

ISABEL RAABE

---

UNTERSUCHUNG ZUR SYMPTOMATIK  
UND PROGNOSE VON FOHLEN MIT  
MEKONIUMOBSTIPATION



Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades eines  
**Dr. med. vet.**  
beim Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

**Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.**

**Die rechtliche Verantwortung für den gesamten Inhalt dieses Buches liegt ausschließlich bei dem Autor dieses Werkes.**

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 2018

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.

1<sup>st</sup> Edition 2018

© 2018 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen  
Printed in Germany



*édition linguistique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN  
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890  
email: [redaktion@doktorverlag.de](mailto:redaktion@doktorverlag.de)

[www.doktorverlag.de](http://www.doktorverlag.de)

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

Betreuer: Prof. Dr. A. Wehrend

**UNTERSUCHUNG ZUR SYMPTOMATIK UND PROGNOSE VON  
FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION**

**INAUGURAL-DISSERTATION**

zur Erlangung des Grades eines

Dr. med. vet.

beim Fachbereich Veterinärmedizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

**Isabel Raabe**

Tierärztin aus Marburg (Hessen)

Gießen 2017

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

---

Dekan: Prof. Dr. Dr. h. c. Martin Kramer

Gutachter: Prof. Dr. Axel Wehrend  
Prof. Dr. Michael Röcken

Tag der Disputation: 22.03.2018

Für Ferdi

---

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	2
2.1	Mekonium und Mekoniumabgang	2
2.2	Mekoniumverhaltung	3
2.2.1	Definition des Krankheitsbildes	3
2.2.2	Symptomatik	4
2.2.3	Pathogenese und Risikofaktoren	5
2.2.4	Diagnostik	6
2.2.5	Therapie der Mekoniumobstipation	9
2.2.5.1	Konservative Behandlung	9
2.2.5.2	Chirurgische Behandlung	14
2.2.6	Prognose	17
3	Material und Methoden	22
3.1	Tiere	22
3.2	Methode	22
3.2.1	Datenarchivierung und Bearbeitung	22
3.2.2	Umgang mit fehlenden Datenwerten	22
3.2.3	Allgemeine Daten	23
3.2.4	Spezielle Tierdaten	23
3.2.5	Falldaten	24
3.2.5.1	Allgemeine klinische Untersuchung	24
3.2.5.2	Labordiagnostische Untersuchung	26
3.2.5.3	Begleiterkrankungen	29
3.2.5.4	Therapie	31

---

3.2.5.5	Komplikationen	32
3.2.5.6	Aufenthaltsdauer und Gesundheitszustand bei Entlassung	33
3.2.6	Besitzerbefragung	34
3.2.7	Statistische Analyse	34
3.2.7.1	Deskriptive Analyse der Daten	35
3.2.7.2	Logistische Regression der Einfluss- und Zielgrößen	35
3.2.7.3	Einsatzvoraussetzungen des Regressionsverfahrens	38
3.2.7.4	Methodik der Zusammenhangsanalysen	39
3.2.7.5	Schrittweise Konstruktion der Regressionsfunktion	40
3.2.7.6	Das Prognosemodell in Tabellen und Verlaufsschaubildern	41
3.2.7.7	Bewertung der Modellgüte	44
4	Ergebnisse	45
4.1	Tiere	45
4.1.1	Erkrankungshäufigkeit, Entwicklungszustand und Geburtsverlauf	45
4.1.2	Erstes Auftreten von Symptomen und Alter bei Einlieferung	50
4.1.3	Symptome vor Einlieferung und Mekoniumabgang	52
4.1.4	Vorbehandlung	55
4.1.5	Allgemeine klinische Untersuchung	57
4.1.6	Begleiterkrankungen	62
4.1.7	Therapie	65
4.1.8	Komplikationen	70
4.1.9	Aufenthaltsdauer und Gesundheitszustand bei Entlassung	71
4.1.10	Alter der Mutterstuten und Paritäten	72
4.2	Labordiagnostische Untersuchungen	74
4.2.1	pH-Wert	74

---

---

4.2.2	Kohlendioxidpartialdruck $p\text{CO}_2$	75
4.2.3	Sauerstoffpartialdruck $p\text{O}_2$	77
4.2.4	Base Excess ABE	78
4.2.5	Hydrogencarbonat $\text{HCO}_3$	79
4.2.6	Glukose	81
4.2.7	Laktat	82
4.2.8	Natrium	84
4.2.9	Kalium	85
4.2.10	Chlorid	87
4.2.11	Ionisiertes Kalzium	88
4.2.12	Erythrozyten	90
4.2.13	Hämoglobin	91
4.2.14	Hämatokrit	93
4.2.15	Leukozyten	95
4.2.16	Basophile Granulozyten	96
4.2.17	Eosinophile Granulozyten	98
4.2.18	Neutrophile Granulozyten	99
4.2.19	Lymphozyten	101
4.2.20	Monozyten	102
4.2.21	Thrombozyten	104
4.2.22	Harnstoff	105
4.2.23	Kreatinin	107
4.2.24	Immunglobulin G	108
4.2.25	Totalprotein	110
4.2.26	Gesamtbilirubin	111

---

---

4.2.27	Glutamatdehydrogenase GLDH	113
4.2.28	Gamma-Glutamyltransferase $\gamma$ -GT	114
4.2.29	Kreatinkinase CK	116
4.3	Besitzerbefragung	117
4.4	Prognosemodell	120
4.4.1	Prognose zu Sterben	120
4.4.1.1	Mehrschrittige Entwicklung der logistischen Regressionsfunktion	120
4.4.1.2	Prognosetabelle	137
4.4.1.3	Eindimensionale Projektionen für die Einflussgrößen Base Excess, Atemfrequenz und Thrombozytenzahl	138
4.4.1.4	Bewertung der Modellgüte	146
4.4.2	Prognose zur Entwicklung einer späteren Kolik	161
4.4.2.1	Mehrschrittige Entwicklung der logistischen Regressionsfunktion	161
4.4.2.2	Prognosetabelle	168
4.4.2.3	Eindimensionale Projektionen für die Variablen Herzfrequenz und Alter der Stute	168
4.4.2.4	Bewertung der Modellgüte	173
4.4.3	Prognose zu Wundheilungsstörung	181
4.4.4	Zusammenhangsanalysen	184
4.4.4.1	Zusammenhangsanalysen zur Zielgröße Sterben	184
4.4.4.2	Zusammenhangsanalysen zur Zielgröße Kolik	205
4.4.4.3	Prüfung der Eingangsgrößen auf Multikollinearität	206
5	Diskussion	208
5.1	Diskussion der Methoden	208
5.1.1	Qualität der Datenerhebung und der Daten	208
5.1.2	Repräsentativität	211

---

---

5.1.3	Datenbeschreibung und Variablenreduktion	212
5.1.4	Zusammenhangsanalysen	213
5.1.5	Modellwahl	213
5.2	Diskussion der Ergebnisse	214
5.2.1	Häufung der Mekoniumobstipation bei Vorliegen bestimmter Merkmalsausprägungen	214
5.2.2	Allgemeine klinische Untersuchung	219
5.2.3	Begleiterkrankungen	221
5.2.4	Therapie und Komplikationen	223
5.2.5	Aufenthaltsdauer und Zustand bei Entlassung	225
5.2.6	Besitzerbefragung	226
5.2.7	Labordiagnostische Untersuchungen	227
5.2.7.1	Hämatologie	227
5.2.7.2	Säure-Basen-Haushalt	232
5.2.7.3	Klinische Chemie	234
5.3	Diskussion der Prognosemodelle	239
5.3.1	Sterben	239
5.3.1.1	Statistische Kenngrößen des Modells	240
5.3.1.2	Validität des Modells	242
5.3.1.3	Diskussion der Prädiktoren des Modells	242
5.3.2	Kolik	245
5.3.3	Wundheilungsstörung	248
5.4	Ausblick	249
6	Zusammenfassung	250
7	Summary	254
8	Literaturverzeichnis	258

---

---

9	Tabellenverzeichnis	278
10	Abbildungsverzeichnis	289
11	Anhang	293
11.1	Ausprägungen und Fallzahlen aller Merkmale	293
11.1.1	Qualitative Variablen	293
11.1.2	Quantitative Variablen	295
11.2	Prognosetabellen zur Zielgröße Sterben bei Fohlen mit Mekoniumobstipation	297
11.3	Prognosetabellen zur Zielgröße Koliksymptome nach Entlassung bei Fohlen mit Mekoniumobstipation	309
12	Danksagung	311
	Ich erkläre:	312



## 1 Einleitung

Die Mekoniumobstipation ist eine beim neonatalen Equiden im Vergleich mit Neonaten anderer Spezies häufig auftretende Erkrankung. Vor Therapiebeginn wird vom Tierarzt eine möglichst genaue Prognose erwartet, da oft wirtschaftliche Faktoren entscheiden, ob und wie ein betroffenes Fohlen behandelt wird. Um nach chirurgischen Eingriffen verlässliche Aussagen über das Auftreten von Folgen treffen zu können, die mit der Operation assoziiert werden, müssen langfristige Beobachtungen der Entwicklung nach Operation von einer hinreichend großen Zahl von Patienten ausgewertet zur Verfügung stehen. Es gibt nur wenige Studien über die Behandlung der Mekoniumobstipation bei neonatalen Equiden, die sich mit diesem Aspekt beschäftigen.

Ausgehend von Klinikdaten von 148 Fohlen mit Mekoniumobstipation der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit Tierärztlicher Ambulanz der Justus-Liebig-Universität Gießen aus den Jahren 2005 bis 2013 und ergänzend durchgeführten Besitzerbefragungen setzt sich die vorliegende explorative Studie zum Ziel, die Klinik dieser Erkrankung zu beschreiben und ein Modell für die Prognose von Patienten mit Mekoniumobstipation zu entwickeln.

Das Prognosemodell ist Resultat einer schrittweisen multiplen logistischen Regression, die für die jeweils betrachtete binäre Zielgröße eine mathematische Funktion liefert. Diese gibt in Abhängigkeit von den Ausprägungen der im Analyseprozess erarbeiteten Merkmale an, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Fohlen verstirbt resp. weitere Koliken bekommt resp. an Wundheilungsstörungen leiden wird. Der Zusammenhang der relevanten Einflussgrößen und der Zielgröße kann in Form von Tabellen mit ausgewählten Wertkombinationen oder separat für jeden einzelnen Risikofaktor in einem übersichtlichen Schaubild (Funktionsgraph) angegeben werden.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Mekonium und Mekoniumabgang

Das Mekonium des neugeborenen Fohlens besteht aus abgeschilferten Darm-schleimhautepithelien, Haaren, Zelldetritus, eingedickten Darmsekreten, Gallenfarbstoffen und abgeschluckter Allantoisflüssigkeit. Es handelt sich um ein Endprodukt des Verdauungsprozesses, der bereits während der Trächtigkeit und nach der Kolostrumaufnahme stattfindet. Das Darmpech sammelt sich im Verlauf der fetalen Entwicklungsperiode im kleinen Kolon und im Enddarm an. Dort liegt es häufig als unregelmäßig geformte und dem Darmlumen direkt anliegende Ballen vor. Die Konsistenz ist abhängig von der Verweildauer im Enddarm, da der Hauptteil des Wassers durch enterale Rückresorption entzogen wird, was zu einer Eindickung des Kotes führt. Sie reicht von weich über pastös bis gummiartig hart. Die Farbe des geruchlosen Mekoniums variiert von graugrün bis schwarz (SOBIRAJ et al. 2000; KNOTTENBELT et al. 2007a). Je nach Rasse beträgt das Gesamtgewicht zwischen 500 und 800 g, die Gesamtlänge des Mekoniumstranges bei einem Warmblutfohlen liegt bei 60 bis 100 cm (BOSTEDT 2006).

Die für Weitertransport und Defäkation unabdingbare Darmmotilität setzt vermehrt in den ersten Lebensstunden ein. Auch der physiologische Abgang via Peristaltik beginnt bald nach der Geburt und ist durchschnittlich nach den ersten zwölf Lebensstunden abgeschlossen (BOSTEDT und THEIN 1990; KÖHLER und LEENDERTSE 1996; SOBIRAJ et al. 2000), kann aber auch bis zu 48 Stunden post natum andauern (BOHANON 2005; VELDE und KOLM 2011a). Im Giessener Vorsorgeschema zur punkteweisen Registrierung von exogen erkenn- und beurteilbaren Störungen in der neonatalen Entwicklung von Fohlen bis zur 24. Lebensstunde wird der Mekoniumabgang bis zur achten Lebensstunde mit darauf folgendem Milchkot als normal angesehen (BOSTEDT et al. 1997). Bei 24 an der Colorado State University geborenen Fohlen vergingen nach der Geburt durchschnittlich  $53 \pm 35$  Minuten bis zum ersten Abgang von Mekonium (MCCUE 2006). Das Darmpech wird portionsweise in regelrechten Ausgusspräparaten der entsprechenden Darmabschnitte abgegeben. Förderlich für das Absetzen des Mekoniums sind in der Kolostralmilch der Stute enthaltene Substanzen, die, wahrscheinlich über eine Anregung der Enddarmperistaltik, laxierend wirken (BOSTEDT und THEIN 1990). Eine ausreichende und zeitgerechte

Kolostrumaufnahme ist als Voraussetzung für den physiologischen Abgang des Mekoniums nach der Geburt anzusehen. Auch Eigenbewegungen des Fohlens nach Erlangung des Stehvermögens und endogene Aktivierungsprozesse regen die Darmmotilität an und fördern somit den Defäkationsvorgang (SOBIRAJ et al. 2000). Säugen und Belecken der Aftergegend durch die Stute stimulieren rektale Reize und wirken sich so günstig auf den Kotabgang aus. Mekonium ist vom Milchkot zu unterscheiden, welcher nach der Kolostrumaufnahme gebildet wird und in der Regel gelblich-hellbraun und von eher flüssig-pastöser Konsistenz ist. Der Mekoniumabsatz ist ein wichtiges Zeichen für die Durchgängigkeit des Darmes bis zum Anus. Er zeigt an, dass keine neurologische, mechanische oder andersartige Passagebehinderung vorliegt (KNOTTENBELT et al. 2007b).

## 2.2 Mekoniumverhaltung

### 2.2.1 Definition des Krankheitsbildes

Die Mekoniumverhaltung ist als das Ausbleiben eines spontanen und vollständigen Abganges von Darm- oder Fohlenpech in den ersten 36 Stunden post natum definiert (BOSTEDT 1987). In Abhängigkeit des betroffenen Darmabschnittes wird zwischen der Mekoniumverhaltung im kleinen Colon (tiefe Verhaltung) und der im distalen Rektum (KNOTTENBELT et al. 2007a) bzw. zwischen der kaudalen (Rektum, Colon descendens) und kranialen Mekoniumverhaltung (Colon transversum, Colon ascendens) unterschieden (VELDE und KOLM 2011a). Meist liegt die Retention im Rektum vor (WILSON 1987).

Die Erkrankungshäufigkeit beim equinen Neonaten liegt bei 1,5 % (WILSON 1987). Somit kommt die Mekoniumobstipation beim Fohlen im Vergleich zu anderen Tierarten relativ häufig vor (BOSTEDT und THEIN 1990). Sie ist die häufigste mit Koliksymptomen assoziierte Erkrankung beim Fohlen (KOTERBA 1990; VELDE und KOLM 2011a), das jünger als 36 Stunden ist (CORLEY 2010). Mit einem Verhältnis von 5:1 erkranken häufiger männliche Fohlen (MEINECKE 1984). ULRICH (2009) berichtet von 64,4% männlichen und 33,7% weiblichen Tieren in ihrem Patientengut.

### 2.2.2 Symptomatik

Symptomatisch wird die Mekoniumobstipation durch Kolikanzeichen in Verbindung mit Tenesmus ani et recti bestimmt. Die Neonaten sind unruhig, Ruhe- und Liegephasen werden immer seltener. Das Abdomen ist gespannt und aufgetrieben. Die Fohlen wälzen sich, stöhnen und schauen sich zu ihren Flanken um. Oft nehmen sie eine kyphotische Körperhaltung ein oder verharren auf dem Rücken liegend mit abgestreckten Gliedmaßen. Die Perianalgegend kann mit Mekonium oder Milchkot verschmiert sein. Der Afterkegel schwillt durch den andauernden Tenesmus an, auch Läsionen durch Manipulation sind möglich. Bei fortgeschrittener Krankheitsdauer können die Kolihsymptome durch Somnolenz überdeckt werden (SOBIRAJ et al. 2000).

Da die Milchaufnahme über einen gastrokolischen Reflex die Defäkation stimuliert, treten oft unmittelbar danach Kolihsymptome mit Tenesmus auf. Dieser zeitliche Zusammenhang kann als Hinweis auf eine Erkrankung des oberen Verdauungstraktes missgedeutet werden (VAALA 2011).

Anhand der Hörbarkeit von Darmgeräuschen wird zwischen spastischer Obstipation mit stark hypertoner Peristaltik und atonischer Obstipation mit vollkommener Darmruhe unterschieden. Bei digitaler Kontrolle caudaler Rektumanteile sind vor dem Becken feste Kotpartikel zu palpieren, deren Abrieb dunkelgrün-schwarz ist (BOSTEDT und THEIN 1990). In einer Studie zur konservativen Therapie der Mekoniumobstipation traten bei allen der 44 eingeschlossenen Fohlen Saugunlust und dauerhaftes Pressen auf Kot auf. 97,7 % (43 Fohlen) zeigten keinerlei Absatz von Milchkot und digital konnte bei 40 Patienten (90,9 %) Mekonium im Rektum palpirt werden (PUSTERLA et al. 2004).

Mit zunehmender Krankheitsdauer (etwa ab der 36. Lebensstunde) treten durch die Intoxikation vermehrt Störungen im Herz-Kreislauf-System auf. Die Patienten zeigen Stauungserscheinungen wie Zyanose und verlängerte kapilläre Rückfüllungszeit. Das Steh- und Saugvermögen nimmt bis zum völligen Verlust ab (KÖHLER und LEENDERTSE 1996).

### 2.2.3 Pathogenese und Risikofaktoren

Es gibt verschiedene Erklärungsansätze zur Entstehung der Mekoniumverhaltung. Grundsätzlich können weibliche und männliche Neonaten betroffen sein. ULRICH (2009) belegt mit ihrer Studie ein Geschlechtsverhältnis von knapp zwei Dritteln männlichen und einem Drittel weiblichen Fohlen. Insgesamt erkrankten 25,5 % der männlichen und 17,8 % der weiblichen Tiere des Patientengutes. Hengstfohlen erkranken häufiger, was mit dem cranialen Durchmesser des Beckens in Verbindung gebracht wird. Die Apertura pelvis cranialis ist enger und spitzwinkliger als beim Stutfohlen, dessen Becken günstiger geformt ist. Bei manchen Hengstfohlen können selbst kleine oder mittelgroße, weiche Kotpartikel nicht durch den vorderen Beckeneingang gelangen (BOSTEDT 1987; BOSTEDT und THEIN 1990).

