermittelte Base-Excess ($n = 39$) am ersten Tag der Diarrhoe-Symptome betrug $2,2 \pm 6,3$ mmol/l. Die Spanne reichte von -11,9 (Minimum) bis 12,0 mmol/l (Maximum). Insgesamt wiesen die Kälber, die in der Klinik erkrankten, am

ersten Tag der Diarrhoe-Symptomatik statistisch signifikant höhere Base-Excess-Werte auf, als sie bei den Tieren, die von Landwirten in die Klinik eingeliefert wurden, im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung gemessen werden konnten ($p < 0,0001$).

Die Kälber mit einem physiologischen Base-Excess erkrankten mit einem durchschnittlichen Erkrankungsalter von $6,4 \pm 3$ Tagen später als die Tiere der anderen Gruppen. Die durchschnittliche Erkrankungsdauer war bei den Kälbern mit einem Base-Excess $< - 3$ mmol/l am längsten, jedoch ist hier die geringe Gruppengröße zu beachten (Tabelle 137). Der Base-Excess am ersten Krankheitstag stand in keinem signifikanten Zusammenhang zum Erkrankungsalter und der Erkrankungsdauer.

Tabelle 137: Alter der Kälber bei Krankheitsbeginn und die Erkrankungsdauer der Tiere (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung) sowie die Anzahl der verstorbenen Kälber in Abhängigkeit vom Base-Excess am ersten Tag der Diarrhoe-Symptomatik

Base-Excess (mmol/l)	< - 3	- 3 bis + 3	> + 3	Summe
Alter bei Krankheitsbeginn (d)	$4,4 \pm 3$ (n = 8)	$6,4 \pm 3$ (n = 9)	$4,1 \pm 2$ (n = 5)	39
Dauer der Erkrankung (d)	$13,0 \pm 4$ (n = 3)	$8,8 \pm 4$ (n = 4)	$11,6 \pm 5$ (n = 11)	28
Verstorbene Tiere (n)	3	2	2	7

Mit Hilfe der Daten von 18 Kälbern konnten die in den jeweiligen Kotproben nachgewiesenen Erreger in Beziehung zum Base-Excess gesetzt werden (Tabelle 138).

Tabelle 138: Anzahl der nachgewiesenen Erregerkombinationen im Kot von Kälbern mit neonataler Diarrhoe in Abhängigkeit vom Base-Excess (mmol/l) am ersten Tag der Diarrhoe-Symptomatik (n = 17)

Erreger	< - 3	- 3 bis + 3	> + 3
Rotaviren	-	-	2
Coronaviren	-	3	-
E. coli	2	-	2
Kryptosporidien + Rotaviren	-	-	1
E. coli + Rotaviren	1	-	2
Kryptosporidien + E. coli + Rotaviren	-	1	-
E. coli + Rotaviren + Coronaviren	-	-	1
keine	1	1	1

Hämatokrit

Von lediglich drei Kälbern, die in der Klinik erkrankten, lagen Daten zum Hämatokrit am ersten Tag der Diarrhoe-Symptomatik vor. Ein Kalb hatte einen Hämatokrit < 0,30 l/l. Bei den anderen beiden Kälbern lag er im Normbereich (0,30 bis 0,40 l/l).

Körpertemperatur

Von 71 Kälbern, die in der Klinik erkrankten, lagen Daten zur rektal gemessenen Körpertemperatur am ersten Tag der Diarrhoe-Symptomatik vor.

Drei Kälber (4,2 %) hatten eine subnormale Körpertemperatur < 38,5°C, vierzehn Kälber (19,7 %) wiesen eine Hyperthermie > 39,5°C auf. Bei 54 Tieren (76,1 %) lag die Temperatur im Normbereich (38,5 – 39,5°C). Die durchschnittlich ermittelte Körpertemperatur (n = 71) am ersten Tag der ersten Diarrhoe-Symptome betrug 39,2 ± 0,5°C. Die Spanne reichte von 37,5°C (Minimum) bis 40,2°C (Maximum). Insgesamt wiesen die Kälber, die in der Klinik erkrankten, am ersten Tag der Diarrhoe-Symptomatik statistisch signifikant höhere Körpertemperaturen auf, als sie bei den Tieren, die von Landwirten in die Klinik eingeliefert wurden, im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung gemessen werden konnten (p < 0,0001).

Die durchschnittliche Erkrankungsdauer war bei den Kälbern mit Normothermie am geringsten (Tabelle 139). Die Körperinnentemperatur am ersten Krankheitstag stand in keinem signifikanten Zusammenhang zum Erkrankungsalter und der Erkrankungsdauer.

Tabelle 139: Alter der Kälber bei Krankheitsbeginn und die Erkrankungsdauer der Tiere (arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung) sowie die Anzahl der verstorbenen Kälber in Abhängigkeit von der rektal gemessenen Körperinnentemperatur am ersten Tag der Diarrhoe-Symptomatik

Körpertemperatur	< 38,5°C	38,5°C - 39,5°C	> 39,5°C	Summe
Alter bei Krankheitsbeginn (d)	5,0 ± 2 (n = 3)	5,3 ± 3 (n = 54)	6,9 ± 3 (n = 14)	71
Dauer der Erkrankung (d)	13,5 ± 8 (n = 2)	10,1 ± 4 (n = 28)	11,6 ± 6 (n = 8)	38
Verstorbene Tiere (n)	1	7	1	9

4.3.3 Beschreibung der Tiere aus Problembeständen

Zehn landwirtschaftliche Betriebe (A bis J) lieferten jeweils zehn oder mehr Kälber mit neonataler Diarrhoe in die Klinik ein (Tabelle 140).

Tabelle 140: Anzahl der Kälber mit neonataler Diarrhoe, die aus den jeweiligen Betrieben in die Klinik eingeliefert wurden, sowie die Letalität der einzelnen Gruppen

Betrieb	Anzahl der Tiere	verstorbene Tiere	
		Anzahl	%
A	10	2	20,0
B	42	5	11,9
C	30	3	10,0
D	23	5	21,7
E	11	3	27,3
F	10	2	20,0
G	21	2	9,5
H	12	2	16,7
I	15	6	40,0
J	11	3	27,3

Bei der Betrachtung des Alters zu Beginn der Diarrhoe-Erkrankung bildeten die Kälber aus den Beständen A und H die Randgruppen. So wiesen die Tiere des Bestandes A durchschnittlich im Alter von $8,2 \pm 3$ Tagen erste Symptome auf, während bei den Tieren des Bestandes H das Durchschnittsalter bei Krankheitsbeginn bei lediglich $4,0 \pm 2$ Tagen lag (Abbildung 198).

Für 118 Kälber lagen vollständige Daten einer parasitologischen, bakteriologischen und virologischen Kotuntersuchung vor. In Bestand E konnten bei 63,6 % der Erregernachweise ($n = 11$) Kryptosporidien nachgewiesen werden, zudem war es der einzige Bestand mit einer nachgewiesenen Salmonelleninfektion. Im Gegensatz dazu konnten bei den Tieren aus Bestand G keine Kryptosporidien im Kot gefunden werden, hier überwogen mit 76,9 % die Nachweise von spezifischen Escherichia coli-Serogruppen ($n = 13$) (Tabelle 141).

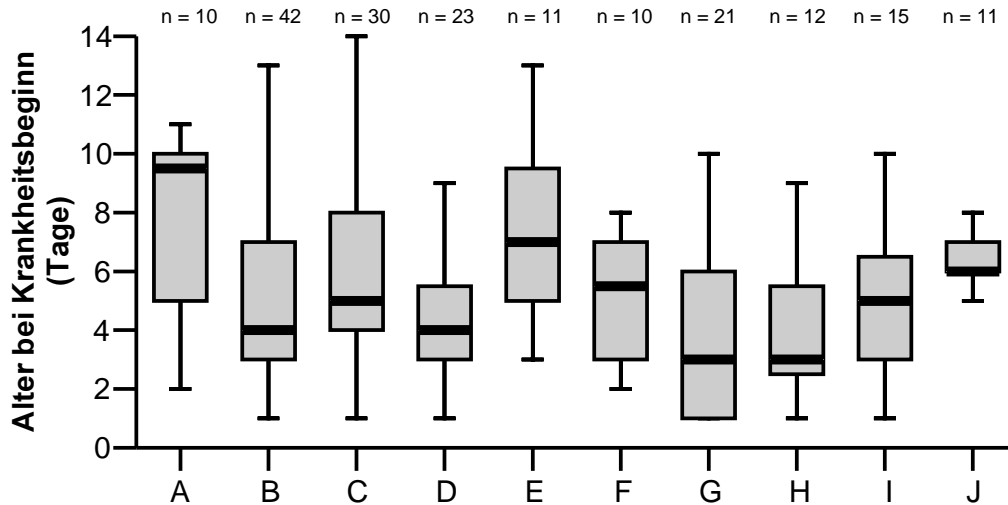


Abbildung 198: Darstellung des Alters der Kälber aus den Betrieben A bis J bei Erkrankungsbeginn im Box-and-Whisker-Plot (n = 185)

Tabelle 141: Erregerspektrum der einzelnen Betriebe (in Prozent), Anzahl der nachgewiesenen Erreger sowie die Anzahl der Kälber mit vollständigem Erregernachweis

Erreger	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Kryptosporidien	43,8	45,2	42,9	31,6	63,6	60,0	-	44,4	54,5	33,3
Rotaviren	31,3	19,0	28,6	21,1	18,2	20,0	23,1	22,2	13,6	33,3
Coronaviren	-	-	10,7	5,3	-	-	-	-	-	16,7
O9:K35	6,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O78:K80	18,8	2,4	3,6	10,5	9,1	-	15,4	22,2	22,7	-
O101:K28	-	16,7	-	5,3	-	20,0	53,8	11,1	9,1	-
O101:K30	-	-	7,1	15,8	-	-	-	-	-	-
O101:K32	-	2,4	7,1	10,5	-	-	7,7	-	-	16,7
O101 (F5 +)	-	14,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Salmonellen	-	-	-	-	9,1	-	-	-	-	-
positive Nachweise (n)	16	42	28	19	11	10	13	9	22	18
Anzahl der Tiere	8	27	20	10	7	7	9	6	13	11

In der statistischen Analyse erwiesen sich die Nachweise von Kryptosporidien ($p = 0,001$) sowie der *Escherichia coli*-Serogruppen O78:K80 ($p = 0,035$) und O101:K28 ($p = 0,012$) als signifikant besitzerabhängig, während eine solche Beziehung für weitere Erreger nicht nachgewiesen werden konnte.

5 Diskussion

5.1 Diskussion der Fragestellungen

Die neonatale Diarrhoe stellt nach Angaben unterschiedlicher Autoren die häufigste und wirtschaftlich bedeutendste Erkrankung des Kalbes dar (Auswahl: HOUSE, 1978; FREESE et al., 1981; MARSCHANG, 1985; DOLL et al., 1995; BUSATO et al., 1997). Trotz intensiver Forschung auf diesem Gebiet hat sich diese Situation in den letzten Jahrzehnten nicht wesentlich geändert.

Im ersten Teil dieser Arbeit wurde die Fragestellung bearbeitet, ob im Rahmen einer intravenösen Bolusapplikation von Natriumbikarbonat-Lösung an Kälbern mit diarrhoebedingter Azidose eine mit 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung verdünnte Flüssigkeitsmischung einen länger anhaltenden Anstieg des venösen pH-Wertes bedingt als die alleinige Verabreichung von 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung. Zudem wurde die Entwicklung ausgewählter Blutparameter im Verlauf der Infusion bis vier Stunden nach der Verabreichung beobachtet. Besondere Aufmerksamkeit galt dabei einer möglichen Beeinflussung des Infusionsverlaufs durch die Verabreichung der Puffersubstanzen über die Ohrvene. In der Praxis ergeben sich vor allem bei der Verabreichung von Natriumbikarbonat-Lösungen an durchfallerkrankte Kälber mit Azidose Probleme bei der Wahl der Infusionszusammensetzung und der Applikationsgeschwindigkeit. Eine Dauertropfverabreichung wird von vielen Autoren einer einmaligen Bolusapplikation von Natriumbikarbonat-Lösung vorgezogen (Auswahl: PHILLIPS, 1985; GLAWISCHNIG et al., 1990; ROUSSEL u. KASARI, 1991; GEISHAUSER u. THÜNKER, 1997a). Ein Nachteil der Dauertropfinfusion unter Praxisbedingungen ist der gegenüber einer Bolusapplikation höhere zeitliche Aufwand, der mit der regelmäßigen Überwachung der Infusionsapparatur verbunden ist (RUDLOFF, 1987; KLEE, 1989; ROUSSEL u. KASARI, 1991; GROVE-WHITE, 1994; WALKER et al., 1998; BERCHTOLD, 1999). Hinzu kommt besonders bei längerer Infusion über die Jugularvenen mittels Katheter die Gefahr der Entwicklung einer Thrombophlebitis (TREMBLAY, 1990; PUSTERLA u. BRAUN, 1996).

Im zweiten Teil der Arbeit wurde der Frage nachgegangen, welchen Stellenwert die Darmmotorik im Rahmen der neonatalen Diarrhoe besitzt. Verschiedene Übersichtsarbeiten greifen das Thema Darmmotorik in Zusammenhang mit

Durchfallerkrankungen beim Kalb auf, ohne auf Primärliteratur bei dieser Tierart zu verweisen (HARTMANN et al., 1981; SCHARRER, 1986; RADEMACHER et al., 2002). ROUSSEL und BRUMBAUGH (1991) zitierten im Rahmen ihrer Ausführungen zur möglichen Beziehung zwischen Diarrhoe und veränderter Darmmotilität ausschließlich humanmedizinische Arbeiten. In einer neueren Studie erarbeiteten PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2004) sonographisch erfassbare Parameter zur Beurteilung der Darmmotorik bei Kälbern unterschiedlichen Alters, jedoch ohne Kälber mit neonataler Diarrhoe einzubeziehen. Dagegen erfasste die Arbeit zur sonographischen Untersuchung von Lunge und Abdomen boviner Neonaten von JUNG (2002) ausschließlich erkrankte Tiere, jedoch mit anderem Schwerpunkt der Fragestellung.

Im dritten Abschnitt wurde anhand einer Datenauswertung überprüft, ob die Ergebnisse vergleichbarer Studien (Auswahl: SCHULTE-MÄRTER, 2000; SCHLERKA et al., 2002) über Krankheitsbild, Erregerspektrum und Verlauf der neonatalen Kälberdiarrhoe auf die hessischen Verhältnisse und speziell auf das Patientenkollektiv der KGGa der Justus-Liebig-Universität Gießen übertragbar sind. Die statistische Untersuchung potenzieller Einflüsse verschiedener Parameter auf das Durchfallgeschehen soll dazu dienen, eine verbesserte Einschätzung erkrankter Tiere schon bei Behandlungsbeginn zu ermöglichen.

5.2 Infusionsversuche mit Natriumbikarbonat-Lösungen bei Kälbern mit Diarrhoe und negativem Base-Excess

5.2.1 Anmerkungen zur Methodik

Kälberkollektiv

Berücksichtigt wurden ausschließlich Kälber, bei denen mittels Blutgasanalyse charakteristische Anzeichen einer metabolischen Azidose sowie Kotveränderungen im Sinne einer neonatalen Diarrhoe vorhanden waren. Tiere mit zusätzlichen Erkrankungen, die möglicherweise einen Einfluss auf den Dehydratationsgrad oder den Säuren-Basen-Haushalt besaßen, fanden keine Berücksichtigung. Die Ausgangsbedingungen für beide Kälbergruppen unterschieden sich vor Beginn der Infusionstherapie nicht signifikant.

Versuchsdurchführung

In beiden Kälbergruppen stand initial der Ausgleich der metabolischen Azidose im Vordergrund der Infusionstherapie. Die Kälber der Gruppe A erhielten die errechnete Menge an 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung mit maximal möglicher Geschwindigkeit mittels intravenöser Applikation über die Ohrvene. In der Gruppe B wurde die erforderliche Menge an 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung mit dem gleichen Volumen einer 0,9 %igen Natriumchlorid-Lösung vermischt und unter den gleichen Bedingungen den Tieren verabreicht.

Auch in den Untersuchungen von ROUSSEL und KASARI (1990) sowie MAACH et al. (1992a) erfolgte der Ausgleich bestehender Azidosezustände möglichst rasch, um einem Verlust des Saugreflexes sowie einer allgemeinen Schwächung vorzubeugen (KASARI, 1990; GEISHAUSER u. THÜNKER, 1997b). Gleichfalls empfahlen KASKE (2002) und HAASE (2006) unter Praxisbedingungen bei Tieren mit hochgradig gestörtem Allgemeinbefinden zunächst die kontrollierte Infusion einer hypertonen Natriumbikarbonat-Lösung zum Ausgleich hochgradiger Azidosezustände, um eine sichere Verabreichung der Pufferlösungen zu gewährleisten. BINDING und Mitarbeiter (2000) konnten keine signifikanten Unterschiede in der Entwicklung relevanter Blutparameter zwischen einer initialen Verabreichung von Natriumbikarbonat-Lösung mit anschließender Infusion größerer Flüssigkeitsmengen und einer sofortigen Dauertropfinfusion bei an Durchfall erkrankten Kälbern mit metabolischer Azidose dokumentieren.

Dagegen raten verschiedene Autoren vor einer Behandlung der metabolischen Azidose zunächst zu einem Ausgleich der Dehydratationszustände (KASKE, 1994; BERCHTOLD, 1998; BERCHTOLD et al., 2000), da durch die Volumenauffüllung eine bessere CO₂-Abgabe sowie eine Entlastung der Herzfunktion gegeben ist. In den eigenen Versuchen konnten dagegen bei geringgradiger Dehydratation der Kälber keine Nachteile einer vorgezogenen Azidose-therapie beobachtet werden.

Die Applikation der hypertonen Pufferlösungen erfolgte in beiden Kälbergruppen über die Ohrvene. Zwar berichteten auch andere Autoren von einer unkomplizierten Verabreichung von Infusionslösungen an durchfallkranke Kälber über eine Venenverweilkanüle in eine der Ohrvenen (SCHMID u. RÜSSE, 1983; BERCHTOLD, 1998; BERCHTOLD u. PRECHTL, 2002; RADEMACHER et al., 2002), doch kamen dabei vorwiegend isotone Infusionslösungen zum Einsatz.

In den Untersuchungen von CONSTABLE (1999), KOCH (2004) sowie BERCHTOLD et al. (2005) erfolgte die Infusion hypertoner Natriumbikarbonat-Lösungen dagegen ausschließlich über die Jugularvenen. Lediglich HAASE (2006) applizierte ebenfalls hypertone Natriumbikarbonat-Lösung unter Nutzung einer Ohrvene an Kälber mit neonataler Diarrhoe. Die eigenen Ergebnisse sowie die Beobachtungen von HAASE (2006) zeigten, dass, trotz der potenziell höheren Gefahr einer Gewebereizung durch die hypertone Natriumbikarbonat-Lösung, die Verabreichung auch über die Ohrvenen komplikationslos möglich ist und eine bestehende metabolische Azidose erfolgreich ausgeglichen werden kann. Dabei wurden bei Infusionen über die Ohrvenen insgesamt weniger Komplikationen beschrieben als bei einer Applikation über die Jugularvenen (BERCHTOLD, 1999). Zudem werden die Halsvenen für eine eventuell notwendige, intravenöse Applikation von Medikamenten geschont.

In der vorliegenden Arbeit und auch in der Studie von HAASE (2006) war zur Applikation der benötigten Lösungsmenge, bedingt durch die anatomischen Gegebenheiten am Ohr, ein deutlich höherer Zeitaufwand notwendig, als in den Infusionsstudien unter Nutzung der Jugularvenen von CONSTABLE (1999), KOCH (2004) und BERCHTOLD et al. (2005).

Die Infusionslösungen wurden allen Kälbern mit maximal möglicher Geschwindigkeit über eine Ohrvene verabreicht. Die angestrebte Applikationsgeschwindigkeit betrug in Anlehnung an KASARI (1999) 40 ml/kg/h, die jedoch lediglich bei sechs der zwanzig Kälber erreicht werden konnte. BERCHOLD und PRECHTL (2002) ermittelten für die angewandte Braunüle, entsprechend den eigenen Ergebnissen, eine maximale Infusionsmenge von 1,0 bis 1,5 Litern pro Stunde. Es bestanden zum einen große individuelle Abweichungen, aber auch deutliche Unterschiede zwischen den beiden Infusionsgruppen. Um möglichst identische Bedingungen zu schaffen, wäre die Anwendung eines Durchflussmessgerätes denkbar gewesen. Dennoch hätten die individuellen Eigenheiten der einzelnen Tiere, wie z. B. Ausbildung und Verlauf der Ohrvenen, Sitz der Braunüle und die benötigte Flüssigkeitsmenge die Infusionsgeschwindigkeit auch weiterhin beeinflusst. Die letztlich erreichte Geschwindigkeit war jedoch zum Ausgleich der metabolischen Azidose sowie bestehender Flüssigkeitsdefizite bei allen Kälbern ausreichend.

Infusionslösungen

Die in der vorliegenden Arbeit berücksichtigten Kälber wiesen neben ihrer Durchfallerkrankung zusätzlich eine deutliche metabolische Azidose auf. Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass Durchfallerkrankungen unterschiedlicher Ätiologie bei Kälbern häufig mit einer azidotischen Stoffwechsellage einhergehen (Auswahl: NAYLOR, 1989; DOLL, 1992; KASKE, 1993 u. 1994; HARTMANN u. STAUFENBIEL, 1995; BERCHTOLD, 1998). Zum Ausgleich des Basendefizites wurde den Tieren der Gruppe A eine 8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung verabreicht. Die Kälber der Gruppe B erhielten die erforderliche Menge an 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung mit dem gleichen Volumen einer 0,9 %igen Natriumchlorid-Lösung vermischt.

Die erfolgreiche Anwendung hypertoner Natriumbikarbonat-Lösung zum Ausgleich einer mittel- bis hochgradigen metabolischen Azidose mittels intravenöser Verabreichung konnte in vielen Studien belegt werden (Auswahl: KASARI u. NAYLOR, 1985; KASARI, 1990; TREMBLAY, 1990; CONSTABLE, 1999; RADEMACHER et al., 2002; KOCH, 2004; BLEUL et al., 2005; HAASE, 2006).

An Diarrhoe erkrankte Kälber weisen häufig hypotone Dehydratationszustände mit erhöhten intrazellulären Flüssigkeitsvolumina auf (HARTMANN et al., 1983; BERCHTOLD, 1999). Durch die Infusion hypertoner Lösungen wird ein osmotischer Gradient zwischen Intra- und Extrazellulärflüssigkeit erzeugt. Es folgte eine schnelle Auffüllung des Extrazellulärraums durch den Einstrom intrazellulärer Flüssigkeit (RUDLOFF, 1987; WALKER et al., 1998; BERCHTOLD et al., 2005).

Die Verabreichung der hypertonen Natriumbikarbonat-Lösungen erfolgte als Bolusapplikation. Dabei traten keinerlei negative Begleiterscheinungen auf. Auch HAASE (2006) applizierte durchfallkranken Kälber mit Azidose eine 4,2 %ige Natriumbikarbonat-Lösung unter Nutzung der Ohrvenen, ohne dass Nebenwirkungen beobachtet wurden.

Das Verfahren der Bolusapplikation von hypertonen Pufferlösungen ist unter Praxisbedingungen nach wie vor Routine bei der Behandlung durchfallkranker Kälber. In den meisten Fällen erfolgt dabei die Infusion in wesentlich kürzerer Zeit über die Vena jugularis (CONSTABLE, 1999; KOCH, 2004). Sowohl CONSTABLE (1999) als auch KOCH (2004) verabreichten die errechnete Menge an 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung innerhalb weniger Minuten über eine Jugularvene, ohne

dass unerwünschte Nebenwirkungen auftraten. KOCH (2004) beobachtete lediglich eine zunehmende Unruhe der Kälber während der Applikation der hypertonen Pufferlösung, deren Ursache nicht zu ermitteln war. Auch GROVE-WHITE und WHITE (1993) erzielten in ihren Versuchen unter Verwendung einer 1molaren Natriumbikarbonat-Lösung sehr gute Erfolge beim intravenösen Ausgleich metabolischer Azidosen beim durchfallkranken Kalb.

In der Literatur werden verschiedene Nebenwirkungen von intravenösen Bikarbonat-Gaben geschildert. Vor allem die Anwendung der hypertonen 8,4 %igen Natriumbikarbonat-Lösung ist umstritten, obwohl mit ihrer Hilfe bestehende Azidosen sehr schnell und sicher zu korrigieren sind (KOCH, 2004; BERCHTOLD et al., 2005; HAASE, 2006). Verschiedene humanmedizinische Studien (POSNER u. PLUM, 1967; HARTSFIELD et al., 1981; LEUNG, 1994) weisen auf die Gefahr einer paradoxen intrazellulären und intrazerebrospinalen Azidose vor allem bei zu rasch erfolgter Verabreichung oder Überdosierung von hochkonzentrierten Bikarbonat-Lösungen hin. Durch die Abpufferung der Wasserstoffionen kommt es zur vermehrten Bildung von CO_2 und somit zu einem erhöhten CO_2 -Partialdruck im Blut. Gelingt es nicht, das vermehrt anfallende CO_2 mittels gesteigerter Ventilation zu eliminieren, kann es zum verstärkten Übertritt von Kohlendioxid in die Zellen sowie durch die Blut-Hirn-Schranke, einer vermehrten Bildung von Wasserstoffionen und somit zur Auslösung einer intrazellulären und intrazerebrospinalen Azidose kommen. Entsprechende Beobachtungen konnten jedoch beim Kalb bisher nicht gemacht werden (ROUSSEL u. KASARI, 1991; BERCHTOLD et al., 2005). Dennoch ist aus diesem Grund der Einsatz von hypertoner Natriumbikarbonat-Lösung bei gleichzeitig bestehenden Atemwegserkrankungen aufgrund der erschwerten CO_2 -Abgabe kritisch zu sehen (SADIEK u. SCHLERKA, 1996). Bei Kälbern mit deutlich gestörter, respiratorischer Kompensation raten deshalb BERCHTOLD et al. (2000) sowie BLEUL und Mitarbeiter (2005) vom Einsatz CO_2 -bildender Puffersubstanzen ab. Auch in den eigenen Untersuchungen kam es gruppenunabhängig zu einem deutlichen Anstieg des venösen CO_2 -Partialdrucks. Insgesamt lagen die ermittelten Werte der untersuchten Kälber für den venösen CO_2 -Partialdruck jedoch nur kurzzeitig oberhalb des Referenzbereiches, so dass bei den erkrankten Kälbern von einer ausreichenden Lungenfunktion auszugehen war.

Als weitere Probleme bei der Anwendung hypertoner Natriumbikarbonat-Lösungen gelten außerdem die hohe Osmolarität sowie der beträchtliche Natriumanteil der

Lösung, der siebenfach höher ist als im Plasma. Eine schnelle Infusion kann zu Hyponatriämie, Hyperosmolarität und einer zu raschen Alkalisierung führen (ROUSSEL u. KASARI, 1991). Durch die hohe Osmolarität kann es durch den Entzug von Wasser vor allem bei paravenöser Infusion zu Gewebenekrosen kommen. In der vorliegenden Arbeit wurden keine derartigen unerwünschten Begleiterscheinungen beobachtet, so dass einem erfolgreichen Einsatz hypertoner Natriumbikarbonat-Lösungen als Infusion über die Ohrvene grundsätzlich nichts im Wege steht. Andererseits kann das Auftreten von Komplikationen bei der Verabreichung hypertoner Natriumbikarbonat-Lösungen nicht generell ausgeschlossen werden.

Die Dauertropfinfusion der isotonischen Kochsalzlösung im Anschluss an die Pufferapplikation wurde gewählt, um den Einfluss der weiteren Behandlung auf den Säuren-Basen-Haushalt der Tiere so gering wie möglich zu halten. Zusätzlich waren durch die Flüssigkeitsapplikation ausschließlich positive Auswirkungen auf den Gesundheitszustand der Kälber zu erwarten (GLAWISCHNIG et al., 1990; TREMBLEY, 1990; RADEMACHER et al., 2002; HAASE, 2006). Aus den gleichen Gründen wurde 0,9 %ige Natriumchloridlösung auch zur Verdünnung der 8,4 %igen Natriumbikarbonat-Lösung in der Gruppe B eingesetzt. Auch NAYLOR (1989) empfiehlt die intravenöse Verabreichung einer Mischung aus Natriumbikarbonat- und Natriumchlorid-Lösungen, zur gleichzeitigen Therapie von Dehydratation und metabolischer Azidose. Zur Behebung von Dehydratationszuständen war das eingesetzte Volumen an 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung jedoch zu gering, es diente lediglich der Verdünnung der 8,4 %igen Natriumbikarbonat-Lösung zur Minderung möglicher Nebenwirkungen sowie zur Verdopplung des initial verabreichten Volumens.