Der Dick- und Enddarm des Fohlens ist weitlumig, wodurch die Ansammlung von Mekoniummassen begünstigt wird. Die so entstandenen großen und unförmigen Kotballen können die craniale Apertur des knöchernen Beckens selbst bei starker Peristaltik nicht passieren (BOSTEDT und THEIN 1990; KÖHLER und LEENDERTSE 1996). Es kommt zu einer immer weiter fortschreitenden Anschoppung, was oft durch eine sektorkorkenartige Form des ersten Mekoniumballes verstärkt wird (MEINECKE 1984). Die Verweildauer und somit auch die Dauer der Flüssigkeitsrückresorption steigen an, was eine weitere Eindickung des Mekoniums unter Verlust der schleimigen Anteile bedingt. Davon sind auch die prästenotischen Anteile betroffen (KÖHLER und LEENDERTSE 1996). Entstehen auf diese Weise sehr harte Kotballen, die beim Versuch des Absetzens Schmerzen hervorrufen, kann es zu einer reflektorischen Retention kommen (BOSTEDT 2006).

Auf Grund klinischer Beobachtungen wird als Ursache auch eine übermäßig starke Wasserretention des Darmendabschnittes diskutiert. Auch bei physiologischem Abgang des Darmpechs ist die Konsistenz sehr variabel (BOSTEDT und THEIN 1990).

Ist die Darmmotilität durch eine Enteritis, andere entzündliche Krankheitsgeschehen oder Asphyxie beeinträchtigt oder herabgesetzt, kann sekundär eine Mekoniumobstipation entstehen (KOTERBA 1990). Zu Beeinträchtigungen kommt es weiterhin bei prämaternen equinen Neonaten. Prämatere Fohlen zeigen häufig eine nervale Ausfallserscheinung, so dass die Darmmotilität über einen längeren Zeitraum reduziert

bleibt. Als weitere Ursachen für eine sekundäre Verhaltung werden Dehydratation, lang anhaltendes Liegen oder Medikamente angenommen (BARR 2007).

Wichtig erscheinen auch der Zeitpunkt und die aufgenommene Menge des laxierend wirkenden Kolostrums. Die Aufnahme kann durch eine Hypo- oder Agalaktie, eine unkooperative Stute oder ein mangelhaftes Steh- und Saugvermögen des Neonaten vermindert oder unmöglich sein. Der Kolostralcharakter der Milch geht bei bereits vor der Geburt einsetzender Milchsekretion verloren und auch eine verspätete Biestmilchaufnahme ab der vierten Lebensstunde begünstigt eine Mekoniumverhaltung (MEINECKE 1984). An anderer Stelle wird die Möglichkeit eines Zusammenhangs zwischen ungenügend vorbereitetem Euter und damit assoziierter Bildung unreifer Milch und der Mekoniumretention diskutiert (BOSTEDT 2006).

Weiterhin ist der Einfluss der Geburtsumstände zu nennen. Nach schweren prä- oder intrapartalen Störungen wie z. B. dem Neonatalen Atemnotsyndrom besteht ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer Mekoniumverhaltung (BOSTEDT 2006). Andererseits kann es durch Geburtsstress oder eine verzögerte Geburt intrauterin zu einem zu frühen Mekoniumabgang kommen. Ursächlich ist eine durch Sauerstoffmangel im Intestinalkreislauf ausgelöste Hyperperistaltik. Eine mögliche Mekoniumaspiration kann in schwerer Atemnot resultieren (MEINECKE 1984; KOTERBA 1990). Fohlen, die nach dem 340. Graviditätstag geboren werden, sind vermutlich anfälliger für eine Retention des Kindspeches (HALLEY 1987; KNOTTENBELT et al. 2007a).

#### 2.2.4 Diagnostik

Anamnestisch besonders wichtig sind Geschlecht und Alter des Fohlens sowie die Krankengeschichte, die Beobachtungen über einen vorhergehenden Mekoniumabgang enthält. Anhand des Abgangs einer geringen Menge Mekoniums kann eine Verstopfung jedoch nicht ausgeschlossen werden (BARR 2007, MCAULIFFE und SLOVIS 2008).

Wesentlicher Teil der Diagnostik ist die digitale Untersuchung der Ampulla recti, deren Befund durch Palpation und Auskultation des Abdomens ergänzt wird. Bei unklaren Fällen ist ein diagnostischer Einlauf über einen weichen Gummikatheter

durchzuführen. Ergänzend können sonographische und röntgenologische Untersuchungen durchgeführt werden (SOBIRAJ et al. 2000).

Die Abklärung eines akuten Abdomens gilt als Indikation für die Abdominalsonographie beim Fohlen. Die direkte sonographische Darstellung einer Mekoniumobstipation ist jedoch im Vergleich zu Uroperitoneum, Enteritis, Ileus oder anderen Erkrankungen problematisch. Die Sonographie erweist sich über Ausschluss bzw. Bestätigung anderer Kolikursachen dennoch als nützliche diagnostische Methode (BEHN und BOSTEDT 2000).

GERHARDS et al. (1990) bewerten den diagnostischen Nutzen radiologischer Untersuchungen beim akuten Abdomen des Fohlens. Sie stellen ein klinisch-röntgenologisches Untersuchungskonzept vor und beziffern dessen Sensitivität auf 91 %. Ihnen liegen laterale Abdomenübersichtsaufnahmen mit dextro-sinistrem Strahlengang zugrunde, die am stehenden Fohlen aufgenommen wurden. Die direkte radiologische Diagnose einer Mekoniumobstipation erscheint den Autoren dann möglich, wenn das stark eingetrocknete Mekonium aufgrund der hohen Dichte röntgenpflichtig gemacht werden kann. Diese sogenannten Fäkolithen stellen sich als rundlich abgegrenzte, kirsch- bis mandarinengroße weichteildichte Verschattungen dar.

FISCHER et al. (1987) geben für röntgenologische Untersuchungen bezüglich des Vorhandenseins einer Funktionsstörung im Magen-Darm-Trakt eine Sensitivität von 96 % und eine Spezifität von 71 % an. Sie beziehen sich dabei auf am stehenden Tier aufgenommene latero-laterale Röntgenaufnahmen des Abdomens von 40 Fohlen, die mit Kolik vorgestellt wurden.

FISCHER und YARBROUGH (1995) machen höhere Angaben für retrograde Kontrastmittel gestützte Röntgenaufnahmen. Sowohl Sensitivität als auch Spezifität liegen bei 100 % für die Bewertung von Verstopfungen im kleinen sowie im transversen Kolon. Zur Beurteilung des großen Kolons ist die Aussagekraft geringer (Sensitivität 86 %, Spezifität 83 %). Bei dieser Methode wird den Fohlen je nach Größe bis zu einem Liter flüssiges Bariumsulfat-Kontrastmittel per rectum eingegeben. Um Perforationen und Rupturen zu vermeiden darf das Kontrastmittel ausschließlich via Schwerkraft über einen weichen Gummikatheter instilliert werden. Anhand der einlaufenden Flüssigkeitsmenge kann abgeschätzt werden, ob es sich um eine kraniale

oder kaudale Passagebehinderung handelt. Danach werden Röntgenbilder im ventro-dorsalen Strahlengang aufgenommen, auf denen die betroffene Seite im Vergleich zu nativen Aufnahmen mit höherer Genauigkeit bestimmt werden kann.

VAALA (2011) stellt heraus, dass bei unkomplizierten Fällen von Mekoniumobstipation das Blutbild und die Parameter der Labordiagnostik relativ unauffällig sind. Besteht das Krankheitsgeschehen länger, kann es zu einem Stressleukogramm, erhöhtem Hämatokrit, Hyperproteinämie und Azotämie kommen. Dies wird durch die reduzierte Tränke und die fortschreitende Dehydratation begünstigt.

Nach SOBIRAJ et al. (2000) liegen Hämatokrit, Leukozyten- und Blutglukosekonzentration betroffener Fohlen im Mittel im physiologischen Bereich. Retrospektiv wird auf eine hochgradige Leukopenie ( $< 2 \text{ G/l}$ ) als Indikator für ein akutes peritoneales Geschehen hingewiesen. Der überwiegende Teil (93 %) der Fohlen weist mit mehr als 800 mg/dl physiologische Immunglobulin-G-Werte im Blut auf.

Des Weiteren kann eine Abdominozentese mit Untersuchung des Bauchhöhlenpunkts vorgenommen werden. Initial kommt es nicht zu Veränderungen. Eine Serienuntersuchung dieser Art kann aber Hinweise auf eine beginnende Entzündung geben (BOHANON 2005).

Nach WILSON und CUDD (1990) sind die Analysewerte von Peritonealflüssigkeit von Fohlen mit Mekoniumobstipation in physiologischen Grenzen. Zur Unterscheidung der Mekoniumobstipation vom Krankheitsbild der Harnblasenruptur kann die aus der Bauchhöhle gewonnene Flüssigkeit erhitzt werden. Enthält sie Urin, entwickelt sich ein Geruch nach Ammoniak (WILSON 1987).

Lässt sich keine eindeutige Diagnose stellen, ist eine Probelaparotomie angezeigt (SOBIRAJ et al. 2000). Angeborene Missbildungen können klinisch eine Mekoniumretention vortäuschen. Hier sind Atresia ani, Atresia ani et recti und segmentale Darmaplasien zu nennen. Oft sind die Fohlen zunächst unauffällig, bevor die Ausbildung von Obstipationssymptomen bemerkt wird. Eine pastöse helle Masse aus abgeschilferten Darmepithelien und eingedicktem Schleim befindet sich bei segmentalen Darmaplasien in der Ampulla recti der Fohlen (MEINECKE 1984). Seltener treten zusätzlich noch innere Fissuren oder Fisteln auf. Diese angeborenen Kommunikationsformen zwischen Mastdarm und Harnblase bzw. Scheide beim Stutfohlen führen zu einem Mekoniumabgang beim Urinieren (MEINECKE 1984). Auch die

Harnblasenruptur weist anfänglich ähnliche Koliksymptome auf. Hierbei ist jedoch vorberichtlich das Fohlenpech abgegangen, Urinabsatz wurde nicht beobachtet. Bei der digitalen Exploration der Ampulla recti stößt der Untersucher auf pastösen hellen Kot. Stut- und Hengstfohlen sind gleichermaßen betroffen (BOSTEDT 1987). Im Gegensatz dazu spricht ULRICH (2009) von einer höheren Erkrankungshäufigkeit männlicher Neonaten. Die sechs betroffenen Fohlen sind allesamt männlich. Auch nach HALLEY (1987) erkranken häufiger männliche Jungtiere an einem Uroperitoneum als weibliche. Als weitere Unterscheidungskriterien werden hier das meist spätere Auftreten der Symptome (nach dem 1. Lebenstag) bei der Harnblasenruptur, die unterschiedliche Körperhaltung bei Harn- und Kotabsatz und die Veränderungen der Elektrolytkonzentrationen im Serum oder Plasma genannt. Diese sind bei Fohlen mit Darmpechverstopfung meist unverändert.

Differentialdiagnostisch kommen weiterhin Volvulus, Invagination und Darm-Agangiose wie z. B. beim Lethal-white-foal-Syndrom in Betracht (BOSTEDT und THEIN 1990; KNOTTENBELT et al. 2007a).

## 2.2.5 Therapie der Mekoniumobstipation

### 2.2.5.1 Konservative Behandlung

Eine Voraussetzung für die konservative Therapie ist ein nur gering- bis mittelgradig eingeschränktes Allgemeinbefinden. Es darf kein Verdacht auf Verletzungen der Schleimhaut der Rektumampulle oder eine Perforation mit nachfolgender Peritonitis bestehen (BOSTEDT und THEIN 1990; SOBIRAJ et al. 2000). Um in leichteren Fällen den Mekoniumabgang zu beschleunigen, reicht meist die rektale Anwendung von kommerziell erhältlichen Klistieren aus (BOSTEDT und THEIN 1990). Laut Herstellerangaben erweichen diese Kombinationspräparate die Kotballen, indem sie das in ihnen gebundene Wasser freisetzen. Dieser aufgelockerte Kot kann dann einfacher abgesetzt werden. WILSON und CUDD (1990) empfehlen Klistiere mit Natriumdioctylsulfosuccinat, einem anionischen Detergenz aus der Gruppe der Gleitmittel. Über eine oberflächenaktive Wirkung wird der zu feste Kot weicher (PETZINGER 2007). VAALA (2011) lehnt die Applikation von Natriumdioctylsulfosuccinat-Klistieren ab, da die Anwendung dieses Detergens massive Irritation und Entzündung der Mukosa mit sich bringt. Die Folge ist ein vermehrter Tenesmus.

BOSTEDT und THEIN (1990) raten bei akuten Fällen zur Verwendung von Sorbit-Klistieren oder salinischen Laxantien.

Viele Autoren aus dem englischsprachigen Raum empfehlen für einfachere Verstopfungsfälle neben kommerziell erhältlichen Klistieren Einläufe mit warmem Seifenwasser (KOTERBA et al. 1990; BOHANON 2005; MCAULIFFE und SLOVIS 2008). Sie können zusätzlich mit Mineralöl oder Glycerin versetzt werden (HALLEY 1987). Ebenso wird die Eingabe von Wasser gemischt mit Mineralöl (WILSON und CUDD 1990), Rizinusöl und Magnesiummilch über eine Nasen-Schlund-Sonde angeraten (HALLEY 1987; BARR 2007; MCAULIFFE und SLOVIS 2008). McCUE (2006) beschränkt die Eingabe von Mineralöl via Nasen-Schlund-Sonde auf Fohlen, die älter als 24 Stunden sind und begründet dies mit der Unklarheit bezüglich einer möglichen Behinderung der Immunglobulinresorption aus dem Kolostrum durch das Mineralöl. Mittels eines nicht evaluierten Tests auf Grundlage der sichtbaren Zerstörung des Mekoniums und der digital palpierbaren Konsistenz stellen MADIGAN und GOETZMAN (1990) fest, dass Leitungswasser und 5%ige Acetylcysteinlösung die Struktur eines Stückes Mekoniums etwas mehr als Dioctylsulfosuccinat-Lösung und deutlich mehr als Mineralöl zerstören.

Laut MEINECKE (1984) hat sich die orale Applikation von Paraffin und anderen Ölen nicht bewährt. Er weist auf die Gefahr eines Ileus hin. Dieser wird durch die aufgrund des Dehnungsreizes erhöhte Peristaltik begünstigt. Ähnliches gilt für die Eingabe von Rizinusöl. Es kann über eine Reizung der Darmwand zu einer gesteigerten Peristaltik im Dünndarm und somit zu einer Begünstigung eines Ileus führen. Dies geschieht wahrscheinlich über eine Histaminfreisetzung.

Die Verabreichung von flüssigem Paraffin über eine Nasen-Schlund-Sonde wird auch von KNOTTENBELT et al. (2007a) sehr kritisch gesehen. Aufgrund des verzögerten Wirkungseintrittes dauern Kolik und Tenesmus an. In der verstreichenden Zeit können sich sekundäre Probleme z. B. durch Ödematisierung von Urachus und Rektum entwickeln.

Durch die oben beschriebenen Seifenlaugeneinläufe kann es zu allergischen Reaktionen und in der Folge zur Entstehung von Ödemen in der Rektumschleimhaut kommen (MEINECKE 1984; BOSTEDT und THEIN 1990). Diese können lokal mit Corticosteroid haltigen Salben behandelt werden (WILSON 1987). Das von KOTERBA et

al. (1990), BOHANON (2005) und MCAULIFFE und SLOVIS (2008) genannte Volumen von ein bis zwei Litern der Seifen-Wasser-Einläufe erscheint KNOTTENBELT et al. (2007a) zu groß. Sie sehen bereits eine Menge von einem halben bis zu einem ganzen Liter als nicht empfehlenswert an.

Im Gegensatz dazu empfehlen BOSTEDT und THEIN (1990) für schwierigere und länger andauernde Fälle von Mekoniumobstipation Darmspülungen mit bis zu 5000 ml 0,9%iger Kochsalzlösung. Diese wird mit Paraffinum liquidum versetzt (50 - 100 ml / 1000 ml 0,9%ige Kochsalzlösung). Die Autoren raten zur Verwendung eines Irrigators. Der Anuskegel wird mit dem Finger verschlossen, um den Innendruck zu erhöhen. Somit wird die Wirkung verstärkt, da die Rektumampulle stärker erweitert wird und die Mekoniumballen besser umspült werden können. Wird ein gewisser Druck und Füllungszustand überschritten, presst der Patient den Enddarminhalt heraus. Danach können mit einem mit Gleitgel bestrichenen Finger verbliebene Kotballen zerkleinert und entfernt werden.

KNOTTENBELT et al. (2007a) raten wegen des Risikos der Rektumperforation von der digitalen Extraktion ab. BOSTEDT und THEIN (1990) und KNOTTENBELT et al. (2007a) stimmen überein, dass das Eingehen in das Rektum mit starren Metallgegenständen unbedingt vermieden werden soll. Im Gegensatz dazu berichten HUGHES et al. (1996) von guten Ergebnissen bei der Entfernung von festsitzenden Darmpechanteilen mittels einer Biopsiezange beim sedierten Fohlen.

Diese Methode setzt Erfahrung, ein sehr gut gleitfähig gemachtes Instrumentarium und ein sediertes oder fest fixiertes Fohlen voraus. Weiterhin sollte es nur bei Mekoniumanteilen angewendet werden, die gut ansprechbar sind und ohne exzessive Manipulation gefasst und entfernt werden können (VAALA 2011).

Darmspülungen sind auch mit bis zu fünf Litern dickschleimigem Gleitmittel möglich, die über einen Gummikatheter oder eine Janetspritze in den Darm eingebracht werden. Vergleichbar mit Einläufen von Seifenlauge besteht das Risiko von örtlichen allergischen Reaktionen der Rektumschleimhaut (MEINECKE 1984).

Zeigen die Fohlen deutliche Schmerzsymptome, ist die Gabe von Analgetika indiziert. Während HALLEY (1987) und BARR (2007) Flunixin-Meglumin als sicheres Schmerzmittel für Fohlen ansehen, weisen KNOTTENBELT et al. (2007a) auf die Risiken hin. Es kann zunehmende Kolikschmerzen überdecken und

Magenulzera hervorrufen. Die Verfasser empfehlen Butorphanol aufgrund des raschen Wirkungseintrittes.

Laut MEINECKE (1984) und BOSTEDT und THEIN (1990) hat sich Metamizol bewährt, auch in Kombination mit Scopolamini Butylbromidum.

VAAALA (2011) weist auf alle drei oben erwähnten Wirkstoffe (einzeln oder in Kombination) hin, um Automutilation während der Koliikepisoden zu verhindern. Sie rät von der Verwendung von Detomidin ab, da es stark depressiv auf Herz- und Lungenfunktion und unvorhersehbar sedierend wirkt.

CUDD (1990) nennt in seiner Aufzählung der Analgetika bei Abdominalschmerzen des neonatalen Fohlens Flunixin-Meglumin, Butorphanol, Metamizol und Detomidin. Er ordnet die Wirkung des Metamizols der des Flunixin-Meglumins unter. Detomidin bezeichnet er als extrem potent und weist auf die Schwierigkeit bei der Dosisfindung hin.

Schlagen Behandlungen mit kommerziellen Klistieren nicht an, kann ein Einlauf mit 4%iger Acetylcystein-Lösung verabreicht werden. Der Wirkstoff zerstört die Disulfidbrücken der Mekoniumbestandteile und setzt so die Viskosität herab (BARR 2007; CORLEY 2010). Diese Methode wurde erstmalig von MADIGAN und GOETZMAN (1990) aus der Humanmedizin übernommen. Sie konnten zwanzig mit Mekoniumobstipation vorgestellte Fohlen erfolgreich und ohne Nebenwirkungen behandeln. Sie verwenden eine 4%ige Acetylcystein-Lösung, deren pH-Wert sie mithilfe von Natriumhydrogencarbonat auf 7,6 einstellen. Die mukolytische Aktivität steigt mit zunehmendem pH-Wert (7 bis 9). Zur Anwendung wird ein Foley-Katheter empfohlen. Der daran befindliche Ballon verschließt beim Aufblasen Anus und Rektum. Dann werden vier bis acht fluid ounces (entspricht 120 bis 240 ml) 4%ige Acetylcystein-Natriumhydrogencarbonat-Lösung rektal appliziert, wobei das Fohlen zwar mit Zwangsmaßnahmen kontrolliert wird, aber nicht sediert ist. Die Flüssigkeit soll vier bis fünf Minuten im Rektum verbleiben, was durch den Ballon des Foley-Katheters erleichtert wird. Nach einer Stunde kann der Einlauf mit einer größeren Lösungsmenge wiederholt werden, falls kein Mekonium abgegangen ist oder eine weiter oral gelegene Obstruktion vermutet wird.

Die Angaben über den Wirkungseintritt variieren von zehn Minuten (CORLEY 2010) bis zu ein bis drei Stunden (KNOTTENBELT et al. 2007a). BOHANON (2005)

empfiehlt, die Flüssigkeit 30 bis 45 Minuten im Darm zu belassen. Diese Angaben ähneln SHAWs (1969) Ergebnissen, der in vitro den maximalen Effekt der Viskositätsreduktion des 4%igen Acetylcysteins auf Mekonium bei fünf Minuten konstatiert, wenn Mekonium und Lösung miteinander verrührt werden. Gibt man die Lösung auf einem gläsernen Objektträger zu einem Mekoniumball, stellt sich der maximale „loosening“-Effekt nach 30 Minuten ein. Shaw fand in seinen Versuchen mit Hundewelpen außerdem, dass die Wirkung nicht mit steigender Konzentration zunimmt und eine 4%ige Lösung keine unerwünschten Nebenwirkungen hervorruft wie z. B. Ulzerationen der Mukosa oder übermäßige Flüssigkeitstranssudation in das Darmlumen. Er nutzt Wasserstoffperoxid, um den pH-Wert zur Effektivitätssteigerung zu erhöhen.

In einer retrospektiven Studie über Daten aus den Jahren 1987 - 2002 ermittelten PUSTERLA et al. (2004) die Wirkung von 4%igen Acetylcystein-Klistieren bei Fohlen mit Mekoniumobstipation. 44 Fohlen wurden in die Studie aufgenommen, davon wurden 41 nach dieser Methode behandelt. Die drei übrigen Neonaten wurden auf Wunsch der Besitzer chirurgisch versorgt. Bei allen 41 Patienten verlief die konservative Therapie mit Acetylcystein-Einläufen erfolgreich. Im Durchschnitt wurden 1,5 Klistiere verabreicht ohne nachfolgende unerwünschte Nebenwirkungen. In 95 % der Fälle löste sich die Verstopfung innerhalb von 24 Stunden nach Behandlungsbeginn. Die Autoren betonen die Steigerung der Wirkung durch Alkalisierung der Lösung mit Natriumhydrogencarbonat und die optimale Anwendungszeit von 30 bis 45 Minuten.

Besteht die Mekoniumobstipation nach initialer Behandlung mit Klistieren fort, kann eine Hyperinfusionstherapie über intravenöse Flüssigkeitszufuhr versucht werden (MCAULIFFE und SLOVIS 2008). Voraussetzung ist allerdings, dass das Fohlen keine weiteren Erkrankungen aufweist (WILSON und CUDD 1990).

KNOTTENBELT et al. (2007a) raten von dieser Maßnahme ab, da Jungtiere eine Überlastung des Kreislaufs mit Flüssigkeit deutlich schlechter tolerieren als erwachsene Tiere. Es besteht ein erhöhtes Risiko des Lungenödems.

Eine angemessene Flüssigkeitszufuhr ist aber angezeigt, da die Fohlen oft sehr geschwächt sind. Dabei hat sich die adäquate Infusion von Glukose- und Elektrolytlösung bewährt. Ein zu niedriger Blut-pH-Wert kann durch Infusion von Natriumhydrogencarbonat ausgeglichen werden (BOSTEDT 1987). Ein durch intravenöse Flüssigkeitszufuhr erreichter normaler Hydratationsstatus kann helfen, die Fäzeskonsistenz

weicher werden zu lassen. Ein Ausgleich von Elektrolytimbalancen kann unterstützend auf die intestinale Motilität wirken (PUSTERLA et al. 2004). Orale Aufnahme von Flüssigkeit ist wünschenswert, weil sie zusätzlich die Darmmotilität anregt und so den Mekoniumabsatz fördert (KÖHLER und LEENDERTSE 1996). Sind die Fohlen durch den Krankheitszustand oder mehrere Spülungen zu geschwächt zur oralen Flüssigkeitsaufnahme, werden sie zusätzlich zum Dauertropf durch Sondenfütterung mit Kolostrum versorgt. Ist keine Biestmilch der Mutterstute verfügbar, kann ein heterologes Kolostrum verfüttert werden. Diese einer Immunsuppression entgegenwirkende Maßnahme ist nur bei wenige Stunden alten Neonaten sinnvoll. Zusätzlich raten BOSTEDT und THEIN (1990) zur Antibiotikagabe und Paraimmunisierung.

HUGHES et al. (1996) berichten von einer möglichen entstehenden Prädisposition für Clostridien-Enteritis, da vermutlich durch die Verstopfung bei andauernder Milchzufuhr ein anaerobes Milieu geschaffen wird. Sie beobachteten fulminante blutige Enterocolitiden bei Fohlen nach erfolgreicher medikamentöser Behandlung der Mekoniumobstipation und verweisen auf die Bedeutung der antimikrobiellen Begleittherapie.

Nach lang dauernder konservativer Behandlung ist es möglich, dass die Fohlen weiterhin Erkrankungssymptome zeigen, obwohl das Mekonium vollständig abgegangen ist. Dieses Phänomen ist auf die Entzündung der Mucosa des Colons und Rektums zurückzuführen, die durch wiederholte Klistierapplikation hervorgerufen wird (MADIGAN und GOETZMAN 1990).

#### 2.2.5.2 Chirurgische Behandlung

Ein chirurgischer Eingriff ist angezeigt, wenn nach mehreren Klistieren und/oder Spülungen kein oder nur wenig Kotabgang verzeichnet werden kann. Weitere Indikationen sind erhebliche Verletzungen der Darmschleimhaut durch starken Tenesmus oder Manipulationen von außen und Vermutung oder Bestätigung einer frischen Darmperforation (BOSTEDT und THEIN 1990). Zusätzlich sehen SOBIRAJ et al. (2000) mangelndes Stehvermögen, Fehlen des Saugreflexes, eindeutigen Nachweis durch Sonographie oder einen erfolglosen konservativen Therapieversuch als absolute Indikation zur Operation an. Mehrfache konservative Behandlungsversuche in Verbindung mit längeren Wartezeiten bergen die Gefahr, dass die Tiere nach

irreversiblen Veränderungen am Darm während der Laparotomie nur noch euthanasiert werden können.

Nach ADAMS et al. (1988) sind andauernde Schmerzen und/oder eine fortschreitende Zunahme der Blähung des Bauches die wichtigsten Kriterien für die Entscheidung zum chirurgischen Vorgehen. Die Studie von ADAMS et al. befasst sich retrospektiv mit Probelaaparotomien bei 20 Fohlen mit gastrointestinalen Beschwerden, darunter auch ein Neonat mit Mekoniumobstipation im Colon descendens.

Da mit fortschreitender Erkrankungsdauer die Intoxikationsgefahr steigt, sollte nach erfolgloser konservativer Behandlung nicht mit dem chirurgischen Vorgehen gewartet werden (MEINECKE 1984). In besonders schweren Fällen kann es durch die extreme Aufweitung des Abdomens zu respiratorischen Einschränkungen kommen, die eine chirurgische Behandlung erzwingen. Weiterhin nennt WILKINS (2006) die Gefahr der abdominalen Hypertension und des abdominalen Kompartmentsyndroms, die schnelles operatives Eingreifen erforderlich machen können. Um der Beeinträchtigung der Atmung entgegen zu wirken, kann eine Dekompression durch perkutane Trokarisation hilfreich sein. Dazu wird der Neonat sediert, in Seitenlage fixiert und die *Fossa paralumbaris* rasiert und aseptisch vorbereitet. Auf den Trokar wird eine Verlängerung aufgesetzt, deren Ende nach Einstich in den Darm in ein z. B. mit steriler Kochsalzlösung gefülltes Gefäß gehalten wird. Über den Austritt von Gasbläschen in die Flüssigkeit kann das Entweichen von Gas überprüft werden. Die beschriebene Prozedur kann Schmerzen des Patienten erheblich lindern und trägt somit zur Reduktion der Gabe von Analgetika bei, die – noch erhöht durch extreme Kolikschmerzen - die Darmmotilität herabsetzen und zu respiratorischer Depression führen können (VAALA 2011).

Zur Operationsvorbereitung sind das Legen eines Venenkatheters und die Anfertigung eines Blutbildes mit Elektrolytstatus unerlässlich. Auf Grundlage der Blutwerte wird der Dauertropf mit Elektrolyt- und Glukoselösung zusammengestellt (BOSTEDT und THEIN 1990).

Nach Ausbinden in Rückenlage muss das Abdomen des narkotisierten Patienten von der *Regio xiphoidea* bis zur *Regio pubis* nach Grundsätzen der allgemeinen Chirurgie vorbereitet werden. Der Zugang erfolgt bei Stutfohlen median, vom Gesäugeansatz ausgehend und endet mit einer bogenförmigen Umschneidung des Nabels. Bei

Hengstfohlen wird mit einem paramedianen Hautschnitt begonnen, der parallel zum Präputium verläuft. Darauf folgt eine subkutane Präparation in den medianen Bereich um in der *Linea alba* die Bauchhöhle zu eröffnen. Gemäß dem in der Studie von SOBIRAJ et al. (2000) beschriebenen Ablauf wird dann der Bauchsitus bewertet, um Tiere mit inoperablen Veränderungen zu euthanasieren. MEINECKE (1984) empfiehlt den Flankenschnitt, da bei Wundheilungsstörungen eine Hernienbildung sehr unwahrscheinlich ist. Der Schnitt sollte kaum größer als die Hand des Operateurs gewählt werden, so dass dieser in der Bauchhöhle die Mekoniumballen durch die Darmwand zerkleinern kann. Anschließend folgt eine der Peristaltik ähnelnde, analswärts gerichtete Massage, um die Mekoniumteile aus dem Darm hinauszubefördern. Ein Klyisma mit Gleitmittel kann unterstützend das Darmlumen gleitfähig machen. Eine zu stark forcierte Expression kann zu Perforation oder Ruptur führen. Diese Verletzungen entstehen besonders bei länger andauerndem Krankheitsgeschehen, wenn die Kotballen eine steinharte Konsistenz angenommen haben. In diesem Fall muss die Laparotomiewunde für eine Enterotomie erweitert werden. Sie geht nach der Einschätzung von SOBIRAJ et al. (2000) mit einer geringeren Belastung für den Patienten einher, da sich bei alleiniger Massage des betroffenen Darmabschnittes schon nach kurzer Zeit Fibrinbeläge bilden. Der betroffene Darmabschnitt wird zur Enterotomie aus der Bauchhöhle vorverlagert und über einem Darmpechball wird antimesenterial eine längs verlaufende Inzision gesetzt. Das entsprechende Kotstück kann nun mit einem sterilen Tupfer umschlossen und herausgenommen werden. Weitere Mekoniumballen werden nacheinander zur Enterotomiestelle massiert und ebenfalls entfernt. Die Autoren warnen vor einer Verschmutzung der Bauchhöhle und ihrer Organe mit Kot. Wiederholte Spülungen des Darmkonvoluts und eine abschließende Bauchhöhlenlavage mit isotonischer Kochsalzlösung haben sich bewährt. Um die vollständige Entfernung des Mekoniums zu überprüfen wird von caudal ein Gummikatheter eingeführt.

Nach einer gründlichen Kontrolle des Darmes wird die Inzision mit einer doppelten Lembertnaht vernäht. Die Laparotomiewunde wird dreifach verschlossen, bei Bedarf mit Einlage einer Drainage. Nach der Operation muss das Fohlen warmgehalten werden, da z. B. eine Rotlichtbestrahlung einer herabgesetzten Darmmotilität entgegenwirkt und so das Risiko einer atonischen Obstipation vermindert. BOSTEDT und THEIN (1990) empfehlen weiterhin eine Antibiotika-Gabe über fünf Tage, die

Verabreichung von Metamizol je nach Schmerzsymptomatik und die Fortsetzung der Infusionen. Zusätzlich zu dieser medikamentösen Begleittherapie empfiehlt HUNT (1988) die Verwendung von Antacida und Histamin-H<sub>2</sub>-Rezeptorblocker zur Vermeidung von Magenulzerationen. Deren Entstehung werde durch den kombinierten Stress aus Krankheit, Transport und Operation gefördert.

Bestehen auch nach der Operation respiratorische Einschränkungen fort, können eine intranasale Sauerstoffinsufflation und die Überwachung der arteriellen Blutgase erforderlich sein (WILKINS 2006).

HUGHES et al. (1996) legen ihre Resultate über chirurgische Intervention bei einer Serie von Fällen mit Mekoniumobstipation bei Fohlen dar. Von den zwischen 1984 bis 1992 im Peterson and Smith Equine Hospital in Ocala (Florida) mit diesem Krankheitsbild vorgestellten 24 Fohlen sprachen acht nicht auf die konservative Therapie mit Einläufen an, so dass eine Laparotomie erfolgte. Die Verstopfung wurde bei sechs Tieren durch Massage des Darmes behoben, während ein Klistier appliziert wurde. Bei zwei Neonaten wurde eine Enterotomie im Bereich der Beckenflexur des Kolons durchgeführt. Die Operationen dauerten durchschnittlich 90 Minuten. Alle Fohlen überlebten die Eingriffe und wurden nach durchschnittlich sechs Tagen entlassen.

#### 2.2.6 Prognose

In den meisten Fällen kann erfolgreich konservativ behandelt werden. LEENDERTSE und BOENING (1991) berichten, dass von 128 Fohlen elf mit dem Vorbericht „Mekoniumobstipation“ überwiesen wurden, die alle mindestens 24 Stunden mit Spasmolytika – auch in Verbindung mit Metamizol – und Rektalspülungen vorbehandelt waren. Bei allen elf Neonaten konnte die Obstipation durch weitere Klysmen, Paraffinöl per os, Spasmolytikagabe und Neostigmintropf erfolgreich beseitigt werden. Sieben der Fohlen hatten zusätzliche mit der Verstopfung in Zusammenhang stehende Komplikationen. Bei zwei Fohlen war die Kornea durch häufiges Liegen verletzt worden. Ein Fohlen war erschöpft und unterernährt und hatte eine Pneumonie durch das übermäßige Liegen auf zu kaltem Boden. Durch die häufige Bauchpresse kam es bei vier Fohlen zu einer Urachusfistel. Auch McCUE (2006) beschreibt das Risiko, dass sich der Urachus durch ausgeprägten Tenesmus wieder öffnet. Durch Tenesmus und das

entzündete Darmepithel kann es zur Verschleppung von Bakterien und somit zur Sepsis kommen. In einer retrospektiven Studie von KOTERBA et al. (1984), die 38 septikämische Neonaten umfasst, wird die Omphalophlebitis bei Fohlen nach dem siebten Lebenstag als Ausgang für eine Septikämie angesehen. Sowohl der Respirations- als auch der Gastrointestinaltrakt sind weit häufiger die Eintrittspforten für Erreger.

THEIN und ESSICH (1993) untersuchten die Fohlenjahrgänge 1982 bis 1991 des Haupt- und Landesgestütes Marbach auf Fohlenerkrankungen und Abgänge. In ihrem Untersuchungsgut fiel die Tendenz auf, dass Fohlen mit Mekoniumobstipation, die bei ihrer Geburt keinerlei Anzeichen einer Infektion zeigten, bakterielle Infektionen im Sinne der Fohlenlähme entwickelten mit variierendem Schweregrad und zeitlichem Abstand. Die Autoren vermuten deshalb die Obstipation als endogenen Stressor für nachfolgende Infektionen. Ferner sehen sie einen Zusammenhang zwischen der Mekoniumobstipation und der Unfähigkeit zum Urinabsatz, deren Ursache eventuell eine fehlerhafte Reflexbahnung ist.

Die Darmpechobstipation beim Fohlen kann gleichzeitig mit einem Uroperitoneum auftreten, da es durch das andauernde Pressen auf Kot sekundär zur Blasenruptur kommen kann (BARR 2007). In einer Studie zu Acetylcystein-Klistieren von PUSTERLA et al. (2004) mit 44 Fohlen kam es bei drei Fohlen zu einer Blasenruptur. Ein weiteres Fohlen hatte eine atonische Blase. Als Erklärungsmöglichkeiten führen die Autoren die oben erwähnte Hypothese bezüglich des Tenesmus und eine vorübergehende Störung im autonomen Nervensystem an.

SCARRATT et al. (1997) beschreiben einen möglichen Zusammenhang zwischen einer Mekoniumobstipation und eines Chylothorax bei einem einen Tag alten Quarter Horse-Hengstfohlen. Die Autoren nehmen an, dass durch die abdominalen Schmerzen und den Tenesmus der intrathorakale Druck angestiegen sein kann, der dann zum Chylothorax geführt haben kann.

HUGHES et al. (1996) und PUSTERLA et al. (2004) schildern unabhängig voneinander eine Verbesserung der Prognose durch die Verwendung von Acetylcystein-Klistieren. PUSTERLA et al. (2004) berichten dazu eine geringere Anzahl Operationen und eine Verkürzung der Aufenthaltsdauer in der Klinik und somit auch eine Verringerung der Kosten für den Besitzer. HUGHES et al. (1996) haben seit der

Einführung von Klistieren mit Acetylcystein-Lösung bis zur Veröffentlichung ihrer Studie die Mekoniumobstipation nicht mehr chirurgisch therapieren müssen. In diesem Zeitraum wurden ihnen ausschließlich Patienten mit Verstopfungen vor dem Beckeneingang vorgestellt.