Auf den Zusatz von Glukoselösungen wurde während des Beobachtungszeitraumes aufgrund ihres niedrigen pH-Wertes und dem damit potenziellen Einfluss auf den Säuren-Basen-Haushalt der Kälber verzichtet. Auch der alternative Einsatz von destilliertem Wasser musste angesichts seiner osmotischen Wirkung abgelehnt werden.

Probenentnahme

Die Blutprobenentnahme erfolgte zunächst in Zeitintervallen von zehn Minuten, die eine detaillierte Verfolgung von Veränderungen der Blutparameter im Rahmen des Versuchsablaufes sowie eine zeitnahe Untersuchung der Proben ermöglichten. Die Umstellung auf ein Entnahmeintervall von dreißig Minuten eine halbe Stunde nach dem Wechsel der Infusionslösungen erwies sich als ausreichend, um den Verlauf der Blutparameter detailliert zu erfassen. Eine derart enge Beprobung wurde bisher in keiner anderen vergleichbaren Studie durchgeführt. In den Untersuchungen von HAASE (2006) wurden lediglich die Veränderungen der Blutparameter nach 24 Stunden sowie 48 Stunden ermittelt. KOCH (2004) war es aufgrund der kurzen Infusionszeit nicht möglich, während der Pufferapplikation Proben zu gewinnen. Die Autorin ermittelte aber die Veränderungen der ausgewählten Blutparameter direkt bei Beendigung der Infusion der hypertonen Natriumbikarbonat-Lösung sowie nach weiteren zehn bzw. sechzig Minuten. Die weiteren Messungen erfolgten dann in einem Abstand von jeweils sechs Stunden.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die initialen Veränderungen der ausgewählten Blutparameter zu erfassen, deshalb wurde die Probenentnahme nach vier Stunden eingestellt, da kurzfristig keine weiteren bedeutenden Änderungen zu erwarten waren.

5.2.2 Ergebnisse der Infusionsversuche

5.2.2.1 Ausgangsbedingungen

Für alle überprüften Parameter bestanden in den beiden Kälbergruppen identische Ausgangsbedingungen. Während die Blutparameter der erkrankten Kälber vor Beginn der Infusionstherapie das typische Bild einer metabolischen Azidose widerspiegeln, zeigten nur wenige Tiere eine ausgeprägte Dehydratation. Venöser pH-Wert, Base-Excess und die Bikarbonationen-Konzentration waren hochgradig erniedrigt.

Dagegen lag der durchschnittliche venöse CO₂-Partialdruck vor Therapiebeginn noch im unteren Abschnitt des Normbereiches und war somit nur geringgradig, durch vermehrte CO₂-Abatmung zur Kompensation der bestehenden metabolischen

Azidose, erniedrigt (HARTMANN et al., 1984; ŞAHAL et al., 1993; SCHLERKA et al., 1996). Die erhöhte Wasserstoffionen-Konzentration in Blut und Liquor cerebrospinalis löst im Gehirn eine Steigerung der Atemfrequenz aus, die schließlich über eine erhöhte CO₂-Abgabe zu einer reflektorischen Senkung des CO₂-Partialdrucks führt (KASARI, 1999).

In der eigenen Studie wiesen die Konzentrationen an L-Laktat im venösen Blut der erkrankten Kälber trotz ausgeprägter Azidose keine auffälligen Veränderungen auf. Zu entsprechenden Ergebnissen kamen HARTMANN et al. (1984), KASARI und NAYLOR (1986) sowie MAACH et al. (1992b). Eine erhöhte L-Laktatproduktion ist somit bei diesen Kälbern nicht die entscheidende Ursache der Azidose. Andere Autoren berichten dagegen von regelmäßig auftretenden erhöhten L-Laktat-Werten bei Kälbern mit Diarrhoe (BERCHTOLD, 1998; KOCH, 2004). Neuere Arbeiten haben gezeigt, dass auch D-Laktat eine Rolle im Rahmen der Störungen des Säuren-Basen-Haushaltes der durchfallkranken Kälber spielt (OMOLE et al., 2001; LORENZ u. VOGT, 2006). D-Laktat wurde jedoch in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt, weshalb zu diesem Sachverhalt keine Aussage möglich ist.

Entgegen den Beobachtungen von LEWIS und PHILLIPS (1978), HARTMANN et al. (1983 u. 1984) sowie KASKE (2002) lagen der Hämatokrit ebenso wie die Konzentrationen von Natrium- und Chloridionen in beiden Kälbergruppen noch innerhalb des Referenzbereiches. Lediglich die Konzentration der Kaliumionen war, unter anderem als Folge einer krankheitsbedingten Verschiebung von Kalium vom Intrazellulär- in den Extrazellulärraum zur Erhaltung der Elektroneutralität, geringgradig erhöht (HARTMANN, 1981; ANDRESEN u. ANDRESEN, 1986; KASKE, 2002). Auch ŞAHAL et al. (1993), BERCHTOLD (1998) sowie KOCH (2004) beobachteten nur erhöhte Kaliumwerte, während die Konzentrationen von Natrium- und Chloridionen im Normbereich lagen. Dabei wiesen, entsprechend den eigenen Beobachtungen, auch die Kälber in den Untersuchungen von BERCHTOLD (1998) große individuelle Schwankungen der Natriumionen-Konzentration auf.

5.2.2.2 Entwicklung der Werte im Beobachtungszeitraum

Am Ende der Probenentnahmen lag der überwiegende Anteil der beobachteten Parameter innerhalb der als physiologisch angegebenen Grenzen (vgl. Abschnitt 3.4). Lediglich die Konzentration der Blutglukose war deutlich erniedrigt und auch für den venöse pH-Wert wurden zu diesem Zeitpunkt erneut subnormale Messergebnisse ermittelt. Dagegen war die Natriumionen-Konzentration geringgradig erhöht. Die anhaltende Konstanz aller überprüften Blutparameter unter der vierstündigen Natriumchlorid-Infusion trotz anhaltender Diarrhoe-Symptomatik war durchaus überraschend.

Durch das enge Entnahmeintervall gelang es, die kurzzeitigen Extremwerte der untersuchten Blutparameter während der Infusion Natriumbikarbonat-haltiger Lösungen darzustellen. Im Vergleich mit den Ergebnissen der Infusionsstudie von KOCH (2004) unter Nutzung der Jugularvenen wiesen die Kälber der eigenen Untersuchungen deutlich geringere Extremwerte am Ende der Pufferverabreichung auf. Vor allem die maximalen Werte des venösen pH-Werts, des Base-Excess sowie der Bikarbonationen-Konzentration lagen deutlich unter den von KOCH (2004) gemessenen Werten. Durch die Applikation über die Ohrvenen gelang es, die Infusionsdauer zu verlängern und somit die Belastung des Organismus durch extreme Schwankungen der verschiedenen Parameter zu mindern. Noch geringer fallen diese Abweichungen allerdings bei einer Verabreichung der Puffersubstanzen mittels Dauertropfinfusion aus, wobei jedoch der Ausgleich der bestehenden Defizite über einen wesentlich längeren Zeitraum geschieht (GLAWISCHNIG et al., 1990; MAACH et al., 1992a; ŞAHAL et al., 1993).

Ausgleich der Azidose

Die Kälber der Gruppe A erhielten die errechnete Menge an 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung mit maximal möglicher Geschwindigkeit mittels intravenöser Applikation über die Ohrvene. In der Gruppe B wurde die erforderliche Menge an 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung mit dem gleichen Volumen einer 0,9 %igen Natriumchlorid-Lösung vermischt und unter den gleichen Bedingungen den Tieren verabreicht.

Trotz der unterschiedlichen Konzentration der Pufferlösungen konnte weder im Verlauf der Infusion der Natriumbikarbonat-haltigen Lösung noch nach Beendigung der Puffergabe ein Unterschied in der Entwicklung der ausgewählten Blutparameter zwischen beiden Kälbergruppen dokumentiert werden. Zu keinem Zeitpunkt der Untersuchung wurden signifikante Unterschiede zwischen den beiden Infusionsgruppen beobachtet. Die Verabreichung der mit 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung verdünnten Pufferlösung bewirkte keinen länger anhaltenden Anstieg des venösen pH-Wertes als die alleinige Verabreichung von 8,4 %iger Natriumbikarbonat-Lösung.

Beide Behandlungsmethoden sind daher zum Ausgleich einer metabolischen Azidose von Kälbern mit neonataler Diarrhoe als gleichwertig anzusehen. Diese Beobachtung kann darin begründet sein, dass ein schnellerer pH-Wert-Anstieg, bedingt durch die höhere Konzentration der Pufferlösung in der Gruppe A, durch die erstaunlicherweise deutlich raschere Infusionsgeschwindigkeit in der Gruppe B ausgeglichen wurde.

Die Annahme, dass bei einer Applikation über die Ohrvene kleinerer Mengen der höher konzentrierten Pufferlösung zu einem rascheren Ausgleich der bestehenden Defizite führt, wurde nicht bestätigt.

Der einzige Unterschied zwischen den beiden Gruppen im Rahmen der gesamten Arbeit lag in der deutlich höheren und gleichmäßigeren, maximal möglichen Infusionsgeschwindigkeit in der Gruppe B, die, aufgrund des größeren zu applizierenden Volumens, wahrscheinlich aus einem zunächst größeren Druck der Flüssigkeitssäule resultierte. Gegen Ende der Natriumbikarbonat-Infusion ist dagegen von einer Angleichung der Infusionsgeschwindigkeit beider Gruppen auszugehen. Diese Unterschiede konnten mit dem gewählten Versuchsaufbau jedoch nicht erfasst werden. Insgesamt wurde, entsprechend den Beobachtungen von BERCHTOLD und PRECHTL (2002), in keiner der Kälbergruppen die für die verwendete Braunüle angegebene maximale Durchflussmenge erreicht. Ausschlaggebend waren hier zum einen der generell geringe Durchmesser der Ohrvenen und zum anderen die Schwierigkeit, die Braunüle optimal in der Vene zu platzieren, so dass ein erhöhter Flusswiderstand bestand. Nicht zu vernachlässigen sind zudem individuelle Eigenheiten der jeweiligen Kälber.

Die vorliegenden Ergebnisse belegen, dass der gewählte Faktor 0,5 in der Formel zur Berechnung der zu verabreichenden Menge an Natriumbikarbonat, zum Ausgleich der bestehenden Bikarbonatdefizite ausreichend ist. Über den Beobachtungszeitraum von vier Stunden ohne zusätzliche Applikation von Natriumbikarbonat sanken Base-Excess und venöser pH-Wert in beiden Gruppen nur sehr langsam ab, so dass auch die laufenden Natriumbikarbonatverluste über die Fäzes bei andauernder Diarrhoe zunächst ausgeglichen werden konnten. Da sich jedoch bereits nach vier Stunden die Messergebnisse für den venösen pH-Wertes sowie den Base-Excess an der unteren Grenze des Referenzbereiches oder sogar leicht darunter befanden, war die verabreichte Menge an Natriumbikarbonat für einen dauerhaften Ausgleich der Azidose nicht ausreichend. In Untersuchungen von NAYLOR (1989) wiesen ebenfalls unter der Verwendung eines Verteilungsraumfaktors von 0,5 immerhin sieben Prozent der Kälber 24 Stunden nach Beginn der Infusionstherapie auch weiterhin eine Azidose auf. Der auch von KLEE (1989), GROVE-WHITE (1994), BERCHTOLD (1999), CONSTABLE (2002) sowie BLEUL et al. (2005) verwendete Verteilungsraumfaktor von 0,5 (vgl. Abschnitt 2.4.2.3) muss somit als unzureichend angesehen werden. Somit ist den Autoren zuzustimmen, die erfolgreich höhere Verteilungsraumfaktoren verwenden (KASARI u. NAYLOR, 1985; ROUSSEL, 1990; LANG, 1991; GEISHAUSER u. THÜNKER, 1997; BINDING et al., 2000; WENDEL, 2001; DOLL, 2002). Offen bleibt, inwiefern diese höher gewählten Faktoren bei entsprechendem Versuchsaufbau in der Lage sind, eine metabolische Azidose über eine längere Zeit auszugleichen. Da eine iatrogen induzierte Alkalose im Gegensatz zur Azidose bei Kälbern keine wesentlichen Störungen des Allgemeinbefindens hervorruft, sollte die zu verabreichende Puffermenge eher an der Obergrenze des abgeschätzten Bedarfes bemessen werden (RADEMACHER et al., 2002). Betrachtet man die zahlreichen verschiedenen Literaturangaben, erscheint die genaue Bestimmung des Pufferbedarfs eines hochgradig an Diarrhoe erkrankten Kalbes als äußerst schwierig.

Venöser pH-Wert

Bei allen untersuchten Kälbern kam es zu einem deutlichen Anstieg des venösen pH-Wertes bis zur Ausprägung einer kurzfristigen Alkalose. Dies bestätigt die Ergebnisse von KOCH (2004), die bei allen Kälbern eine kurzzeitige hochgradige Alkalose beobachten konnte. Der venöse pH-Wert stieg in den Untersuchung der

Autorin jedoch sehr viel höher an (maximaler pH-Wert: 7,57), als in den eigenen Versuchen (maximaler pH-Wert: 7,46 (Gruppe A) bzw. 7,43 (Gruppe B)), was durch die langsamere Infusionsgeschwindigkeit über die Ohrbraunüle zu begründen ist. Der kontinuierliche Abfall des pH-Wertes nach Beendigung der Natriumbikarbonatgabe ist durch die intravasale Verteilung des Bikarbonats und der damit verbundenen Pufferung von Wasserstoffionen bedingt. Später kommt es zum Ausgleich intrazellulärer und extrazellulärer pH-Unterschiede, wobei Bikarbonat in und Wasserstoffionen aus der Zelle heraus transportiert werden. Zusätzlich unterstützen anhaltende enterale Bikarbonatverluste diese Entwicklung.

Natrium

In Übereinstimmung mit den Beobachtungen von KOCH (2004) war unter der Infusion von hypertoner Natriumbikarbonat-Lösung gruppenunabhängig ein deutlicher Anstieg der Natriumionen-Konzentration zu verzeichnen. Ohne weitere Infusion konnte die Autorin bereits 60 Minuten nach der Infusion keine Hypernatriämie mehr dokumentieren. In der eigenen Studie erhielten die Kälber über weitere vier Stunden eine Natriumchlorid-Lösung, so dass es nur zu einem allmählichen Absinken der Natriumkonzentration kam. Aus diesen Gründen ist das angewandte Infusionsschema nicht für Tiere mit bereits vor Behandlungsbeginn bestehender Hypernatriämie geeignet, da bei diesen Kälbern grundsätzlich die Gefahr einer Kochsalzvergiftung besteht (CONSTABLE, 1999).

Glukose

Die Mehrzahl der untersuchten Kälber wies bereits vor Beginn der Infusionstherapie eine deutliche Hypoglykämie auf. Im Verlauf der Studie nahm die Glukose-Konzentration im venösen Blut meist weiter drastisch ab, so dass zum Teil lebensbedrohliche Defizite bestanden. Durch die sofortige Applikation von Glukoselösung im Anschluss an den Beobachtungszeitraum konnten diese Defizite jedoch erfolgreich ausgeglichen werden. Diese Erkenntnisse unterstreichen die Bedeutung einer raschen Glukoseverabreichung an durchfallkranke Kälber. Die hochgradige Hypoglykämie vieler erkrankter Kälber erfordert deshalb in der Praxis grundsätzlich eine zusätzliche Applikation von Glukose-Lösungen (PHILLIPS, 1985; KASKE, 1994; RADEMACHER et al., 2002). Doch zeigte sich am Beispiel der beiden Kälber, die bereits mit hochgradiger Hyperglykämie in die Klinik eingeliefert wurden,

die Bedeutung einer Blutglukosebestimmung vor Behandlungsbeginn, um einer Überversorgung vorzubeugen. Eines dieser beiden Kälber verstarb im Verlauf des folgenden Tages.

Das zweite verstorbene Kalb wies vor Beginn der Infusionstherapie eine deutliche Hypoglykämie auf, die sich aber im Verlauf der Behandlung ohne Zugabe von Glukose stabilisierte. Die Hintergründe dieser Beobachtung konnten im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht geklärt werden.

In den eigenen Versuchen wurde auf eine zusätzliche Glukoseverabreichung an die Kälber mit Hypoglykämie verzichtet, weil sie einen weiteren Anstieg der Laktatproduktion bewirkt und damit den venösen pH-Wert beeinflusst hätte (HARTMANN et al., 1981). Inwiefern die gleichen Ergebnisse beim Ausgleich der azidotischen Stoffwechsellage unter der Verabreichung von Glukose schon von Beginn der Infusionstherapie an zu erreichen sind, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass es möglich ist, eine hypertone Natriumbikarbonat-Lösung bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe als Infusion über die Ohrvene zu verabreichen. Dabei spielt es keine Rolle, ob die 8,4 %ige Natriumbikarbonat-Lösung mit dem gleichen Volumen an Natriumchlorid-Lösung verdünnt oder unverdünnt appliziert wird. So bietet sich in der Praxis die Möglichkeit, dass der Tierarzt die Infusion der Pufferlösung überwacht, während die weitere Flüssigkeitszufuhr der Aufsicht des Landwirtes überlassen werden kann. Diese Methode ermöglicht eine sichere Puffersubstitution und minimiert das Risiko einer paravenösen Infusion (HAASE, 2006).

Zudem konnte durch die hochfrequente Probenentnahme gezeigt werden, dass diese Form der Puffergabe lediglich zu einer kurzzeitigen Alkalose führt, die deutlich geringer ausfällt als bei einer Applikation der 8,4 %igen Natriumbikarbonat-Lösung über die Jugularvene in den Untersuchungen von KOCH (2004). Entgegen den Beobachtungen der Autorin, die bei einem Base-Excess unterhalb von -20 mmol/l geringere Erfolgchancen einer Therapie mit hypertoner Natriumbikarbonat-Lösung ermittelte, konnten mittels Infusion über die Ohrvene auch Tiere mit höchstgradigen Azidosen (minimaler Base-Excess -27 mmol/l) erfolgreich behandelt werden.

5.3 Sonographische Untersuchungen zur Darstellung der Dünndarmmotorik bei Kälbern mit und ohne Diarrhoe

5.3.1 Anmerkungen zur Methodik

Bereits in den Untersuchungen von JUNG (2002) hat sich das eingesetzte Ultraschallgerät mit einem 7,5-MHz-Linearschallkopf zur Sonographie der Abdominalorgane einschließlich des Darmes bei neugeborenen Kälbern bewährt. Peristaltikwellen der Darmschlingen und der Fluss der Ingesta durch die Lumina waren deutlich darstellbar. BEHN und BOSTEDT (2000) gelang unter Verwendung des gleichen Gerätes die Abdominalsonographie zur Gewinnung von Normwerten beim neugeborenen Fohlen. PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2004) nutzten die Sonographie zur Darstellung des gesamten Magen-Darm-Traktes gesunder Kälber im Alter von einer, vier, sieben und zehn Wochen. Den Autoren gelang es, mit dem in ihrer Studie eingesetzten 5-MHz-Sektorschallkopf den Darmdurchmesser, die Darmwanddicke, die Anzahl peristaltischer Kontraktionen sowie die Echogenität des Darminhaltes auszumessen bzw. darzustellen. In den eigenen Untersuchungen wurde zur Bestimmung der Dünndarmmotilität auf das Auszählen von peristaltischen Kontraktionen an einzelnen Darmschlingen verzichtet und auf ein subjektives Beurteilungsschema zurückgegriffen, da eine Auszählung an bestimmten Darmschlingen über einen längeren Zeitraum durch Eigenbewegungen des Dünndarms sowie Unruhe von Seiten des Kalbes nicht möglich war. Ähnliche Erfahrungen machten BRAUN und MARMIER (1995), die beim Versuch des Auszählens von Darmkontraktionen von Jejunum und Ileum erwachsener Kühe mittels Sonographie am ständig wechselnden Erscheinungsbild scheiterten und schließlich ebenfalls eine subjektive Beschreibung der Darmmotorik wählten.

Zusätzlich zu den oben genannten Parametern wurde in der vorliegenden Arbeit der Füllungszustand des Dünndarmes beurteilt. Aufgrund des hohen Auflösungsvermögens des genutzten Ultraschallgerätes gelang zudem die Darstellung der Bewegungsintensität der Ingesta.

Die Lokalisation der sonographischen Untersuchung erfolgte in Anlehnung an die Ergebnisse von JUNG (2002) sowie PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2004). Während JUNG (2002) die Sonographie in Seitenlage aufgrund der einfacheren Fixation der Kälber bevorzugte, gelang die Sonographie des Dünndarms in der eigenen Studie nach einer Phase der Gewöhnung für die Kälber, entsprechend den

Untersuchungen von PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2004), nahezu ausnahmslos am stehenden Tier. Durch die wiederholten Beobachtungen am selben Kalb gelang es zumeist, die Tiere an die Untersuchung zu gewöhnen und diese ohne größere Unruhe durchzuführen. War dies nicht der Fall, erfolgte die Fixation durch eine Hilfsperson.

Mithilfe von Vorversuchen an frisch toten Kälbern und Untersuchungen im Wasserbad gelang es, eindeutige topographische und sonographische Charakteristika des Dünndarms festzulegen. Da jedoch beim neugeborenen Kalb der beim ruminierenden Rind charakteristische gashaltige Inhalt des Dickdarms noch fehlt und die Größenverhältnisse denen des Dünndarms ähneln (PADEL-GSCHWIND u. STOCKER, 2004), war zur eindeutigen Differenzierung zwischen Dünn- und Dickdarm zum Teil ein erhöhter Zeitaufwand notwendig. So ist eine Unterscheidung verschiedener Darmabschnitte im Rahmen einer sonographischen Untersuchung nach JUNG (2002) nur mit Hilfe fundierter Kenntnisse der anatomischen Topographie des Magen-Darm-Traktes der Kälber möglich. PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2004) gelang es, das Duodenum unabhängig vom restlichen Dünndarm zu betrachten, doch erfolgte eine gemeinsame Betrachtung von Ileum und Jejunum, da es nicht möglich ist, diese Darmabschnitte sonographisch oder topographisch zu unterscheiden.

5.3.2 Gruppeneinteilung

Das ausgewählte Kollektiv kranker Kälber wies im Rahmen der klinischen und labordiagnostischen Untersuchungen zu Beginn der Beobachtungen charakteristische Symptome einer neonatalen Diarrhoe in Form einer veränderten Kotkonsistenz sowie einer metabolischen Azidose auf (KASKE, 1994; DIRKSEN, 2002; RADEMACHER et al., 2002). Es stand somit eine repräsentative Gruppe erkrankter Kälber für die Untersuchungen zur Verfügung. Die Tiere der Kontrollgruppe wurden anhand der erhobenen Parameter eindeutig als gesund eingestuft.

5.3.3 Ergebnisse der sonographischen Untersuchungen

Primäres Ziel der sonographischen und auskultatorischen Untersuchungen am Dünndarm war es, den Stellenwert der Dünndarmmotorik im Rahmen der neonatalen Kälberdiarrhoe anhand verschiedener Parameter zu bestimmen.

Ein Einfluss der Erkrankung konnte für die sonographisch erhobenen Parameter „Bewegungsintensität der Ingesta“, „Wanddicke des Dünndarms“ sowie den „Durchmesser des Dünndarms“ in Form eines signifikanten Gruppenunterschiedes dargestellt werden. Diese Parameter bieten sich daher an, in Folgeuntersuchungen, z. B. zum Einfluss verschiedener Therapieverfahren auf die Krankheitsentwicklung, berücksichtigt zu werden.

Einige der untersuchten Parameter erwiesen sich als abhängig vom jeweiligen Untersuchungszeitpunkt. So waren die Dünndarmmotilität, der Füllungszustand und die Bewegungsintensität der Ingesta in der dreißig Minuten nach der Tränkeaufnahme stattfindenden Untersuchung gegenüber der vorhergehenden Befundaufnahme vor der Fütterung in beiden Kälbergruppen jeweils deutlich gesteigert. Zu diesem Zeitpunkt konnten auch signifikante Zunahmen der Wanddicke sowie des Dünndarmdiameters verzeichnet werden. Dies gilt es bei Folgeuntersuchungen zu berücksichtigen.

Keinerlei signifikante gruppen- oder fütterungsabhängige Einflüsse bestanden zur Echogenität der Ingesta. Dennoch wiesen die Kälber der Kontrollgruppe an vier Untersuchungstagen die von PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2004) beschriebene Tendenz zu echoärmerem Inhalt nach der Tränkeaufnahme auf, während die Echogenität des Darminhaltes der erkrankten Kälber diarrhoebedingte Schwankungen infolge pathogener Flüssigkeitsmengen im Darmlumen zeigte.

Grundsätzlich stellt die Anwendung subjektiver Beurteilungsschemata eine relativ grobe Darstellung der tatsächlichen Gegebenheiten im Magen-Darmtrakt dar. Es muss jedoch betont werden, dass entsprechende sonographische Untersuchungen in dieser Arbeit erstmalig vergleichend an gesunden Tieren und Kälbern mit Diarrhoe durchgeführt wurden. In der Auswertung der eigenen Ergebnisse wurden wiederholt Vergleiche mit den Erkenntnissen der Referenzstudie zur Sonographie am Darm gesunder Kälber von PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2004) angestellt. Zur Gegenüberstellung der Ergebnisse konnten hier jedoch nur die entsprechenden Untersuchungen an einwöchigen Kälbern herangezogen werden, die sich auf jeweils

einen Beobachtungstag mit vier Untersuchungen beziehen. In ihrer Studie wiederholten die Autoren ihre sonographischen Befunderhebungen an denselben Tieren im Alter von jeweils vier, sieben und zehn Wochen.

Einfluss der Durchfallerkrankung

Die Dünndarmaktivität erwies sich als unabhängig von einer bestehenden Durchfallerkrankung. Somit konnten Berichte über eine gesteigerte Darmaktivität im Zusammenhang mit dem Auftreten einer neonatalen Diarrhoe (MOON, 1978; SCHARRER, 1986; JUNG, 2002; BAZELEY, 2003) nicht bestätigt werden. Während sich die meisten Autoren lediglich spekulativ über die Beteiligung einer gesteigerten Darmperistaltik an der Pathogenese der neonatalen Kälberdiarrhoe äußern, beobachtete JUNG (2002) im Rahmen von sonographischen Untersuchungen an 32 Kälbern mit Enteritiden ab dem zweiten Erkrankungstag bei der Mehrzahl der Tiere eine deutliche Erhöhung der Darmperistaltik. Eine geringe Anzahl an Kälbern wies jedoch gleichfalls eine reduzierte Darmperistaltik oder sogar eine Darmatonie auf. Leider blieb der zeitliche Abstand zwischen Untersuchung und Tränkeaufnahme in dieser Studie ohne Berücksichtigung.

Eine reflektorische Zunahme der Darmmotorik aufgrund einer, durch den krankheitsbedingt erhöhten Flüssigkeitseinstrom in das Darmlumen, bedingten Dehnung des Darmes, als Parallele zu den Untersuchungsergebnissen von READ (1983) beim Menschen, wurde bei den erkrankten Tieren der vorliegenden Arbeit nicht beobachtet. Die bereits von WALLER und MISIEWICZ (1972) beim Menschen sowie durch DARDILLAT und RUCKEBUSCH (1973) bei durchfallkranken Kälbern beschriebene verminderte intestinale Aktivität im Rahmen elektromyographischer Aufzeichnungen ließ sich bei den erkrankten Tieren der eigenen Studie in geringem Ausmaß am Tag der Einlieferung beobachten. Doch bestand trotz eines Anstiegs der Dünndarmperistaltik in den folgenden Untersuchungen kein signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe. Ein Zusammenhang zwischen einer verkürzten Transitzeit der Ingesta und einer pathologisch veränderten Darmmotorik konnte nicht dokumentiert werden. So konnte weder die Theorie der verkürzten Verdauungszeit aufgrund atonischer Darmzustände und den damit durch physiologische Peristaltik ungehinderten Abfluss des flüssigen Darminhaltes, noch die schnellere Passage der Ingesta durch eine vermehrte Peristaltik als Folge der vermehrten Darmfüllung (MOON, 1978) sonographisch dargestellt werden.