Die Studie von SOBIRAJ et al. (2000) schließt 86 Fohlen mit Darmpechverstopfung ein. Davon wurden 35 (41 %) erfolgreich konservativ therapiert. Einer chirurgischen Behandlung wurden 51 Tiere (59 %) unterzogen. Aufgrund einer infausten Prognose, die während des Bauchsitus erhoben wurde, mussten neun Fohlen sofort euthanasiert werden. Sieben Patienten wurden in der Zeit nach der Operation euthanasiert. Die Diagnosen lauteten: Volvulus, Uroperitoneum und fünfmal septische Peritonitis. Da ein kausaler Zusammenhang zwischen Volvulus bzw. Uroperitoneum und der Operation im Nachhinein nicht nachprüfbar ist, ergibt sich eine Erfolgsquote der Operationen von 88 % (37 von 42 erfolgreich operiert). 35 operierte Fohlen wurden als gesund entlassen. Ein Jungtier musste nach einem Jahr aufgrund von Adhäsionen euthanasiert werden. Somit ergibt sich eine langfristige Erfolgsquote der Mekoniumfälle von 81 %, wenn alle letalen Umstände post operationem beachtet werden.

In einer Arbeit von HUGHES et al. (1996) werden acht Fohlen aufgrund einer Mekoniumobstipation operiert und gesund entlassen. Für sieben Patienten liegen weitere Informationen vor, nach denen ein Pferd aufgrund orthopädischer Erkrankungen und zwei aufgrund von Koliken durch Adhäsionen euthanasiert wurden. Vier der sieben Vollblüter konnten später an Rennen teilnehmen, eins davon mit wiederkehrenden leichten Kolikeypisoden. Damit ergibt sich eine Überlebensrate von 71 % nach einem Jahr und 57 % nach mehr als einem Jahr. Die Verfasser vermuten, dass das Überleben von der Lokalisation der Verstopfung und der chirurgischen Behandlungsmethode abhängig ist.

Unter den Probanden einer Untersuchung von VATISTAS et al. (1996) zur chirurgischen Intervention und post-operativen Entwicklung von Fohlen mit Kolik waren zwei Tiere mit Mekoniumobstipation. Eines davon wurde nach der Operation, bei der die Darmpechballen analwärts massiert wurden, gesund entlassen. Das andere entwickelte post operationem eine Enteritis und Magenulzera, an deren Perforation es starb. Bei diesem Fohlen wurde Natriumdioctylsulfosuccinat in die Obstipation aus

Fohlenpech injiziert. Insgesamt erreichten zehn Prozent der Fohlen, die bei der Operation 14 Tage alt oder jünger waren, das Erwachsenenalter.

CABLE et al. (1997) veröffentlichten eine Fallserie über 119 Fälle von Laparotomien beim Fohlen. 53 Patienten (45 %) wurden als Neonaten vorgestellt, was in der Studie einem Alter von maximal drei Monaten entspricht. Eine Mekoniumobstipation wiesen acht Tiere auf, bei drei dieser Patienten wurde eine erfolgreiche Enterotomie durchgeführt. Es gab einen Todesfall durch eine septische Peritonitis nach der Operation. Für den gesamten Patientensatz wurde unabhängig von der Lokalisation der pathologischen Veränderungen (kleines oder großes Kolon) eine langfristige Überlebensrate von 45 % errechnet.

An der Klinik für Pferde der tierärztlichen Hochschule Hannover wurden innerhalb von sechs Jahren 83 Fohlen aufgrund von Koliksymptomen einer Laparotomie unterzogen. Darunter litten 15 Patienten an einer Mekoniumobstipation, 13 davon wurden gesund entlassen. Insgesamt überlebten 79 % die Operation und 59 % wurden gesund entlassen (BARTMANN et al. 2001).

Das einzige Fohlen mit Mekoniumobstipation des kleinen Kolons in der Studie zu Laparotomien bei Fohlen (n = 20) von ADAMS et al. (1988) wurde drei Wochen nach dem Eingriff euthanasiert.

Die Ergebnisse dieser Studien sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Anteil und Erfolg konservativer und chirurgischer Therapie bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den betrachteten Studien der Jahre 1988 bis 2001

	n	konservativ behandelt	gesund entlassen	chirurgisch behandelt	gesund entlassen
LEENDERTSE u. BOENING (1991)	11	11	11		
SOBIRAJ et al. (2000)	86	35	35	51	35
HUGHES et al. (1996)	8			8	8
VATISTAS et al. (1996)	2			2	1
CABLE et al. (1997)	8	5	5	3	2
BARTMANN et al. (2001)	15			15	13
ADAMS et al. (1988)	1			1	

ROHRBACH et al. (2006) stellen ein durch logistische Regression gewonnenes Modell zur Überlebensprognose aller in Kliniken aufgenommenen Fohlen ohne Einschränkung auf Patienten mit Mekoniumobstipation vor. In ihre Untersuchung wurden 910 bis zu eine Woche alte Fohlen einbezogen. Sie setzen dabei ein Überleben mit einer Entlassung aus der Klinik gleich. Tod durch Spätfolgen z. B. innerhalb einer Jahresfrist wird nicht erfasst. Die durch die Regression ermittelten Haupteinflussfaktoren für das Überleben sind Alter des Fohlens, Vorhandensein des Saugreflexes, Stehvermögen, Leukozytenzahl (WBC), Kreatinin und Anionenlücke. Höhere Überlebenschancen haben z. B. Tiere mit erhaltenem Saugreflex (13fach im Vergleich zu Fohlen ohne Saugreflex). Bei der Erstvorstellung mindestens einen Tag alte Neonaten haben eine dreieinhalbfach höhere Überlebensrate als Fohlen, die jünger sind als einen Tag. Die größte statistische Aussagekraft hat das Stehvermögen des Fohlens. Festliegend eingelieferte Patienten haben eine 17fach geringere Überlebensrate als stehend eingelieferte Tiere.

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Tiere**

Für die Untersuchung wurden die Patientendaten von 148 Fohlen mit Mekoniumobstipation ausgewertet, die in den Jahren 2005 bis 2013 in die Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit Tierärztlicher Ambulanz der Justus-Liebig-Universität Gießen eingeliefert bzw. in der Klinik geboren wurden. Die einbezogenen Fohlen waren jünger als neun Tage bei ihrer Einlieferung.

#### **3.2 Methode**

##### **3.2.1 Datenarchivierung und Bearbeitung**

Die Datenarchivierung erfolgte für die Jahre 2005 bis 2009 in Aktenordnern des Archivs bzw. der Bibliothek der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit Tierärztlicher Ambulanz der Justus-Liebig-Universität Gießen in alphabetischer Reihenfolge der Nachnamen der Tierbesitzer. Die Daten aus den Jahren 2010 bis 2013 wurden mittels der Software EasyVET® der Firma IFS GmbH archiviert. Die Auswertung erfolgte für die Jahre 2005 bis 2013 retrospektiv. Die Daten wurden mittels des Programms Excel® von Windows Vista® (Firma Microsoft) in Tabellenform gebracht. Jedem Fohlen wurde eine fortlaufende Nummer zugeordnet. Die weiteren Patientendaten wurden bei der Eingabe in die unten aufgeführten Gruppen kategorisiert.

##### **3.2.2 Umgang mit fehlenden Datenwerten**

14 Fohlen wurden aufgrund vollständig fehlender Blutwerte vom Einlieferungstag ausgeschlossen. Die verbleibenden 134 Fohlen wiesen nur vereinzelte Datenlücken auf. Diese Daten gelten als unverzichtbar, weil im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Auswirkungen der Krankheit auf diese Werte als wesentlich für die Prognose eingestuft sind.

In allen Kreuztabellen zur Darstellung von bivariaten Zusammenhängen wurden nur solche Fälle eingeschlossen, die für beide Variablen einen Dateneintrag haben. Die so beschriebene Fallzahl  $n$  wurde in jedem Fall mit angeführt.

Werden in einem Sachzusammenhang zwei oder mehr Merkmale gemeinsam betrachtet oder verarbeitet (z.B. beim t-Test), so werden aus den 134 Fällen nur solche dieser Verarbeitung zugeführt, die zu jedem der betrachteten Merkmale einen Dateneintrag haben.

Zur Bestimmung des optimalen Trennwertes wurden genau die Fälle herangezogen, die die prädiktiven Merkmale zur entsprechenden Zielgröße ohne Ausnahme besetzt haben. Diese Eingrenzung war erforderlich, weil die mathematische Prognosefunktion Werte zu den genannten Eingangsvariablen verlangt und die Zielgröße der Vergleichswert zur berechneten Prognosewahrscheinlichkeit ist.

### 3.2.3 Allgemeine Daten

Es wurde der Besitzer und dessen Telefonnummer, der Name des Fohlens, die Rasse sowie das Geschlecht erfasst. Es fand eine Unterscheidung zwischen männlichen und weiblichen Fohlen statt.

### 3.2.4 Spezielle Tierdaten

Es erfolgte eine Erfassung des Vorliegens einer Dystokie, des Reifegrades des Fohlens, der Symptome und ihres Anfangszeitpunktes sowie des Alters bei Einlieferung. Darüber hinaus wurden die Vorbehandlung durch den Besitzer und / oder den Haustierarzt und der bisherige Mekoniumabgang vermerkt. Als Dystokie galten alle Geburtsabläufe außer einer beobachteten oder unbeobachteten Spontangeburt. Die Bewertung stützte sich bei nicht in der Klinik geborenen Fohlen auf die Aussage des Besitzers oder vorrangig auf die des überweisenden Haustierarztes. Den Patienten wurden die Reifegrade matur bzw. prätmatur zugeordnet. Prätmature Fohlen zeichneten sich durch eine Gestationsdauer von weniger als 320 Tagen, ein niedriges Geburtsgewicht und Lebensschwäche aus. Sie verfügten über ein sehr kurzes, seidiges Haarkleid und weiche Ohrknorpel (KOTERBA 1990). Als weitere Kennzeichen für Prätmaturität wurden eine fetale Kopfform des Fohlens und noch nicht durchgebrochene Prämolare gewertet. Anfangszeitpunkt der Symptome sowie das Alter bei Einlieferung wurden in Lebensstunden vermerkt. Begannen die Symptome unmittelbar nach der Geburt, wurde dieser Anfangszeitpunkt aus berechnungstechnischen

Gründen (Logarithmieren des Merkmals) auf 0,5 Stunden festgelegt, ebenso das Alter bei Einlieferung.

### 3.2.5 Falldaten

Die klinische und labordiagnostische Untersuchung am Tag der Einlieferung sowie das Allgemeinbefinden und labordiagnostische Untersuchungsparameter an zwei weiteren Behandlungstagen wurden erfasst. Aufgrund von Lücken im Datenmaterial konnten neben den Blutwerten von dem Tag der Einlieferung nicht stringent Laborparameter am dritten und fünften Behandlungstag erhoben werden. In diesen Fällen wurde auf die Werte des zweiten bzw. vierten Behandlungstages zurückgegriffen. Für jeden Neonaten wurden die Ergebnisse der labordiagnostischen Untersuchungen des ersten Behandlungstages und zweier weiterer Tage für die Datenanalyse verwendet. Des Weiteren wurden Begleiterkrankungen und ein möglicher rektaler Nachweis von Mekonium berücksichtigt. Ebenso wurden die Therapie, die Komplikationen, die Aufenthaltsdauer in der Klinik in Tagen und das Schicksal bzw. der Gesundheitszustand bei Entlassung aufgenommen, zusätzlich das Alter und die Parität der Mutterstuten. Unter dem Begriff Parität wurde die Anzahl der Geburten der Stute inklusive der Geburt des betroffenen Fohlens erfasst. Soweit möglich erfolgte zu allen chirurgisch versorgten Fohlen und zu weiteren 20 konservativ therapierten Fohlen ein telefonisches Follow-up frühestens ein Jahr nach der Entlassung. Die Besitzer wurden befragt, ob das Tier noch in Besitz sei und wie es genutzt werde. Weitere Erkrankungen und das Auftreten von Kolihsymptomen im ersten Lebensjahr wurden erfragt. Bezüglich der Stuten wurden weitere Paritäten und das Auftreten von Darmpechverhaltungen bei diesen später geborenen Fohlen erfasst.

#### 3.2.5.1 Allgemeine klinische Untersuchung

Die allgemeine klinische Untersuchung der Fohlen erfolgte unmittelbar nach der Einlieferung bzw. nach der Geburt. Der segmentale Untersuchungsgang wurde nach einem verbindlichen Schema durchgeführt. Daraus wurden folgende Werte in die vorliegende Studie aufgenommen:

- Puls- und Atemfrequenz pro Minute

- Rektale Körpertemperatur in Grad Celsius
- Allgemeinbefinden
- Stehvermögen

Der Zustand des Allgemeinbefindens wurde in vier mögliche Kategorien unterteilt:

- ungestört
- mäßig gestört,
- hochgradig gestört, schlecht
- komatös

Ein Fohlen zeigte sich von ungestörtem Allgemeinbefinden, wenn es aufmerksam und an seiner Umwelt interessiert war. Ein mäßig gestörtes Allgemeinbefinden ging mit einer verminderten Reaktion auf Umweltreize und einem reduzierten Interesse an der Umwelt einher. Ein hochgradig gestörtes Allgemeinbefinden bedeutete, dass das Fohlen bei erhaltenem Stehvermögen kaum Interesse an seiner Umwelt zeigte. Das Bewusstsein komatöser Fohlen war so stark beeinträchtigt, dass sie keine Reaktion auf äußere Umweltreize zeigten.

Das Stehvermögen wurde nach folgenden Kriterien beurteilt:

- erhalten
- nur mit Hilfe
- festliegend
- in Seitenlage

Fohlen mit erhaltenem Stehvermögen waren uneingeschränkt in der Lage, sich aus einer liegenden Position aufzustellen und ihr Gewicht im Stand zu halten. Nur mit Hilfe stehfähige Fohlen konnten eventuell allein aufstehen, nicht aber ohne Hilfe dauerhaft stehen. Festliegende Fohlen befanden sich in Brustbauchlage ohne die Möglichkeit aufzustehen. In die vierte Kategorie wurden die Fohlen eingruppiert, die sich nicht selbstständig aus der Seitenlage aufrichten konnten.

### 3.2.5.2 Labordiagnostische Untersuchung

#### **Blutprobenentnahme und Probenvorbereitung**

Den Fohlen wurden je nach Indikation mehrfach Blutproben entnommen. Sie wurden fixiert und die Vena jugularis externa wurde nach Desinfektion der Entnahmestelle mit 70%igem Alkohol gestaut. Entweder folgte das Legen einer Vygonüle S®-Venenerweilkanüle mit Griffplatte der Firma Vygon, 14 G oder die Punktion mit einer Sterican®-Einmal-Injektionskanüle der Firma Braun, 20 G. Abhängig vom Krankheitsbild wurden folgende Röhrchen mit Blut befüllt und nach dem Verschluss leicht in der Hand geschwenkt:

- EDTA-Röhrchen (1,3 ml, KE/1.3, Firma Sarstedt)
- Lithium-Heparin-Röhrchen (4,5 ml, Firma Sarstedt)
- Arterial Blood Sampler® (2 ml, PICO 50, Firma Radiometer Copenhagen)

Die Venenerweilkanüle wurde mit einem Vasofix® Mandrin der Firma Braun, 18 G verschlossen. Die Befestigung an der Haut erfolgte mit dem Faden Supramid White®, USP 2/9, EP 3 der Firma Polysuture A.G. Die Proben wurden im klinikeigenen Labor untersucht. War dies aus zeitlichen Gründen nicht sofort möglich, wurden sie kurzzeitig auf einem Schwenker (Labor Brand 28000®) platziert. Das Plasma wurde vor der labordiagnostischen Untersuchung bei 20°C für fünf Minuten bei 4000 Umdrehungen zentrifugiert (Bottina 35 R, Firma Hettich).

#### **Rotes und weißes Blutbild**

Im Labor der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit Tierärztlicher Ambulanz der Justus-Liebig-Universität Gießen fand die Analyse der Parameter des roten und weißen Blutbildes mit einem Cell-Dyn® 3500 (Firma Abbott) statt. Dieses Gerät setzt sich aus einer Analyseeinheit, einer Datenstation und einem Drucker zusammen. Zu Beginn werden 130 µl Vollblut aus einem offenen Probenröhrchen angesaugt und auf mehrere Messkanäle verteilt. Die Analyse der Erythrozyten erfolgt dabei in einem Widerstandsmesskanal. Nach Verdünnung der Blutprobe wird diese in eine unter Strom stehende Messöffnung geleitet. An dieser Stelle wird über Widerstandsmessungen das Zellvolumen bestimmt. Mithilfe einer Koinzidenz-Korrektur erfolgt die Berechnung der absoluten Zellkonzentration. Die

Trennung von Thrombozyten und Erythrozyten basiert auf den unterschiedlichen Zellvolumina. Die Datenstation stellt die Größenverteilungskurve in Form eines Histogramms dar. Der Hämatokrit und die Erythrozytenindizes werden aus der Erythrozytenkonzentration berechnet und aus den Histogrammen abgeleitet. Die Bestimmung von Hämoglobin erfolgt photometrisch nach Lyse der Erythrozyten in einer Durchflussküvette. Die Leukozytenkonzentration wird ebenfalls durch eine Widerstandsmessung bestimmt. Im nächsten Schritt finden die Ermittlung der Gesamtleukozytenzahl sowie die optische Differenzierung der Leukozyten in eosinophile, basophile und neutrophile Granulozyten, Monozyten und Lymphozyten nach dem Prinzip der Mehrwinkelstreudepolarisierung (MAPSS™) statt.

### **Säure-Basen-Haushalt und klinische Chemie**

Der Säure-Basen-Status, die Konzentration der Elektrolyte Natrium, Kalium, Chlorid und ionisiertes Kalzium sowie von Laktat und Glukose wurden mit dem ABL® SYSTEM 800 der Firma Radiometer Copenhagen analysiert. Die Messung der Elektrolyte erfolgt durch Potenzialbestimmungen entlang der Membran Ionen-selektiver Elektroden. Dieses Potenzial ist abhängig von der Differenz zwischen den Ionenkonzentrationen in der Blutprobe und in der Elektrode. Zur Messung der Laktat- und Glukosekonzentration werden amperometrische Elektroden verwendet, die mit Laktat-Oxidase bzw. Glukose-Oxidase überzogen sind. Laktat bzw. Glukose werden zersetzt, dabei entsteht unter anderem Wasserstoffperoxid. Über die Zunahme der Wasserstoffperoxidkonzentration und die damit einhergehende Steigerung des Elektronenflusses wird die direkt proportionale Laktat- oder Glukosekonzentration bestimmt. Der pH-Wert wird mittels einer pH-empfindlichen Glaselektrode gemessen. Das Potenzial an der Glaselektrode wird von einem Voltmeter gemessen und ist abhängig von dem pH-Wert der Blutprobe, mit der sie in Berührung kommt, und somit von der Wasserstoffionenaktivität. Die aktuelle Basenabweichung wird aus dem pH-Wert, dem  $p\text{CO}_2$  und der Temperatur berechnet.

An Werktagen wurde die Harnstoffkonzentration vollenzymatisch in einer kinetischen Bestimmung mittels der GLDH-Methode bestimmt. Verwendung fand dabei die Testkombination Harnstoff UV, kinetisch® der Firma Labor + Technik Eberhard Lehmann. Dabei wird durch das Enzym Urease der Harnstoff zu Ammoniak und  $\text{CO}_2$

hydrolysiert. Im nächsten Schritt wird Ammoniak durch die Glutamatdehydrogenase und  $\alpha$ -Ketoglutarat zu Glutamat umgesetzt. Gleichzeitig läuft eine Indikatorreaktion mit NADH ab. Die Differenz der Extinktionen beider Reaktionen ist proportional zur Harnstoffkonzentration in der Probe. In den Wochenend- und Nachtdiensten erfolgte die Analyse des Harnstoffgehaltes mit Hilfe eines Reflotron Harnstoff Test® trocken-chemisch. In mehreren chemischen Reaktionen wird Wasserstoffperoxid gebildet, das nach Zugabe eines Indikators einen Farbumschlag bewirkt, der mittels Extinktionsmessung bestimmt wird. Die Konzentrationen von Wasserstoffperoxid und Harnstoff in der Probe sind direkt proportional zueinander.

Die Bestimmung der Kreatininkonzentration erfolgte werktags durch die Jaffé-Reaktion in der Testkombination CREATININ Jaffé, kinetisch ohne Enteiweißung® der Firma Labor + Technik Eberhard Lehmann. In alkalischer Lösung bildet Kreatinin mit Pikrat einen gelborangen Komplex, dessen Farbintensität photometrisch ermittelt werden kann und direkt proportional zum Kreatiningehalt ist. Nachts und am Wochenende wurde Kreatinin mittels des Reflotron Creatinine-Tests® bestimmt, der eine ähnliche Funktionsweise aufweist wie der Reflotron Harnstoff Test®.

Die Gesamtkonzentration des Bilirubins wurde an Werktagen mit dem Test BILIRUBIN Gesamt und Direkt® der Firma Labor + Technik Eberhard Lehmann nach der Methode von Jendrassik & Grof analysiert. Der aus der Bilirubinfraktion gebildete blaue Azofarbstoff wird dabei mittels Extinktion gemessen. In Nacht- und Wochenenddiensten fand der Reflotron Bilirubin-Test® Verwendung.

Die Konzentration des Gesamtproteins wurde mittels eines Handrefraktometers HRM 18® der Firma Krüss gemessen. Dazu wurde ein Tropfen Plasma der Probe auf die Glasfläche des Refraktometers aufgebracht und der Wert auf der Skala abgelesen.

Die Aktivität der Glutamatdehydrogenase wurde unter Zuhilfenahme einer Testkombination GLDH opt. DGKC® der Firma Labor + Technik Eberhard Lehmann ermittelt. Das Enzym katalysiert eine Reaktion, bei der es zu einer Abnahme von NADH kommt. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist direkt proportional zur Enzymaktivität.

Zur Bestimmung der Aktivität der Gamma-Glutamyltransferase wurde werktags der enzymatische Farbttest GAMMA-GT SZASZ 1974, flüssig® der Firma Labor + Technik Eberhard Lehmann eingesetzt. GGT dient bei der Übertragung von Glutaminsäure an Akzeptoren als Katalysator. Bei dieser Reaktion wird ein Substrat frei,

das mittels Extinktion messbar gemacht wird. Die ermittelte Absorptionzunahme ist direkt proportional zur GGT-Aktivität. In Wochenend- und Nachtdiensten wurde ein Reflotron GGT-Test® verwendet.

Der Test CK NAC akt.® der Firma Labor + Technik Eberhard Lehmann bildete die Grundlage der Untersuchung der Kreatinkinase-Aktivität. Er basiert auf einer optimierten Standardmethode. Durch eine chemische Reaktion wird NADPH gebildet. Bezogen auf die äquimolare Menge stimmt die Reaktionsgeschwindigkeit dieser Reaktion mit der Bildung von Kreatin überein. Bei dem in Nacht- und Wochenenddiensten verwendeten Reflotron CK-Tests® wird Wasserstoffperoxid freigesetzt. Gemessen wird der zur Enzymaktivität proportionale Farbumschlag.

SNAP Foal® IgG Test Kits der Firma IDEXX Laboratories wurden zur Messung des Immunglobulins G eingesetzt. Dabei handelt es sich um einen Enzymimmunoassay. Mittels einer mitgelieferten Plastikschiene wird ein Tropfen heparinisiertes Blut aus der Probe entnommen und mit einem Verdünnungsmittel durch Schwenken vermischt. Nach Verwerfen einiger Tropfen dieser Mischung wird ein Tropfen auf das Probenfeld aufgebracht, der Rest wird in die Probenvertiefung des SNAP-Gefäßes gegeben. Nach 30 - 90 Sekunden hat die Probe den Aktivierungskreis erreicht, der Aktivator muss nun fest hinuntergedrückt werden. Die Ablesung erfolgt nach sieben Minuten durch Vergleich der Farbe des Probenfeldes mit der der Kalibrierungsfelder (ein 400 mg / dl-Feld und ein 800 mg / dl-Feld). Bei einer Immunglobulinkonzentration über 800mg/dl ist das Probenfeld dunkler als das 800mg/dl-Kalibrierungsfeld. Ist das Probenfeld heller, befindet sich der Wert zwischen 400 und 800 mg / dl. Erscheint das Probenfeld heller als das 400 mg / dl-Kalibrierungsfeld, so liegt der gemessene Immunglobulin G-Wert unter 400 mg / dl.

### 3.2.5.3 Begleiterkrankungen

Es wurden folgende Begleiterkrankungen erfasst:

#### **Uroperitoneum**

Fohlen mit Uroperitoneum zeigten meist Tenesmus urinae und Strangurie mit kolikartigen Symptomen und ein umfangsvermehrtes Abdomen mit eventuell positiv auslösbarem Ballotement. Häufig litten die Tiere an Tachypnoe und einem hochgradig

gestörten Allgemeinbefinden. Ultrasonographisch konnten freie Flüssigkeit im Bauchraum und eine kollabierte Blase dargestellt werden (BEHN und BOSTEDT 2000).

### **Septikämie**

Eine Septikämie äußerte sich klinisch durch ein mittel- bis hochgradig gestörtes Allgemeinbefinden mit deutlich reduziertem Interesse an der Umgebung und einem verminderten Saugreflex. Dehydratation und schlechte Pulsqualität waren häufig. Die Fohlen zeigten weiterhin injizierte Episkleralgefäße und petechiale Einblutungen. Labordiagnostisch waren Neutropenie, Hypoglykämie und metabolische Azidose feststellbar (BREWER und KOTERBA 1988).

### **Hypogammaglobulinämie**

Eine Hypogammaglobulinämie wurde diagnostiziert, wenn ein Mangel an Immunglobulinen der Klasse G auftrat. Dies entspricht einem mit dem semiquantitativen Schnelltest Snap Foal® gemessenen Wert von unter 800 mg/dl (EBERHARDT 1991).

### **Lebensschwächesyndrom mit Trinkschwäche**

Betroffene Fohlen zeigten ein mäßiges bis schlechtes Allgemeinbefinden mit gering- bis hochgradig beeinträchtigter Wahrnehmung, eine Trinkschwäche aufgrund eines reduzierten bzw. fehlenden Saugreflexes, kein Stehvermögen, eine Hypoglykämie und eine A- bzw. Hypogammaglobulinämie von Werten unter 400 mg/dl (SOBIRAJ 1992). Im Gegensatz zu Neonaten mit Septikämie zeigten die erkrankten Tiere keine Farbveränderung der Schleimhaut oder Veränderungen des weißen Blutbildes.

### **Hernia umbilicalis**

Die Diagnose erfolgte palpatorisch, wenn bei klinisch unauffälligen Tieren die Bruchforte im Bereich des Nabels für einen oder mehrere Finger passierbar war. Der selbstständige Verschluss erfolgte meist in den ersten 48 Stunden post natum. Fielen Darmanteile oder Fettgewebe vor, bildete sich ein Bruchsack.

### **Urachus patens persistens**

Fohlen mit einem *Urachus patens* (Urachusfistel) fielen durch meist tröpfelnden Urinabsatz über den Nabelstumpf auf. Bei der ultrasonographischen Untersuchung konnte der persistierende Urachus als anechogene, schlauchartige Verlängerung des

Blasenscheitels hin zum Nabelstumpf dargestellt werden (BEHN und BOSTEDT 2000).

### **Arthritis/Polyarthritis**

Eine Entzündung eines oder mehrerer Gelenke äußerte sich durch vermehrte Füllung bzw. vermehrte Wärme der betroffenen Gelenke sowie durch Schmerzhaftigkeit bei Berührung oder passiver Bewegung und durch Lahmheit (EDINGER 2011).

#### 3.2.5.4 Therapie

Nach Stellung der Diagnose Mekoniumobstipation wurde entweder ein konservativer Therapieversuch eingeleitet oder der Patient für eine chirurgische Versorgung der Mekoniumobstipation vorbereitet. Geringgradige Verstopfungen wurden mit einem oder mehreren Klistieren (Firma Fresenius Kabi AG, 130 ml, Di-Natriumhydrogenphosphat, Natriumdihydrogenphosphat, p-Hydroxybenzoesäuremethylester und Natriumbenzoat) behandelt. Zur Einstufung wurde der Vorbericht, z. B. die Anzahl der bereits verabreichten Klistiere bzw. der durchgeführten Rektalspülungen und die Dauer und Stärke der Symptome, das Allgemeinbefinden und das Bestehen eines Verdachts auf Perforation der Rektumschleimhaut herangezogen. Führten Klistiere nicht zum Abgang des Mekoniums, erfolgte eine nach Bedarf variierende Anzahl von Rektalspülungen mithilfe eines Irrigators. Als Basisspüllösung wurde Wasser oder isotonische Kochsalzlösung verwendet. Als Zusatz fanden *Paraffinum liquidum*, Gleitgel oder Acetylcysteinsulfat Anwendung. Die Menge wurde entsprechend der Größe des Fohlens gewählt. Erfolgte die Entscheidung zur chirurgischen Therapie, wurde das Tier nach Legen einer Vygonüle S®-Venenerweilkanüle mit Griffplatte der Firma Vygon, 14 G in die Vena jugularis externa und nach Anfertigen eines Blutbildes mit Elektrolytstatus mit Diazepam und Ketamin narkotisiert. Unter Isofluranga-be und Dauertropfinfusion erfolgte das Ausbinden des Patienten in Rückenlage und Desinfektion der geschorenen Abdominalregion. Je nach Geschlecht wurde der Zugang median (Stutfohlen) oder paramedian (Hengstfohlen) gewählt und endete bei beiden mit einer bogenförmigen Umschneidung und Entfernung des Hautnabels. Auf die Eröffnung der Bauchhöhle in der *Linea alba* folgte zunächst ein Bauchsitus, um Fohlen mit inoperablen Veränderungen zu detektieren und ggf. zu euthanasieren. Entweder erfolgte daraufhin eine analwärts gerichtete Massage des betroffenen

Darmabschnitts zeitgleich mit einem Rektaleinlauf oder das entsprechende Stück Darm wurde vorverlagert und eine antimesenteriale Längsinzision über einem Mekoniumballen durchgeführt. Mithilfe eines sterilen Tupfers wurde der Darmpechball aufgenommen und entfernt. Weitere Kotanteile konnten dann zur Inzision geschoben und entfernt werden. Ein von rektal eingeführter Gummikatheter diente zur Überprüfung, ob das Mekonium gänzlich entfernt wurde. Während des Eingriffs wurde das Darmkonvolut mehrfach mit lauwarmer 0,9%iger Natriumchloridlösung feucht gehalten. Nach Verschluss des betroffenen Darmabschnittes mithilfe einer doppelten Lembertnaht wurde eine Bauchhöhlenlavage durchgeführt. Die Operationswunde wurde in drei Schichten verschlossen. Postoperativ erfolgte mindestens zweimal täglich eine Wundkontrolle für mindestens fünf Tage. Zusätzlich wurden die Patienten für fünf Tage mit Cefquinom versorgt und drei Tage mit Flunixin behandelt.

#### 3.2.5.5 Komplikationen

Entwickelte ein Fohlen während seines Aufenthaltes in der Klinik neben seiner ursprünglichen Erkrankung weitere Symptome, wurden diese als „Komplikation“ erfasst, wenn sie als Folgeerscheinung der Primärerkrankung eingestuft werden konnten. Folgende Komplikationen wurden erfasst:

##### **Diarrhoe**

Fohlen, die eine Diarrhoe bekamen, fielen durch dünnbreiigen bis wässrigen Kot auf, der farblich variierte. Weitere mögliche Symptome waren Tenesmus ani, Kolik, Dehydratation, kotverschmierte Analgegenden teilweise mit begleitender Alopezie in diesem Bereich und Hypermotorik auf allen vier abdominalen Quadranten (VELDE und KOLM 2011b).

##### **Septikämie**

Neonaten mit einer Septikämie hatten die unter 3.2.4.3 beschriebenen Symptome.

##### **Wundheilungsstörung**

Anzeichen einer verlangsamten oder atypischen Wundheilung waren Wundinfektion, -hämatom oder -serom, Nahtdehiszenz oder Wundrandnekrosen. Es zeigten sich typische Entzündungsanzeichen und Exsudation.

## Thrombophlebitis

Eine Thrombophlebitis wurde diagnostiziert, wenn eine oder beide *Vena jugularis externa* vermehrt warm, schmerzhaft oder ödematisiert waren und ein vollständiger Abfluss der angestauten Vene nicht mehr möglich war.

## Proktitis

Eine Entzündung des Enddarmes äußerte sich durch Tenesmus ani und einen ödematisierten Anus.

### 3.2.5.6 Aufenthaltsdauer und Gesundheitszustand bei Entlassung

Die Dauer des Klinikaufenthaltes wurde in Tagen angegeben. Dabei wurde der Tag der Aufnahme als Tag eins festgelegt, unabhängig von der Uhrzeit bei Einlieferung. Die Folgetage wurden gezählt. Konnte ein Fohlen am Tag der Entlassung noch nicht abgeholt werden, wurde dennoch nur bis zu diesem Tag gezählt. Als Gesundheitszustand des Fohlens bei Entlassung galt der der letzten Bewertung gemäß dem Bewertungsschlüssel in Tabelle 2.

Tabelle 2: Standardisierter Bewertungsschlüssel für den Gesundheitszustand der Fohlen bei Entlassung

Schlüssel	1	2	3	4
Zustand bei Entlassung	gesund	krank	euthanasiert	verstorben
Kriterien	in Bezug auf Mekoni- umobstipation und damit in Zusammenhang ste- hende Symptome keine weitere Behandlung erforderlich	in krankem Zustand zur weiteren Behandlung beim Haus- tierarzt entlassen	aufgrund infauster Prognose oder auf Wunsch des Be- sitzers schmerzlos getötet	während der Therapie in der Klinik verstorben

### 3.2.6 Besitzerbefragung

Frühestens ein Jahr nach der Entlassung aus der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit Tierärztlicher Ambulanz der Justus-Liebig-Universität Gießen erfolgte eine telefonische Nachfrage über die weitere Entwicklung des Fohlens beim Besitzer nach folgendem Schema:

- Tier noch in Besitz? Ja / Nein
- Nutzung?
- Traten innerhalb des 1. Lebensjahres weitere Erkrankungen auf? Ja / Nein
  - Wenn ja, welche?
  - Kolik? Ja / Nein
    - Wenn ja, welche Behandlung? Durch Tierarzt?
- Lebt das Tier zum Anrufzeitpunkt noch bzw. hat es den 3. Geburtstag erlebt? Ja / Nein
- Stute: weitere Fohlen? Ja / Nein
  - Wenn ja, sind auch diese an Mekoniumobstipation erkrankt?

Diese Befragung sollte alle Fohlen einbeziehen, die allein mit einer Mekoniumobstipation vorgestellt worden waren.

### 3.2.7 Statistische Analyse

Die statistische Datenauswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung des Fachbereichs Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen (AG Biomathematik und DV). Es wurden die Statistikprogramm Pakete BMDP/Dynamic Release 8.1 (Statistical Solutions Ltd., Ireland) und Cytel Studio LogXact Vers. 9.0.0 (CYTEL Inc., Cambridge, MA 02139, U.S.A) verwendet. Der Einsatz der Software wurde als Service der AG Biomathematik und DV in Anspruch genommen. Vor Eingabe und nach Ausgabe aus dem System wurden die Daten auf Plausibilität nach medizinischen Gesichtspunkten überprüft.

Die logistischen Funktionsgraphen (in den Abschnitten 3.2.6.2, 4.4.1.3 und 4.4.2.3) wurden mit der Plot-Funktion der „Wolfram/Alpha: Computational Knowledge Engine“ ([www.wolframalpha.com](http://www.wolframalpha.com)) erstellt und mit Microsoft Office Powerpoint aufbereitet. Zur

Erzeugung der Prognosetabellen im Anhang wurde Microsoft Office Excel 2007 eingesetzt.

### 3.2.7.1 Deskriptive Analyse der Daten

Zur allgemeinen Datenbeschreibung über die fünf Behandlungstage wurden arithmetische Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichungen ( $s$ ) bzw. geometrische Mittelwerte ( $x_g$ ) und Streufaktor (SF) sowie Mediane, Minima ( $x_{\min}$ ), Maxima ( $x_{\max}$ ) und Stichprobenumfänge ( $n$ ) berechnet und tabellarisch wiedergegeben. Bei rechtsschiefer Verteilung positiver quantitativer Merkmale wurde eine logarithmische Transformation der Daten durchgeführt, um näherungsweise eine Normalverteilung des Merkmals zu erzeugen. Die qualitativen Merkmale wurden getrennt ausgezählt und in Form von Häufigkeitstabellen dargestellt. Für die logistische Regressionsanalyse wurden nur die Laborparameter des ersten Behandlungstages verwendet (gekennzeichnet mit einer „1“ am Ende des Variablennamens), um Ungenauigkeiten aufgrund von fehlenden Messwerten zu minimieren. Zur Überprüfung von Unabhängigkeiten der Eingangsgrößen untereinander bzw. zwischen den Eingangsgrößen und den Zielgrößen erfolgte eine Zusammenhangsanalyse. Bei der Benennung von statistischen Signifikanzen im Sinne von "Auffälligkeiten" wurde der jeweils berechnete p-Wert angegeben. Dabei wurde durchgängig ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$  zugrunde gelegt. Ergebnisse mit  $p \leq 0,05$  gelten also als statistisch signifikant.

### 3.2.7.2 Logistische Regression der Einfluss- und Zielgrößen

Im vorliegenden Problemfeld sind die drei binären Zielgrößen (abhängige Variablen) Sterben der Fohlen, Entstehen einer erneuten Kolik nach Entlassung und (nur bei den operierten Fohlen) Entstehung einer Wundheilungsstörung post operationem separat auf ihren statistischen Zusammenhang mit den zur Verfügung stehenden Eingangsgrößen (unabhängige Variablen) von teils binärem, teils kategorialem, teils metrischem Skalenniveau zu untersuchen. Übereinstimmend gilt in der Literatur für diesen Sachverhalt eine logistische Regression als die Methode der Wahl (z. B. BACKHAUS et al. 2011a; URBAN und MAYERL 2011; HEDDERICH und SACHS

2012a). Die folgenden Ausführungen folgen diesen Quellen, das Verfahren wird jedoch nicht in allen seinen Interna beschrieben.