Es bestand kein signifikanter Unterschied im Füllungszustand des Dünndarmes der beiden Kälbergruppen. Dennoch konnte für die Kälber mit Diarrhoe tendenziell ein höherer Füllungsgrad, vor allem zu Beginn der Untersuchungsphase, ermittelt werden. So wurden bei den erkrankten Tieren niemals überwiegend leere Darmschlingen beobachtet. Infolge gesteigerter Sekretionsvorgänge, Malabsorption und einer ungenügenden bzw. gestörten Rückresorption von Wasser kommt es zu erhöhten Flüssigkeitsmengen im Darmtrakt durchfallkranker Kälber (Auswahl: LEWIS u. PHILLIPS, 1978; MOON, 1978; HARTMANN et al., 1981; SCHARRER, 1986; KASKE, 1993; DOLL, 1994). Entsprechend wiesen die erkrankten Kälber in allen Untersuchungen größere Darmdurchmesser auf als die gesunden Tiere. Dabei lagen die ermittelten Durchmesser der eigenen Studie unterhalb der Werte von PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2004). Diese konnten jedoch eine Altersabhängigkeit des Darmdurchmessers beobachten. Es ist denkbar, dass die Unterschiede der eigenen Resultate und den Ergebnissen von PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2004) vor allem im unterschiedlichen Durchschnittsalter der Kälber begründet liegen. Ein geringer Einfluss des Alters auf die eigenen Untersuchungen kann ebenfalls nicht ausgeschlossen werden, da die Tiere des Kontrollkollektivs im Mittel etwa fünf Tage jünger waren als die erkrankten Kälber.

Die Bewegungsintensität der Ingesta wurde als eigenständiger Parameter in die Untersuchung aufgenommen, da sie einfach zu erfassen (JUNG, 2002) und durch den Parameter „Motilität des Dünndarms“ nicht ausreichend berücksichtigt war. So bestand bei der Betrachtung der Bewegungsintensität der Ingesta ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden untersuchten Kälbergruppen, der bei der Untersuchung der Darmmotilität nicht erfasst werden konnte. Generell wiesen die erkrankten Kälber ausgeprägtere Bewegungen des Darminhaltes auf als die Tiere des Kontrollkollektivs. So wurden bei den gesunden Kälbern niemals übermäßige Ingestabewegungen dokumentiert. Entsprechend den Ausführungen zum Füllungszustand des Dünndarms sind diese Beobachtungen gleichfalls eine Folge des krankheitsbedingt erhöhten Flüssigkeitsgehaltes im Darmlumen. Zusätzlich kam es auch bei diesem Parameter aufgrund des beginnenden Heilungsprozess in der Gruppe der erkrankten Kälber zum Ende der Untersuchungen zu einer Annäherung der Ergebnisse beider Kälbergruppen.

Ergänzend muss bemerkt werden, dass bei Veränderungen des Ingestaflusses grundsätzlich andere Magen-Darm-Erkrankungen auszuschließen sind. So erfordern z. B. pendelnde Bewegungen des Darminhaltes eine differenzierte weitere Untersuchung, um einen möglichen Ileus abzuklären (BEHN, 1997; JUNG, 2002).

Die Kälber mit Diarrhoe wiesen im Vergleich mit den gesunden Kälbern eine verdickte Dünndarmwand auf. Die Wanddicken des Dünndarms entsprechen in beiden Gruppen den Ergebnissen von PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2004), die im Rahmen ihrer Studie eine durchschnittliche Dicke der Dünndarmwand von ein bis zwei Millimetern in Jejunum und Ileum ermittelten, wobei mit zunehmendem Alter der Tiere keine Zunahme der Darmwanddicke zu beobachten war (PENNICK et al., 1989; PADEL-GSCHWIND u. STOCKER, 2004). Laut WORLICEK (1988) ist jedoch erst ab einer Verdopplung der normalen Darmwandausdehnung von einer krankheitsbedingten Veränderung auszugehen. So beschrieb auch JUNG (2002) bei Kälbern, die bereits länger als einen Tag an Durchfall litten, neben einer veränderten Echogenität zusätzlich eine deutliche Verdickung der Darmwand. Ähnliche Beobachtungen wurden im Rahmen sonographischer Untersuchungen in der Humanmedizin vor allem bei chronischen Darmerkrankungen gemacht (POZNIAK et al., 1990; LEDERMANN et al., 2000). Unter der Berücksichtigung dieser Erkenntnisse ist davon auszugehen, dass die geringgradig größere Ausdehnung der Dünndarmwand in der Gruppe der Kälber mit neonataler Diarrhoe zwar krankheitsbedingt ist, eine chronische Entzündung des Darms jedoch noch nicht vorlag. Die krankheitsbedingte Zunahme der Wanddicke ist Folge der Einlagerung entzündlicher Zellinfiltrate im Rahmen der Durchfallerkrankung (MOON, 1978; HARTMANN et al., 1981; ROUSSEL u. BRUMBAUGH, 1991). Auch eine vermehrte Wassereinlagerung führt zur Entstehung von Wandödemen und damit zu einer Zunahme der Wanddicke (POZNIAK et al., 1990; LEDERMANN et al., 2000).

Die Annäherung der Ergebnisse beider Kälbergruppen bei den Parametern „Füllungszustand des Dünndarms“, „Bewegungsintensität der Ingesta“ sowie „Durchmesser des Dünndarms“ zum Ende der Untersuchungen, spricht für einen beginnenden Heilungsprozess in der Gruppe der erkrankten Kälber, der sich auch in einer zunehmenden Normalisierung der Kotkonsistenz sowie der Blutgaswerte widerspiegelte.

Einfluss der Tränkeaufnahme

Eine Vielzahl der tränkeabhängigen Veränderungen des intestinalen Erscheinungsbildes nach der Milchaufnahme beim Kalb resultiert aus einer raschen Labmagenpassage des Laktoserums in die *Pars cranialis* des Duodenums, während das Labferment zunächst im Labmagen verbleibt (RUCKEBUSCH, 1990). Durch die vermehrte Füllung im Anfangsabschnitt des Duodenums wird mittels chemischer und nervaler Rezeptoren eine Steigerung der Darmaktivität ausgelöst. Über den duodenogastrischen Reflex wird schließlich die Entleerungsrate des Labmagens gesteuert und der Druck im Duodenum konstant gehalten, bis keine Ingesta mehr nachgeschoben werden (RUCKEBUSCH u. THIVEND, 1979).

Entsprechend konnte gruppenunabhängig eine Zunahme von Motilität, Füllung und Durchmesser des Dünndarmes sowie der Bewegungsintensität der Ingesta im Anschluss an die Tränkeaufnahme beobachtet werden. Fünf Stunden nach der Tränke sank die Darmmotilität wieder deutlich ab. In der Studie von PADELGSCHWIND und STOCKER (2004) wiesen Jejunum und Ileum der Kälber im Alter von einer Woche ein sehr ähnliches Aktivitätsmuster auf. Auch hier stieg die Anzahl der peristaltischen Kontraktionen direkt nach der Fütterung stark an, um zwei Stunden nach der Tränkeaufnahme leicht und vier Stunden später deutlich abzusinken. WALLER und MISIEWICZ (1972) beobachteten im elektromyographischen Modell speziell bei Personen mit Diarrhoe eine Zunahme der Motilität des Kolons nach der Nahrungsaufnahme, während READ (1983) von einer füllungsabhängigen Steigerung der Darmperistaltik beim Menschen berichtete.

Entgegen den eigenen Beobachtungen konnten BRAUN und MARMIER (1995) beim adulten Rind aufgrund einer, durch das Vormagensystem ermöglichten, kontinuierlichen Ingestapassage keine fütterungsabhängigen Zunahmen des Dünndarmdurchmessers verzeichnen. Das neonatale Kalb entspricht verdauungsphysiologisch jedoch eher einem Monogastrier (SISSONS, 1983; ROUSSEL et al., 1990). So beobachteten PENNICK und Mitarbeiter (1989) auch beim Hund eine postprandiale Zunahme der Darmaktivität.

Die zunehmende Intensität der Ingestabewegungen ist ebenfalls Folge der erhöhten Flüssigkeitszufuhr aus dem Labmagen und einer reflektorisch gesteigerten Darmaktivität.

Fütterungsabhängige Veränderungen der Wanddicke wurden vor allem in der Kontrollgruppe dokumentiert und fielen insgesamt jedoch gering aus. Vermutlich

resultieren sie aus einer Verdichtung des Zellverbandes als Folge vermehrter peristaltischer Kontraktionen nach der Fütterung. In den Untersuchungen von PADEL-GSCHWIND und STOCKER (2004) bestand dagegen keine Abhängigkeit der Wanddicke vom Tränkezeitpunkt.

5.3.4 Ergebnisse der auskultatorischen Untersuchungen

Im Rahmen der auskultatorischen Untersuchung gelang die Unterscheidung zwischen permanenten Darmgeräuschen und den auszählenden, isoliert wahrnehmbaren Kontraktionsgeräuschen ohne Schwierigkeiten. Zumeist waren die permanenten Darmlaute als wesentlich leisere Hintergrundgeräusche zu vernehmen. Während der Auskultation wurden Anzahl und Intensität der isoliert wahrnehmbaren Kontraktionsgeräusche erfasst. Ob es sich dabei tatsächlich ausschließlich um Geräusche des Darmes handelte, konnte mit der angewandten Untersuchungsmethode nicht bestimmt werden. Es ist jedoch zu vermuten, dass auch Geräusche anderen Ursprungs wie z. B. Kontraktionen des Labmagens erfasst wurden. Dafür spricht auch die schlechte Korrelation der sonographischen Befunde zur Dünndarmmotilität sowie zur Bewegungsintensität der Ingesta mit den Ergebnissen der auskultatorischen Untersuchung. In humanmedizinischen Studien konnte dagegen bei gesunden Patienten eine Korrelation zwischen gastrointestinalen Geräuschen und antroduodenalen Kontraktionen im Verlauf des „migrating motor complex“ (MMC) nachgewiesen werden (TOMOMASA et al., 1999). Als MMC werden dabei charakteristische, interdigestive, azyklische Aktivitätszustände von Magen und Dünndarm bezeichnet (SZURSZEWSKI, 1969). Zur Auskultation wurden in den Untersuchungen von TOMOMASA und Mitarbeitern (1999) verschiedene elektronische Stethoskope genutzt, während die Aufzeichnung der Kontraktionen manometrisch erfolgte.

In der vorliegenden Arbeit wiesen die gesunden Kälber häufiger signifikante Zusammenhänge zwischen der Dünndarmmotilität und den auskultierten Kontraktionsgeräuschen auf als die Kälber mit Diarrhoe. Jedoch war die Zahl der aussagekräftigen Korrelationen noch äußerst gering und zudem unabhängig vom Untersuchungszeitpunkt, so dass dieser Beobachtung keine weitere Bedeutung zugemessen wird.

Insgesamt konnten bei den erkrankten Kälbern weniger Kontraktionen gezählt werden, als bei den gesunden Tieren. Möglicherweise ist dies Folge einer mangelhaften Kontraktionsfähigkeit des erkrankten Darmes, jedoch wäre in diesem Fall auch von einer herabgesetzten Motilität auszugehen. Letztendlich kann die Ursache dieser Beobachtung mit der eingesetzten Methodik nicht geklärt werden.

Die Zunahme von Anzahl und Intensität der Kontraktionsgeräusche direkt nach der Tränkeaufnahme deckt sich mit den Beobachtungen im Rahmen der sonographischen Untersuchungen. Da aber auch direkt nach der Tränkeaufnahme in der Regel kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Dünndarmmotilität und den Kontraktionsgeräuschen bestand, sind die vermehrt wahrnehmbaren Kontraktionen nicht allein auf eine vermehrte Darmperistaltik zurückzuführen. Vielmehr kommt es infolge einer gesteigerten Aktivität des gesamten Magen-Darm-Traktes mit gesteigerter Labmagenmotorik zu vermehrten, auskultatorisch wahrnehmbaren, gastrointestinalen Kontraktionsgeräuschen.

5.3.5 Zusammenhänge zwischen sonographischen und labordiagnostischen Parametern

Die täglich erhobenen Blutgasparameter „venöser pH-Wert“ und „Base-Excess“ der Kälber mit neonataler Diarrhoe wiesen im Verlauf der Untersuchungen einen deutlichen Anstieg der Messergebnisse bis in den physiologischen Bereich auf. Parallel war eine kontinuierliche Normalisierung der Kotkonsistenz zu verzeichnen. Dagegen lagen die Werte des Kontrollkollektivs permanent innerhalb physiologischer Grenzen. Ein vergleichbarer Heilungsprozess konnte für die Motilität des Dünndarms im Rahmen der sonographischen Untersuchungen nicht beobachtet werden. Gruppenunabhängig bestanden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Blutgaswerten und der Dünndarmaktivität. Während bei den Parametern „Füllungszustand des Dünndarms“, „Bewegungsintensität der Ingesta“ sowie dem „Darmdurchmesser“ ein Heilungsverlauf erkennbar war, blieb der klinische Gesundheitszustand auf die Darmmotilität ohne jeden Einfluss. Dies unterstützt die Ergebnisse der sonographischen Untersuchungen, in denen sich die Aktivität des Dünndarms als unabhängig von einer bestehenden Durchfallerkrankung erwies.

5.4 Retro- und prospektive Auswertung klinischer und labordiagnostischer Daten von Kälbern mit neonataler Diarrhoe

5.4.1 Anmerkungen zur Methodik

Es wurden Daten und Befunde von Kälbern, die mit neonataler Diarrhoe eingeliefert wurden, sowie von Kälbern, die erst in der Klinik an Diarrhoe erkrankten, anhand ihrer Patientenkarten retrospektiv für die Jahre 1998 bis 2004 und prospektiv für das Jahr 2005 ausgewertet. Die Methodik der retrospektiven Datenauswertung wurde gewählt, um eine ausreichende Anzahl von Kälbern berücksichtigen zu können. Ein vergleichbares Vorgehen wandten SCHULTE-MÄRTER (2000), SCHLERKA et al. (2002) und CZIPRI (2003) in ihren Untersuchungen an. Das Besondere der eigenen Studie liegt dabei in der Größe der erfassten Patientengruppe sowie in der Berücksichtigung von Erregernachweisen, Blutparametern und klinischen Befunden. Es musste jedoch bedacht werden, dass die Angaben in den Patientenkarten nicht immer alle benötigten Daten enthielten. Zudem beruhte ein Teil der Daten trotz normierter Befundbögen lediglich auf den subjektiven Eindrücken der untersuchenden Personen. Diesem Sachverhalt wurde dadurch Rechnung getragen, dass nur ausgewählte Parameter in die Auswertung aufgenommen wurden, die die Kriterien der standardisierten Erhebung und Beschreibung und der vollständigen Erfassung erfüllten.

Da die Kälber aus unterschiedlichen Betrieben in die Klinik verbracht wurden, ist von unterschiedlichen Haltungs- und Ernährungsbedingungen sowie Unterschieden in Art und Umfang der Vorbehandlung auszugehen. Es entsprach nicht dem Ziel dieser Studie, an einem homogenen Tierkollektiv Erkenntnisse zu gewinnen, sondern an einer heterogenen Gruppe von Tieren, wie sie den Praxisalltag widerspiegelt.

Die Betrachtung des weiteren Verlaufs der Diarrhoe-Erkrankungen erfolgte ohne Berücksichtigung der nach der Aufnahmeuntersuchung eingeleiteten Therapie. Diese wurde in der Regel symptomatisch am Zustand des Einzeltieres ausgerichtet.

5.4.2 Allgemeine Angaben zur neonatalen Diarrhoe

Es konnten die Daten von 511 Kälbern ausgewertet werden. Dabei zeigten sich die höchsten Erkrankungszahlen in den Monaten Dezember bis April, was wahrscheinlich darin begründet ist, dass die meisten Abkalbungen im Einzugsgebiet der Klinik in dieser Jahreszeit stattfinden. Auch SCHULZE HOCKENBECK (1980), SCHULTE-MÄRTER (2000), BIEWER (2001) und GUTZWILLER (2002) wiesen bereits auf die saisonal unterschiedliche Erkrankungshäufigkeit mit einem deutlichen Anstieg in den Wintermonaten hin. Die Ursachen dafür sind vielfältig. DOLL und Mitarbeiter (1995) berichteten von einer erhöhten Erkrankungshäufigkeit, wenn zahlreiche Abkalbungen in kurzem zeitlichem Abstand ein Abreißen der Infektionskette verhindern. MAZURCZAK (1976) beobachtete dagegen eine deutliche Zunahme der Krankheitsanfälligkeit bei Kälbern durch ungünstigere klimatische Verhältnisse im Winter. Wichtig ist laut SCHULZE HOCKENBECK (1980) ferner die Fütterung der Muttertiere, da durch die weniger günstigen Fütterungsverhältnisse mit häufig einseitiger Grundfütteration auch die Kolostrumqualität in der Stallperiode negativ beeinflusst wird. Dagegen konnte GUTZWILLER (2002) im Rahmen seiner Untersuchungen keine saisonbedingten Unterschiede im IgG-Gehalt des Kälberserums nachweisen. Er hielt das gehäufte Auftreten der Kälberdiarrhoe in den Wintermonaten nicht für die Folge eines ungenügenden Immunglobulinstatus.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich die Notwendigkeit, in den gefährdeten Zeitphasen durch entsprechende präventive Maßnahmen, insbesondere im Bereich der Hygiene und der Organisation des Abkalbegeschehens sowie der Kälberaufstallung, dem Bestandsproblem der neonatalen Kälberdiarrhoe entgegenzuwirken. In Zeiträumen, in denen eine Zunahme der Krankheitshäufigkeit erwartet wird, sollte daher besonderer Wert auf eine entsprechende Prophylaxe gelegt werden. So konnte in den Untersuchungen von KARTIKARIDIS (2000) durch Verwendung eines eigenen Tränkeeimers für jedes Kalb die Durchfallinzidenz deutlich gesenkt werden. BIEWER (2001) und GIRNUS (2004) beobachteten signifikant geringere Diarrhoeprobleme in Betrieben, in denen Kälberglus verwendet werden bzw. die Kälberboxen vor der Wiederbelegung mindestens eine Woche leer standen.

Alter bei Erkrankungsbeginn

Das Alter bei Erkrankungsbeginn betrug durchschnittlich $5,6 \pm 3$ Tage. GIRNUS (2004) erzielte im Rahmen einer Studie unter Praxisbedingungen mit einem durchschnittlichen Erkrankungsalter von $6,1 \pm 2,7$ Tagen ein sehr ähnliches Ergebnis. In der Arbeit von OTTO und Mitarbeitern (1997) lag das Alter zu Beginn der Diarrhoe bei $7,8 \pm 2,5$ Tagen, während in den Untersuchungen von KARTIKARIDIS (2000) immerhin 85 % der Kälber innerhalb der ersten Lebenswoche erkrankten. Grundsätzlich ist zu bedenken, dass sich das Alter bei Erkrankungsbeginn in der vorliegenden Studie ausschließlich auf vorberichtlich erhobene Daten stützt. Es ist somit durchaus denkbar, dass Kälber bereits einige Zeit erkrankt waren, bevor die Diarrhoe bemerkt wurde. Der Vergleich mit der Literatur zeigt jedoch, dass das erfasste Patientenkollektiv von der Altersstruktur als repräsentativ für die Erkrankung der neonatalen Diarrhoe gewertet werden kann.

Erkrankungsdauer

Die durchschnittliche Erkrankungsdauer von $14,6 \pm 7$ Tagen liegt deutlich über den Ergebnissen von SCHULTE-MÄRTER (2000) mit $4,1 \pm 2,8$ und GIRNUS (2004) mit $5,1 \pm 2,9$ Tagen. In der Studie von SADIEK und SCHLERKA (1996) betrug die durchschnittliche Dauer der Erkrankung $10,9 \pm 6,0$ Tage, während bei GLAWISCHNIG et al. (1990) die Kälber nach durchschnittlich zwölf Tagen entlassen werden konnten. Beim Vergleich dieser Angaben mit den eigenen Ergebnissen muss berücksichtigt werden, dass in der vorliegenden Arbeit Tiere erst als gesund eingestuft wurden, wenn ihr Kot über drei Tage von pastöser Konsistenz war. Somit fanden auch Kälber mit Re- und Superinfektionen nach ein bis zwei Tagen ohne Diarrhoe Berücksichtigung. In vielen anderen Arbeiten wurde der Status „gesund“ nicht eindeutig definiert. Auch in der Studie von GIRNUS (2004) wiesen 28,7 % der beobachteten Kälber ($n = 94$) ein- bis zweitägige „Unterbrechungen“ der Erkrankung mit pastöser Kotkonsistenz auf. Für diese Kälbergruppe wurde eine verlängerte Erkrankungsdauer von zehn Tagen ermittelt. Nach einem Tag mit physiologischer Kotkonsistenz ist somit nicht von einer vollständigen Genesung auszugehen, ferner zeigen Kälber auch nach Überwindung der „ersten“ Diarrhoeperiode häufig über längere Zeit ein intermittierendes Durchfallgeschehen (KLEE, 1989; BOSTEDT et al., 2000; SCHLERKA et al., 2002; GIRNUS, 2004).

Letalität

In der vorliegenden Untersuchung lag der Anteil der verstorbenen Tiere bei 20,2 %, wobei das Kollektiv überwiegend aus Kälbern bestand, die aufgrund einer hochgradigen akuten Durchfallerkrankung in die Klinik eingeliefert wurden. Hierbei spielt grundsätzlich auch die Einsicht und Bereitschaft der Landwirte, ihre Kälber frühzeitig einer tierärztlichen Behandlung zu unterziehen, eine entscheidende Rolle. Aus diesem Grund muss eine Letalität von lediglich 9,7 % in den Untersuchungen von SCHULTE-MÄRTER (2000) aus der Geburtshilfeklinik in Hannover differenziert gesehen werden, da hier fast nur Kälber Berücksichtigung fanden, die in der Klinik geboren wurden und während des Klinikaufenthaltes erkrankten. In der vorliegenden Arbeit wurden die Kälber, die in der Klinik geboren wurden und an neonataler Diarrhoe erkrankten, gesondert betrachtet. In dieser Kälbergruppe verstarben mit einer Letalität von lediglich 12,5 % wesentlich weniger Tiere, was als Beleg für eine letalitätssenkende Wirkung einer frühzeitigen Intensivtherapie angesehen werden kann, auch wenn sich der Unterschied zum Gesamtkollektiv als knapp nicht signifikant herausstellte. In einer Studie unter Praxisbedingungen ermittelte GIRNUS (2004) mit 4,1 % einen sehr geringen Anteil an verstorbenen Kälbern. Ohne Therapie verstarben dagegen 40 % der Kälber mit neonataler Diarrhoe in einer Untersuchung von HARTMANN und Mitarbeitern (1983). Den eigenen Resultaten vergleichbare Ergebnisse erhielten SCHLERKA und Mitarbeiter (2002), die Letalitäten zwischen 13,7 % und 23,1 % für verschiedene Untersuchungsjahre in einer ebenfalls retrospektiven Betrachtung von Klinikpatienten mit neonataler Diarrhoe ermittelten. Bereits innerhalb der ersten 48 Stunden nach der Einlieferung verstarben 39,8 % der insgesamt in der eigenen Untersuchung verendeten Kälber. Mit 56 % war dieser Kälberanteil in einer Studie von ANDRESEN und KIETZMANN (1987) noch höher. Die Daten zeigen, dass die Möglichkeit einer erfolgreichen Infusionstherapie vor allem vom Gesundheitszustand der Kälber zum Zeitpunkt der Einlieferung in die Klinik abhängt. Als besonders kritisch sind die ersten drei Tage nach Beginn der Therapie zu werten.

Muttertiervakzination

Mit 35,2 % erkrankte ein hoher Anteil der Kälber trotz erfolgter Vakzination der Muttertiere. Auch bei JAHNECKE et al. (2002) wiesen in einem Feldversuch zum Einfluss verschiedener Impfgeme auf die Antikörperentwicklung durchschnittlich 36 % der Kälber vakzinierter Muttertiere in den ersten 14 Lebenstagen klinische Anzeichen einer Diarrhoe auf, während in der Kontrollgruppe mit Kälbern nicht geimpfter Mütter 42 % der Tiere erkrankten. Anhand verschiedener Untersuchungen konnte die erfolgreiche Reduktion der Erkrankung in Problembetrieben unter Anwendung von Muttertiervakzinen belegt werden (KUNZ, 1982; FREITAG et al., 1984; BALJER u. WIELER, 1989). Bei der Überprüfung der Wirksamkeit einer Muttertiervakzination beobachteten HECKERT und Mitarbeiter (2005) in allen Versuchsgruppen einen Rückgang der Erkrankungshäufigkeit, doch waren die Anteile der erkrankten Kälber mit 47 % bis 77 % immer noch relativ hoch.

Die Wirksamkeit einer Muttertierimpfung ist laut HECKERT und Mitarbeitern (2005) einer Vielzahl von Einflüssen ausgesetzt, wobei vor allem ein massiver Infektionsdruck, das Betriebs- und Impfmanagement sowie die Haltungsbedingungen der Kälber von herausragender Bedeutung sind. Eine Impfung der Muttertiere kann nur erfolgreich sein, wenn der Impfstoff die Antigene der auslösenden Erreger enthält und die Kälber ausreichend sowie frühzeitig mit Kolostrum versorgt werden. Die Auswirkungen dieser betriebsspezifischen Faktoren könnten ein Grund dafür sein, dass GIRNUS (2004) im Rahmen ihrer Untersuchungen sogar einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen einer erfolgten Muttertierimpfung und dem Auftreten von neonataler Kälberdiarrhoe nachweisen konnte. Kälber von geimpften Muttertieren erkrankten in dieser Studie deutlich häufiger an Durchfall als Kälber ungeimpfter Kühe.

Insgesamt sind die anamnestischen Angaben zur Muttertiervakzination in der vorliegenden Untersuchung nur mit Vorsicht zu interpretieren, da immerhin 22,8 % der Landwirte angaben, die Kühe gegen Rota- und Coronaviren jedoch nicht gegen Escherichia coli-Infektionen zu impfen, eine solche Vakzine aber derzeit im Handel nicht zur Verfügung steht.

Es ist jedoch festzuhalten, dass, in Übereinstimmung mit den Angaben anderer Autoren, die Vakzination der Muttertiere deren Kälber nicht per se vor neonataler Diarrhoe schützt, sondern grundsätzlich im Zusammenhang mit anderen Einflussfaktoren gesehen werden muss.

Vorbehandlung

Lediglich 22,4 % der Kälber wurden ohne Vorbehandlung in die Klinik eingeliefert. In der überwiegenden Zahl der Fälle (67,3 %) erfolgte die Durchfalltherapie durch die Verabreichung von Antibiotika. Immerhin ein Drittel der Tiere (32,4 %) hatte eine Infusionstherapie erhalten. Der grundsätzliche Einsatz von Antibiotika bei Kälbern mit Durchfall ist nach heutigem Kenntnisstand abzulehnen (KLEE, 1989; DOLL, 1992; RADEMACHER et al., 2002). CONSTABLE (2004) rät beim Vorliegen einer Diarrhoe ohne systemische Begleitsymptome von einer antibiotischen Therapie ab, ebenso kritisieren ROUSSEL und BRUMBAUGH (1991) den unkritischen Einsatz antibiotisch wirksamer Medikamente in der Durchfallbehandlung. Als negative Begleiterscheinungen derartiger Therapiekonzepte gelten die Unterdrückung der natürlichen saccharolytischen Bakterienflora im Darm durch unselektive Elimination, die Förderung der Entstehung einer Dysbakterie, eine Begünstigung intestinaler Mykosen und die Gefahr der Resistenzentwicklung (KLEE, 1989; DOLL, 1992). Weitgehende Übereinstimmung bei den Autoren besteht jedoch darin, dass bei an Diarrhoe erkrankten Kälbern mit Körpertemperaturen über 40°C oder gleichzeitigen Infektionen anderer Organsysteme eine Behandlung mit Antibiotika angezeigt ist (MAACH, 1992; CONSTABLE, 2002; KASKE, 2002; RADEMACHER, 2002). Außerdem empfiehlt CONSTABLE (2002) eine antibiotische Therapie bei ungenügender Kolostrumversorgung, mangelhafter Tränkeaufnahme und bei Blut oder Schleimhautanteilen im Kot.

Heute gilt die orale bzw. intravenöse Flüssigkeits- und Elektrolytzufuhr, je nach Ausprägung der Krankheitssymptome, als Mittel der Wahl zum Ausgleich von entsprechenden Defiziten (Auswahl: RADOSTITS et al., 1975; KLEE, 1989; ROUSSEL u. BRUMBAUGH, 1991; SCHLERKA u. SADIEK, 1996). In der Praxis scheint die Bereitschaft zur Infusionstherapie noch nicht uneingeschränkt vorhanden zu sein. Abschreckend ist vor allem der erhöhte Zeitaufwand durch das Legen eines venösen Zuganges und die Kontrolle der Infusionsapparatur gegenüber einer alleinigen Verabreichung von antibiotikahaltigen Präparaten. Des Weiteren spielen auch finanzielle Gründe eine bedeutende Rolle. Schon RADOSTITS und Mitarbeiter (1975) forderten eine bessere Schulung der Landwirte, um das Ausmaß der Erkrankung richtig abschätzen und eine Flüssigkeits- und Elektrolyttherapie frühzeitig einleiten zu können.