Konkreter wurde eine mehrschrittige multiple binäre logistische Regression durchgeführt. Dazu wurde bei niedrigen Fallzahlen die exakte Verfahrensvariante mit dem Programm LogXact verwendet. Bei ausreichend großen Fallzahlen kam die asymptotische Variante (Programm BMDPLR) zum Einsatz. Das Regressionsverfahren lieferte die Konfidenzintervalle zu den Odds Ratios als statistisches Maß für die Genauigkeit der Werte und somit für die Schärfe des Prognosemodells.

Bei der binär-logistischen Regression (binär heißt hier: die Zielgröße  $Y$  kann genau zwei Werte annehmen, etwa 1 und 2, z.B. 'Tod tritt nicht ein' und 'Tod tritt ein') wird davon ausgegangen, dass der betrachtete zufallsabhängige Prozess grundsätzlich eine Wahrscheinlichkeitsverteilung besitzt, die durch die sogenannte logistische Funktion

$$f(z) = \frac{e^z}{1+e^z}$$

in dem Sinn dargestellt werden kann, dass die Zielgröße mit der Wahrscheinlichkeit  $f(z)$  eintritt ( $Y = 1$ ), falls die durch die unabhängige Variable modellierten Einflussgrößen den Wert  $z$  haben.

Die folgende Abbildung 1 zeigt den Graphen der logistischen Funktion allein ohne den noch zu modellierenden Einfluss der Eingangsgrößen.

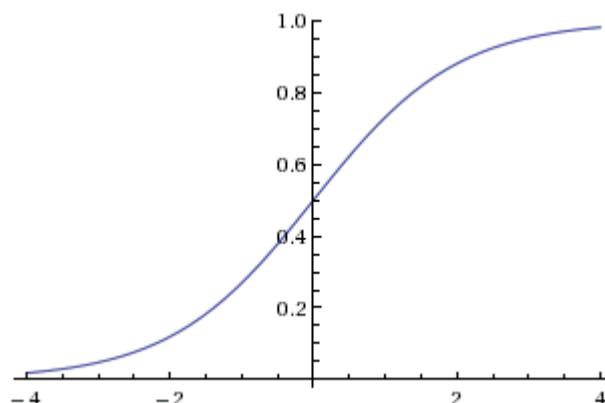


Abbildung 1: Logistischer Funktionsgraph

Für jeden Zahlenwert  $z$  liegt der Wert  $f(z)$  stets im Intervall  $[0;1]$  und kann daher grundsätzlich die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Zielgröße modellieren.

Im Verfahren der logistischen Regression wird  $z$  schrittweise als Linearkombination der Eingangsgrößen aufgebaut, d. h. es ist

$$z = z(v_1, \dots, v_k) = b_0 + b_1 v_1 + \dots + b_k v_k.$$

Hier sind  $v_1, \dots, v_k$  die durch die Analyse als von wesentlicher Wirkung für die betrachtete Zielgröße identifizierten Einflussgrößen und  $b_0, \dots, b_k$  ebenfalls im Analyseprozess bestimmte Zahlen, die die Richtung und Stärke des Einflusses der einzelnen Einflussgrößen in ihrer Summe quantifizieren. Die nicht aufgenommenen Einflussfaktoren werden aufgrund ihrer geringen Wirkung nicht in das durch die Formel repräsentierte Modell aufgenommen.

Der multiple, schrittweise logistische Analyseprozess liefert somit als statistisches Modell die "logistische Regressionsfunktion"

$$f(z) = f(v_1, \dots, v_k) = \frac{e^{b_0 + b_1 v_1 + \dots + b_k v_k}}{1 + e^{b_0 + b_1 v_1 + \dots + b_k v_k}}$$

Setzt man  $p := f(z)$ , sodass  $p$  wie oben definiert die Eintrittswahrscheinlichkeit der Zielgröße  $Y$  bezeichnet, so ergibt sich mittels elementarer Rechnung

$$(Odds(v_1, \dots, v_k) :=) \frac{p}{1-p} = e^{b_0 + b_1 v_1 + \dots + b_k v_k}$$

(vereinfacht geschrieben statt: bedingte Chance  $Odds(Y = 1 | v_1, \dots, v_k)$ ; analog in den folgenden Termen). Auf der linken Seite dieser Gleichung steht die Chance (Odds) des Eintretens der Zielgröße  $Y$  unter der Bedingung, dass die Einflussgrößen die Werte  $v_1, \dots, v_k$  annehmen.

Aus

$$Odds(v_1, \dots, v_i + 1, \dots, v_k) = e^{b_0 + b_1 v_1 + b_i(v_i + 1) + \dots + b_k v_k}$$

folgt wiederum durch einfache Umformung

$$Odds(v_1, \dots, v_i + 1, \dots, v_k) = Odds(v_1, \dots, v_k) e^{b_i}$$

Diese Gleichung gestattet folgende Interpretation der logistischen Regressionsfunktion:

Erhöht sich der Wert der Einflussgröße  $v_i$  (für ein  $i$  aus  $1, \dots, k$ ) um  $+1$  (im Sinn der in den Daten erfassten Maßeinheit), so ändert sich die Chance des Eintretens der Zielgröße  $Y$  multiplikativ um den Faktor  $e^{b_i}$ . Ist  $b_i$  negativ, bedeutet das eine Verringerung der Chance des Eintretens von  $Y$ , ist  $b_i$  positiv, wächst die Chance. (Beispielhaft bedeutet  $e^{b_i} = 0,83$  eine Abnahme der Chance um 17 %,  $e^{b_i} = 1,25$  eine Zunahme um 25 %.)

Durch Division ergibt sich aus der letzten Gleichung, dass  $e^{b_i}$  das Chancenverhältnis (Odds Ratio) des Eintretens der Zielgröße ist, wenn man  $v_i$  um 1 erhöht (schreibe:  $OR(v_i + 1|v_i)$ ).

Im eindimensionalen Fall (der betrachtete Prozess hat nur eine Eingangsgröße) oder wenn man eindimensional projiziert, lässt sich die Regressionsfunktion graphisch anschaulich darstellen. Dazu werden alle bis auf eine der Eingangsgrößen konstant gehalten, indem für diese z. B. ihr Mittelwert eingesetzt wird.

### 3.2.7.3 Einsatzvoraussetzungen des Regressionsverfahrens

Für den Einsatz des logistischen Regressionsverfahrens sind die hier aufgeführten Anforderungen an die Verteilung der quantitativen Eingangsgrößen und an den Zusammenhang zwischen der jeweiligen Zielgröße und ihren Einflussfaktoren sowie zwischen den Einflussfaktoren untereinander zu erfüllen.

1. Nach URBAN und MAYERL (2011) sollte keiner der beiden Werte der Zielvariablen ausschließlich in Kombination mit bestimmten Werten der Eingangsgrößen auftreten (vollständige Separiertheit). Dazu werden in dieser Arbeit die Zielvariablen auf ihren Zusammenhang mit ihren Einflussgrößen geprüft.
2. Nach BACKHAUS et al. (2011a) sollten die unabhängigen Variablen, die in die Regressionsfunktion eingehen, weitgehend frei von Multikollinearität sein, d. h. keine der Einflussgrößen einer Regressionsfunktion darf als Linearkombination der übrigen Einflussgrößen darstellbar sein. Dazu reicht paarweise Unabhängigkeit nicht aus, sobald in einer Regressionsfunktion mehr als zwei Eingangsgrößen vorkommen. Dies trifft im vorliegenden Fall auf die Funktion zur Zielgröße Sterben zu. Hier wurden zu jeder der drei quantitativen Eingangsgrößen dieser Funktion separat für die beiden Fallgruppen der maturen und prämaturen Tiere die sogenannte Toleranz bestimmt, die ein Maß ist für den Grad der linearen Darstellbarkeit einer Größe durch die übrigen. Niedrige Toleranzwerte nahe Null bedeuten einen hohen Grad an Multikollinearität. Nach BACKHAUS et al. (2011a) ist ein gewisser Grad nicht auszuschließen. Toleranzwerte größer 0,2 gelten dort als akzeptabel. Alle übrigen Eingangsvariablen wurden auf paarweisen Zusammenhang geprüft.
3. Der im Modell angenommene logistische Verlauf der Wahrscheinlichkeit für die Fragestellung sollte nach BACKHAUS et al. (2011a) fachlich sinnvoll sein. Hier wurde daher der monotone s-förmige Verlauf für jede Einflussgröße, die in die Regressionsfunktion eingeht, auf seine medizinische Plausibilität geprüft. Gegebenenfalls kann nur ein Ausschnitt aller möglichen Werte eines Merkmals als modellkonform betrachtet und in die Ergebnisdeutung aufgenommen werden.

#### 3.2.7.4 Methodik der Zusammenhangsanalysen

Im Rahmen dieser Arbeit dienen die Zusammenhangsanalysen der Überprüfung von Voraussetzungen für die logistischen Regressionsverfahren, die im Abschnitt 3.2.6.3 genannt sind. Zunächst werden die Variablen, die nach dem initiierenden Schritt der logistischen Regression als relevante Einflussgrößen für die jeweilige Zielgröße in Frage kommen, paarweise auf Unabhängigkeit geprüft. Entsprechend dem Ablauf des weiteren vorwärtsselektiven Aufbaus der logistischen Funktion werden jeweils

alle wechselseitigen Toleranzen berechnet, sobald eine dritte und oder weitere Einflussgröße in die Modellfunktion aufgenommen wird. Schließlich werden für den Ausschluss von vollständiger Separiertheit für die resultierenden logistischen Funktionen die Zielgrößen auf Unabhängigkeit von ihren Einflussgrößen geprüft. Alle Unabhängigkeitsforderungen beziehen sich auf die in den abschließend gewonnenen logistischen Regressionsfunktionen vorkommenden Variablen. Je nach Skalenniveau der zu untersuchenden Merkmalpaare werden die in 4.4.4.1, 4.4.4.2 und 4.4.4.3 aufgeführten Methoden verwendet. Die jeweils angegebene Kategorisierung der Effektstärken bildet kein absolut gültiges Maß, sondern gibt eine Faustformel an, die im konkreten Fall ggf. hinterfragt werden muss.

#### 3.2.7.5 Schrittweise Konstruktion der Regressionsfunktion

Zur Konstruktion wurde die Vorgehensweise der Vorwärtsselektion gewählt. Der Aufbau der Modellfunktion zu einer Zielgröße beginnt dabei ohne unabhängige Variablen, die dann sukzessive einzeln nach ihrer zu evaluierenden Einflussstärke in das Modell aufgenommen werden. Die dem Verfahren innewohnende Strategie zur Bestimmung und Optimierung der Regressionskoeffizienten ist die Maximum-Likelihood-Methode.

Im ersten Schritt werden die p-Werte für den Einfluss der einzelnen Eingangsgrößen auf die jeweilige Zielgröße ermittelt. In diesem Fall dient der p-Wert als Kriterium für die Aufnahme der Variablen in das Regressionsmodell. Der p-Wert muss unterhalb des festgelegten Signifikanzniveaus von  $p = 0,05$  liegen. Die Einflussgröße mit dem kleinsten p-Wert wird ausgewählt.

Im zweiten Schritt des Verfahrens werden Paare gebildet, bestehend aus der im ersten Schritt festgelegten Größe und je einer weiteren der verbliebenen Eingangsgrößen. Für jedes Paar wird für beide Merkmale je ein p-Wert für ihren Einfluss auf die Zielgröße bestimmt. Der p-Wert einer im ersten Schritt ins Modell genommenen Variablen ändert sich dabei in der Regel. Zur weiteren Eingliederung ins Modell kommen nur Variablen in Betracht, für die die p-Werte beider Merkmale des Paares unterhalb des festgelegten Signifikanzniveaus von  $p = 0,05$  liegen. Unter diesen wird wiederum die mit dem kleinsten p-Wert ins Modell genommen.

Der dritte und jeder weitere Verfahrensschritt verlaufen analog. Die bis dahin als höchstsignifikant erkannte Merkmalskombination wird zusammen mit je einer der verbliebenen Eingangsgrößen geprüft, um sie in gleicher Weise ins Modell zu nehmen.

Diese schrittweise Analyse wird abgebrochen, sobald für keine der im jeweiligen Schritt zu untersuchenden Merkmalskombinationen ausschließlich p-Werte  $\leq 0,05$  vorliegen. Die bis dahin gewonnene logistische Funktion gilt dann als das Ergebnis des Analyseverfahrens.

Aus den Resultaten der multiplen schrittweisen logistischen Regression werden aus dem gewonnenen statistischen Modell

- die Regressionskoeffizienten zu den relevanten Einflussgrößen
- die zugehörige Odds Ratio mitsamt ihrem
- 95 % Konfidenzintervall sowie
- der konstante Regressionskoeffizient

entnommen.

#### 3.2.7.6 Das Prognosemodell in Tabellen und Verlaufsschaubildern

Die Darstellung des Ergebnisses des Regressionsverfahrens geschieht in drei Formen. Originär in der Form der logistischen Funktionsgleichung, mit deren Hilfe bei Vorliegen der Werte der in dieser Funktion erfassten Eingangsgrößen zu einem konkret vorgestellten Fohlen die Sterbewahrscheinlichkeit resp. Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Wundheilungsstörung resp. einer Kolik z. B. mit einem Taschenrechner berechnet werden kann. Im Nutzungsumfeld eines praktischen Tierarztes ist diese Form weniger praktikabel.

Alternativ können mit sehr geringem Aufwand ausgewählte Messwerte der Eingangsgrößen mitsamt der Regressionsformel in ein Tabellenkalkulationsprogramm eingegeben werden. Die Berechnung der Prognosewerte wird dann automatisch durch die Tabellenkalkulation erledigt. Entsprechend den Möglichkeiten eines solchen Tabellenprogramms können auch - durch Vorgabe von Teilen des

Wertebereichs jeder Eingangsgröße und einer Schrittweite - Prognosewerte in Tabellenform erzeugt und zu Papier gebracht werden. Naheliegend ist der Bereich Mittelwert  $\pm$  zweifache Standardabweichung, mit dem bei Vorliegen normalverteilter Merkmale 95 % aller Fälle erfasst werden. Bei logarithmierten Größen werden das geometrische Mittel und der quadrierte Streufaktor gewählt. Bei ausreichend fein gewählter Schrittweite kann der Prognosewert zu konkret vorliegenden Messwerten eines Fohlens praktisch abgelesen werden.

Als dritte Darstellungsform wird aus der jeweiligen mehrdimensionalen logistischen Funktion für jede der enthaltenen Eingangsgrößen eine eindimensionale Projektion erstellt, zu der dann der Funktionsverlauf für die jeweils ausgewählte Eingangsgröße in einem herkömmlichen Funktionsgraphen als Verlaufsschaubild dargestellt werden kann. Diese Darstellungsart wird z. B. von BEHNKE (2015) aufgrund der guten Anschaulichkeit empfohlen und explizit dargestellt. "Mehrdimensional" bezeichnet hier den Umstand, dass eine Funktion mehrere unabhängige Variablen (Eingangsgrößen) enthält, sodass die Darstellung als Graph im Allgemeinen nicht mehr möglich ist. Zur Herstellung einer Projektion zu einer Eingangsgröße wird für die übrigen Variablen ein beliebiger Wert in die logistische Funktionsgleichung eingesetzt und festgehalten, sodass nur die projizierte Eingangsgröße in ihren Werten variiert. In der vorliegenden Arbeit wird der naheliegende Ansatz verfolgt, für die konstant gehaltenen Eingangsgrößen ihren Mittelwert zu verwenden.

Beispielfunktion mit willkürlich gewählten Konstanten:

$$f(x) = \frac{e^{-2+0,5x}}{1+e^{-2+0,5x}} \quad x_w = -\frac{-2}{0,5} = 4$$

## Wahrscheinlichkeit des Eintretens der Zielgröße

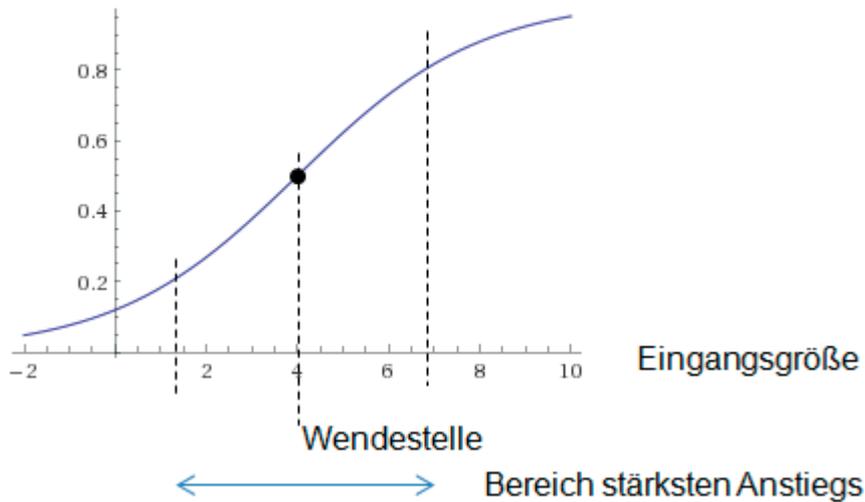


Abbildung 2: Beispielgraph einer eindimensionalen Projektion einer logistischen Funktion

Zu der so gewonnenen eindimensionalen Funktion zeigt ihr Graph in anschaulicher Weise, in welchem Wertebereich die jeweils betrachtete Eingangsgröße die Eintrittswahrscheinlichkeit der Zielgröße wesentlich beeinflusst. Aufgrund des logistischen Verlaufs der Graphen ist das stets etwa das Intervall  $\text{Wendestelle} \pm \text{zweifache Standardabweichung}$  symmetrisch um die Wendestelle. In diesem Bereich hat die betrachtete Einflussgröße ihren größten und annähernd linearen Einfluss auf die Eintrittswahrscheinlichkeit der Zielgröße. Dieser entspricht in seiner Stärke ungefähr der Steigung im Wendepunkt des Graphen, so dass die Wendestelle mit angegeben wird. In den Grenzen dieses Bereichs steigt bzw. fällt die Eintrittswahrscheinlichkeit zwischen 0,2 und 0,8. Die Wahrscheinlichkeit an der Wendestelle ist konstruktionsbedingt stets 0,5. Zu einer logistischen Funktion

$$f(x) = \frac{e^{b_0 + b_1 x}}{1 + e^{b_0 + b_1 x}} \text{ berechnet man die Wendestelle zu } x_w = -\frac{b_0}{b_1}.$$

In den einzelnen Graphen sind diejenigen Wertebereiche der Einflussgröße dargestellt, die eine Eintrittswahrscheinlichkeit für die Zielgröße etwa zwischen 0,05 und 0,95 ergeben. Dem Modellcharakter der Funktion ist geschuldet, dass diese Bereiche zum Teil medizinisch nicht sinnvoll sind, z. B. im Fall der Atemfrequenz im Rahmen

der Prognose zur Zielgröße Sterben. In jedem einzelnen Fall wird auf diese Modell-schwäche hingewiesen. Es muss angemerkt werden, dass die hier beschrittene Vor-gehensweise verlangt, dass das Festhalten der jeweils übrigen Einflussgrößen über-haupt möglich ist. Dies wird durch die Überprüfung auf Unabhängigkeit untersucht (vgl. 3.2.6.3 und 4.4.4).

### 3.2.7.7 Bewertung der Modellgüte

Um die Güte des Modells zu prüfen, wird in der vorliegenden Arbeit die Prognosege-nauigkeit der Regressionsfunktion an der Stichprobe selbst durch fallweise Gegen-überstellung der Stichprobendaten und der errechneten Prognosewerte gemessen (interne Validität).

Dazu werden folgende durch die Software ausgegebenen Ergebnisse berichtet und durch Vergleich mit anerkannten Richtwerten bewertet:

- die Teststatistiken des Hosmer-Lemeshow-Tests, des C.C.Brown-Tests und eines goodness-of-fit- $\chi^2$ -Tests, die allesamt  $\chi^2$ -verteilt sind und die Nullhypo- these ("genauer Modellfit") bewerten;
- die ROC-Analyse (HOSMER und LEMESHOW (2000) und HEDDERICH und SACHS (2012c)), d. h. Bestimmung des optimalen Trennwertes und der zuge- hörigen Leistungsmerkmale der Prognosefunktion (Sensitivität, Spezifität, ne- gativer und positiver Voraussagewert) und der Fläche unter der ROC-Kurve.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Tiere

#### 4.1.1 Erkrankungshäufigkeit, Entwicklungszustand und Geburtsverlauf

Aus den Jahren 2005 bis 2013 lagen die Daten von 148 Fohlen mit Mekoniumobstipation vor. Es wurden 14 Fohlen ausgeschlossen, da keine Blutwerte vom Einlieferungstag vorlagen. Eine vollständige Übersicht über fehlende Dateneintragungen zu allen erhobenen Merkmalen geben die Tabellen 115 und 116. Es handelte sich um 97 Warmblutfohlen (72,39 %), 19 Ponys (14,18 %), 15 Vollblutfohlen (11,19 %) und drei Kaltblüter (2,24 %). Die Geschlechtsverteilung ist Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Absolute und relative Häufigkeiten der Geschlechtsverteilung, des Geburtsverlaufes und des Entwicklungszustandes bei Einlieferung der Fohlen mit Mekoniumobstipation (Prozentlücken aufgrund fehlender Daten)

		absolut	relativ (%) zur Gesamtzahl der Fohlen (n=134)
Geschlecht	Männlich	90	67,16
	Weiblich	44	32,84
Geburtsverlauf	Eutokie	96	72,39
	Dystokie	26	19,40
Entwicklungszustand	Matur	96	71,64
	prä matur	28	20,90

Insgesamt starben 26 Fohlen, je 13 weibliche und männliche. In Anteilen waren das 15 % der männlichen und 30 % der weiblichen Tiere. Für ein Fohlen liegen keine Angaben vor (Tabelle 4).

Von den 26 Fohlen, bei deren Geburt es zu einer Dystokie gekommen war, überlebten sieben Pferde (27 %) nicht. Von den 96 Fohlen mit ungestörtem Geburtsablauf starben 18 (19 %) Tiere (Tabelle 5).

Von den 28 prämaternen Fohlen überlebten zwölf (43 %) nicht (Tabelle 6). Von den 96 maturen Fohlen starben zehn (11 %).

Das Geschlecht hatte keinen statistisch signifikanten Einfluss auf das Entstehen einer Wundheilungsstörung *post operationem* ( $p = 0,5249$ ) oder die Entstehung einer Kolik nach Entlassung ( $p = 0,2671$ ). Es bestand ein statistischer Zusammenhang zwischen Geschlecht und Sterben ( $p = 0,0483$ ). Es konnte weder ein Zusammenhang zwischen dem Geburtsverlauf bzw. dem Auftreten einer Dystokie und einer Wundheilungsstörung ( $p = 1,0$ ) noch einer Kolik nach Entlassung ( $p = 0,2115$ ) noch dem Sterben ( $p = 0,3682$ ) gefunden werden. Mit einem p-Wert von 0,0004 hatte der Entwicklungszustand einen statistisch auffälligen Einfluss auf das Sterben, nicht aber auf die Entstehung einer Wundheilungsstörung ( $p = 0,9333$ ) oder einer Kolik nach Entlassung ( $p = 0,8374$ ).

Tabelle 4: Geschlecht vs. Überleben der Fohlen mit Mekoniumobstipation (absolute Häufigkeiten) und Überlebensrate (n = 133)

Geschlecht	Überlebt		Total	Überlebensrate
	Nein	Ja		
männlich	13	76	<b>89</b>	<b>85 %</b>
weiblich	13	31	<b>44</b>	<b>70 %</b>
Total	<b>26</b>	<b>107</b>	<b>133</b>	

Tabelle 5: Geburtsverlauf vs. Überleben der Fohlen mit Mekoniumobstipation (absolute Häufigkeiten) und Überlebensrate (n = 122)

Dystokie	Überlebt		Total	Überlebensrate
	Nein	Ja		
Ja	7	19	<b>26</b>	<b>73 %</b>
Nein	18	78	<b>96</b>	<b>81 %</b>
Total	<b>25</b>	<b>97</b>	<b>122</b>	

Tabelle 6: Entwicklungszustand vs. Überleben bei Fohlen mit Mekoniumobstipation (absolute Häufigkeiten) und Überlebensrate (n = 124)

Entwicklungs- zustand	Überlebt		Total	Überlebensrate
	Nein	Ja		
Matur	10	86	<b>96</b>	<b>90 %</b>
Prämatur	12	16	<b>28</b>	<b>57 %</b>
Total	<b>22</b>	<b>102</b>	<b>124</b>	

Die Besitzer von 52 der 134 Fohlen konnten telefonisch zur Nachbefragung erreicht werden. Sechs dieser Fohlen entwickelten im ersten Lebensjahr eine Kolik. Darunter waren drei männliche und drei weibliche Tiere (Tabelle 7), d.h. 10 % der männlichen und 25 % der weiblichen Tiere entwickelten eine weitere Kolik. 45 Tiere zeigten keine weiteren Koliksymptome nach der erfolgreichen Behandlung der Mekoniumobstipation in der Klinik. In dieser Gruppe waren 33 männliche und zwölf weibliche Tiere. Bei einem der Fohlen fehlt die Angabe zu Koliken.

Tabelle 7: Geschlecht vs. Koliksymptome nach der Entlassung von Fohlen mit Mekoniumobstipation (absolute Häufigkeiten, n = 51)

Geschlecht	Koliksymptome nach Entlassung		Total
	Ja	Nein	
männlich	3	33	<b>36</b>
weiblich	3	12	<b>15</b>
Total	<b>6</b>	<b>45</b>	<b>51</b>

Zwei der Tiere mit gestörtem Geburtsverlauf und vier der Tiere mit Spontangeburt entwickelten im ersten Lebensjahr eine weitere Kolik (Tabelle 8). Fünf Fohlen, deren Mütter eine Dystokie gezeigt hatten, bekamen keine weiteren Koliken im ersten Lebensjahr. Relativ gesehen bedeutet dies, dass 40 % der Fohlen mit Dystokie und nur

11 % der Fohlen mit Eutokie eine Kolik nach Entlassung entwickelten. Aufgrund der niedrigen Fallzahl und mit einem p-Wert von 0,214 ist diese Aussage jedoch unsicher.

Tabelle 8: Häufigkeit von erneuten Koliken nach der Entlassung nach Dystokien bei Geburten von Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 47)

Dystokie	Kolik		Total
	Ja	Nein	
Ja	2	5	<b>7</b>
Nein	4	36	<b>40</b>
Total	<b>6</b>	<b>41</b>	<b>47</b>

Von fünf Fohlen, bei denen weitere Koliksymptome nach der Entlassung auftraten, waren bei der Einlieferung in die Klinik vier matur und eins prämaturo. Dies entspricht anteilig 12 % der prämaturo und 10 % der maturo Tiere (Tabelle 9). Wegen der geringen Fallzahl ist diese Aussage jedoch unsicher.

Tabelle 9: Häufigkeit von Koliken nach der Entlassung nach dem Entwicklungszustand bei Einlieferung der Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 48)

Entwicklungszustand	Kolik		Total
	Ja	Nein	
Matur	4	36	<b>40</b>
Prämaturo	1	7	<b>8</b>
Total	<b>5</b>	<b>43</b>	<b>48</b>

In die Auswertungen zu Wundheilungsstörungen wurden nur Fohlen nach chirurgischer Therapie eingeschlossen. Insgesamt entwickelten zehn Fohlen eine

Wundheilungsstörung, und zwar neun von 37 männlichen Tieren (24 %) und eins von elf weiblichen (9 %) (Tabelle 10). Von den 38 operierten Fohlen ohne Wundheilungsstörung waren 28 männlich und zehn weiblich.

Tabelle 10: Auftreten von Wundheilungsstörungen nach Operation bei männlichen und weiblichen Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 48)

Geschlecht	Wundheilungsstörung		Total
	Ja	Nein	
männlich	9	28	<b>37</b>
weiblich	1	10	<b>11</b>
Total	<b>10</b>	<b>38</b>	<b>48</b>

Mit einem p-Wert von 1 sind die beiden Merkmale Dystokie und Wundheilungsstörung unabhängig. Unbeeinflusst vom Geburtsverlauf verhalten sich die Gruppenstärken mit und ohne Wundheilungsstörung wie 1:4, unabhängig vom Eintreten einer Wundheilungsstörung verhalten sich die Gruppenstärken der Tiere mit Eutokie bzw. Dystokie wie 8:1 (Tabelle 11).

Tabelle 11: Auftreten von Wundheilungsstörungen post operationem nach Dystokie bzw. Eutokie bei Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 44)

Dystokie	Wundheilungsstörung		Total
	Ja	Nein	
Ja	1	4	<b>5</b>
Nein	8	31	<b>39</b>
Total	<b>9</b>	<b>35</b>	<b>44</b>

Bei acht von 40 (20 %) der maturen und bei zwei von sieben (29 %) der prämaturen Fohlen traten Wundheilungsstörungen nach der Operation auf (Tabelle 12). Zu einem Neonaten fehlt die Angabe zur Reife in den Aufzeichnungen. Die Merkmale sind mit  $p = 0,604$  unabhängig.

Tabelle 12: Entwicklungszustand vs. Wundheilungsstörung nach Operation von Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 47)

Entwicklungszustand	Wundheilungsstörung		Total
	Ja	Nein	
Matur	8	32	<b>40</b>
Prä matur	2	5	<b>7</b>
Total	<b>10</b>	<b>37</b>	<b>47</b>

#### 4.1.2 Erstes Auftreten von Symptomen und Alter bei Einlieferung

Erste Symptome einer Mekoniumobstipation zeigten sich von unmittelbar nach der Geburt (16 Tiere) bis zu 160 Stunden post natum (ein Fohlen). 92 Fohlen (68,7 %) zeigten die ersten Symptome im Laufe des ersten Lebenstages, 16 Tiere (11,9 %) nach dem ersten Lebenstag. Von den oben genannten 92 Fohlen traten bei 50 % (46 Tiere) die Anzeichen der Erkrankung vor Beginn der neunten Lebensstunde, bei 30,4 % (28 Tiere) vor Beginn der 17. und bei 19,6 % (18 Tiere) vor der 25. Lebensstunde auf. Von 26 Fohlen liegen zu diesem Merkmal keine Informationen vor (Abbildung 3). Es konnte ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter beim ersten Auftreten der Symptome und dem Merkmal Sterben gezeigt werden ( $p = 0,0404$ ), nicht jedoch zu einer Wundheilungsstörung *post operationem* ( $p = 0,3939$ ) oder einer erneuten Kolik nach Entlassung ( $p = 0,7481$ ). Bei den verstorbenen Tieren begannen die Symptome im Schnitt nach 4:13 Lebensstunden, bei den Überlebenden nach 8:50 Stunden (geometrische Mittel).

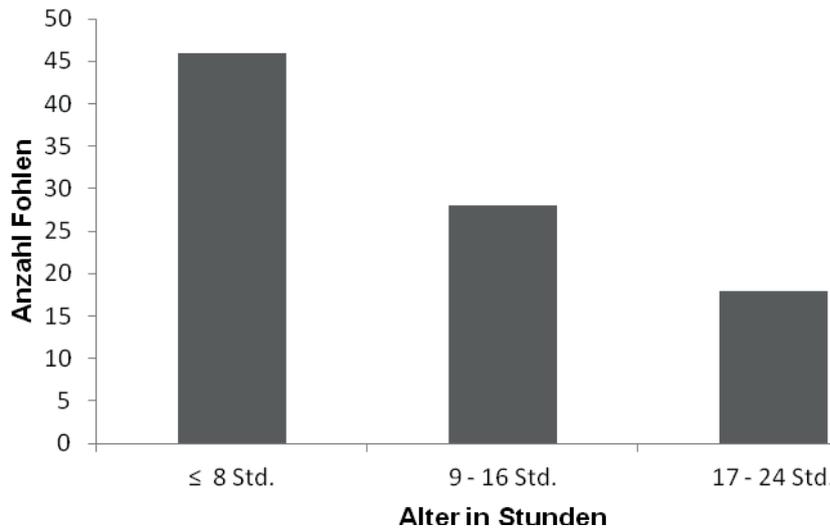


Abbildung 3: Alter in Stunden (Std.) im Verlauf des ersten Lebenstages bei Auftreten erster Symptome bei Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 92)

Das Alter bei Einlieferung in die Klinik zeigt eine ähnlich große Streuung. 86 Tiere (64,2 %) wurden während des ersten Lebenstages eingeliefert. Darunter befanden sich neun Fohlen, die bereits in der Klinik geboren waren, da die Stuten sich dort zur Geburtsüberwachung befanden oder zum Kaiserschnitt vorgestellt wurden. Während des zweiten Lebenstages wurden 37 Neugeborene (27,6 %) eingeliefert, während des dritten Tages vier (2,99 %) und drei Fohlen (2,24 %) während des vierten Lebenstages. Am siebten und achten Lebenstag wurde jeweils ein Fohlen (0,75 %) in der Klinik vorgestellt und aufgenommen. Der Median beträgt 20 Lebensstunden. Bei zwei Fohlen ist das Alter bei Einlieferung nicht dokumentiert (Abbildung 4). Es konnte kein statistischer Zusammenhang zwischen dem Alter bei Einlieferung und den Zielgrößen ermittelt werden (Wundheilungsstörung  $p = 0,8519$ , Kolik  $p = 0,9857$ , Sterben  $p = 0,5059$ ).

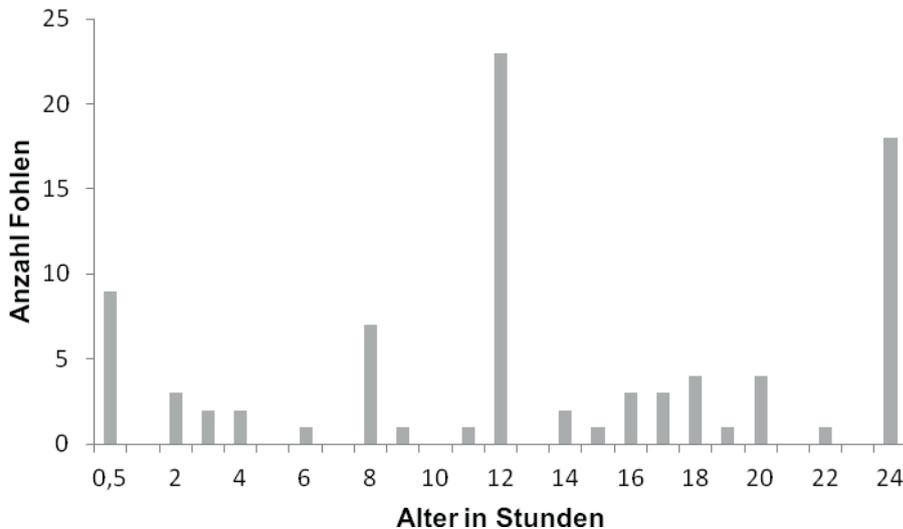


Abbildung 4: Alter in Lebensstunden bei Einlieferung in die Klinik der Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 86)

#### 4.1.3 Symptome vor Einlieferung und Mekoniumabgang

Im Vorbericht nannten Besitzer von 77 Fohlen (57,62 %) Kolihsymptome. Dazu zählten Tenesmus auf Kot, Wälzen, Unruhe, Schweifschlagen, ein umfangsvermehrtes Abdomen, zum Bauch schauen, ein aufgekrümmter Rücken, rückwärts laufen und Kotabsatzbeschwerden. 23 Fohlen (30,8 %) zeigten eine schlechte Tränkeaufnahme, bei vier Fohlen (2,99 %) war der Saugreflex vermindert. 15 Tiere (11,19 %) bezeichneten die Besitzer als schwach. Je zwei Tiere (1,49 %) wurden mit Krampfanfällen bzw. Zittern und Zuckungen vorgestellt. Bei neun Fohlen (6,72 %) war der Urinabsatz nicht physiologisch. Zwei Fohlen zeigten laut ihrer Besitzer Tenesmus auf Urin, zwei weitere Tiere setzten Urin über den Nabel ab. Fünf Fohlen hatten vor ihrer Einlieferung keinen Urin abgesetzt. Weitere Symptome, die von den Patientenbesitzern angegeben wurden, waren Blutungen aus dem Nabel (fünf Tiere), Proktitis (drei Tiere), hochgradig gerötete Schleimhäute (drei Tiere), Hypothermie (zwei Tiere) und Tachypnoe, Atemdepression und eine Phlegmone an der linken Vordergliedmaße (jeweils 1 Fohlen). Es gab Mehrfachnennungen. 2,99 % (vier Tiere) waren symptomlos. Bei zehn Patienten (7,46 %) sind keine Symptome im Anamnesebogen dokumentiert (Abbildung 5).