Kolostrumqualität

Die Übertragung von maternalen Antikörpern auf das neugeborene Kalb über die Aufnahme von Kolostrum bildet den wichtigsten Abwehrmechanismus gegenüber Darminfektionen (BALJER u. WIELER, 1989; KASKE et al., 2003). Mit 97,7 % wurden nahezu alle Kälber nach Auskunft der Landwirte innerhalb der ersten Lebensstunden mit Kolostrum versorgt. Das Auftreten und die Schwere der klinischen Symptome sind nach BAZELEY (2003) stark abhängig von Qualität und Quantität der Kolostrumversorgung. Nur eine möglichst geburtsnah einsetzende, ausreichende und kontinuierliche Versorgung mit qualitativ hochwertiger Kolostralmilch sorgt für einen effektiven Schutz vor Darminfektionen.

Die Angaben zur Krankheitsinzidenz in Bezug zur Immunglobulin-Serumkonzentration neugeborener Kälber differieren in der Literatur. So fanden PICKEL et al. (1989) und STENGEL (1998) bei gesunden Kälbern keine signifikant höheren Immunglobulinspiegel als bei Tieren mit Diarrhoe, während MC DONOUGH und Mitarbeiter (1994) von einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Diarrhoe-Erkrankungen bei hypogammaglobulinämischen Kälbern berichteten. DARDILLAT et al. (1978) sowie WITTUM und PERINO (1995) konnten im Rahmen ihrer Untersuchungen nachweisen, dass mit unzureichendem Immunglobulinspiegel die relative Gefährdung der Kälber zunimmt. Dagegen ermittelte GUTZWILLER (2002) einen Zusammenhang zwischen der häufigen Gabe kleinerer Kolostrummengen in den ersten Lebenstagen und einer geringeren Durchfallinzidenz.

Da in der vorliegenden Studie keine qualitativen Daten zur Kolostrumqualität und zum Immunglobulinspiegel im Blutserum der Kälber erhoben wurden, kann über die Ursache der vielen Erkrankungen trotz Kolostrumgabe und die mögliche Einflussnahme betriebsspezifischer Faktoren keine Aussage getroffen werden. Festzuhalten ist, dass die Beobachtung der Kolostrumaufnahme nicht genügt, um von einer ausreichenden Immunglobulinversorgung der Kälber auszugehen. Im Zweifelsfall ist es möglich, das Ausmaß der Resorption maternaler Antikörper mit labordiagnostischen Verfahren zu kontrollieren (BENDER, 2004). Dies empfiehlt sich insbesondere beim Vorliegen von neonataler Diarrhoe als Bestandsproblem, um das Kolostrummanagement zu überprüfen.

Geburtsverlauf

Da bei einem relativ hohen Prozentsatz (30,8 %) der betroffenen Kälber Geburtshilfe geleistet werden musste, stellt sich die Frage, in wie weit eine Dystokie einen Risikofaktor der neonatalen Kälberdiarrhoe darstellt. In der retrospektiven Studie von SCHULTE-MÄRTER (2000) stammten sogar 78,1 % der Tiere mit Diarrhoe aus Schweregeburten. Hier erkrankten signifikant mehr Kälber an Diarrhoe, die per Sectio caesarea geboren wurden, als Kälber, bei denen ein Auszug möglich war. In ihren Untersuchungen unter Praxisbedingungen registrierte GIRNUS (2004), dass bei 58,6 % der Kälber mit Durchfall Geburtshilfe geleistet wurde. SCHULZE HOCKENBECK (1980), ZAREMBA et al. (1982), KATIKARIDIS (2000), BIEWER (2001) und GIRNUS (2004) konnten keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Geburtsverlauf und der Durchfallinzidenz feststellen. Es kann jedoch nicht bestritten werden, dass durch die Umstände der Geburt geschwächte Kälber anfälliger für Erkrankungen sind und somit die Dystokie zumindest einen weiteren Parameter in der multifaktoriellen Genese des Kälberdurchfalls darstellt. Nach EIGENMANN (1981) besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Geburtsart und der Vitalität der Kälber auch über die ersten 24 Lebensstunden hinaus. Dabei dürften vor allem ein verzögertes Aufstehen und die damit verbundene spätere Kolostrumaufnahme nach Schweregeburten eine wichtige Rolle spielen (SCHEID, 2004). BESSER und Mitarbeiter (1990) beobachteten trotz rechtzeitiger Tränkeaufnahme eine schlechtere Immunglobulin-Absorption bei Kälbern nach Dystokie, was mit einer weiteren Schwächung des Immunstatus einherging.

5.4.3 Erregernachweis im Kot bei Kälbern mit Diarrhoe

In der Literatur wird verschiedenen Erregern eine Rolle in der Pathogenese der neonatalen Kälberdiarrhoe zugewiesen. Sie können allein oder in Wechselwirkung mit abiotischen Faktoren zu einer Schädigung des Darmes führen, die eine Verkürzung der Passagezeit der Ingesta und zur Auslösung einer Diarrhoe führen. Die mit Abstand häufigsten Durchfallerreger beim Kalb unter mitteleuropäischen Verhältnissen sind Rota- und Coronaviren, enterotoxische *Escherichia coli* und Kryptosporidien. Seltener werden Salmonellen und Bakterien der Gattungen *Chlamydophila* nachgewiesen (Auswahl: TZIPORI, 1981; ALLEN u. WHITE, 1985; SNODGRASS et al., 1986; BALJER et al., 1987; OTTO et al., 1997; BERCHTOLD,

1999; CONSTABLE, 2002). Zusätzlich zu den vier vorherrschenden Durchfallerregern, die auch im Rahmen dieser Arbeit am häufigsten dokumentiert wurden, erfolgte zusätzlich der Nachweis vieler verschiedener Bakterien, die jedoch in der weiteren Auswertung keine Berücksichtigung fanden, da ihnen im Rahmen der neonatalen Diarrhoe bisher keine ätiologische Bedeutung zugemessen wird. Kritisch ist anzumerken, dass der Nachweis von Erregern im Kot nicht zwangsläufig bedeutet, dass die nachgewiesenen Keime die Auslöser der Diarrhoe sind. Auch die Detektion von darmpathogenen Erregern in einzelnen Kotproben besagt nicht, dass diese die Erkrankung verursacht haben, da diese häufig auch im Kot von klinisch gesunden Tieren zu finden sind. Lediglich bei bestandsweise gehäuften Nachweisen spezifischer Erreger kann von einem ursächlichen Zusammenhang ausgegangen und eine gezielte Therapie eingeleitet werden (Auswahl: TZIPORI, 1981; BAUMGARNTER, 1985; GLAWISCHNIG et al., 1990; STEINER et al., 1997).

In 14,2 % der Kotproben konnte keiner der vier potentiellen Leitkeime nachgewiesen werden. In den Untersuchungen von BALJER et al. (1987) verliefen sogar 49 % der Kotprobenuntersuchungen negativ. Als denkbare Gründe nannte der Autor mögliche andere Durchfallursachen oder die mangelnde Eignung des Untersuchungsmaterials, wobei vor allem beim Nachweis von Coronaviren der Entnahmezeitpunkt eine nicht unerhebliche Rolle spielte, da hier die Nachweisrate erst vier Tage nach Erkrankungsbeginn deutlich anstieg.

Die Detektion mehrerer Durchfallerreger gelang in 49,5 % der Kotproben. Dies entspricht den Aussagen von STEINER et al. (1997), in deren Studie der Anteil der nachgewiesenen Mischinfektionen 47 % betrug. Weniger Mischinfektionen fanden ERHARDT und Mitarbeiter (1993) mit 32,4 % sowie SNODGRASS et al. (1986), die im Rahmen einer Studie in Großbritannien lediglich in 15,3 % mehrere Erreger nachwiesen.

Der Anteil der Infektionen durch drei potentielle Durchfallerreger lag mit 8,7 % deutlich über den Angaben von SNODGRASS et al. (1986) mit 0,3 % sowie BALJER et al. (1987) mit 0,9 %. LIEBLER und Mitarbeiter (1992) berichteten von immerhin 5 % Infektionen durch drei verschiedene Erreger. Inwiefern dieses Ergebnis eine Verschiebung in der Bedeutung der Erregerspektrums oder eine regionale Besonderheit darstellt, muss in weiteren Untersuchungen abgeklärt werden. Dazu sind Vergleichstudien an anderen Kollektiven notwendig.

Kryptosporidien

In 55 % der Kotproben konnten Kryptosporidien gefunden werden. Sie stellen damit die am häufigsten nachgewiesenen Durchfallerreger dar. In der Literatur reichen die Angaben zur Nachweishäufigkeit von Kryptosporidien in Kotproben von Kälbern mit Durchfall von 17 % in einer Untersuchung von BALJER und Mitarbeitern (1987) bis zu 68 % in der Arbeit von HECKERT et al. (2005). SIEBERT und GRÜNDER (1989), LIEBLER et al. (1992), QUILEZ et al. (1996), HUETINK et al. (2001) sowie BAZELEY (2003) wiesen den Erreger auch bei Kälbern ohne Diarrhoe nach, jedoch weit seltener als bei betroffenen Tieren. So zeigten in der Untersuchung von LIEBLER und Mitarbeitern (1992) 25,2 % der Kälber mit nachgewiesener Kryptosporidieninfektion keine klinischen Anzeichen einer Diarrhoe, während 74,8 % eine veränderte Kotkonsistenz aufwiesen.

Das durchschnittliche Erkrankungsalter betrug $6,4 \pm 3$ Tage und ist damit statistisch signifikant höher als im Gesamtkollektiv. Auch BALJER et al. (1987) konnten nachweisen, dass die Mehrzahl der betroffenen Kälber in einem Alter von sechs bis zehn Tagen erkranken. Die Präpatenzzeit liegt bei Kälbern zwischen zwei und vier Tagen (GÖBEL, 1990), welche durch den Entwicklungszyklus der Kryptosporidien nach der oralen Aufnahme bestimmt wird. Hervorzuheben ist, dass bei 20 Kälbern der Parasit bereits vor dem dritten Lebenstag im Kot zu finden war. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass in diesem Alter andere Erreger die eigentliche Ursache der Diarrhoe sind. Allerdings lag bei immerhin 30 % dieser Tiere eine Monoinfektion vor, so dass eine durch Kryptosporidien induzierte Diarrhoe vermutet werden kann. Auch AURICH und Mitarbeiter (1990) konnten bei einem Kalb mit Diarrhoe am ersten Lebenstag Kryptosporidien im Kot nachweisen. Zusätzlich bestand bei diesem Tier jedoch eine Mischinfektion unter der Beteiligung von Rota- und Coronaviren. Ebenso berichteten HUETINK und Mitarbeiter (2001) von Oozysten im Kot von Kälbern ab dem zweiten Lebenstag. Ursächlich kommen eine verkürzte Präpatenzzeit sowie eine Ausscheidung aufgenommener Oozysten ohne Exzystierung und Vermehrung im Wirt in Frage.

Die Erkrankungsdauer erwies sich mit $15,8 \pm 7$ Tagen unter der Beteiligung von Kryptosporidien statistisch signifikant länger als im Gesamtkollektiv. Dieses Ergebnis unterstützend berichtete GÖBEL (1986) von einer Patenzzeit von lediglich zwölf bis vierzehn Tagen, räumt aber gleichzeitig ein, dass bei hohem Infektionsdruck und

ständiger Reinfektion nicht mit einer schnellen Heilung zu rechnen ist. Generell ist bei Kryptosporidieninfektionen eine hohe Rezidivrate beschrieben (TZIPORI, 1981). Die Letalität durch Monoinfektionen mit dem Einzeller war mit 13,9 % deutlich, jedoch nicht signifikant, geringer als im Gesamtkollektiv. Leider fehlen konkrete Literaturangaben, um dieses Ergebnis vergleichend werten zu können. Der Anteil verstorbenen Kälber (22 %) und die Dauer der Erkrankung (17 ± 8 Tage) erwiesen sich bei Kälbern mit Mischinfektionen unter der Beteiligung von Kryptosporidien zwar als höher bzw. länger als bei den Tieren mit Monoinfektionen, die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Die höchste Letalität ergab sich für die Kälber mit Kryptosporidien und gleichzeitiger Rotavirusinfektion mit 36,8 %. SNODGRASS et al. (1986) berichteten unterstützend, dass Infektionen allein durch Kryptosporidien in ihrer Studie nur selten zum Tod des Kalbes führten, eine gleichzeitige Rotavirusinfektion das Krankheitsgeschehen jedoch wesentlich verschlimmerte und zu einer hohen Sterblichkeitsrate führte, allerdings ohne konkrete Zahlen anzugeben.

Escherichia coli

Diarrhoespezifische *Escherichia coli*-Serogruppen wurden in 32,7 % der Kotproben nachgewiesen. Vergleichbare Ergebnisse liegen nicht vor, da in anderen Studien das Augenmerk vor allem auf die Nachweishäufigkeit von enterotoxischen *Escherichia coli* (ETEC) gerichtet war, die in der vorliegenden Studie aufgrund fehlender PCR-Daten zum Nachweis spezifischer Virulenzfaktoren nicht gesondert ausgewertet wurden. Die Auswahl der spezifischen Serogruppen erfolgte im Rahmen der Routinediagnostik durch das Institut für Hygiene und Infektionserkrankungen der Tiere an der Justus-Liebig-Universität Gießen. *Escherichia coli*-Stämme der O101- und O9-Gruppe gelten als typische Vertreter in der Gruppe der ETEC, da sie häufig mit spezifischen Virulenzfaktoren (z. B. Fimbrien-Antigene F5 / F41, Enterotoxinbildung) vergesellschaftet sind. Doch kann nicht grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass allein durch die Möglichkeit der Serotypisierung ohne den weiteren Nachweis spezifischer Virulenzfaktoren die nachgewiesenen *Escherichia coli*-Keime Auslöser der Diarrhoe waren. Auf der anderen Seite wurden durch diese Art der Selektion pathogene, nicht serotypisierbare *Escherichia coli*-Stämme nicht berücksichtigt. Der Anteil der *Escherichia coli*-Stämme mit O101-Antigen von 61,6 % an den insgesamt isolierten *Escherichia coli*-Keimen, wird durch das Ergebnis von AL-DABBAS und WILLINGER (1986), die 59,1 % angaben,

bekräftigt. Dagegen wiesen in dieser Untersuchung lediglich 0,4 % der Tiere Bakterien mit O78-Antigen auf, während diese Antigengruppe in der vorliegenden Arbeit einen Anteil von 35,1 % ausmachte. Außerdem ermittelten die Autoren in 25,9 % der Fälle eine Beteiligung von *Escherichia coli*-Stämmen mit O9-Antigen, die in der eigenen Studie lediglich zu 0,3 % gefunden wurden. BALJER und Mitarbeiter (1987) berichteten bei diesem Erreger von großen regionalen Unterschieden in der Nachweishäufigkeit und einer Abhängigkeit zwischen dem Zeitpunkt der Probennahme und dem Ergebnis der Detektion.

Durchschnittlich erkrankten die Kälber mit einer Monoinfektion im Alter von $4,3 \pm 4$ Tagen und damit nicht signifikant früher als das Gesamtkollektiv. Auch PETERMANN et al. (1984) berichteten vor allem in den ersten fünf Lebenstagen von Diarrhöen ausgelöst durch *Escherichia coli* und laut TZIPORI (1981) sind ETEC die häufigste Durchfallursache der ersten drei Tage nach der Geburt. Dagegen stieg die Nachweishäufigkeit von enterotoxischen *Escherichia coli* in den Untersuchungen von BALJER et al. (1987) mit zunehmendem Alter an.

Unter Beteiligung spezifischer *Escherichia coli*-Serogruppen war die Erkrankungsdauer mit durchschnittlich $15,1 \pm 8$ Tagen nicht signifikant länger als im Gesamtkollektiv, wogegen die Krankheitsdauer bei SELBITZ (2002) lediglich drei bis sechs Tage betrug. Diese Angabe bezog sich jedoch nicht auf *Escherichia coli*-Monoinfektionen, weshalb bei einem Vergleich mit den eigenen Ergebnissen der Einfluss weiterer Erreger und die Möglichkeit von Reinfektionen während des Klinikaufenthaltes zu berücksichtigen ist. So stieg auch bei diesem Erreger die Dauer der Erkrankung unter der zusätzlichen Beteiligung von Rotaviren ($17,4 \pm 8$ Tage) deutlich, jedoch nicht statistisch signifikant, an.

Höher als im Gesamtkollektiv, aber ebenfalls nicht signifikant, war mit 29,2 % auch der Anteil verstorbenen Kälber mit einer Monoinfektion spezifischer *Escherichia coli*-Serogruppen. PETERMANN et al. (1984) ermittelten eine Letalität von 13,4 %, was den Resultaten bei Mischinfektion unter der Beteiligung von *Escherichia coli* und Rotaviren (13,3 %) in der vorliegenden Arbeit entspricht.

Der Prozentsatz der Kälber, die trotz Muttertierimpfung unter Verwendung von *Escherichia coli* F5-Antigenen erkrankten, lag mit 30 % nur geringgradig unter dem Anteil der Kälber von vakzinierten Müttern im Gesamtkollektiv und entsprach damit den Ergebnissen von HECKERT et al. (2005).

Rotaviren

In 33,4 % der Proben wurden Rotaviren nachgewiesen. Sie bildeten damit die zweithäufigste Erregergruppe. Die Aussagen zur Nachweishäufigkeit von Rotaviren in Kotproben von Kälbern mit Durchfall differieren in der Literatur von 13 % (NAGY et al., 1986) bis zu 78,9 % (McNULTY u. LOGAN, 1987). Die Mehrzahl der Autoren berichtete von Anteilen an Rotavirusinfektionen in der Größenordnung der vorliegenden Arbeit (BALJER u. WIELER, 1989; BROWN et al., 1990; LIEBER et al., 1992; BOSTEDT et al., 2000; HECKERT et al., 2005).

Mit durchschnittlich $5,9 \pm 3$ Tagen entsprach das Alter zu Beginn der Erkrankung den Aussagen von McNULTY und LOGAN (1987) sowie STEINER et al. (1997), in deren Studien das Erkrankungsalter jeweils sechs Tage betrug. Es lag damit nur wenig über dem Erkrankungsalter des Gesamtkollektivs. Dagegen stellten REYNOLDS et al. (1986) in einer britischen Untersuchung ein Durchschnittsalter von 9,8 Tagen fest, wobei in dieser Studie auch ältere Kälber berücksichtigt wurden.

Grundsätzlich kann sich eine durch Rotaviren hervorgerufene Diarrhoe aufgrund der zum Teil sehr kurzen Inkubationszeit von wenigen Stunden bereits am ersten Lebenstag der Kälber manifestieren (HERBST et al., 1987; McNULTY u. LOGAN, 1987).

Die Erkrankungsdauer entsprach mit $14,4 \pm 7$ Tagen der des Gesamtkollektivs, lag aber deutlich über den Angaben anderer Autoren. So besteht eine durch Rotaviren bedingte Diarrhoe im unkomplizierten Fall maximal zwei Tage, während Durchfälle durch Mischinfektionen fünf (TORRES-MEDINA et al., 1985) bzw. bei sehr jungen Kälbern auch zehn Tage anhalten können (TZIPORI, 1981).

Im Verlauf von Monoinfektionen durch Rotaviren verstarben 15,5 % der Kälber. Deutlich höher erwies sich die Letalität bei Mischinfektionen zusammen mit Kryptosporidien, während sie beim gemeinsamen Auftreten mit *Escherichia coli*-Serogruppen oder Coronaviren geringer ausfiel. Dagegen ging HOUSE (1978) im Fall von Monoinfektionen durch Rotaviren lediglich von einer Letalität unter zehn Prozent aus. Gleichzeitig berichtete er von einer drastisch ansteigenden Sterberate unter der Beteiligung weiterer Erreger. Bemerkenswert ist, dass keines der Tiere mit einer gleichzeitigen Infektion von Rota- und Coronaviren verstarb, die Dauer der Erkrankung jedoch auf $15,9 \pm 10$ Tage anstieg.

Trotz erfolgter Muttertierimpfung gegen Rotaviren erkrankten 28,8 % der Kälber an einer durch Rotaviren bedingten Diarrhoe. In der Arbeit von HECKERT et al.

(2005) konnten sogar bei 60 % der Kälber trotz Impfung der Muttertiere Rotaviren im Durchfallkot nachgewiesen werden.

Coronaviren

Mit lediglich 5 % positiven Coronavirusnachweisen wurden die Ergebnisse von STEINER et al. (1997) und HECKERT et al. (2005) bestätigt. Andere Autoren berichteten dagegen von Nachweisraten bis zu 19 % (NAGY et al., 1986; LIEBLER et al., 1992; ERHARD et al., 1993).

Dabei entsprach das durchschnittliche Erkrankungsalter mit $5,2 \pm 3$ Tagen dem des Gesamtkollektivs, wogegen es in den Untersuchungen von REYNOLDS et al. (1986) mit 11,3 Tagen sowie bei STEINER und Mitarbeitern (1997) mit durchschnittlich zehn Tagen deutlich höher lag. Allerdings wurden in diesen Studien auch Tiere, die älter als 14 Tage alt waren, berücksichtigt. BALJER et al. (1987) wiesen in ihrer Arbeit Coronaviren deutlich häufiger innerhalb der ersten fünf Lebensstage nach, als bei älteren Tieren, während TORRES-MEDINA et al. (1985) sowie HERBST und Mitarbeiter (1987) von einem Anstieg der Coronavirusinfektionen bis zur dritten Lebenswoche berichten.

Durchfallerkrankungen, bei denen der Nachweis von Coronaviren gelang, dauerten durchschnittlich $14,3 \pm 8$ Tage. Trotz der geringen Fallzahl entsprach dies der Erkrankungsdauer des Gesamtkollektivs. Die Angaben in der Literatur erwiesen sich mit einer Dauer von zwei bis vier Tagen wiederum als wesentlich geringer (TZIPORI, 1981; TORRES-MEDINA et al., 1985).

Kälber mit Coronavirus-Monoinfektionen hatten mit 44,4 % die höchste Sterberate dieser Studie. Umso erstaunlicher ist es, dass von den Kälbern mit Mischinfektionen unter der Beteiligung von Coronaviren keines verstarb. Experimentell induzierte Coronavirusinfektionen werden auch von TZIPORI (1981) für deutlich schwerere Durchfälle verantwortlich gemacht als Rotavirusinfektionen. Nach Meinung des Autors verläuft die Infektion auch ohne die Beteiligung weiterer Erreger häufig tödlich. Auch REYNOLDS et al. (1986) berichten von höheren Sterberaten unter dem Einfluss von Coronaviren, ohne jedoch Zahlen zu nennen. Dagegen ging HOUSE (1978) im Fall von Monoinfektionen von einer Letalität zwischen fünf und zehn Prozent aus, berichtete aber auch bei diesem Virus von einer deutlich höheren Letalitätsrate, wenn weitere Erreger beteiligt waren.

77,8 % der Kälber aus gegen Coronavirusinfektionen geimpften Müttern wiesen Coronaviren im Kot auf. Dies waren verglichen mit den Ergebnissen bei Kälbern, deren Mütter nicht geimpft wurden, deutlich mehr Tiere (23,6 %). Eine mögliche Erklärung ist eine verstärkte Vakzination gegen Coronaviren in Problemherden.

Chlamydien

Die Überprüfung der Kotproben auf das Vorkommen von Chlamydomphila-Spezies erfolgte lediglich bei einer kleinen Anzahl von Tieren. Da die ätiologische Bedeutung der Erregergruppe im Rahmen der neonatalen Kälberdiarrhoe, vor allem aufgrund des erschwerten direkten Nachweises, noch nicht hinreichend geklärt ist (WIELER et al., 2002), ist es zumindest bemerkenswert, dass bei einem Kalb die Untersuchung auf Chlamydomphila-Antigen positiv verlief. JEE und Mitarbeiter (2004) fanden im Rahmen ihrer Untersuchungen eine hohe Anzahl von Chlamydomphila-Nachweisen bei gesunden Kälbern. Ob die obligat intrazellulären Erreger in diesem konkreten Fall Auslöser der Diarrhoe waren, kann u. a. aufgrund der in diesem Fall fehlenden parasitologischen Kotuntersuchung und der unklaren Rolle der nicht typisierbaren Escherichia coli nicht geklärt werden.

5.4.4 Zusammenhänge zwischen ausgewählten Parametern

Um die Bedeutung ausgewählter Parameter besser einschätzen zu können, wurde mit statistischen Verfahren überprüft, ob diese von definierten Faktoren beeinflusst werden oder selbst Einfluss auf andere Parameter nehmen. Hierzu erfolgten zunächst explorative Datenanalysen, in denen jeweils der Zusammenhang zweier Parameter überprüft wurde. Aus den Ergebnissen der anschließend durchgeführten multifaktoriellen Analysen war es möglich, neben einer Beziehung zwischen den einzelnen Größen auch eine Gewichtung der Einflussnahme verschiedener Parameter auf die Ursprungsgröße abzuschätzen. Dabei kam es vor, dass Zusammenhänge, die sich in der einfaktoriellen Datenanalyse als signifikant zeigten, in der multifaktoriellen Überprüfung diese Beziehung nicht mehr aufwiesen. In diesem Fall wurde den Ergebnissen der multifaktoriellen Analyse eine größere Bedeutung zugewiesen.

Alter bei Erkrankungsbeginn

Es zeigte sich, dass die Einflüsse des Alters auf das Stehvermögen, den venösen pH-Wert und den Base-Excess sowohl in der explorativen als auch in der multifaktoriellen Datenanalyse signifikant waren. Ältere Kälber wiesen demnach einen geringeren venösen pH-Wert und ein größeres Basendefizit auf. Außerdem lagen sie zum Zeitpunkt der Einlieferung häufiger fest. Ein schwacher positiver, statistisch signifikanter Zusammenhang bestand zudem zwischen dem Erkrankungsalter und der Exsikkose-Ausprägung zum Zeitpunkt der Einlieferung. In der explorativen Datenanalyse, in der jeweils nur zwei Parameter in Beziehung zueinander gesetzt wurden, wies das Alter der Tiere zu Beginn der Erkrankung einen schwachen, jedoch noch statistisch signifikanten Einfluss auf die Anzahl der ausgefallenen Reflexe zum Zeitpunkt der Einlieferung auf. Je älter die Tiere zu Krankheitsbeginn waren, desto weniger Reflexe konnten bei der Aufnahmeuntersuchung ausgelöst werden. Im Rahmen der multifaktoriellen Analyse dagegen konnte der Zusammenhang zwischen der Anzahl der ausgefallenen Reflexe und dem Alter zu Beginn der Erkrankung nicht bestätigt werden.

Bei der Betrachtung dieser Zusammenhänge scheint die Erkrankung bei Kälbern, die später an Diarrhoe erkranken, mit einem deutlich schlechteren Gesundheitszustand einherzugehen.

In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben zu einem möglichen Zusammenhang zwischen Alter, Azidose und dem Grad einer Dehydratation. So konnten GEISHAUSER und THÜNKER (1997b) keine Altersabhängigkeiten zur Ausprägung der Azidose beobachten, während NAYLOR (1987, 1989), GROVE-WHITE und WHITE (1993) sowie CONSTABLE (2002) von einem vermehrten Nachweis hochgradiger Azidosen bei Kälbern im Alter von über einer Woche berichteten. Die Ursache dieser Beobachtung ist bislang unbekannt, doch wird über einen Zusammenhang mit einer altersabhängigen Veränderung der Absorption von Wasser, Elektrolyten und Bikarbonat aus dem Darmlumen spekuliert. Eine weitere Erklärung könnte eine mögliche gesteigerte Produktion organischer Säuren zur Verwertung unverdauter Nährstoffe bei älteren Kälbern sein (NAPPERT et al., 1997). Dagegen wiesen in den Studien von NAYLOR (1987) und MAACH et al. (1992) jüngere Kälber die schwereren Dehydratationszustände auf. Als Folge der hohen Flüssigkeitsverluste über die Fäzes kommt es zur Dehydratation besonders der jüngeren Kälber, da diese gegenüber älteren Tieren einen höheren Anteil

Körperwasser und ein relativ größeres Blutvolumen aufweisen (FAYET, 1971; LEWIS u. PHILLIPS, 1978). Zusätzlich wird die Kompensationsfähigkeit der jungen Kälber gegenüber einer Hypovolämie geringer eingeschätzt als bei älteren Tieren (KASKE, 1994).

Die eigenen Daten und die Angaben in der Literatur lassen die Aussage zu, dass der Zusammenhang zwischen der Ausprägung klinischer Anzeichen einer Diarrhoe und dem Alter der Tiere noch nicht als geklärt betrachtet werden kann.

Erkrankungsdauer

Für die Erkrankungsdauer konnte in keinem der durchgeführten statischen Tests eine signifikante Beziehung zu weiteren Parametern nachgewiesen werden. Es scheint damit nicht möglich, allein aus den Untersuchungsergebnissen, die zum Zeitpunkt der Einlieferung gewonnen werden, eine Aussage über die voraussichtliche Dauer der Erkrankung zu treffen.

Körpertemperatur

Nach NAYLOR (1989) bewirken sowohl eine hochgradige Azidose als auch eine ausgeprägte Dehydratation ein Absinken der Körpertemperatur. Die gemeinsamen Folgen von Azidose und Dehydratation äußern sich somit in einer Hypothermie. Hervorgerufen durch eine adrenerg vermittelte, periphere Vasodilatation, wird häufig eine subnormale Körperinnentemperatur bei schwer kranken Kälbern nachgewiesen (KASKE, 2002) und ist in der Regel mit einer Hypoglykämie assoziiert.

In der vorliegenden Arbeit wiesen 30,7 % der Kälber eine subnormale Körperinnentemperatur ($< 38,5^{\circ}\text{C}$) auf, während 15,8 % der Tiere eine Hyperthermie ($> 39,5^{\circ}\text{C}$) hatten. Damit lag der Anteil der Kälber mit Hypothermie deutlich höher als in den Untersuchungen von MAACH et al. (1992), die bei lediglich 16,7 % der Tiere eine subnormale Körpertemperatur ermittelten. Demgegenüber war der Prozentsatz hypothermer Kälber mit 65 % in der Studie von NAYLOR (1989) noch wesentlich größer. Die Größe der Gruppe von Kälbern mit Hyperthermie in den Untersuchungen von MAACH et al. (1992) entsprach indessen mit 15 % den eigenen Ergebnissen. Während zwischen dem venösen pH-Wert bzw. dem Base-Excess und der rektal gemessenen Körpertemperatur eine positiver signifikanter Zusammenhang bestand, konnten entsprechende Beziehungen der Temperatur zum Erkrankungsalter sowie der klinischen Ausprägung einer Exsikkose nicht hergestellt werden.

In diesem Zusammenhang ist jedoch kritisch anzumerken, dass die Aussagekraft der rektal gemessenen Körperinnentemperatur im Rahmen der neonatalen Kälberdiarrhoe umstritten ist. So ziehen verschiedene Autoren die subjektive Beurteilung oder noch besser die apparative Messung der Temperatur der Ohren, der distalen Extremitäten oder der Maulhöhle zur Einschätzung des Gesundheitszustandes an Diarrhoe erkrankter Kälber vor (KASARI u. NAYLOR, 1986; ROUSSEL u. KASARI, 1991; CONSTABLE et al., 1998; BERCHTOLD, 1999).

Ausgefallene Reflexe

Die Anzahl der nicht auslösbaren Reflexe im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung hing weder mit dem Alter der Tiere, noch mit den an der Diarrhoe beteiligten Erregern zusammen. Statistisch hoch signifikante Beziehungen ergaben sich jedoch zur Körpertemperatur und zum Base-Excess. Grundlage dieser Beobachtung könnte eine Hypothermie bedingte Zentralisation des Kreislaufsystems sein, die zur Folge hat, dass die Oberflächen- und Tiefensensibilität und somit die Reaktionsfähigkeit auf äußere Reize deutlich reduziert oder nicht mehr vorhanden ist. Der Ausfall des Saug-, Schluck-, Droh- oder des Ohrreflexes gelten als klinische Anzeichen einer metabolischen Azidose mit negativen Base-Excess-Werten (KASARI u. NAYLOR, 1986; NAYLOR, 1989; GEISHAUSER u. THÜNKER, 1997; WENDEL et al., 2002).

Exsikkose

Zur Einschätzung des Exsikkosegrades standen außer dem Hämatokrit, der gesondert betrachtet wurde, die klinischen Befunde zum Hautturgor sowie die Lage der Bulbi in der Orbita zur Verfügung. Eine Reihe von Autoren berichtete, dass sich das Ausmaß einer Dehydratation anhand des Hautturgors, der Lage der Bulbi in der Orbita und dem Stehvermögen auch ohne labortechnische Untersuchungen relativ sicher abschätzen lässt (KASARI u. NAYLOR, 1985; KASARI u. NAYLOR, 1985; GROVE-WHITE u. WHITE, 1993; GEISHAUSER u. THÜNKER, 1997b; CONSTABLE et al., 1998; WENDEL et al., 2001). Bei der gemeinsamen Betrachtung der klinischen Dehydratationsmerkmale und des Erkrankungsalters ergab sich ein schwach positiver, aber statistisch signifikanter Zusammenhang. Wie bereits im Abschnitt „Alter bei Erkrankungsbeginn“ diskutiert, widerspricht die Beobachtung, dass Kälber, die später an neonataler Diarrhoe erkrankten, bei Einlieferung eine

schwerere Exsikkose aufwiesen, den Angaben in der Literatur (FAYET, 1971; LEWIS u. PHILLIPS, 1978; NAYLOR, 1987; MAACH et al., 1992).

Bei Tieren mit einer Kryptosporidieninfektion wurden signifikant häufiger klinische Anzeichen einer hochgradigen Dehydratation nachgewiesen. Unter Beachtung dieser Zusammenhänge und bei Berücksichtigung des durchschnittlich höheren Erkrankungsalters bei Kälbern mit Kryptosporidieninfektionen liegt der Schluss nahe, dass die Altersabhängigkeit der klinischen Exsikkoseanzeichen durch die, in dieser Untersuchung vermehrt bei älteren Tieren auftretende, parasitäre Infektion bedingt war. Die anderen Erreger hatten keinen Einfluss auf die klinischen Dehydratationsparameter.

Kotkonsistenz

Eine signifikante Beziehung zur Kotkonsistenz zum Zeitpunkt der Einlieferung konnte für keinen der überprüften Parameter ermittelt werden. Auch BIEWER (2000) konnte die Kotbeschaffenheit nicht mit der Dauer der Erkrankung, einer Verschlechterung des Allgemeinbefindens oder der Letalität in Zusammenhang bringen. Die eigenen Ergebnisse unterstützend, gelangten auch BAUMGARTNER (1985) sowie LEHNER et al. (1985) in ihren Untersuchungen zu der Erkenntnis, dass eine makroskopische Kotbeurteilung keinen Schluss auf die Ursache von Durchfallerkrankungen von Kälbern zulässt.

Stehvermögen

NAYLOR (1989) ermittelte signifikante Zusammenhänge zwischen dem Stehvermögen und der Körpertemperatur ($r = -0,174$), dem Base-Excess ($r = 0,039$) sowie dem Dehydratationsgrad ($r = 0,052$). In der vorliegenden Arbeit konnten diese Ergebnisse für die Körperinnentemperatur und den Base-Excess bestätigt werden. Während die Ausprägung klinischer Exsikkoseanzeichen ebenfalls in signifikantem Zusammenhang zum Stehvermögen stand, konnte zwischen dem Hämatokrit und dem Stehvermögen keine entsprechende Beziehung hergestellt werden, so dass in diesem Punkt die Beobachtungen von NAYLOR (1989) nur teilweise bestätigt werden konnten. Da die alleinige Aussagekraft des Hämatokrits zur Bestimmung des Dehydratationsgrades der Tiere differenziert betrachtet werden muss (siehe unten), müssten zur Abklärung der genauen Zusammenhänge weitere Untersuchungen erfolgen. Zusätzlich erwiesen sich sowohl in der einfachen als auch in der

multifaktoriellen Datenanalyse das Alter zu Beginn der Erkrankung und das Stehvermögen zum Zeitpunkt der Aufnahme als statistisch signifikant assoziiert. Je älter die Kälber bei Krankheitsbeginn waren, desto größer war der Anteil der festliegenden Tiere.

Neben einer signifikanten Beziehung zum Base-Excess konnte auch ein deutlicher Zusammenhang des Stehvermögens zum venösen pH-Wert ermittelt werden. Je niedriger pH-Wert und Base-Excess der einzelnen Tiere waren, desto eher lagen sie fest. Dieses Ergebnis unterstützt die Autoren, die das Stehvermögen als wichtigen klinischen Parameter zur Diagnose einer diarrhoebedingten Azidose heranziehen (KASARI u. NAYLOR, 1986; NAYLOR, 1989; MAACH et al., 1992a; GEISHAUSER u. THÜNKER, 1997b). Die Anzahl der nachgewiesenen Erreger blieb ohne Einfluss auf das Stehvermögen der Kälber zum Zeitpunkt der Einlieferung.

Base-Excess und venöser pH-Wert

Verschiedene Autoren sind der Meinung, dass vom klinischen Bild einer Durchfallerkrankung nicht auf den Schweregrad einer metabolischen Azidose geschlossen werden kann. Dies gilt vor allem bei gleichzeitigem Auftreten einer Dehydratation (KASARI u. NAYLOR, 1986; ROUSSEL u. KASARI, 1991; GROVE-WHITE, 1994; DOLL et al., 1995; BERCHTOLD, 1998; WENDEL et al., 2001). Des Weiteren wiesen RADEMACHER und Mitarbeiter (2002) darauf hin, dass bei der Abschätzung des Azidosegrades Haltung- und Verhaltensauffälligkeiten immer auch durch weitere Erkrankungen verursacht werden können. So ist eine durch vermehrte CO₂-Abgabe vertiefte Atmung zur Kompensation einer metabolischen Azidose unbedingt von einer Bronchopneumonie abzugrenzen (DOLL et al., 1995).

Zur korrekten Diagnose von Azidosen ist die Blutuntersuchung mittels Blutgasanalyse, wie sie in der vorliegenden Arbeit Anwendung fand, das Mittel der Wahl (Auswahl: NAYLOR, 1989; HARTMANN, 1994; BINDING et al., 2000). Die Ergebnisse der Blutgasanalyse wiesen auf einen hohen Anteil von azidotischen Kälbern zum Zeitpunkt der Aufnahmeuntersuchung hin.

Es bestand eine hochsignifikante Beziehung zwischen dem Base-Excess bzw. dem venösen pH-Wert und dem Stehvermögen. Entsprechende Ergebnisse für den Base-Excess ermittelten auch NAYLOR (1989) sowie GEISHAUSER und THÜNKER (1997b). Letztere empfehlen das Stehvermögen ($r_s = -0,64$) und die Überprüfung des Saugreflexes ($r_s = -0,70$) zur Abschätzung des Basendefizites. So ist nach

Angaben der Autoren bei festliegenden Kälbern ohne Saugreflex von einem Basenverlust von mehr als 20 mmol/l auszugehen.

KASARI und NAYLOR (1986) versuchten eine Auswahl klinischer Befunde unter der Verwendung eines Bewertungssystems in Zusammenhang zur Ausprägung einer metabolischen Azidose zu bringen. Dabei ermittelten die Autoren einen signifikanten Zusammenhang zwischen der errechneten Summe an Punkten als Ausdruck des klinischen Gesundheitszustandes und dem Base-Excess ($r = 0,87$) bei azidotischen Kälbern ohne Dehydratation. Der Einfluss einzelner klinischer Parameter wurde in dieser Studie nicht gesondert statistisch überprüft, dennoch konnte nach Ausgleich der Azidose vor allem eine Verbesserung des Stehvermögens und eine Verstärkung des Saug- und Drohreflexes beobachtet werden. Für dehydrierte Tiere konnte kein entsprechender Zusammenhang gefunden werden. MAACH und Mitarbeiter (1992a, 1992b) fanden bei ihren Untersuchungen an Durchfallkälbern in Marokko unter Verwendung eines modifizierten Beurteilungsschemas nach KASARI und NAYLOR (1986) eine lineare Korrelation zwischen den klinischen Anzeichen einer metabolischen Azidose und dem korrespondierenden Base-Excess ($r = 0,94$).

Übereinstimmend mit den eigenen Resultaten konnten auch GEISHAUSER und THÜNKER (1997b) zwischen dem Base-Excess und der Kotkonsistenz sowie der Dauer der Erkrankung keinen signifikanten Zusammenhang herstellen. Entsprechende Ergebnisse ergaben sich für den venösen pH-Wert.

Während die Anzahl der nachgewiesenen Erreger keinen Einfluss auf die beiden Parameter ausübte, wurde für Tiere mit Coronavirusinfektion ein geringeres Basendefizit als bei Infektionen durch andere Erreger ermittelt. Für den venösen pH-Wert konnte kein derartiger Zusammenhang zu Kälbern mit einer Coronavirusinfektion oder anderen Erregern hergestellt werden.

Die Auswirkungen des Alters auf die beiden Blutgasparameter wurden bereits im Zusammenhang mit dem generellen Einfluss des Alters diskutiert. Übereinstimmend mit NAYLOR (1987 und 1989), GROVE-WHITE und WHITE (1993) sowie CONSTABLE (2002) konnte ein vermehrtes Auftreten hochgradiger Azidosen bei Kälbern, die erst in der zweiten Lebenswoche an Diarrhoe erkrankten, beobachtet werden.

Für den venösen pH-Wert wurden das Geschlecht der Kälber, das Alter bei Einlieferung sowie der Hämatokrit zum Zeitpunkt der Aufnahmeuntersuchung als zusätzliche Einflussfaktoren überprüft.

MAACH und Mitarbeiter (1992) ermittelten einen statistisch signifikanten Einfluss des Geschlechtes auf den Azidosegrad von Kälbern im Alter von vier bis fünfzehn Tagen. In ihrer Untersuchung wiesen männliche Tiere die schwerere Azidose auf. Dieses Erkenntnis steht im Widerspruch zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit. In der einfaktoriellen Datenanalyse wiesen weibliche Kälber einen signifikant niedrigeren venösen pH-Wert auf, während in der multifaktoriellen Datenanalyse keine Verbindung zum Geschlecht ermittelt werden konnte.

Der Zusammenhang zwischen dem Alter bei Einlieferung und dem venösen pH-Wert war zwar signifikant, in der multifaktoriellen Datenanalyse wies jedoch das Alter zu Beginn der Erkrankung den engeren Zusammenhang zum Blutgasparameter auf.

Eine statistisch hochsignifikante Beziehung bestand zwischen dem venösen pH-Wert und dem Hämatokrit. Kälber mit niedrigem pH-Wert wiesen dementsprechend einen höheren Hämatokrit auf, was für ein gleichzeitiges Auftreten von Dehydratation und Azidose spricht (Auswahl: NAYLOR, 1989; GROVE-WHITE u. WHITE, 1993; SCHERKA et al., 1996; GEISHAUSER u. THÜNKER, 1997b; NAPPERT et al., 1997; BERCHTOLD u. PRECHTL, 2002). Ein entsprechendes Ergebnis ermittelten MAACH et al. (1992b) und BERCHTOLD und Mitarbeiter (2000). Sie beobachteten deutlich höhere Hämatokrit-Befunde bei Kälbern mit metabolisch-respiratorischer Azidose und zusätzlicher Hyperkapnie im Vergleich zu Tieren, die in der Lage waren, eine rein metabolische Azidose respiratorisch zu kompensieren.

Hämatokrit

Verschiedene Autoren weisen darauf hin, dass eine einmalige Messung des Hämatokrits nicht aussagekräftig ist, da die Basiswerte vor Beginn der Erkrankung nicht bekannt sind und diese erheblichen individuellen Schwankungen unterliegen (KASARI u. NAYLOR, 1985; KLEE et al., 1986; ROUSSEL u. KASARI, 1991). Zudem zeigen laut KASKE (2002) viele Kälber eine latente Eisenmangelanämie. Der Hämatokrit kann somit nur in Verbindung mit einer klinischen Untersuchung zur Feststellung des Dehydratationsgrades eines Kalbes mit neonataler Diarrhoe beitragen (KLEE et al., 1986).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten keine signifikanten Einflüsse des Hämatokrits auf das Stehvermögen oder die Kotkonsistenz beobachtet werden. Zugleich standen weder die Erkrankungsdauer noch das Alter bei Krankheitsbeginn

in einem signifikanten Zusammenhang zum Hämatokrit zum Zeitpunkt der Einlieferung.

Erstaunlich war die statistisch signifikante Beziehung zwischen einer nachgewiesenen Rotavirusinfektion und dem Hämatokrit. Rotavirus-positive Kälber wiesen deutlich höhere Werte auf, während zu den anderen Erregern keinerlei signifikante Beziehung bestand. In der Literatur findet sich bisher keine entsprechende Angabe.

Erreger

BAUMGARTNER (1985) sowie LEHNER et al. (1985) gelangten in ihren Untersuchungen zu der Erkenntnis, dass weder eine allgemeine klinische Untersuchung noch die makroskopische Kotbeurteilung einen Rückschluss auf die Ursache von Durchfallerkrankungen von Kälbern zulassen. Auch KRULL (2000) ist der Meinung, dass beim Vorliegen einer Kryptosporidieninfektion weder die Konsistenz noch die Farbe oder der Geruch des Durchfallkots pathognomonisch sind.

In der vorliegenden Arbeit konnte kein Zusammenhang zwischen den Durchfallerregern und den jeweiligen klinischen Befunden und Blutgasparametern hergestellt werden. Lediglich bei Kälbern mit Kryptosporidieninfektion wurden schwerere klinische Anzeichen einer Exsikkose beobachtet als bei Infektionen durch andere Erreger. Überprüft wurden dabei das Vorliegen eines Enophthalmus und der Hautturgor. Zwar berichteten verschiedene Autoren von einer Exsikkose im Rahmen einer Kryptosporidieninfektion, eine besondere starke Ausprägung im Vergleich mit anderen Erregern fand jedoch keine Erwähnung (AURICH et al., 1990; GÖBEL, 1990; LEFAY et al., 2001; TZIPORI u. WARD, 2002; JOACHIM et al., 2003). Entsprechendes gilt für den Zusammenhang zwischen Rotavirusinfektionen und dem Hämatokrit zum Zeitpunkt der Einlieferung (DIRKSEN u. BACHMANN, 1977; TZIPORI, 1981; TORRES-MEDINA et al., 1985; SCHIRRMEIER, 1986).

Der beobachtete Zusammenhang zwischen einer Coronavirusinfektion und einem geringeren Basendefizit im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung wurde bereits bei der Betrachtung des Base-Excess aufgeführt und aufgrund der geringen Anzahl von Kälbern mit einer durch Coronaviren ausgelösten Diarrhoe nicht weiter diskutiert.

5.4.5 Beeinflussung der Letalität

Unter Praxisbedingungen ist es wünschenswert, möglichst frühzeitig prognostische Aussagen über den Behandlungserfolg zu treffen. Im Rahmen der statistischen Überprüfung, welche klinischen und labordiagnostischen Parameter zur prognostischen Einschätzung geeignet sind, zeigte sich, dass vor allem die klinischen Befunde mit Ausnahme der Kotkonsistenz sowie der venöse pH-Wert, der Base-Excess und die Anzahl der diarrhoe-assoziierten Erkrankungen Parameter mit prognostischer Aussagekraft waren.

So hatten Kälber mit Hypothermie schlechtere Chancen gesund entlassen zu werden, als Tiere mit physiologischer oder erhöhter Körpertemperatur. Der statistisch hochsignifikante Zusammenhang zwischen der Körpertemperatur und der Letalität unterstützt die Ergebnisse von GEISHAUSER und THÜNKER (1997a). Die Autoren konnten das Schicksal der Kälber mit neonataler Diarrhoe außer mit der Körpertemperatur mit keinem weiteren Parameter (u. a. Alter, Erkrankungsdauer, Kotkonsistenz, Stehvermögen, Saugreflex, Base-Excess) in Zusammenhang bringen. Dagegen konnten BERCHTOLD et al. (2000) keine signifikanten Unterschiede zwischen den Körperinnentemperaturen überlebender und verstorbener Kälber mit Diarrhoe zu Behandlungsbeginn ermitteln.

Den eigenen Ergebnissen zufolge lässt sich auch anhand der Anzahl der ausgefallenen Reflexe im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung eine prognostische Aussage zum Schicksal des jeweiligen Kalbes machen. Je mehr Reflexe nicht ausgelöst werden konnten, desto eher verstarben die Tiere. Ebenso verstarben Tiere mit ausgeprägter Exsikkose signifikant häufiger, als Kälber mit geringeren Dehydratationszuständen.

Im Rahmen der explorativen Datenanalyse ergab sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Stehvermögen und dem weiteren Schicksal der Kälber. Es verstarben häufiger Tiere, die zum Zeitpunkt der Aufnahme festlagen, als Kälber mit erhaltenem Stehvermögen. In den Untersuchungen von GIRNUS (2004) verstarben alle Kälber, die trotz Dauertropfinfusion länger als einen Tag festlagen.

Nicht überraschend war die Erkenntnis, dass die Letalität umso höher war, je mehr zusätzliche Erkrankungen die Kälber aufwiesen. So betonte auch KLEE (1989) die therapeutische und prognostische Bedeutung zusätzlicher Erkrankungen, die in Verbindung mit der Diarrhoe oder als komplizierende Infektionen auftreten können.

Daraus leitet sich bei Kälbern mit Durchfall die grundsätzliche Forderung nach einer gründlichen klinischen Untersuchung vor Auswahl und Beginn einer individuellen Therapie ab.

Des Weiteren verstarben im Rahmen der vorliegenden Arbeit Kälber mit niedrigem venösem pH-Wert und großem Basendefizit signifikant häufiger als Tiere mit einer weniger ausgeprägten Entgleisung des Säuren-Basen-Haushaltes. BERCHTOLD und Mitarbeiter (2000) kamen zu einem gegenteiligen Ergebnis. Die später verstorbenen Kälber ihrer Untersuchung wiesen zu Behandlungsbeginn signifikant höhere Base-Excess- und venöse pH-Werte auf, als die überlebenden Tiere. Nach HARTMANN et al. (1984) besteht bei einer hochgradigen Azidose mit einem venösen pH-Wert $< 7,0$ absolute Lebensgefahr für das betroffene Kalb. Demgegenüber konnten in der vorliegenden Arbeit 60,3 % der Tiere mit einem venösen pH-Wert $< 7,0$ gesund entlassen werden und auch in den Untersuchungen von BERCHTOLD et al. (2000) verstarb lediglich eines von elf Kälbern mit derart niedrigem pH-Wert. Diese Behandlungserfolge bestätigen die eingesetzte Therapiestrategie unter Anwendung einer anhand von Blutgasparametern und klinischen Befunden gezielt und rasch durchgeführten Infusionstherapie zum Ausgleich azidotischer Verhältnisse.

Einer Reihe der überprüften Parameter konnte keine prognostische Relevanz in Bezug auf das weitere Schicksal der Kälber zugeordnet werden. Weder in den eigenen noch in den Untersuchungen von GEISHAUSER und THÜNKER (1997a) sowie KATIKARIDIS (2001) bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter zu Krankheitsbeginn und der Letalität der Kälber.

Im Gegensatz zu den eigenen Ergebnissen fand KATIKARIDIS (2001) einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Kotkonsistenz und dem weiteren Schicksal. Je öfter die Kälber dünnflüssigen Kot aufwiesen, desto eher verstarben sie ($r = -0,25$). Dabei betrachtete der Autor die Kotkonsistenz jedoch über mehrere Tage hinweg und nicht ausschließlich zum Zeitpunkt der Einlieferung. Der gewählte Zeitpunkt bildet eine weitere Einschränkung in der Bedeutung des Parameters „Kotkonsistenz“, da bei Einlieferung in die Klinik aufgrund der Einschlusskriterien alle Kälber wässrigen oder dünnflüssigen Kot aufwiesen und somit jeweils nur zwei Gruppen gebildet werden konnten. Dennoch fanden auch GEISHAUSER und

THÜNKER (1997a) keinen Zusammenhang zwischen der Kotkonsistenz und dem weiteren Schicksal der Tiere.

Während in den Untersuchungen von KLEE und Mitarbeitern (1979) die Prognose für Kälber mit höherem Hämatokrit deutlich schlechter war als für Tiere mit geringeren Werten, lagen in der vorliegenden Arbeit sowie bei BERCHTOLD und Mitarbeitern (2000) keine entsprechenden Zusammenhänge vor.

Auch ein Einfluss der Erkrankungsdauer auf das weitere Schicksal der Kälber konnte nicht belegt werden, während in den Untersuchungen von KATIKARIDIS (2001) mehr Tiere verstarben, je länger sie an Diarrhoe erkrankt waren ($r = 0,47$).

Im Rahmen von monofaktoriellen Datenanalysen konnten neben dem Hämatokrit, dem Alter bei Erkrankungsbeginn, der Erkrankungsdauer und der Kotkonsistenz auch die Anzahl der beteiligten Erreger sowie die einzelnen Erreger nicht in einen signifikanten Zusammenhang zum weiteren Schicksal gebracht werden. Somit ließen sich anhand eines Erregernachweises keine prognostischen Aussagen zum Verlauf der Erkrankung machen.

Insgesamt scheint das weitere Schicksal der Kälber mit neonataler Diarrhoe nicht von der auslösenden Ursache, sondern vielmehr vom Gesundheitszustand der Tiere zum Zeitpunkt der Einlieferung in die Klinik abzuhängen.

Grundsätzlich müssen die Ergebnisse monofaktorieller Datenanalysen kritisch betrachtet werden, da im Rahmen der zusätzlich durchgeführten multifaktoriellen Überprüfungen lediglich die Körperinnentemperatur sowie die Anzahl der zusätzlich aufgetretenen Erkrankungen in signifikantem Zusammenhang zum Schicksal der Tiere standen. Damit wird das Ergebnis der Untersuchung von GEISHAUSER und THÜNKER (1997a) bekräftigt, die ausschließlich der Körpertemperatur einen Einfluss auf das Schicksal der Kälber zuschreiben konnten, während Begleiterkrankungen ohne weitere Beachtung blieben. Die Autoren wählten dabei zur statistischen Auswertung ihrer Beobachtungen ebenfalls eine multifaktorielle Datenanalyse. Nach CONSTABLE (2002) stellt vor allem die Hypothermie eine häufige Todesursache bei Kälbern mit neonataler Diarrhoe dar.

Obwohl kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem venösen pH-Wert bzw. dem Base-Excess zum Zeitpunkt der Einlieferung in die Klinik und dem weiteren Schicksal bestand, muss diesen Parametern eine gewisse prognostische Bedeutung zugemessen werden, da sie laut eigener Ergebnisse (vgl. Abschnitt 4.3.1.13.1.2) in

engem Zusammenhang mit der Körperinnentemperatur stehen. Aufgrund dieser Beziehungen, welche das Ergebnis der, in diesem Fall zur Datenanalyse gewählten, schrittweisen logistischen Regression beeinflussen, muss ein Einfluss dieser Parameter auf das Schicksal der Kälber auch unter zusätzlicher Berücksichtigung des Ergebnisses der monofaktoriellen Datenüberprüfung in Betracht gezogen werden.

In Tabelle 142 sind die Parameter aufgeführt, die neben der monofaktoriellen auch in der multifaktoriellen Datenanalyse einen signifikanten Einfluss auf die Letalität besaßen.

Tabelle 142: Parameter mit signifikantem Einfluss auf die Letalität von Kälbern mit neonataler Diarrhoe (multifaktorielle Datenanalyse)

Parameter	p-Wert
Körperinnentemperatur	$p < 0,0001$
Anzahl zusätzlicher Erkrankungen	$p < 0,0001$

Die Ergebnisse dieses Arbeitsabschnittes unterstützen die Forderung nach einer gründlichen klinischen Untersuchung von Kälbern mit Durchfall vor Einleitung einer Therapie. Bereits anhand der einfachen Messung der Körperinnentemperatur ist es möglich, eine frühzeitige Aussage zur Prognose zu treffen. Im weiteren Verlauf des Klinikaufenthaltes gilt es, das Auftreten weiterer Erkrankungen unbedingt zu vermeiden.

5.4.6 Entwicklung der klinischen Befunde

Die Entwicklung ausgewählter klinischer Befunde wurde über einen Zeitraum von fünfzehn Tagen analysiert, was der mittleren Erkrankungsdauer des Gesamtkollektivs entsprach. Das Hauptaugenmerk lag auf den regelmäßig erhobenen Parametern „Körperinnentemperatur“, „Exsikkoseausprägung“ und der „Kotkonsistenz“. Zur statistischen Auswertung der Körpertemperatur und der

Kotkonsistenz wurden jeweils 3-Tages-Intervalle konstanter Befunde zusammengefasst, um Abweichungen einzelner Tage nicht übermäßig viel Bedeutung zuzuordnen.

Die deutliche Abnahme des Anteils an Kälbern mit Hypothermie, klinischen Exsikkoseanzeichen und wässriger Kotkonsistenz vom ersten Tag des Klinikaufenthaltes zum zweiten spricht eindeutig für den Erfolg der jeweils eingeleiteten Diarrhoetherapie. Wurden die Kälber, die mit wässriger Kotkonsistenz in der Klinik vorgestellt wurden, getrennt betrachtet, ergab sich hier immerhin bei 63,2 % eine Besserung der Kotkonsistenz bereits innerhalb von 24 Stunden. Auch in den Untersuchungen von GIRNUS (2004) konnte eine deutliche Besserung der Kotkonsistenz bereits vom ersten zum zweiten Beobachtungstag dokumentiert werden.

Die Anzahl der Tiere mit längeren Phasen erniedrigter bzw. erhöhter Körpertemperatur sowie der Anteil der Kälber, die im Verlauf des Aufenthaltes wiederholt Exsikkoseanzeichen oder eine Verschlechterung der Kotkonsistenz zeigten, weisen darauf hin, dass eine intensive tierärztliche Betreuung auch über den ersten Tag hinaus dringend notwendig ist. Stieg der Anteil der Tiere mit pastöser Kotkonsistenz langsamer, als der entsprechende Abfall des Anteils der Kälber mit wässriger Kotkonsistenz erfolgte, so ist dies einer häufig allmählichen Normalisierung der Kotkonsistenz über verschiedene Zwischenstufen zuzuschreiben.

Der deutliche Anstieg der durchschnittlich gemessenen Körpertemperatur vom ersten zum zweiten Tag des Klinikaufenthaltes war überwiegend Folge eines Rückganges des Anteils der Tiere mit Hypothermie um 50,8 %. GROVE-WHITE (1994) bezeichnete u. a. einen deutlichen Anstieg der Körpertemperatur bereits 30 bis 60 Minuten nach Behandlungsbeginn als Hinweis auf ein erfolgreiches Ansprechen auf die eingeleitete Therapie. Der Anteil der Kälber mit Hyperthermie veränderte sich in der vorliegenden Arbeit vom ersten zum zweiten Tag des Klinikaufenthaltes dagegen kaum, und auch im weiteren Verlauf des Beobachtungszeitraums unterlag dieser nur geringen Schwankungen. Dennoch konnte bei etwa 70 % der Kälber, die mit Hyperthermie in die Klinik eingeliefert wurden, bereits am nächsten Tag eine Körpertemperatur innerhalb des Referenzbereiches gemessen werden. Trotz Therapie ließ sich ein nachdrücklicher Rückgang des Prozentsatzes an Tieren mit Hyperthermie jedoch nicht verzeichnen, was vor allem durch das zeitversetzte Auftreten von Begleiterkrankungen bedingt sein dürfte (BOSTEDT et al., 2000;

SCHLERKA et al., 2002), da das Auftreten einer Hyperthermie nicht zu den charakteristischen Symptomen einer neonatalen Diarrhoe zählt (RADEMACHER et al., 2002).

Tendenziell war bei Tieren, die keine längeren Abweichungen der Körpertemperatur aufwiesen, von einer kürzeren Erkrankungsdauer auszugehen als bei Kälbern mit deutlicher Hypo- bzw. Hyperthermie-Phase; das Signifikanzniveau wurde hier nur knapp verfehlt. Die Dauer der Erkrankung betreffend, erwies es sich als unerheblich, ob Kälber längere Hypo- oder Hyperthermie-Phasen zeigten.

Im Rahmen der statistischen Auswertung konnten die Resultate, die im Abschnitt 5.4.5 aufgeführt wurden, bestätigt werden: Auch bei Betrachtung konstanter 3-Tages-Befunde zur Körpertemperatur innerhalb des fünfzehntägigen Beobachtungszeitraumes verstarben die Tiere mit einer längeren Phase subnormaler Körpertemperaturen signifikant häufiger als Kälber mit andauernder Hyperthermie. Dies unterstreicht die Bedeutung der Untertemperatur bei Kälbern mit Diarrhoe als mögliche Todesursache (CONSTABLE, 2002) sowie deren Relevanz hinsichtlich der Therapie und der weiteren Prognose (GEISHAUSER u. THÜNKER, 1997a).

Konnte die alleinige Betrachtung der Kotkonsistenz am Tag der Einlieferung nicht mit dem weiteren Schicksal der Kälber in Verbindung gebracht werden (Abschnitt 5.4.5), so gelang dies bei der Berücksichtigung von 3-Tages-Intervallen mit gleich bleibender Kotkonsistenz. Dass Kälber mit ausgedehnteren Phasen wässriger Kotkonsistenz häufiger und Tiere mit längeren Phasen pastöser Kotkonsistenz seltener verstarben, war nicht verwunderlich, konnte aber in dieser Studie statistisch belegt werden. Dieses Resultat spricht für das gewählte Auswertungsmodell unter der Berücksichtigung konstanter 3-Tages-Intervalle und gegen die Betrachtung und Überbewertung von Einzelbefunden.

Die Farbe des abgesetzten Kotes konnte in keine Verbindung zum Verlauf der Diarrhoe gebracht werden, so dass das Augenmerk in der täglichen klinischen Untersuchung bedeutenderen Parametern gelten sollte.

5.4.7 Infektionsgruppe

Während des Studienzeitraums erkrankten 72 Kälber im Verlauf ihres Klinikaufenthaltes an neonataler Diarrhoe. Trotz getrennter Aufstallung der Neonaten mit speziellen Desinfektionsmaßnahmen konnten diese Infektionen nicht verhindert werden. In der Arbeit von SCHULTE-MÄRTER (2000) erkrankten jahresabhängig 9,9 % bis 36,6 % der eingestellten Kälber, die zu 93,5 % in einer geburtshilflichen Universitätsklinik geboren wurden, an neonataler Diarrhoe. Von einem Infektionsdruck besonderen Ausmaßes ist in einer Universitätsklinik, aufgrund der hohen Tieranzahl aus den unterschiedlichsten Betrieben und damit differentem immunologischen Hintergrund, grundsätzlich auszugehen.

Der Infektionsgruppe galt besondere Aufmerksamkeit, da es als Ziel der Klinik angesehen werden muss, die Zahl der Neuerkrankungen so gering wie möglich zu halten.

Die Kälber, die in der Klinik erkrankten, zeigten weniger starke Veränderungen von venösem pH-Wert, Base-Excess und rektal gemessener Körpertemperatur als krank eingelieferte Tiere. Am Tag der ersten Diarrhoe-Symptome wiesen die Kälber der Infektionsgruppe signifikant geringere Abweichungen dieser Parameter auf als die externen Tiere im Rahmen ihrer Aufnahmeuntersuchungen. Diese Beobachtung spricht für die intensive Überwachung der Kälber und die frühzeitige Erkennung der Erkrankung unter Klinikbedingungen. Entsprechendes gilt für das signifikant geringere Alter dieser Kälbergruppe bei Krankheitsbeginn, was ebenfalls auf eine zeitige Diagnose der Krankheit durch die umfassende Betreuung zurückzuführen ist. Im landwirtschaftlichen Betrieb ist eine derart zeitaufwendige Überwachung kaum zu leisten (KLEE, 1989; BERCHTOLD u. PRECHTL, 2002).

In der Klinik konnte eine individuelle Therapie bereits eingeleitet werden, bevor es zu schwerwiegenden Entgleisungen der Laborwerte kam, was sich in einer signifikant kürzeren Dauer der Erkrankung und einer geringeren Letalität, verglichen mit Kälbern, die bereits erkrankt in die Klinik eingeliefert wurden, widerspiegelte. Die Bedeutung einer frühzeitig eingeleiteten Therapie unterstrichen auch KALLWEIT (2001) sowie RADEMACHER und Mitarbeiter (2002). Dabei konnte das Schicksal der Tiere in dieser Gruppe weder in der mono- noch in der multifaktoriellen Datenanalyse von den überprüften Parametern signifikant beeinflusst werden, so dass keine Möglichkeit bestand, anhand einer Erhebung von venösem pH-Wert,

Base-Excess oder der Körperinnentemperatur am ersten Tag der Diarrhoe-Symptomatik eine prognostische Aussage zum weiteren Verlauf der Erkrankung zu treffen. Dies steht in Widerspruch zu den eigenen Ergebnissen aus der Auswertung des Gesamtkollektivs. Dies mag darin begründet sein, dass die in der Klinik erkrankten Kälber zum entsprechenden Zeitpunkt weitaus geringere Abweichungen von der Norm aufwiesen.

Auch der Geburtsverlauf sowie das Alter zu Beginn der Erkrankung standen in keinem signifikanten Zusammenhang zum Schicksal der Kälber. Insgesamt lag die Letalität dieser Kälbergruppe nur geringgradig über den vergleichbaren Ergebnissen von SCHULTE-MÄRTER (2000) mit einer Sterblichkeitsrate von 9,7 %.

Zwar standen nur bei wenigen Tieren vollständige Ergebnisse der Erregernachweise aus Kotproben zur Verfügung, dennoch konnte das Auftreten aller spezifischen Diarrhoe-Erreger dokumentiert werden. Im Gegensatz zu den Beobachtungen im Gesamtkollektiv nahmen jedoch bei den Kälbern, die in der Klinik erkrankten, die Kryptosporidien lediglich eine untergeordnete Rolle ein und wurden ausschließlich in Mischinfektionen nachgewiesen. Allgemein gelten ein starker Infektionsdruck und eine große Tierdichte als optimale Bedingungen zur Manifestation einer Kryptosporidiose. Die Übertragung erfolgt vorwiegend durch direkten Kontakt zu anderen Kälbern, über Gerätschaften (z. B. Tränkeimer), kontaminiertes Wasser sowie Personen- oder Tierkontakt (SIEBERT u. GRÜNDER, 1989; GÖBEL, 1990; TZIPORI u. WARD, 2002). Die in der Klinik getroffenen Hygienemaßnahmen scheinen eine Infektion von neugeborenen Kälbern mit diesem Erreger effektiv zu verhindern.

In dieser Kälbergruppe überwogen die Nachweise spezifischer *Escherichia coli*-Serogruppen. Vor allem die Serogruppen O101:K32 und O78:K80 wurden mehrfach gefunden. Während die Serogruppe O78:K80 auch im Gesamtkollektiv vorherrschte, war das gehäufte Auftreten der O101:K32-Serogruppe überraschend. Möglicherweise handelt es sich dabei um einen klinikspezifischen Erreger, was in weiteren Untersuchungen überprüft werden sollte.

Das signifikant höhere Alter zu Beginn der Erkrankung bei Kälbern mit positivem Kryptosporidiennachweis im Rahmen der monofaktoriellen Datenanalyse stimmte mit der entsprechenden Überprüfung des Gesamtkollektivs sowie den Beobachtungen von BALJER et al. (1987) überein. Die Autoren dokumentierten dabei einen deutlichen Anstieg der Nachweishäufigkeit von Kryptosporidien ab einem

Erkrankungsalter von sechs Tagen. Allerdings relativierten in der eigenen Arbeit die sehr geringe Fallzahl sowie das nicht signifikante Ergebnis der multifaktoriellen Analyse unter Berücksichtigung aller spezifischen Erreger diese Aussage.

5.4.8 Tiere aus Problembeständen

Bei der Analyse der Daten von Kälbern aus Beständen mit gehäuft auftretenden Diarrhoeproblemen galt das besondere Interesse den Erregerspektren. Die signifikante Betriebsabhängigkeit des Auftretens von Kryptosporidien sowie der Escherichia coli-Serogruppen O78:K80 und O101:K28 macht es möglich, nach erfolgtem positivem Nachweis dieser Erreger beim Auftreten neuer Erkrankungsfälle vom Vorliegen dieser Erkrankungsauslöser auszugehen.

Grundsätzlich sollte der Ätiologie des Durchfalls beim Einzeltier nicht zu viel Bedeutung zugemessen werden, da die initiale Therapie erregerunabhängig erfolgt (KLEE, 1989; RADEMACHER et al., 2002). In Problembeständen ist dies jedoch differenzierter zu sehen. Hier ergeben sich Möglichkeiten zu gezielten, betriebsspezifischen Prophylaxe- und Metaphylaxe-Maßnahmen wie z. B. der Anfertigung bestandsspezifischer Impfstoffe und der Auswahl von erregerausgerichteten Desinfektionsmitteln.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde an Kälbern mit neonataler Diarrhoe die Nutzung der Ohrvene zur Infusion von natriumbikarbonathaltigen Lösungen getestet und der Dünndarm mittels Sonographie visuell untersucht. Weiterhin erfolgte eine Auswertung der vorberichtlichen, klinischen und labordiagnostischen Daten von 511 erkrankten Tieren, um deren Bedeutung für das Durchfallgeschehen und deren prognostische Bedeutung zu evaluieren.

Folgende relevante Ergebnisse konnten gewonnen werden:

Infusionsversuche

- Die Bolusapplikation einer 8,4 %igen Natriumbikarbonat-Lösung über die Ohrvene ist ohne Komplikationen möglich.
- Zum Ausgleich einer metabolischen Azidose sind die beiden angewendeten Infusionsregime gleichwertig, so dass es keine Rolle spielt, ob eine hypertone Natriumbikarbonat-Lösung verdünnt mit dem gleichen Volumen an 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung oder unverdünnt verabreicht wird.
- Mittels Verabreichung einer hypertonen Natriumbikarbonat-Lösung unter Verwendung eines Verteilungsraumfaktors von 0,5 kann auch eine hochgradige metabolische Azidose bei durchfallkranken Kälbern zunächst sicher ausgeglichen werden. Der Faktor reicht jedoch nicht aus, um laufende Bikarbonat-Verluste auszugleichen und die Tiere mittelfristig zu stabilisieren.
- Die Infusionszeit einer bestimmten Flüssigkeitsmenge ist gegenüber einer Verabreichung über die Jugularvene bei einer Applikation über die Ohrvene deutlich verlängert. Dadurch wird eine Belastung des Organismus durch extreme Schwankungen der Säuren-Basen-Parameter verhindert.
- Die durch die Applikation hypertoner Natriumbikarbonat-Lösung ausgelöste kurzfristige Alkalose fällt bei einer Verabreichung über die Ohrvene, bedingt durch die verlängerte Dauer der Applikation, deutlich geringer aus als bei einer Infusion über die Jugularvene.
- Bei einer Infusion über die Ohrvene hängt die Infusionsgeschwindigkeit auch von der Menge der zu applizierenden Flüssigkeit ab. Je größer das eingesetzte Volumen, desto höher ist die Infusionsgeschwindigkeit.

- Viele Kälber mit Neugeborenenendurchfall weisen eine deutliche Hypoglykämie auf, weshalb eine intravenöse Verabreichung von Glukose, möglichst nach vorheriger Bestimmung der Blutglukose-Konzentration, notwendig ist.
- Eine Verabreichung von Natriumbikarbonat-Lösungen über die Ohrvene unter der Aufsicht eines Tierarztes ermöglicht in der Praxis eine sichere Puffersubstitution und minimiert das Risiko einer paravenösen Infusion dieser Lösung.

Sonographische Darmuntersuchung

- Die Durchfallerkrankung beeinflusst die sonographisch erhobenen Parameter „Bewegungsintensität der Ingesta“, „Wanddicke des Dünndarms“ sowie den „Durchmesser des Dünndarms“ signifikant.
- Die Dünndarmmotorik erkrankter Kälber wird durch die Diarrhoe nicht wesentlich beeinflusst, es besteht dagegen eine deutliche Abhängigkeit vom Zeitpunkt der letzten Futteraufnahme.
- Dreißig Minuten nach der Tränkeaufnahme kommt es zu deutlichen Steigerungen von Dünndarmmotilität, Füllungszustand und Bewegungsintensität der Ingesta sowie einer Zunahme von Wanddicke und Durchmesser des Dünndarms. Fünf Stunden nach der Fütterung sinkt die Darmmotilität wieder deutlich ab.
- Anzahl und Intensität der isoliert wahrnehmbaren Kontraktionsgeräusche nehmen direkt im Anschluss an die Fütterung ebenfalls deutlich zu.
- Von den untersuchten Parametern war lediglich die „Echogenität der Ingesta“ unabhängig vom Fütterungszeitpunkt.
- Anhand der Parameter „Füllungszustand des Dünndarms“, „Bewegungsintensität der Ingesta“ sowie „Durchmesser des Dünndarms“ kann ein beginnender Heilungsprozess in der Gruppe der erkrankten Kälber dargestellt werden.
- Bei erkrankten Kälbern ist die Anzahl der auskultierbaren Kontraktionsgeräusche geringer als bei gesunden Tieren.
- Die sonographischen Befunde zur Dünndarmmotilität und der Bewegungsintensität der Ingesta stehen in keinem nachweisbaren Zusammenhang mit den auskultatorisch erhobenen Untersuchungsergebnissen.
- Unabhängig von einer bestehenden Durchfallerkrankung gibt es keine Zusammenhänge zwischen den erhobenen Blutgaswerten und der Dünndarmaktivität.

Datenauswertung an erkrankten Kälbern:

- Obwohl nahezu alle Kälber innerhalb der ersten Lebensstunden Kolostrum erhielten, erkrankten sie an neonataler Diarrhoe. Die Beobachtung der Kolostrumaufnahme genügt demnach nicht, um von einer ausreichenden Immunglobulinversorgung der Kälber auszugehen.
- Kryptosporidien sind die häufigsten nachgewiesenen Durchfallerreger, gefolgt von Rotaviren und diarrhoespezifischen *Escherichia coli*-Serogruppen. Coronaviren werden nur selten gefunden. In fast der Hälfte der untersuchten Kotproben können mehrere dieser Erreger nachgewiesen werden.
- Bei einzelnen Tieren können Kryptosporidien bereits vor dem dritten Lebenstag im Durchfallkot nachgewiesen werden.
- Kälber mit einer Kryptosporidieninfektion erkranken durchschnittlich später und langfristiger an Diarrhoe, versterben jedoch seltener als Tiere mit anderen Erregern.
- Eine besonders hohe Sterblichkeitsrate besteht bei Monoinfektionen durch Coronaviren sowie bei Mischinfektionen von Kryptosporidien und Rotaviren.
- Konnten diarrhoespezifische *Escherichia coli*-Serogruppen nachgewiesen werden, überwogen die Stämme mit O101-Antigen, während Bakterien mit O78-Antigen relativ häufig und mit O9-Antigen kaum gefunden werden.
- Je älter die Kälber bei Krankheitsbeginn sind, desto schlechter ist ihr Gesundheitszustand zum Zeitpunkt der Einlieferung in die Klinik.
- Es ist nicht möglich allein aus den Befunden der Aufnahmeuntersuchung eine Aussage über die voraussichtliche Dauer der Erkrankung zu treffen.
- Je niedriger die rektal gemessene Körpertemperatur ist, desto mehr überprüfte Reflexe können nicht ausgelöst werden und desto geringer sind auch die Werte des venösen pH-Wertes und des Base-Excess.
- Die Kotkonsistenz zum Zeitpunkt der Aufnahme lässt keinen Rückschluss auf Schweregrad, Dauer oder Ursache der Erkrankung zu.
- Das Stehvermögen steht in Zusammenhang mit der rektal gemessenen Körpertemperatur, dem Dehydratationsgrad, dem venösen pH-Wert sowie dem Base-Excess. Je größer die Abweichungen der Parameter von den Normwerten sind, desto häufiger liegen die Kälber fest.

- Tiere mit Coronavirusinfektion haben ein geringeres Basendefizit als Kälber mit Infektionen durch andere Erreger. Dagegen weisen Kälber mit einer Infektion durch Rotaviren deutlich höhere Hämatokrit-Befunde auf. Tiere mit einer Kryptosporidieninfektion weisen häufiger klinische Anzeichen einer hochgradigen Dehydratation auf als Kälber mit anderen Durchfallerregern.
- Hochsignifikant ist der Zusammenhang zwischen dem venösen pH-Wert und dem Hämatokrit. Kälber mit niedrigem pH-Wert weisen einen entsprechend höheren Hämatokrit auf.
- Es besteht kein Zusammenhang zwischen den Durchfallerregern und den jeweiligen klinischen Befunden und Blutgasparametern.
- Die rektal gemessene Körpertemperatur und die Anzahl der diarrhoe-assoziierten Erkrankungen besitzen eine prognostische Aussagekraft in Bezug auf die Sterblichkeitsrate. Zudem versterben Tiere mit ausgedehnten Phasen wässriger Kotkonsistenz häufiger und Kälber mit längeren Phasen pastöser Kotkonsistenz seltener.
- Bei Tieren, die keine längeren Abweichungen der Körpertemperatur aufweisen, ist von einer kürzeren Erkrankungsdauer auszugehen als bei Kälbern mit einer deutlichen Hypo- oder Hyperthermiephase.
- Die *Escherichia coli*-Serogruppe O101:K32 wird bei Neuerkrankungen in der Klinik vermehrt nachgewiesen.
- Kryptosporidien und die *Escherichia coli*-Serogruppen O78:K80 sowie O101:K28 sind bestandsspezifische Erreger. Sie werden in einzelnen Problembetrieben besonders häufig nachgewiesen.

7 Summary

The present study documents the utilization of ear veins for the infusion of different sodium bicarbonate solutions for calves suffering from neonatal diarrhea, as well as the visual examination of the small intestine by means of ultrasonography. In addition clinical and laboratory findings from 511 diarrheic calves are evaluated in order to estimate the signification for the disease und their prognostic meaning.

The following relevant results were verified:

Infusion trial

- The bolus-application of an 8.4% sodium bicarbonate solution above the ear vein is possible without complications.
- In order to balance a metabolic acidosis, both used infusion regimes are equivalent. The question of whether or not the hypertone sodium bicarbonate solution is diluted with the same volume of 0.9% saline solution before being applied or administered undiluted is irrelevant.
- By means of applying a hypertone sodium bicarbonate solution using a factor of 0.5, a severe metabolic acidosis of calves with diarrhea can be corrected at first. However, the factor is not sufficient in order to compensate current losses of bicarbonate and stabilize the animals intermediate.
- The time of infusion of a certain amount of fluid is opposed to an application via the jugular vein at an administration via the ear vein explicitly longer. Therefore, the stress that is put on the organism because of extreme fluctuations of the acid-base parameters is being prevented.
- The short-term alkalosis caused by the application of hypertonic sodium bicarbonate solution turns out noticeably lower within the application via the ears than within the administration via the jugular vein because of the shortened duration of the infusion.
- At an infusion via the ear vein, the velocity of the infusion depends on the amount of fluid that is being applied. The larger the administered volume, the higher gets the velocity of infusion.
- Many calves with neonatal diarrhea show hyperglycemia. Therefore, an intravenous application of glucose is necessary, possibly after a determination of the blood glucose concentration.

- An administration of sodium bicarbonate solution via the ear vein under the supervision of a veterinarian allows in practice a secure buffer substitution and minimizes the risk of a paravenous infusion of the solution.

Ultrasonographic examination of the intestine

- The ultrasonographic parameters “intensity of movement of the contents”, “thickness of the wall”, and the “diameter of the small intestine” are significantly influenced by the neonatal diarrhea.
- The motility of the small intestine of diarrheic calves is not significantly affected by the disease, but a significant dependence of the time of the last suckling is being observed.
- Thirty minutes after suckling, the motility of the small intestine and its filling, as well as the intensity of movement of the contents are heightened. The thickness of the wall and the diameter of the small intestine are increasing. Five hours after feeding, the motility of the intestine decreases explicitly.
- The amount and the intensity of the isolated noticeable sounds of contraction increase after the feeding as well.
- Out of the all the examined parameters, only the “echogenicity of the contents” was independent from the time of suckling.
- By means of the parameters “intensity of movement of the contents”, “thickness of the intestine wall” and “diameter of the small intestine”, a beginning healing process within the group of diarrheic calves can be observed.
- Within the group of diseased calves, the amount of auscultated sounds of contraction is less than the amount within the group of healthy animals.
- The ultrasonographic findings for the motility of the small intestine and the intensity of movement of the contents are not correlated with the acoustic measured results.
- Independent of an already existing sickness of diarrhea, there are poor correlations between the acid-base balance and the motility of the small intestine.

Analysis of data from diarrheic calves

- Although almost all neonatal calves received colostrum during the first hours of their lives, they suffer from neonatal diarrhea. Therefore, the observation of the colostrum intake is not sufficient enough in order to assume an adequate supply of maternal immunoglobulins.
- Cryptosporidium species are the most detected infectious agents of diarrhea, followed by rotaviruses and diarrhea specific Escherichia coli serotypes. Coronavirus infections are barely found. In almost half of the examined fecal samples, multiple infectious agents are identified.
- Cryptosporidium oocysts are detected in fecal samples of several calves younger than three days old.
- In average, calves with cryptosporidial infections suffer from diarrhea much later and for a longer period but they die rarely than animals with other infectious agents.
- An especially high mortality is observed with mono-infections caused by coronaviruses, as well as by mixed infections of cryptosporidia and rotaviruses.
- If diarrhea specific Escherichia coli serotypes were found, bacteria with O101-antigen overbalanced, while types with O78-antigen were often and with O9-antigen rarely detected.
- The older the calves at the beginning stage of the disease are, the worse their situation is at the time the animals are brought to the clinic.
- It is impossible to determine from examinations at the time of the admission at the clinic to specific statements about the possible duration of the disease.
- The lower the rectal body temperature is, the more examined reflexes can not be provoked, and the lower the values of the venous pH and the base excess are.
- There is no relationship between the consistence of the excrements at the time of admission and severity, duration or cause of the disease.
- The standing ability is significantly correlated with the rectal body temperature, the level of dehydration, the venous pH-value, as well as with the venous blood base deficit. The larger the deviations of the parameters from the normal range are, the more often the calves are presented in lateral recumbency.

- Calves with coronavirus infections have a lower base deficit than calves with infections caused by other infectious agents. In contrast, calves with an infection caused by rotaviruses show remarkably higher hematocrit values. In animals with cryptosporidiosis clinical signs of a severe dehydration are detected more often than in calves with other causative agents.
- The venous pH-value and the hematocrit are high significantly correlated. Calves with a lower pH-value show correspondently a higher hematocrit.
- There is not relation between the causative agents, the particular clinical findings and the acid-base balance.
- The rectal temperature and the amount of diarrhea-associated diseases can be used to make a prognostic statement about the mortality. In addition, calves with extensive periods of watery consistence of excrements die more often and calves with longer periods of pasty consistence of excrements suffer fewer deaths.
- Diarrheic calves showing fewer abnormalities of body temperature might recover earlier than animals with a longer hypo- or hyperthermia-phase.
- The *Escherichia coli* serotype O101:K32 is verified more often with newly diarrheic diseases at the clinic.
- *Cryptosporidium* species and the *Escherichia coli* serotype O101:K32, as well as O101:K28 are farm specific agents. They are often detected at individual farms with special diarrheic problems.

8 Literaturverzeichnis

- AL-DABBAS, A.H.M.; H. WILLINGER (1986):
Eigenschaften von aus diarrhäischen Saugkälbern isolierten E.-coli-Stämmen.
Wien. Tierärztl. Mschr. 73, 217-222.
- ALLEN, S. D.; R. D. WHITE (1985):
Dairy calf diarrhea.
Agri Practice 6, 23-31.
- ANDRESEN, U.; P. ANDRESEN (1986):
Zur Infusionstherapie bei Kälbern (1. Mitteilung).
Tierärztl. Umschau 41, 904-913.
- ANDRESEN, U.; M. KIETZMANN (1987):
Zur Infusionstherapie bei Kälbern (2. Mitteilung).
Tierärztl. Umschau 42, 395-398.
- ATCHISON, W.D.; J.J. STEWART; P. BASS (1978):
A unique distribution of laxative-induced spike potentials from the small intestine
of the dog.
Am. J. Dig. Dis. 23, 513-520.
- AURICH, J.E.; I. DOBRINSKI; E.GRUNERT (1990):
Intestinal cryptosporidiosis in calves on a dairy farm.
Vet. Rec. 127, 380-381.
- BACHMANN, P.A. (1985):
Pathogenese und Immunologie virusbedingter, neonataler Diarrhoen.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 98, 294-298.
- BALJER, G.; W. EICHHORN; E.GÖBEL; M. WOLF; P.A. BACHMANN (1987):
Vorkommen und Verbreitung wichtiger Durchfallerreger bei neugeborenen
Kälbern in Süddeutschland im Zeitraum 1984 bis 1986.
Tierärztl. Umschau 42, 56-65.
- BALJER, G.; L.WIELER (1989):
Ätiologie, Pathogenese und Immunprophylaxe der neonatalen
Durchfallerkrankungen der Kälber.
VET 5, 18-26.
- BARNETT S.C.; W.M. SISCHO; D.A. MOORE; J.P. REYNOLDS (2003):
Evaluation of flunixin meglumine as an adjunct treatment for diarrhea in dairy
calves.
JAVMA 223, 1329-1333.

- BAUMGARTNER, W. (1985):
Beziehungen zwischen der Kotbeschaffenheit und den Ursachen von Durchfallerkrankungen bei Kälbern.
Mh. Vet.-Med. 40, 800-803.
- BAZELEY, K. (2003):
Investigation of diarrhoea in the neonatal calf.
In Practice 25, 152-159.
- BEHN, C. (1997):
Methodische Untersuchungen zur Abdominalsonographie beim neugeborenen Fohlen.
Vet. Med. Diss., Gießen
- BEHN, C.; H. BOSTEDT (2000):
Technik der Abdominalsonographie beim neugeborenen Fohlen und Darstellung von Normalbefunden.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 113; 335-343.
- BELTMAN, M. (2005):
Management of the diarrhoeic calf.
Irish Vet. J. 58, 406-407.
- 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.
Vet. Med. Diss., Gießen
- BENGELSDORFF, H.J.; D. BERNHARDT (1987):
Über die Beziehung zwischen Hämagglutinationshemmungs- und Neutralisationstest für den Nachweis von Coronavirus-Antikörpern in der Kuhmilch.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 100, 414-418.
- BERCHTOLD, M.; W. ZAREMBA; E. GRUNERT (1990):
Kälberkrankheiten
In: K. Walser und H. Bostedt (Hrsg.): Neugeborenen- und Säuglingskunde der Tiere.
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 260-335.
- BERCHTOLD, J. (1998):
Untersuchungen zur Diagnose und Behandlung systemischer Azidosen beim Kalb.
Vet. Med. Diss., Berlin
- BERCHTOLD, J. (1999):
Intravenous fluid therapy of calves.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 15, 505-531.

-
- BERCHTOLD, J.; H. HARTMANN; W. HOFMANN (2000):
Bedeutung respiratorischer Kompensationsvorgänge bei Azidosen des Kalbes.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 107, 10-16.
- BERCHTHOLD, J.; J. PRECHTL (2002):
Orale und parenterale Flüssigkeitstherapie – Das Kalb als Intensivpatient in der Praxis.
Nutztierpraxis aktuell 2, 12-15.
- BERCHTOLD, J.; P.D. CONSTABLE; G.W. SMITH; S.M. MATHUR; D.E. MORIN;
W.J. TRANQUILLI (2005):
Effects of intravenous hyperosmotic sodium bicarbonate on arterial and cerebrospinal fluid acid-base status and cardiovascular function in calves with experimentally induced respiratory and strong ion acidosis.
J. Vet. Intern. Med. 19, 240-251.
- BESSER, T.E.; O. SZENCI; C.C. GAY (1990):
Decreased colostral immunoglobulin absorption in calves with postnatal respiratory acidosis.
Am. Vet. Med. Assoc. 196, 1239-1243.
- BETHGE, E.; H.-H. ZEHLE, (2004):
Durchfallkälber brauchen Milch und Diättränke.
DLZ-Agarmagazin 12/04, 12-15.
- BIEWER, C. (2001):
Epidemiologische Erhebungen in einem Praxisgebiet in Franken zu nicht infektiösen Faktoren mit Einfluss auf Inzidenz und / oder Letalität des akutes Durchfalls junger Kälber.
Vet. Med. Diss., München
- BINDING, U.; G. SEEMANN; W. KLEE (2000):
Untersuchungen zur Art und zur Korrektur der metabolischen Azidose bei jungen Kälbern mit Durchfall.
Prakt. Tierarzt 81, 314-317.
- BLEUL, U.; H. SOBIRAJ; H. BOSTEDT (2002):
Evaluation of the Cell – Dyn 3500 Haematology Analyser for Bovine Blood.
Comp. Clin. Path. 11, 201-210.
- BOOTH, A.J.; J.M. NAYLOR (1987):
Correction of metabolic acidosis in diarrheal calves by oral administration of electrolyte solutions with or without bicarbonate.
JAVMA 191, 62-68.
- BOSTEDT, H.; E. JEKEL; P. SCHRAMEL (1990):
Zur Entwicklung der Eisen- und Kupferkonzentration im Blutplasma von Kälbern in den ersten Lebenstagen und –wochen, gleichzeitig ein Beitrag zur larvierenden neonatalen Eisenmangelanämie.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 97, 400-403.

- BOSTEDT, H.; H. HERMÜLHEIM; U. BEUL; B.R.HECKER (2000):
Untersuchungen zur Rekonvaleszenzphase bei Kälbern nach neonataler Diarrhoe.
Prakt. Tierarzt 81, 301-312.
- BRAUN, U.; O. MARMIER (1995):
Ultrasonographic examination of the small intestine of cows.
Vet. Rec. 136, 239-244.
- BROOKS, H.W.; D.G. WHITE; A.J. WAGSTAFF; A.R. MICHELL (1996):
Evaluation of a nutritive oral rehydration solution for the treatment of calf diarrhoea.
Br. Vet. J. 152, 699-708.
- BUENO, L.; J. FIORAMONTI; Y. RUCKEBUSCH; J. FREXINOS; P. COULOM (1980):
Evaluation of colonic myoelectrical activity in health and functional disorders.
GUT 21, 480-485.
- BYWATER, R.J.; G.N. WOODS (1980):
Oral fluid replacement by a glucose glycine electrolyte formulation in E. coli and rotavirus diarrhoea in pigs.
Vet. Rec. 106, 75-78.
- CASE, G.L.; R.W. PHILLIPS; J.K. CLEEK (1980):
Lactic acid and glucose metabolism in healthy, lactic acid-infused, and diarrheic calves.
Am. J. Vet. Res. 42, 1035-1038.
- CLARK, D.P.; C.L. SEARS (1996):
The pathogenesis of cryptosporidiosis.
Parasitology Today 12, 221-225.
- CONSTABLE, P.D. (2002):
The treatment of the diarrheic calf: An update.
in: M. KASKE, H. SCHOLZ u. M. HÖLTERSHINKEN - Klinik für Rinderkrankheiten - Hannover (Hrsg.): Recent developments and perspectives in bovine medicine:
Keynote lectures of the XXII. World Buiatrics Congress. Hildesheimer Druck- und Verlags-GmbH, Hildesheim, 132-143.
- CONSTABLE, P.D. (2004):
Antimicrobial use in the treatment of calf diarrhea.
J. Vet. Int. Med. 18, 8-17.
- CONSTABLE, P.D.; P.G. WALKER; D.E. MORIN; J.H. FOREMAN (1998):
Clinical and laboratory assessment of hydration status of neonatal calves with diarrhea.
JAVMA 212, 991-996.

- CONSTABLE, P.D.; E. THOMAS; B. BOISRAME (2001):
Comparison of two oral electrolyte solutions for the treatment of dehydrated calves with experimentally-induced diarrhoea.
Vet. J. 162, 129-140.
- CZIPRI, R. (2003):
Retrospektive Untersuchung zur Aussagekraft verschiedener Parameter im Hinblick auf den Grad der Dehydratation bei Kälbern mit Durchfall.
Vet. Med. Diss., München
- DARDILLAT, C.; Y. RUCKEBUSCH (1973):
Aspects fonctionelles de la jonction gastro-duodenale chez le veau nouveau-ne.
Ann. Rech. Vet. 4, 31-56.
- DARDILLAT, J.; G. TRILLAT; P. LARVOR (1978):
Colostrum immunoglobulin concentration in cows: relationship with their calf mortality and with the colostrum quality of their female offspring.
Ann. Rech. Vet. 9, 375-384.
- DEISCHL, K. (1992):
Untersuchungen zur Diätregelung bei der neonatalen Diarrhoe des Kalbes: Beziehungen zwischen Tränkeverfahren und Entwicklung der klinischen und hämatologischen Befunde.
Vet. Med. Diss., München
- DIRKSEN, G.; P.A. BACHMANN (1977):
Zum Vorkommen von Rota- und Coronavirus als Ursache von Kälberdiarrhoe in der Bundesrepublik Deutschland.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 90, 475-477.
- DIRKSEN, G. (2002):
Entzündliche Darmkrankheiten.
In: DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H.-D.; STÖBER, M. (Hrsg.):
Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. 4. Auflage
Parey Buchverlag im Blackwell Verlag, Berlin und Wien, 552-560.
- DIXON, W.J. (1993):
BMDP Statistical Software Manual.
Vol. 1 and 2 University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- DOLL, K. (1992):
Untersuchung über die Bedeutung unspezifischer Faktoren in der Pathogenese der Diarrhoe beim Kalb.
Habil.-Schr., Tierärztl. Fakult., Univ. München
- DOLL, K. (1994):
Untersuchungen über die Bedeutung sekretorischer und osmotischer Mechanismen in der Pathogenese der Neugeborenenendiarrhoe beim Kalb.
Proc. XVIII World Biometrics Congr., Bologna, Vol. 1, 411-414.

DOLL, K. (2002):

Neugeborenenendiarrhoe

In: DIRKSEN,G.; GRÜNDER,H.-D.; STÖBER,M. (Hrsg.):

Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. 4. Auflage

Parey Buchverlag im Blackwell Verlag, Berlin und Wien, 561-572.

DOLL, K.; W. BREITNER (1990):

Die Harnkonzentration als Parameter zur Beurteilung des Exsikkosegrades bei Kälbern mit Neugeborenenendiarrhoe.

Tierärztl. Umschau 45, 722-727.

DOLL, K.; P. WEIRATHER; H.-M. KÜCHLE (1995):

Kälberdurchfall als Bestandsproblem: Betriebsinterne Faktoren und häufige Behandlungsfehler.

Prakt. Tierarzt 76, 995-1004.

DOLL, K.; H. RIEPL; W. EICHHORN; G. DIRKSEN (1999):

Untersuchungen über die Gallensäuren-Konzentrationen in Serum, Galle und Fäzes bei gesunden und bei durchfallkranken Kälbern.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 106, 35-40.

DOLL, K.; H. RIEPL; G. DIRKSEN (2004):

Pathophysiologische Bedeutung der Steatorrhoe und Hydroxystearinsäuren bei Durchfallkälbern.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 111, 22-28.

EIGENMANN, U. (1981):

Der Einfluss geburtshilflicher Maßnahmen auf die Lebensfähigkeit neugeborener Kälber.

Prakt. Tierarzt 62, 933-940.

ERHARD, M.H.; J. KELLNER; J. EICHELBERGER; U. LÖSCH (1993):

Neue Möglichkeiten in der oralen Immunprophylaxe der Neugeborenenendiarrhoe des Kalbes – ein Feldversuch mit spezifischen Eiantikörpern.

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 106, 383-387.

FAYET, J.C. (1971):

Plasma and faecal osmolality, water kinetics and body fluid compartments in neonatal calves with diarrhoea.

Br. Vet. J. 127, 37-44.

FAYET, J.C.; P.L. TOUTAIN (1990):

Pathophysiologie der Gastroenteritiden: Syndrom der Entwässerung.

In: MORNET,P.; ESPINASSE,J.: Das Kalb.

Schober Verlags-GmbH

FEDORAK, R.N.; M. FIELD (1987):

Antidiarrheal therapy. Prospects for new agents.

Digestive diseases and sciences 32, 195-205.

-
- FERENCI, P.; H. LOCHS; R. PÖTZI (1982):
Klinische Anwendung des neuen Antidiarrhoikums Loperamid bei chronischen Diarrhoen.
Wiener Klin. Wschr. 94 (6), 148-150.
- FREERKING, H. (1998):
Vorbeugende Maßnahmen gegen Erkrankungen neugeborener Kälber.
Milchpraxis 36 (3), 120-122.
- FREESE, E.; H.O. GRAVERT; K. PABST (1981):
Neuere Ergebnisse zur Statistik von Kälberverlusten.
Tierzüchter 33, 342-343.
- FREITAG, H.; H. WETZEL; E. ESPENKOETTER (1984):
Zur Prophylaxe der Rota-Corona-Virus-bedingten Kälberdiarrhoe.
Tierärztl. Umschau 39, 731-736.
- GEDEK, B. (1993):
Probiotika zur Regulierung der Darmflora.
Tierärztl. Umschau 52, 568-574.
- GEISHAUSER, TH.; B. THÜNKER (1997a):
Metabolische Azidose bei neugeborenen Kälbern mit Durchfall – Behandlung mit isosmolarer Natriumbikarbonat-Lösung.
Prakt. Tierarzt 78, 595-600.
- GEISHAUSER, TH.; B. THÜNKER (1997b):
Metabolische Azidose bei neugeborenen Kälbern mit Durchfall – Abschätzung an Saugreflex oder Stehvermögen.
Prakt. Tierarzt 78, 600-605.
- GIRNUS, D. (2004):
Inzidenz und Verlauf von Neugeborenenendurchfall bei Kälbern in einem Praxisgebiet in Oberbayern.
Vet. Med. Diss., München
- GLAWISCHNIG, E.; N. GREBER; G. SCHLERKA (1990):
Die Dauertropfinfusion bei Kälbern mit hochgradiger Azidose.
Tierärztl. Umschau 45, 562-569.
- GÖBEL, E. (1990):
Die Kryptosporidiose des neugeborenen Kalbes: Erreger, Krankheitsgeschehen und Bekämpfung.
Prakt. Tierarzt 72, Collegium veterinarium XXI, 14-16.
- GROVE-WHITE, D.H. (1994):
Intravenous fluid therapy in the neonatal calf.
In Practice 16, 263-266.

GROVE-WHITE, D.H.; D.G. WHITE (1993):

Diagnosis and treatment of metabolic acidosis in calves: a field study.
Vet. Rec. 133, 499-501.

GÜMBEL, B. (2003):

Methodische Ultrasonographie der Bauchwand und peritonealer Formationen beim Rind – Eine Studie zur Frühdiagnostik der Peritonitis als Komplikation der geburtshilflichen Laparotomie.
Vet. Med. Diss., Gießen

GUTZWILLER, A. (2002):

Effect of colostrum intake on diarrhoea incidence in new-born calves.
Schweiz. Arch. Tierheilk. 144, 59-64.

HAASE, G. (2006):

Vergleich unterschiedlicher Strategien bei der Azidose-therapie von Kälbern mit Neugeborenenenddurchfall.
Vet. Med. Diss., München

HARTMANN, H. (2002):

Gastrointestinale Funktionen beim durchfallkranken Kalb und wirksamer Einsatz von Diättränken.
Tierärztl. Praxis 30 (G), 201-206.

HARTMANN, H.; H. MEYER; G. STEINBACH (1981):

Zur Pathogenese des Kälberdurchfalls mit Schlußfolgerungen für Diätmaßnahmen.
Mh. Vet.-Med. 36, 371-377.

HARTMANN, H.; H. MEYER; G. STEINBACH; N. ROSSOW; R. LESCHE (1983):

Zum Einfluß der Durchfallerkrankung auf den Elektrolytgehalt und die Osmolarität im Blut von Kälbern.
Mh. Vet. Med. 38, 292-296.

HARTMANN, H.; H. MEYER; G. STEINBACH; P. SCHWEINITZ; S. LUSTERMANN (1984):

Zum Säuren-Basen-Haushalt durchfallkranker Kälber.
Mh. Vet. Med. 39, 738-742.

HARTMANN, H.; L. SCHMIETENDORF; L. DEVAUX; L. FINSTERBUSCH; H. MEYER; CH. RUDOLPH (1987):

Beziehungen zwischen Durchfallerkrankungen und Nierenfunktion beim Kalb.
Arch. Exper. Vet. Med. 41, 129-139.

HARTMANN, H.; J. BERCHTOLD; W. HOFMANN (1997):

Pathophysiologische Aspekte der Azidose bei durchfallkranken Kälbern.
Tierärztl. Umschau 52, 568-574.

-
- HARTSFIELD, S.M.; J.C. THURMON; G.J. BENSON (1981):
Sodium bicarbonate and bicarbonate precursors for treatment of metabolic acidosis.
JAVMA 179, 914-916.
- HEATH, S.E.; J.M. NAYLOR; B.L. GUEDO; L. PETRIE; C.G. ROUSSEAU; O.M. RADOSTITS (1989):
The effects of feeding milk to diarrheic calves supplemented with oral electrolytes.
Can. J. Vet. Res. 53, 477-485.
- HECKERT, H.P.; I. BARDELLA; B. BRUNNER; R. BRUNNER (2005):
Überprüfung einer Muttertiervakzine unter Feldbedingungen – praktische Konsequenzen.
Prakt. Tierarzt 86, 500-508.
- HEINE, J. (1982):
Eine einfache Nachweismethode für Kryptosporidien im Kot.
Zbl. Vet. Med. B. 29, 324-327.
- HERFEN, K.; H. BOSTEDT (1999):
Die Korrelation zwischen klinischer und labordiagnostischer Vitalitätsbewertung beim neugeborenen Kalb unter besonderer Berücksichtigung von Geburtslänge und Geburtsart.
Wien. Tierärztl. Mschr. 86, 255-261.
- HERMÜLHEIM, A. (1992):
Untersuchungen zur neonatalen Diarrhoe des Kalbes unter besonderer Berücksichtigung der Rekonvaleszenzphase.
Vet. Med. Diss., Gießen
- HINDERER, A.; G. SEEMANN; W. KLEE (1999):
Untersuchungen zur Auswirkung von Ad-libitum- und rationierter Milchtränkung auf Krankheitsverlauf und Körpermasseentwicklung bei jungen Kälbern mit Durchfall.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 106, 14-17.
- HOUSE, J.A. (1978):
Economic impact of rotavirus and other neonatal disease agents of animals.
JAVMA 173, 577-583.
- HUETINK, R.E.C.; J.W.B. VAN DER GIESSEN; J.P.T.M. NOORDHUIZEN; H.W. PLOEGER (2001):
Epidemiologie of Cryptosporidium spp. and Giardia duodenalis on a dairy farm.
Vet. Parasitology 102, 53-67.

JAHNECKE, S.; H. STRAUß; A. LINDNER; M. RÖPKE; E. BANHOLZER; T. BEKENDORF (2002):

Felduntersuchung zum Einfluss verschiedener Impfreime im Rahmen der Mutterschutzimpfung auf die Antikörperentwicklung gegen bovine Rota- und Coronaviren sowie das F5-Antigen von *E. coli* bei Milchkühen.
Tierärztl. Umschau 57, 32-39.

JANKE, B.H.; D.H. FRANCIS; J.E. COLLINS; M.C. LIBAL; D.H. ZEMAN; D.D. JOHNSON; R.D. NEIGER, (1990):

Attaching and effacing *Escherichia coli* infection as a cause of diarrhea in young calves.
JAVMA 196, 897-901.

JEE, JB.; F.J. DEGRAVES; TY. KIM; B. KALTENBOECK (2004):

High prevalence of natural *Chlamydia* species infection in calves.
JCM 42, 5664-5672.

JOACHIM, A.; T. KRULL; J. SCHWARZKOPF; A. DAUGSCHIES (2003):

Prevalence and control of bovine cryptosporidiosis in German dairy herds.
Vet. Parasitology 112, 277-288.

JUNG, C. (2002):

Sonographie der Lunge und des Abdomens beim bovinen Neonaten unter besonderer Berücksichtigung pathologischer Veränderungen.
Vet. Med. Diss., Gießen

KAADEN, O.-R. (2002):

Coronavirusdiarrhöe beim Kalb.
In: ROLLE, M.; A. MAYR:
Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. 7. Auflage
Enke Verlag, Stuttgart, 272-273.

KALLWEIT, E. (2001):

Rehydratationstränken für Durchfallkälber.
Nutztier Spiegel 3/01, 206-211.

KAPER, J.B. (2005):

Pathogenic *Escherichia coli*.
Int. J. Med. Microbiol. 295, 355-356.

KASARI, T.R. (1990):

Metabolic acidosis in diarrheic calves: alkalinizing agents in therapy.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 6, 29-43.

KASARI, T.R. (1999):

Metabolic acidosis in calves.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 15, 473-486.

- KASARI, T.R.; J.M. NAYLOR (1985):
Clinical evaluation of sodium bicarbonate, sodium L-lactat, and sodium acetate for the treatment of acidosis in diarrheic calves.
JAVMA 187, 392-397.
- KASARI, T. R.; J.M. NAYLOR (1986):
Further studies on the clinical features and clinicopathological findings of a syndrome of metabolic acidosis with minimal dehydration in neonatal calves.
Can. J. Vet. Res. 50, 502-508.
- KASKE, M. (1993):
Physiologische Funktionen des Gastrointestinaltrakts und pathophysiologische Veränderungen bei der neonatalen Diarrhoe des Kalbes.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 100, 434-439.
- KASKE, M. (1994):
Pathophysiologische Aspekte der neonatalen Kälberdiarrhoe.
Tierärztl. Umschau 49, 336-348.
- KASKE, M. (2002):
Pathophysiologie der neonatalen Kälberdiarrhoe und Konsequenzen für die Therapie.
Nutztierpraxis aktuell 2, 6-10.
- KASKE, M.; H.-J. KUNZ (2003):
Handbuch Durchfallerkrankungen der Kälber
Kamlage Verlag, Osnabrück
- KASKE, M.; W. KEHLER; H.-J. SCHUBERTH (2003):
Kolostrumversorgung von Kälbern.
Nutztierpraxis aktuell 4, 12-18.
- KATIKARIDIS, M. (2000):
Epidemiologische Erhebungen zur Kälberdiarrhoe in einem Praxisgebiet in Oberbayern.
Vet. Med. Diss., München
- KHORASANI, G.R.; L. OZIMEK; W.C. SAUER; J.J. KENNELLY (1989):
Substitution of milk protein with isolated soy protein in calf milk replacer.
J. Anim. Sci. 67, 1634-1641.
- KLEE, W. (1989):
Aspekte der Behandlung neugeborener Kälber mit akutem Durchfall.
VET 5, 6-17.
- KOCH, A. (2004):
Klinische Wirksamkeit intravenös applizierter hypertoner Kochsalzlösung und hypertoner Natriumbicarbonatlösung bei der symptomatischen Behandlung inappetenter Kälber mit neonataler Diarrhoe.
Vet. Med. Diss., Hannover

- KOHARA, J.; T. HIRAI; K. MORI; H. ISHIZAKI; H. TSUNEMITSU (1997):
Enhancement of passive immunity with maternal vaccine against newborn calf diarrhea.
J. Vet. Med. Sci. 59, 1023-1025.
- KRULL, T.M. (2000):
Studien zur Bedeutung der Kälbercryptosporidiose und deren medikamenteller Bekämpfung mit Halofuginon.
Vet. Med. Diss., Hannover
- KUNZ, W. (1982):
Muttertierimpfung mit einer Rota-Corona-Vakzine zur Bekämpfung des Kälberdurchfalls – klinische Erfahrungen.
Tierärztl. Umschau 37, 505-506.
- LAMBRECHT, G.; H. FRERKING; E. HENKEL (1982):
Bestimmung von IgG, IgA und IgM im Erstkolostrum des Rindes mit Hilfe der Nephelometrie und der radialen Immundiffusion unter besonderer Berücksichtigung von Jahreszeit, Laktationsnummer und Vererbung.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 89, 107-110.
- LANG, M. (1991):
Blutazidose und Exsikkose beim Durchfallkalb und dessen Behandlung – eine retrospektive Analyse.
Vet. Med. Diss., München
- LAST, W.-J. (2005):
Anforderungen an Rehydratationstränken für Durchfallkälber unter besonderer Berücksichtigung einer ungestörten Labfermentation bei gleichzeitiger Vollmilchfütterung.
Veterinär Spiegel 2/05, 1-6.
- LEDERMANN, H.P.; N. BÖRNER; H. STRUNK; G. BONGARTZ; C. ZOLLIKOFER; G. STUCKMANN (2000):
Bowel wall thickening on transabdominal sonography.
Am. J. Roentgenology 174, 107-115.
- LEFAY, D.; M. NACIRI; P. POIRIER; R. CHERMETTE (2001):
Efficacy of halofuginone lactate in the prevention of cryptosporidiosis in suckling calves.
Vet. Rec. 148, 108-112.
- LEHNER, B.; W. BAUMGARTNER; N. NOWOTNY; M. AWAD-MASALMEH; H.K. HINAIDY (1985):
Zur Aussagekraft verschiedener Kotbeschaukriterien bei der Erkennung der Ursachen von Durchfallerkrankungen bei Kälbern.
Prakt. Tierarzt 66, 308-317.

-
- LENTZE; T.; D. HOFER; B. GOTTSTEIN; C. GAILLARD; A. BUSATO (1999):
Häufigkeiten und Bedeutung von Endoparasiten bei Kälbern aus Schweizer Mutterkuhbetrieben.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 106, 275-281.
- LEUNG, J.M.; L. LANDOW; M. FRANKS; D. SOJA-STRZEPA; S.O. HEARD; A.I. ARIEFF; D.T. MANGANO (1994):
Safety and efficacy of intravenous Carbicarb in patients undergoing surgery: Comparison with sodium bicarbonate in the treatment of mild metabolic acidosis.
Crit. Care Med. 22, 1540-1549.
- LEVRAUT, J.; D. GRIMAUD (2003):
Treatment of metabolic acidosis.
Curr. Opin. Crit. Care 9, 260-265.
- LEWIS, L.D.; R.W. PHILLIPS (1978):
Pathophysiologic changes due coronavirus-induced diarrhea in the calf.
JAVMA 173, 636-642.
- LIEBLER, E.M.; S. KLÜVER; J. POHLENZ; M. KOOPMANS (1992):
Zur Bedeutung des Bredavirus als Durchfallerreger in niedersächsischen Kälberbeständen.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 99, 195-200.
- LOFSTEDT, J.; R. DOHOO; G. DUIZER (1999):
Model to predict septicemia in diarrheic calves.
J. Vet. Intern. Med. 13, 81-88.
- LORENZ, I.; S. VOGT (2006):
Investigation on the association of D-lactate blood concentration with the outcome of therapy of acidosis, and with posture and demeanour in young calves with diarrhoea.
J. Vet. Series A 53, 490-494.
- MAACH, L.; H.-D. GRÜNDER; A. BOUJAJA (1992a):
Klinische und hämatologische Untersuchungen bei schwarzbunten an Durchfall erkrankten neugeborenen Aufzuchtälbern in Marokko.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 99, 133-140.
- MAACH, L.; H.-D. GRÜNDER; L. EL AIDI (1992b):
Kälberdiarrhöe - Behandlungsversuche bei neugeborenen schwarzbunten durchfallkranken Kälbern mit metabolischer Azidose und Dehydratation.
VET 7, 6-21.
- MARSCHANG, F.; H. MORSCHER; K.-E. HENKER (1978):
Kälberdurchfälle aus der Sicht des Rindergesundheitsdienstes.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 85, 381-420.

- MAYR, A. (1986):
Fortschritte bei der Immunisierung und Paramunisierung von Nutztieren.
Prakt. Tierarzt 10, 865-870.
- MAZURCZAK, J. (1973):
Jahreszeitlich bedingte Veränderungen der Widerstandsfähigkeit neugeborener Kälber.
Fortpflanzung, Besamung, Aufzucht Haustiere 3, 322-326.
- McDONOUGH, S.P.; C.L. STULL; B.I. OSBURN (1994):
Enteric pathogens in intensively reared veal calves.
Am. J. Vet. Res. 55, 1516-1520.
- McGUIRK, S.M. (1999):
Colostrum: quality and quantity.
Irish Vet J 52, 205-209.
- McNULTY, M.S.; E.F. LOGAN (1987):
Effect of vaccination of the dam on rotavirus infection in young calves.
Vet. Rec. 120, 250-252.
- MICHELL, A.R. (1989):
Oral and parenteral rehydration therapy.
In Practise 5, 96-99.
- MOKADY, D.; U. GOPHNA; E.Z. RON (2005):
Virulence factors of septicemic Escherichia coli strains.
Int. J. Med. Microbiol. 295, 455-462.
- MOON, H.-W. (1978):
Mechanisms in the pathogenesis of diarrhea: a review.
JAVMA 172, 443-448.
- MURPHY, G.; U. ANDRESEN (2000):
Neuere Aspekte zur Beurteilung der Eignung antidiarrhoischer Diätetika für das Kalb.
Prakt. Tierarzt 81, 246-257.
- NAGY, B.; L. CSONTOS; V. PÁLFI; GY. NAGY; M. BOZSÓ (1986):
Polyätiologische diagnostische Erfahrungen bei Kälberdurchfällen im ersten Lebensmonat.
Wien. tierärztl. Mschr. 73, 181-184.
- NAGY, B.; P.Z. FEKETE (1999):
Enterotoxigenic Escherichia coli (ETEC) in farm animals.
Vet. Res. 30, 259-284.
- NAGY, B.; P.Z. FEKETE (2005).
Enterotoxigenic Escherichia coli in veterinary medicine.
Int. J. Med. Microbiol. 295, 443-454.

-
- NANCY, A.; F.B. KANEENE; J.B. KANEENE (1993):
Management risk factors associated with calf diarrhea.
J. Dairy Sci. 76, 1313-1323.
- NAPPERT, G. (2003):
Praktische Aspekte bei der oralen Rehydratationstherapie durchfallkranker Kälber.
Nutztierpraxis Aktuell 7, 16-20.
- NAPPERT, G.; G.A. ZELLO; J.M. NAYLOR (1997):
Oral rehydration therapy for diarrheic calves.
Compend. Contin. Educ. Pract. Vet. 19, 181-190.
- NATARO, J.P.; J.B. KAPER (1998):
Diarrheagenic E. coli.
Clin. Mikrobiol. Rev. 11, 142-201.
- NAYLOR, J.M. (1987):
Severity of and nature of acidosis in diarrheic calves over and under one week of age.
Can. Vet. J. 28, 168-173.
- NAYLOR, J.M. (1989):
A retrospective study of the relationships between clinical signs and severity of acidosis in diarrheic calves.
Can. Vet. J. 30, 577-580.
- NAYLOR, J.M. (1990):
Oral fluid therapy in neonatal ruminants and swine.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 6, 51-67.
- NAYLOR, J.M. (1999):
Oral electrolyte therapy.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 15, 487-504.
- NAYLOR, S.W.; D.L. GALLY; J.C. LOW (2005):
Enterohaemorrhagic E. coli in veterinary medicine.
Int. J. Med. Microbiol. 295, 419-441.
- NIEMEYER, C. (1992):
Untersuchungen zur Diätregelung bei der neonatalen Diarrhoe des Kalbes: Beziehungen zwischen Tränkeverfahren und Krankheitsverlauf.
Vet. Med. Diss., München
- NOLL, I. (2003):
Diagnose der bakteriellen Sepsis des bovinen Neonaten durch Amplifizierung bakterieller 16S-ribosomaler DNA mittels Polymerasekettenreaktion.
Vet. Med. Diss., Gießen

- OMOLE, O.O.; G. NAPPERT; J.M. NAYLOR; G.A. ZELLO (2001):
Both L- and D-lactate contribute to metabolic acidosis in diarrheic calves.
J. Nutrition 131, 2128-2131.
- OTTO, P. (1994):
Erste Ergebnisse der Anwendung des „Lactovac-Testes“ zum Nachweis von Durchfallerregern beim Kalb.
Tierärztl. Umschau 49, 34-36.
- OTTO, P.; M. ELSCHER; H. GÜNTHER; F. SCHULZE (1995):
Vergleichende Untersuchungen zum Nachweis von Rotaviren, Coronaviren, Kryptosporidien, und enterotoxigene E. coli im Kot durchfallkranker Kälber.
Tierärztl. Umschau 50, 80-86.
- OTTO, P.; H. GÜNTHER; J. PRUDLO; M. GODAT (1997):
Ergebnisse und Probleme bei der Diagnostik von Durchfallerregern bei Kälbern.
Tierärztl. Umschau 52, 563-568.
- PADEL-GSCHWIND, D.; H. STOCKER, (2004):
Sonographische Untersuchungen am Darm des Kalbes.
Schweiz. Archiv Tierheilk. 146, 173-181.
- PETZINGER, E. (1984):
Trends der Arzneimitteltherapie: Elektrolyttransporte im Darm. Ein Beitrag zur Pathophysiologie und Therapie Enterotoxin-verursachter Durchfälle.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 97, 83-89.
- PFISTER, K.; P. JABER; J. WOLFENDER; S. CAREL (2000):
Ein neues spezifisches Immunglobulinpräparat für die Prophylaxe von neonatalen Kälberdurchfällen.
Tierärztl. Prax. 29 (G), 260-263.
- PHILLIPS, R.W. (1985):
Fluid therapy for diarrheic calves.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 1, 541-562.
- PICKEL, M.; C. BEYER; G. TRAUTWEIN; E. GRUNERT (1989):
Untersuchungen zur Immunglobulinversorgung des neugeborenen Kalbes mit dem Molkeneiweißpulver Colostrx.
Prakt. Tierarzt 70, 29-36.
- PICKERING, L.K. (1991):
Therapy for acute infectious diarrhea in children.
J. of Pediatrics 118, 118-128.
- POHLENZ, J.; G.N. WOODE; J.A. FAGERLAND; E.M. LIEBLER (1990):
Die Bredavirusinfektion beim neugeborenen Kalb.
Tierärztl. Umschau 45, 380-382.

- PUSTERLA, N.; U. BRAUN (1996):
Prophylaxis of intravenous catheter-related thrombophlebitis in cattle.
Vet. Rec. 139, 287-289.
- PORTER, P.; R. KENWORTHY; I. THOMPSON (1975):
Oral immunisation and its significance in the prophylactic control of enteritis in the preruminant calf.
Vet. Rec. 97, 24-28.
- POZNIAK, M.A.; K.A. SCANLAN; D. YANDOW; G. MULLIGAN (1990):
Current status of small-bowel ultrasound.
Radiologie 30, 254-265.
- QUÍLEZ, J.; C. SÁNCHEZ-ACEDO; E. DEL CACHO; A. CLAVEL; A.C. CAUSAPÉ (1996):
Prevalence of Cryptosporidium and Giardia infections in cattle in Aragón (northeastern Spain).
Vet. Parasitology 66, 139-146.
- RADEMACHER, G.; I. LORENZ (1998):
Bestandsweise gehäuft auftretende Kochsalzvergiftungen bei mit Milchaustauscher getränkten Kälbern.
Prakt. Tierarzt 79, 841-850.
- RADEMACHER, G.; I. LORENZ; W. KLEE (2002):
Tränkung und Behandlung von Kälbern mit Neugeborenenendurchfall.
Tierärztl. Umschau 57, 177-189.
- RADOSTITS, O.M.; C.S. RHODES; M.E. MITCHELL; T.P. SPOTSWOOD; M.S. WENKOFF (1975):
A clinical evaluation of antimicrobial agents and temporary starvation in the treatment of acute undifferentiated diarrhea in newborn calves.
Can. Vet. J. 16, 219-227.
- READ, N.W. (1983):
Speculations on the role of motility in the pathogenesis and treatment of diarrhoea.
Scan. J. Gastroenterol. Suppl. 83-87, 45-63.
- REYNOLDS, D.J.; J.H. MORGAN; N. CHANTER; P.W. JONES; J.C. BRIDGER; T.G. DEBNEY; K.J. BUNCH (1986):
Microbiology of calf diarrhoea in southern Britain.
Vet. Rec. 119, 34-39.
- ROSSOW, N.; R. STAUFENBIEL; U. RAMIN; J. HAMANN (1994a):
Parenterale Ernährungstherapie beim Kalb.
Mh. Vet. Med. 49, 159-161.
- ROSSOW, N.; R. STAUFENBIEL; U. RAMIN; J. HAMANN (1994b):
Rehydratationstherapie beim Kalb.
Mh. Vet. Med. 49, 203-206.

- ROUSSEL, A.J.; G.W. BRUMBAUGH (1991):
Treatment of diarrhea of neonatal calves.
Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 7, 713-727.
- ROUSSEL, A.J.; T.R. KASARI (1991):
Flüssigkeits- und Elektrolytersatz bei Diarrhoe des Kalbes.
VET 6, 10-18.
- ROUSSEL, A.J.; G.N. WOODE; R.C. WALDRON; N. SRIRANGANATHAN;
M.J. JONES (1992):
Myoelectric activity of the small intestine in enterotoxin-induced diarrhea of calves.
Am. J. Vet. Res. 53, 1145-1148.
- RUDLOFF, P. (1987):
Infusionstherapie beim Kalb.
VET 2, 16-21.
- RUCKEBUSCH, Y. (1990)
Verdauungsphysiologie
In: MORNET, P.; ESPINASSE, J. (Hrsg.): Das Kalb.
Schober Verlags-GmbH, Hengersberg
- RUCKEBUSCH, Y.; P. THIVEND (1980):
Digestive physiology and metabolism in ruminants.
Proc. 5th Intern. Symp. on ruminant physiology, Lancaster, MTP Press 103-122.
- SACHS, L. (1992):
Angewandte Statistik.
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 7. Auflage
- SADIEK, A.; G. SCHLERKA (1996):
Untersuchungen über die Rehydratation bei an Durchfall erkrankten Kälbern.
Tierärztl. Umschau 51, 544-552.
- ŞAHAL, M.; H. ÜNSÜREN; H.Y. IMREN (1993):
Untersuchungen zur Infusionstherapie bei neugeborenen durchfälligen Kälbern aus der Umgebung von Ankara unter spezieller Berücksichtigung einer Azidose (1. Mitteilung).
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 100, 138-142.
- SANTÍN, M.; J.M. TROUT; L. XIAO; L. ZHOU; E. GREINER; R. FAYER (2004):
Prevalence and age-related variation of Cryptosporidium species and genotypes in dairy calves.
Vet. Parasitology 122, 103-117.
- SCHARRER, E. (1986):
Pathophysiologie der Diarrhoe.
Prakt. Tierarzt 67, 373-379.

- SCHEID, T. (2004):
Untersuchungen zur Stabilisierung der frühen postnatalen Adaptationsvorgänge bei Kälbern in Mutterkuhhaltung – ein Beitrag zur Charakterisierung postnataler Anpassungsreaktionen.
Vet. Med. Diss., Gießen
- SCHLERKA, G.; W. BAUMGARTNER; A. WEHRLE (1996):
Über die Aussagekraft des Harn-pH-Wertes für die Beurteilung einer Blutazidose beim durchfallkranken Milchkalb.
Tierärztl. Umschau 51, 96-99.
- SCHLERKA, G.; S. GÜTLER; W. BAUMGARTNER (2002):
Retrospektive Studie über Erregerspektrum, Klinik, Labordiagnostik und Therapie bei an Durchfall erkrankten Milchkälbern aus dem Patientengut der Klinik von 1996 bis 2000.
Tierärztl. Umschau 57, 189-194.
- SCHMID, G.; M. RÜSSE (1983):
Zur Technik der Dauertropfinfusion über die Ohrvenen beim Kalb während der ersten Lebenstage.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 96, 189-191.
- SCHULZE, F. (1992):
Campylobacter als Diarrhoeerreger beim Kalb.
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 99, 458-461.
- SCHULZE HOCKENBECK, W. (1980):
Zur Erkrankungshäufigkeit neugeborener Kälber und deren Beeinflussung durch Präventivmaßnahmen.
Vet. Med. Diss., Hannover
- SCHULTE-MÄRTER, F. (2000):
Kälberkrankheiten im Verlauf von 16 Jahren (Erhebungen an einer Hochschulklinik von 1980 bis 1995).
Vet. Med. Diss., Hannover
- SELBITZ, H.J. (2002):
Coliseptikämie der Kälber und Lämmer.
In: ROLLE, M.; A. MAYR:
Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre, 7. Auflage
Enke Verlag, Stuttgart, 456-457.
- SIEBERT, S.; H.-D. GRÜNDER (1989):
Untersuchungen zur Epidemiologie der Kryptosporidiose des Kalbes.
Dtsch. Vet. Med. Gesellschaft – Tagungsberichte, 65-78.
- SISSONS, J.W. (1983):
Effect of intake on digesta flow and myoelectric activity in the gastrointestinal tract of the preruminant calf.
J. Dairy Res. 50, 387-395.

SNODGRASS, D.R.; H.R. TERZOLO; D. SHERWOOD; I. CAMPBELL; J.D. MENZIES;
B.A. SYNGE (1986):

Aetiology of diarrhoea in young calves.

Vet. Rec. 119, 31-34.

STEGER, R.; TH. SEEWALD (1976):

Behandlung des Durchfalls der Kälber mit Buscopan® comp.

Tierärztl. Umschau 31, 7-11.

STEINER, L.; A. BUSATO; A. BURNENS; C. GAILLARD (1997):

Häufigkeiten und Ursachen von Kälberverlusten und Kälberkrankheiten in Mutterkuhbetrieben.

II Mikrobiologische und parasitologische Diagnosen bei Kälbern mit Durchfall.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 104, 169-173.

STENGEL, K. (1998):

IgG – Bestimmungen im Blutserum neugeborener Kälber in den ersten zehn
Lebenstagen sowie im Kolostrum derer Mütter mittels eines neu entwickelten
kompetitiven ELISA.

Vet. Med. Diss., Gießen

STÖBER, M.; H.-D. GRÜNDER (1990):

Kreislauf – Blut – Untersuchung des Blutes: Flüssigkeitshaushalt, Säure-Basen-
Gleichgewicht, Elektrolyt-Status und Serummineralstoffe.

In: ROSENBERGER, G.: Die klinische Untersuchung des Rindes; 3. Auflage
Parey Verlag, Berlin und Hamburg, 215-223.

TOMOMASA, T.; A. MORIKAWA; R.H. SANDLER; H.A. MANSY; H. KONEKO; T.
MASAHIKO; P.E. HYMAN; Z. ITOH (1999):

Gastrointestinal sounds and migrating motor complex in fasted humans.

Am. J. Gastroenterol. 94, 374-381.

TENNANT, B.; D. HARROLD; M. REINA-GUERRA (1972):

Physiologic and metabolic factors in the pathogenesis of neonatal enteric
infections in calves.

JAVMA 161, 993-1007.

TORRES-MEDINA, A.; D.H. SCHLAFER; C.A. MEBUS (1985):

Rotaviral and coronaviral diarrhea.

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 1, 417-493.

TREMBLAY, R.M. (1990):

Intravenous fluid therapy in calves.

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 6, 77-101.

TZIPORI, S. (1981):

The aetiology and diagnosis of calf diarrhoea.

Vet. Rec. 108, 510-514.

- TZIPORI, S.; H. WARD (2002):
Cryptosporidiosis: biology, pathogenesis and disease.
Microbes and Infection 4, 1047-1058.
- UNGEMACH, F.R. (2003):
Antidiarrhoika.
In: LÖSCHER, W.; F.R. UNGEMACH; R. KROKER:
Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren; 6. Auflage
Parey Buchverlag im Blackwell Verlag, Berlin und Wien, 197-203.
- WALKER, P.G.; P.D. CONSTABLE; D.E. MORIN; J.H. FOREMAN; J.K. DRACKELY;
J.C. THURMON (1998):
Comparison of hypertonic saline-dextran solution and lactated Ringer's solution
for resuscitating severely dehydrated calves with diarrhea.
JAVMA 213, 113-121.
- WALLER, S.L.; J.J. MISIEWICZ (1972):
Colonic motility in constipation or diarrhoea.
Scand. J. Gastroenterol. 7, 93-96
- WENDEL, H.; R. SOBOTKA; G. RADEMACHER (2001):
Untersuchung zur klinischen Abschätzung des Azidosegrades bei Kälbern mit
Neugeborenenenddurchfall.
Tierärztl. Umschau 56, 351-356.
- WETTSTEIN, R.; H. GERBER; E. SCHNEIDER (1973):
Praktische Behandlung schwerer Durchfälle des neugeborenen Kalbes.
Schweiz. Arch. Tierheilk. 115, 453-461.
- WIELER, L.H.; J. JORES; A. LÜBKE-BECKER (2002):
Role of E. coli and other bacterial pathogens in calf diarrhea: an update.
In: KASKE, M.; H. SCHOLZ; M. HÖLTERSHINKEN - Klinik für
Rinderkrankheiten - Hannover (Hrsg.): Recent developments and perspectives
in bovine medicine:
Keynote lectures of the XXII. World Buiatrics Congress.
Hildesheimer Druck- und Verlags-GmbH, Hildesheim, 126-131.
- WITTUM, T.E.; L.J. PERINO (1995):
Passive immune status at post partum hour 24 and long-term health and
performance of calves.
Am. J. Vet. Res. 56, 1149-1154.
- WORLICEK, H. (1988):
Sonographie von Dünn- und Dickdarm – Differenzialdiagnose der
Wandverdickung.
Bildgebung 56, 27-34.
- YOUANES, Y.D.; T.H. HERDT (1987):
Changes in small intestinal morphology and flora associated with decreased
energy digestibility in calves with naturally occurring diarrhea.
Am. J. Vet. Res. 48, 719-725.

ZAREMBA, W.; E. GRUNERT; A. BINDER (1982):

Der Einfluss verschiedener Tränkeverfahren auf die Gesundheit neugeborener Kälber.

Tierärztl. Umschau 37, 469-471.

Tabelle 143: Daten der Kälber aus Abschnitt 3.1 - Gruppe A: Infusion mit einer 8,4 %igen Natriumbikarbonat- Lösung

Kalb Nr.	Gruppe	Geschlecht	Rasse	Aufnahmebefunde				Schicksal
				Alter (Tage)	venöser pH-Wert	Base-Excess (mmol/l)	Körpergewicht (kg)	
1	A	m	DFV	8	7,005	- 19,3	39,4	gesund entlassen
2	A	w	DSB	13	6,976	- 24,0	35,3	gesund entlassen
3	A	w	DSB	11	7,015	- 22,8	34,8	gesund entlassen
4	A	m	DRB	6	7,228	- 9,4	48,3	gesund entlassen
5	A	m	DRB	11	6,959	- 25,4	38,8	gesund entlassen
6	A	w	DFV	6	7,277	- 9,2	42,0	gesund entlassen
7	A	w	DSB	2	7,071	- 19,2	26,0	gesund entlassen
8	A	m	DSB-Kreuzung	2	7,033	- 16,8	38,7	gesund entlassen
9	A	m	DRB	11	7,161	- 12,9	43,8	gesund entlassen
10	A	w	DSB-Kreuzung	8	7,038	- 19,8	37,8	gesund entlassen

Tabelle 144: Daten der Kälber aus Abschnitt 3.1 - Gruppe B: Infusion mit einer Mischung aus 8,4 %iger Natriumbikarbonat- Lösung und 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung (Mischungsverhältnis 1 : 1)

Kalb Nr.	Gruppe	Geschlecht	Rasse	Aufnahmebefunde				Schicksal
				Alter (Tage)	venöser pH-Wert	Base-Excess (mmol/l)	Körpergewicht (kg)	
11	B	m	DSB	4	7,193	- 12,7	38,4	gesund entlassen
12	B	m	DRB	5	7,131	- 18,9	46,9	gesund entlassen
13	B	m	DSB- Kreuzung	3	7,234	- 6,6	43,6	verstorben
14	B	w	DSB	13	6,863	- 27,4	47,0	verstorben
15	B	w	DSB	3	7,089	- 12,9	33,9	gesund entlassen
16	B	w	DSB	3	7,152	- 11,5	39,7	gesund entlassen
17	B	w	DSB	6	7,072	- 17,5	41,3	gesund entlassen
18	B	w	DSB	5	6,880	- 27,0	39,3	gesund entlassen
19	B	w	DSB	13	6,998	- 24,4	43,4	gesund entlassen
20	B	w	DFV	7	7,022	- 20,9	46,7	gesund entlassen

Tabelle 145: Daten der Kälber aus Abschnitt 3.2 - Gruppe C: Kälber mit neonataler Diarrhoe

Kalb Nr.	Gruppe	Geschlecht	Rasse	Aufnahmebefunde				Schicksal
				Alter (Tage)	venöser pH-Wert	Base-Excess (mmol/l)	Körpertemperatur (°C)	
1	C	w	DSB	14	7,301	- 6,1	37,9	gesund entlassen
2	C	w	DSB	9	7,148	- 15,2	40,0	gesund entlassen
3	C	m	DSB	7	7,366	3,3	39,1	gesund entlassen
4	C	m	DRB	4	7,411	8,5	39,5	gesund entlassen
5	C	m	DSB- Kreuzung	2	7,033	- 16,8	37,1	gesund entlassen
6	C	w	DSB	3	7,089	- 12,9	38,4	gesund entlassen
7	C	w	DSB	8	7,304	0,2	38,5	gesund entlassen
8	C	w	DFV	7	7,122	- 18,0	39,2	gesund entlassen
9	C	w	DFV	6	7,161	- 13,3	39,4	gesund entlassen
10	C	w	DSB	3	7,152	-11,5	38,9	gesund entlassen

Tabelle 146: Daten der Kälber aus Abschnitt 3.2 - Gruppe D: Kontrollkollektiv

Kalb Nr.	Gruppe	Geschlecht	Rasse	Alter bei Einlieferung	Geburtsverlauf
11	D	m	Rotvieh	Zugang durch Geburt	leichter Auszug
12	D	m	DSB		mittelschwerer Auszug
13	D	m	DSB		Sectio caesarea
14	D	m	DRB		mittelschwerer Auszug
15	D	m	DRB		mittelschwerer Auszug
16	D	w	DRB		Sectio caesarea
17	D	m	DRB		leichter Auszug
18	D	w	DSB		Sectio caesarea
19	D	w	DFV		Sectio caesarea
20	D	m	DSB		Spontangeburt
21	D	w	DSB		Spontangeburt

Untersuchung zur Darstellung der Dünndarmmotorik bei Kälbern mit und ohne Diarrhoe mittels Sonographie									
Datum:					Untersuchungstag:				
Kliniks-Nr.:					Gruppe:				
Rasse:					Körpertemperatur:				
Geschlecht:					Kotbeschaffenheit:				
Geburtsdatum:					pH-Wert:				
Einlieferungsdatum:					Base-Excess:				
					Tränkeaufnahme:				
					sonstige Befunde:				
	vor Fütterung			30 min nach Fütterung			5 h nach Fütterung		
Stehvermögen									
Gesamtmotilität									
Füllungszustand									
Ingestabewegungen									
Echogenität der Ingesta									
Dicke der Darmwand									
Durchmesser Dünndarm									
Anzahl Kontraktionen (pro 3 min)									
Intensität der Kontraktionen									

Abbildung 199: Untersuchungsprotokoll zum Versuch 3.2

KGGA der Groß- und Kleintiere mit tierärztlicher Ambulanz der JLU Gießen

NEONAT (Kalb Lamm) Stat.-Nr.: 1040 / ____ / ____
Stand-Platz: _____

Besitzer	Datum/Tag:	Diagnose:
Name: _____	Tierart: _____	
Straße: _____	Rasse: _____	
Wohnort: _____	Alter: _____	
Telefon: _____ / _____	Geschlecht: _____	
	IBR-Status: _____	
	Ohrmarke: re.: <input type="checkbox"/> li.: <input type="checkbox"/>	
	Nr.: _____	
Art der Einlieferung: Besitzer <input type="checkbox"/> / Fahrer der Klinik <input type="checkbox"/>		
Versichert: nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> Name der Vers.: _____		

Vorbericht:

Erkrankungen der Mutter vor oder während der Geburt: _____

Geburtshilflicher Eingriff: Spontangeburt: schwerer Auszug:
(HTA: / Besitzer) leichter Auszug: hier geboren: APGAR: _____

Impfungen: Muttertierimpfung: Jungtierimpfung: Impfstoff:

Rota/Corona <input type="checkbox"/>	Rota/Corona <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E. Coli <input type="checkbox"/>	E. Coli <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pasteurellen: <input type="checkbox"/>	Pasteurellen: <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
andere: _____	andere: _____	

Primär aufgetretene Symptome: _____

Dauer der Erkrankung: perakut (h-2d) akut (3-14d) subakut (2-4 Wo)

Bestandsproblem: Einzelfall:

Mastkalb: Aufzuchtkalb:

Kolostrumaufnahme: Menge: _____ Zeitpunkt p.p.: _____

Vorbehandlung: (Besitzer / HTA) _____

Allgemeinuntersuchung:

P: ____ /min A: ____ /min T: ____ °C

Allgemeinbefinden: o.b.B. gestört hochgr. gestört
somnolent: komatös:

Stehvermögen: erhalten eingeschränkt festliegend

Entwicklung: hypotroph eutroph hypertroph

Reifegrad: praematur: matur: Zahnbefund: _____
Nabelbehaarung: _____

Ernährungszustand: gut mäßig schlecht Pflegezustand: gut mäßig schlecht

Segmentale Untersuchung

Kopf Kopfform: physiolog. deformiert fetal

Besonderheiten: _____

Kopfschleimhäute: blaß, rosa-rot blaß ikterisch zyanotisch

Kopfflexe: gut auslösbar ++ schwach auslösbar + nicht auslösbar -

Saugreflex: _____ Drohreflex: _____ Lidreflex: _____

Schluckreflex: _____ Ohrreflex: _____ Cornealreflex: _____

Pupillarreflex: _____

Abbildung 200: Patientenkarte für Neonaten der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit tierärztlicher Ambulanz der Justus-Liebig-Universität Gießen (Seite 1)

Nasenausfluß: ja nein rechts links
 Art des Ausflusses: _____

Augen: Bulbi eingesunken ja nein Bulbusveränderungen: _____
 Skleren: weiß gerötet ikterisch
 Episkleralgefäße: injiziert verwaschen feingezeichnet
 Ohren: Reaktion auf akustische Reize: ja nein

Hals und Thorax: Kopf frei beweglich: ja nein Schilddrüse: unverändert vergrößert
 Husten: ja nein
 Atemtyp: costoabdominal betont costal betont abdominal
 flach doppelschlägig
 Atemgeräusche: phys. verschärft: laryngo-tracheal
 tracheo-bronchial
 broncho-bronchulär

Rippenbogen: Frakturen: nein ja O: _____
 Hautfalte über Rippenbogen: verstreicht sofort verzögert verstreicht nicht
 Herzauskultation: unauffällig ja nein O: _____

Abdomen: leer mäßig gefüllt gut gefüllt
 Hungergruben: eingefallen verstrichen vorgewölbt
 Bauchdeckenspannung: locker gespannt
 Schwingauskultation Pansen: _____ Labmagenausultation: _____

Nabel: normal gerissen kurz gerissen geklammert
 trocken feucht schmerzhaft umfangsvermehrt
 Intraabdominale Nabelanteile palpierbar: nein ja O: _____
 Hernia umbilicalis: ja nein
 Reponierbarkeit: ja nein Größe der Bruchpforte: _____

Ano- Genitalbereich: Afteranlage vorhanden: ja nein
 Kotkonsistenz: pastös mittelbreiig dünnbreiig wässrig
 Farbe: _____ Beimengungen: _____
 Tenesmus auf Kot: ja nein
 Harnapparat: _____

Bewegungsapparat: Gliedmaßenstellung: phys. pathologisch O: _____
 abnorme Beweglichkeit: ja nein
 Frakturen: nein ja O: _____
 Oberflächensensibilität: vorhanden vermindert aufgehoben
 Lokalisation: _____
 Tiefensensibilität: vorhanden vermindert aufgehoben
 Lokalisation: _____
 Gelenke: unauffällig verändert
 Betroffenes Gelenk / Art der Veränderung: _____

Zusätzliche Befunde: _____

Initialtherapie: Braunüle geschoben: ja nein _____

Abbildung 201: Patientenkarte für Neonaten der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit tierärztlicher Ambulanz der Justus-Liebig-Universität Gießen (Seite 2)

Neonat (Kalb <input type="radio"/> Lamm <input type="radio"/>)	
Besitzer	Standplatz
Datum:	Therapie
P: A: T: Allg. Bef.:	
Nabel:	
Gelenke:	
Lunge: Atemgeräusche: phys. <input type="radio"/> verschärft <input type="radio"/> Grad: laryngotracheal <input type="radio"/> tracheobronchial <input type="radio"/> bronchobronchulär <input type="radio"/>	Fütterung:
Kot: Konsistenz: pastös <input type="radio"/> dünnbreiig <input type="radio"/> mittelbreiig <input type="radio"/> wässrig <input type="radio"/> Farbe: Beimengungen:	Infusion:
Sonstige Befunde:	
Datum:	Therapie
P: A: T: Allg. Bef.:	
Nabel:	
Gelenke:	
Lunge: Atemgeräusche: phys. <input type="radio"/> verschärft <input type="radio"/> Grad: laryngotracheal <input type="radio"/> tracheobronchial <input type="radio"/> bronchobronchulär <input type="radio"/>	Fütterung:
Kot: Konsistenz: pastös <input type="radio"/> dünnbreiig <input type="radio"/> mittelbreiig <input type="radio"/> wässrig <input type="radio"/> Farbe: Beimengungen:	Infusion:
Sonstige Befunde:	
Datum:	Therapie
P: A: T: Allg. Bef.:	
Nabel:	
Gelenke:	
Lunge: Atemgeräusche: phys. <input type="radio"/> verschärft <input type="radio"/> Grad: laryngotracheal <input type="radio"/> tracheobronchial <input type="radio"/> bronchobronchulär <input type="radio"/>	Fütterung:
Kot: Konsistenz: pastös <input type="radio"/> dünnbreiig <input type="radio"/> mittelbreiig <input type="radio"/> wässrig <input type="radio"/> Farbe: Beimengungen:	Infusion:
Sonstige Befunde:	

Abbildung 202: Patientenkarte für Neonaten der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit tierärztlicher Ambulanz der Justus-Liebig-Universität Gießen (Folgekarte)

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. A. Wehrend für die Überlassung des interessanten Themas und die stets gewährte, unermüdliche Unterstützung und Beratung bei der Durchführung der Arbeit.

Weiterhin danke ich Herrn Professor Dr. Dr. h.c. mult. H. Bostedt für die freundliche Aufnahme in der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit tierärztlicher Ambulanz der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Für die freundliche Hilfe bei den umfangreichen statistischen Auswertungen danke ich Herrn Dr. K. Failing und Frau M. Sparrenberg aus dem Institut für Biomathematik und Datenverarbeitung der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Insbesondere danke ich allen Mitarbeitern der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit tierärztlicher Ambulanz der Justus-Liebig-Universität Gießen für die freundliche und hilfreiche Zusammenarbeit.

Allen Mitarbeitern des Institutes für Ethologie und Tierschutz, besonders Frau Anne-Christin Friedrich und Frau Laurence Coutellier, danke ich für die nette Aufnahme und so manche schöne Stunde abseits der Veterinärmedizin.

Besonderer Dank gilt Frau Daniela Stederoth und meiner Schwester für den ausdauernden Einsatz beim Korrekturlesen.

Außerdem danke ich Frau Jasmin Krakenberg für ihre Hilfe bei der Übersetzung der Zusammenfassung ins Englische.

Meinen Eltern, meinem Freund Thomas und allen bislang ungenannten Helfern danke ich für die umfassende Unterstützung, ihre große Geduld und ein unendliches Verständnis für die Probleme, die die Anfertigung einer Dissertation mit sich bringt.

Erklärung

Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Monika Blume

édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D - 3 5 3 9 6 G I E S S E N

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN 3-8359-5171-8



9 783835 951716 ©