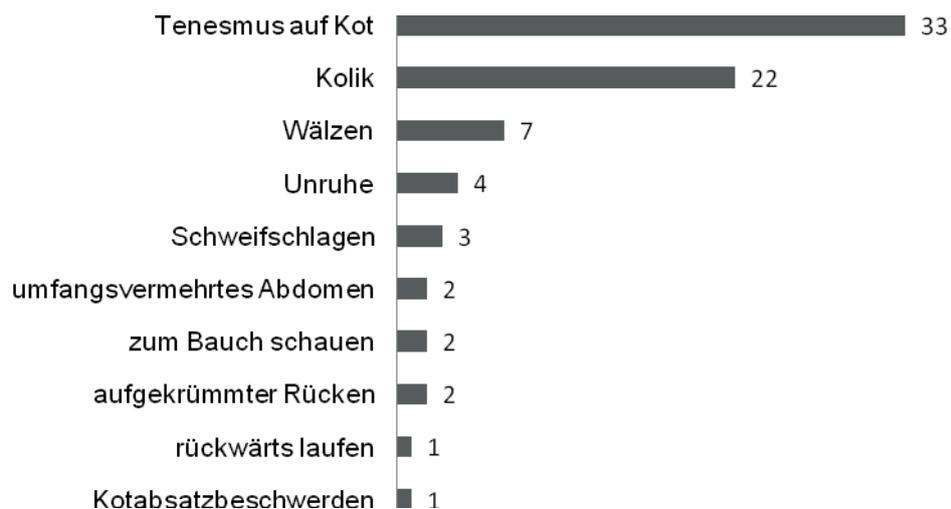


Abbildung 5: Absolute Häufigkeiten der Koliksymptome der Fohlen mit Mekoni-  
mobstipation (n = 120; Mehrfachnennungen möglich)

Vor der Einlieferung hatten 89 der 134 Fohlenbesitzer (66,42 %) einen Abgang von Mekonium beobachtet. Bei 26 Patienten (19,4 %) war kein Mekoniumabsatz beobachtet worden. Bei 19 Tieren (14,18 %) konnte dazu keine Angabe gemacht werden. Zwischen Fohlen, bei denen vor der Einlieferung ein Mekoniumabgang beobachtet worden war, und Fohlen, bei denen dies nicht der Fall war, zeigte sich kein statistisch nachweisbarer Unterschied bezogen auf das Sterben, das Auftreten einer Wundheilungsstörung oder einer Kolik nach der Behandlung (Tabelle 13 - 15).

Von den 89 Fohlen, bei denen Mekoniumabgang beobachtet worden war, überlebten 73 Fohlen, 16 starben. Von den 26 Fohlen, bei denen vor Einlieferung kein Mekoniumabsatz beobachtet worden war, überlebten fünf Tiere nicht.

Tabelle 13: Beobachteter Mekoniumabgang vor Einlieferung in die Klinik vs. Überleben bei Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 115)

Mekoniumabgang beobachtet	Überlebt		Total
	Nein	Ja	
Ja	16	73	<b>89</b>
Nein	5	21	<b>26</b>
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>94</b>	<b>115</b>

Von den 37 Fohlen mit beobachtetem Mekoniumabgang trat bei zehn eine Wundheilungsstörung *post perationem* auf. Die sechs Tiere der komplementären Gruppe entwickelten keine Wundheilungsstörung.

Tabelle 14: Beobachteter Mekoniumabgang vor Einlieferung in die Klinik vs. Wundheilungsstörung *post operationem* bei Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 43)

Mekoniumabgang beobachtet	Wundheilungsstörung		Total
	Ja	Nein	
Ja	10	27	<b>37</b>
Nein	0	6	<b>6</b>
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>33</b>	<b>43</b>

Von den 40 Tieren mit beobachtetem Mekoniumabgang, hatten sechs Koliksymptome nach ihrer Entlassung. Die sechs Tiere ohne beobachteten Mekoniumabgang zeigten keine Kolik nach Entlassung.

Tabelle 15: Beobachteter Mekoniumabgang vor Einlieferung in die Klinik vs. Koliksymptome nach Entlassung bei Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 46)

Mekoniumabgang beobachtet	Kolik		Total
	Ja	Nein	
Ja	6	34	<b>40</b>
Nein	0	6	<b>6</b>
Total	<b>6</b>	<b>40</b>	<b>46</b>

#### 4.1.4 Vorbehandlung

Von den 134 eingelieferten Fohlen waren 104 (77,61 %) vorbehandelt worden. 23 Tiere (17,1 %) wurden ohne vorhergehende Behandlung vorgestellt und bei sieben Tieren (5,29 %) ist dieses Merkmal nicht dokumentiert.

Von den 104 vorbehandelten Tieren hatten 54 (51,92 %) ein oder mehrere Klistiere erhalten. Zwölf Fohlen (11,54 %) waren vor der Einlieferung mit bis zu drei Rektalspülungen vorbehandelt worden. 26 Tieren (25 %) war Paraimmunitätsinducer, 20 Tieren (19,23 %) Fohlenlähmeserum und 13 Tieren (12,5 %) Tetanusserum verabreicht worden. Ein Antibiotikum war 26 Fohlen (25 %), ein Spasmolytikum 20 (19,23 %) und ein Schmerzmittel zehn Tieren (9,62 %) injiziert worden. Jeweils neun Tiere (8,65 %) hatten eine Infusion bzw. eine Injektion mit Vitaminen erhalten (Tabelle 16).

Tabelle 16: Absolute und relative Häufigkeit der erfolgten Vorbehandlungen vor Einlieferung der Fohlen mit Mekoniumobstipation in die Klinik (mit Mehrfachnennungen; n = 104), unterteilt nach Klistieren bzw. Rektalspülungen und anderen Vorbehandlungen

Vorbehandlung	absolut	relativ n = 104
1 Klistier	38	36,54 %
2 Klistiere	9	8,65 %
3 Klistiere	2	1,92 %
4 Klistiere	4	3,85 %
5 Klistiere	1	0,96 %
1 Rektalspülung	8	7,7 %
2 Rektalspülungen	2	1,92 %
3 Rektalspülungen	2	1,92 %
1Klistier + 1 Rektalspülung	4	3,51 %
>1 Klistier + >1 Rektalspülung	6	5,26 %
Paraimmunitätsinducer	26	25 %
Antibiotikum	26	25 %
Fohlenlähmeserum	20	19,23 %
Spasmolytikum	20	19,23 %
Tetanusserum	13	12,5 %
Schmerzmittel	10	9,62 %
Vitamine (ADE, E, B12)	9	8,65 %
Infusion (NaBic, Glukose)	9	8,65 %
Paraffin rektal	5	4,81 %
Catosal ®	4	3,85 %

Glukokortikoide	3	2,88 %
Homöopathische Komplexmittel (Spascupreel®, Spasmovetsan®)	2	1,92 %
Neostigmin	1	0,96 %
Mekoniumentfernung mit Zange	1	0,96 %
Tee mit Traubenzucker	1	0,96 %

#### 4.1.5 Allgemeine klinische Untersuchung

In der allgemeinen Untersuchung der Fohlen bei Einlieferung lag der durchschnittliche Puls der Tiere bei  $117,8 \pm 27,8$  Schlägen pro Minute. Der Median lag bei 120 Schlägen pro Minute. Ohne Angabe dazu sind sieben Fohlen. Ein statistischer Zusammenhang konnte für den Puls und das Auftreten einer erneuten Kolik ( $p = 0,0231$ ), nicht aber für das Sterben ( $p = 0,9784$ ) oder eine Wundheilungsstörung ( $p = 0,1591$ ) gezeigt werden. Die Patienten zeigten im Mittel  $49,7 \pm 17,7$  Atemzüge pro Minute. Der Median wurde bei 48 Atemzügen pro Minute ermittelt. Bei zwölf Fohlen wurde während der Erstuntersuchung keine Atemfrequenz dokumentiert. Mit  $p = 0,0724$  liegt der Einfluss der Atemfrequenz auf das Sterben nahe der Signifikanzgrenze. Versterbende Tiere haben eine um 14 % niedrigere Atemfrequenz (Mittelwerte der Gruppen 51 bzw. 44 Atemzüge pro Minute). Die Atemfrequenz stand in keinem statistisch signifikanten Zusammenhang mit einer erneuten Kolik ( $p = 0,4688$ ) oder einer Wundheilungsstörung ( $p = 0,6322$ ). Die durchschnittliche Körperinnentemperatur bei Aufnahme betrug  $38^\circ\text{C} \pm 0,9$ , der Median  $38^\circ\text{C}$ . Zu acht Tieren fehlt diese Angabe (Tabelle 17). Es zeigte sich eine Abhängigkeit zwischen der Rektaltemperatur und dem Sterben ( $p = 0,023$ ), nicht aber zwischen der Rektaltemperatur und der Entwicklung einer Wundheilungsstörung ( $p = 0,6326$ ) oder einer erneuten Kolik ( $p = 0,3528$ ).

Tabelle 17: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ), Standardabweichung (s), Median sowie Minimum (Min) und Maximum (Max) der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute), der Atemfrequenz (in Atemzügen pro Minute) und der rektalen Körpertemperatur (in Grad Celsius) der Fohlen mit Mekoniumobstipation bei Einlieferung in die Klinik

	n	$\bar{x}$	s	Median	Min.	Max.
Herzfrequenz (Schläge / min)	127	117,8	27,8	120	36	200
Atemfrequenz (Züge / min)	122	49,7	17,7	48	12	100
Körpertemperatur rektal (°C)	126	38,0	0,9	38	33	39,3

Bei der rektalen Untersuchung konnte bei 110 Fohlen (82,9 %) Mekonium palpirt werden. 15 Fohlen (11,19 %) wiesen einen negativen Palpationsbefund auf. Zu neun Tieren fehlt eine Angabe zu diesem Merkmal. Es zeigten sich keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen der rektalen Palpation von Mekonium und den drei Zielgrößen.

Von den 110 Fohlen, bei denen Mekonium rektal palpierbar war, überlebten 91 Tiere, 19 starben oder wurden euthanasiert (Tabelle 18). Von den 15 Fohlen, bei denen rektal kein Mekonium nachweisbar war, überlebten elf.

Tabelle 18: Mekonium palpierbar vs. Überleben der Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 125)

Mekonium palpierbar	Überlebt		Total
	Nein	Ja	
Ja	19	91	<b>110</b>
Nein	4	11	<b>15</b>
Total	<b>23</b>	<b>102</b>	<b>125</b>

Das Stehvermögen war bei 96 der 134 Fohlen (71,46 %) erhalten. 18 Tiere (13,43 %) konnten nur mit Hilfe stehen. Fünf Tiere (3,73 %) wurden festliegend eingeliefert, acht (5,97 %) in Seitenlage. Bei acht Fohlen (5,41 %) sind keine Informationen über das Stehvermögen dokumentiert. Bezogen auf die drei Zielgrößen konnte für das Sterben ein statistisch signifikanter Zusammenhang zum Stehvermögen bei Einlieferung ( $p = 0,0015$ ) errechnet werden. Für die anderen beiden Zielgrößen wurde kein signifikanter Einfluss nachgewiesen, die absoluten Häufigkeiten sind den Tabellen 19 bis 21 zu entnehmen.

Tabelle 19: Stehvermögen vs. Überleben der Fohlen mit Mekoniumobstipation (absolute Häufigkeiten) und Überlebensrate (n = 126)

Stehvermögen	Überleben		Total	Überlebensrate
	Ja	Nein		
Erhalten	85	10	<b>95</b>	<b>89,5 %</b>
Mit Hilfe	12	6	<b>18</b>	<b>66,7 %</b>
Festliegend	1	4	<b>5*)</b>	
Seitenlage	4	4	<b>8*)</b>	
Total	<b>102</b>	<b>24</b>	<b>126</b>	

\*) zu geringe Fallzahl

Tabelle 20: Stehvermögen vs. Wundheilungsstörung nach Operation bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung (n = 48)

Stehvermögen	Wundheilungsstörung		Total
	Ja	Nein	
Erhalten	10	33	<b>43</b>
Mit Hilfe	0	4	<b>4</b>
Festliegend	0	0	<b>0</b>
Seitenlage	0	1	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>38</b>	<b>48</b>

Tabelle 21: Stehvermögen vs. Koliksymptome nach Entlassung bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung (n = 51)

Stehvermögen	Kolik		Total
	Ja	Nein	
Erhalten	6	38	<b>44</b>
Mit Hilfe	0	4	<b>4</b>
Festliegend	0	2	<b>2</b>
Seitenlage	0	1	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>45</b>	<b>51</b>

44 der 134 Tiere (32,84 %) zeigten ein unauffälliges Allgemeinbefinden. 60 Fohlen (44,78 %) wurden mit gestörtem Allgemeinbefinden vorgestellt. Bei 20 Fohlen (14,93 %) war das Allgemeinbefinden hochgradig gestört. Drei Tiere (2,24 %) waren bei der Einlieferung komatös. Bei sieben Neonaten (5,3 %) ist hierzu nichts dokumentiert. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zur Zielgröße Sterben ( $p = 0,0002$ ) (Tabellen 22-24), nicht jedoch zu den Zielgrößen Kolik ( $p = 0,3931$ ) und Wundheilungsstörung ( $p = 0,7974$ ).

Tabelle 22: Allgemeinbefinden vs. Überleben der Fohlen mit Mekoniumobstipation - absolute Häufigkeiten und Überlebensraten (n = 126)

Allgemeinbefinden	Überleben		Total	Überlebensrate
	ja	nein		
unauffällig	40	3	<b>43</b>	<b>93 %</b>
mäßig gestört	50	10	<b>60</b>	<b>83 %</b>
hochgradig gestört	11	9	<b>20</b>	<b>55 %</b>
komatös	1	2	<b>3</b>	<b>33 %</b>
Total	<b>102</b>	<b>24</b>	<b>126</b>	

Tabelle 23: Allgemeinbefinden vs. Koliksymptome nach Entlassung der Fohlen mit Mekoniumobstipation (absolute Häufigkeiten, n = 49)

Allgemeinbefinden	Koliksymptome nach Entlassung		Total	Kolikrate
	Nein	Ja		
unauffällig	16	3	<b>19</b>	<b>16 %</b>
mäßig gestört	19	3	<b>22</b>	<b>14 %</b>
hochgradig gestört	7	0	<b>7</b>	<b>0 %</b>
komatös	1	0	<b>1</b>	<b>0 %</b>
Total	<b>43</b>	<b>6</b>	<b>49</b>	<b>12 %</b>

Tabelle 24: Allgemeinbefinden vs. Wundheilungsstörung nach Operation der Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 46)

Allgemeinbefinden	Wundheilungsstörung		Total	Rate der Wundheilungsstörungen
	Nein	Ja		
unauffällig	10	2	<b>12</b>	<b>17 %</b>
mäßig gestört	20	8	<b>28</b>	<b>29 %</b>
hochgradig gestört	6	0	<b>6</b>	<b>0 %</b>
komatös	0	0	<b>0</b>	<b>0 %</b>
Total	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>46</b>	<b>22 %</b>

#### 4.1.6 Begleiterkrankungen

91 der 134 Fohlen (67,9 %) wiesen eine Begleiterkrankung auf. 37 Tiere (27,6 %) wurden ausschließlich mit einer Mekoniumobstipation vorgestellt. Angaben zu Begleiterkrankungen fehlen bei sechs Tieren (4,5 %). Die häufigste Begleiterkrankung ist die Hypogammaglobulinämie, gefolgt von Prämaturität und Septikämie. Die relative Verteilung ist Tabelle 25 zu entnehmen. Das Vorliegen einer Begleiterkrankung hat statistisch signifikanten Einfluss auf das Sterben ( $p = 0,0219$ ), nicht jedoch auf das Auftreten einer Wundheilungsstörung oder einer späteren Kolikeypisode.

Tabelle 25: Absolute und relative Häufigkeiten der Begleiterkrankungen bei Einlieferung der Fohlen mit Mekoniumobstipation in die Klinik (n = 91; Mehrfachnennungen sind möglich)

Begleiterkrankung	absolut	relativ (n = 91)
Hypogammaglobulinämie	59	64,8 %
Prämaturität	28	30,8 %
Septikämie	24	26,4 %
Lebensschwäche, Trinkschwäche	23	25,3 %
Hernia umbilicalis	14	15,4 %
Urachus patens persistens	11	12,1 %
Arthritis	10	11,0 %

Von den 37 Tieren ohne Begleiterkrankung starben zwei (5 %; Tabelle 26), von den 91 Tieren, die mit einer oder mehreren Begleiterkrankungen eingeliefert wurden, verstarben 23 Tiere (25 %).

Vier der sechs Fohlen, die durch weitere Kolihsymptome auffällig wurden, litten zu Beginn ihres Klinikaufenthaltes an mindestens einer Begleiterkrankung (Tabelle 27). Zwanzig Fohlen hatten eine oder mehrere Begleiterkrankungen, ohne im ersten Lebensjahr weitere Kolihsymptome zu zeigen.

Bei 34 Fohlen trat keine Wundheilungsstörung post operationem auf (Tabelle 28), davon hatten jeweils 17 eine bzw. keine Begleiterkrankung. Zehn Fohlen zeigten eine Wundheilung mit Komplikationen, darunter zwei Fohlen mit und acht ohne Begleiterkrankung.

Tabelle 26: Begleiterkrankungen vs. Überleben bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung (absolute Häufigkeiten) und Überlebensrate (n = 128)

Begleiterkrankung	Überlebt		Total	Überlebensrate
	Nein	Ja		
Ja	23	68	<b>91</b>	<b>75 %</b>
Nein	2	35	<b>37</b>	<b>95 %</b>
Total	<b>25</b>	<b>103</b>	<b>128</b>	

Tabelle 27: Begleiterkrankungen vs. Koliksymptome nach der Entlassung bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung (n = 48)

Begleiterkrankung	Koliksymptome nach Entlassung		Total
	Ja	Nein	
Ja	4	20	<b>24</b>
Nein	2	22	<b>24</b>
Total	<b>6</b>	<b>42</b>	<b>48</b>

Tabelle 28: Begleiterkrankungen vs. Wundheilungsstörungen bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung (n = 44)

Begleiterkrankung	Wundheilungsstörung		Total
	Ja	Nein	
Ja	2	17	<b>19</b>
Nein	8	17	<b>25</b>
Total	<b>10</b>	<b>34</b>	<b>44</b>

#### 4.1.7 Therapie

Im vorliegenden Patientengut wurden konservative und chirurgische Therapien zur Behebung der Mekoniumobstipation angewandt. 83 Fohlen (61,94 %) wurden ausschließlich konservativ therapiert. 26 dieser 83 Patienten hatten eine Therapie mit ein bis sechs Klistieren. Weitere 16 Tiere erhielten bis maximal sechs Rektalspülungen ohne eine vorherige Verabreichung von Klistieren in der Klinik. Die übrigen 41 erfuhren eine Therapie mit anfänglich ein oder mehreren Klistieren gefolgt von mindestens einer bis maximal fünf Rektalspülungen (Tabelle 29 und 30).

Tabelle 29: Übersicht der erfolgreichen konservativen Therapie der Mekoniumobstipation bei Fohlen mit Klistieren oder Rektalspülungen

Konservative Therapie		
	Anzahl Anwendungen	Anzahl Patienten
Klistiere	1	8
	2	8
	3	6
	4	3
	6	1
Rektal- spülungen	1	6
	2	3
	3	2
	4	2
	5	1
	6	2

Tabelle 30: Übersicht zur konservativen Therapie der Mekoniumobstipation: Anzahl der Fohlen mit Mekoniumobstipation mit einer Kombination von Klistieren und Rektalspülungen (Rek.spül.)

Konservative Therapie					
	1 Rek.spül.	2 Rek.spül.	3 Rek.spül.	4 Rek.spül.	5 Rek.spül.
1 Klistier	6	3	3	2	1
2 Klistiere	7	6		1	
3 Klistiere	2	3	2	1	
4 Klistiere	1	1			
5 Klistiere	1	1			

Eine sofortige operative Therapie war bei 22 (16,4 %) Tieren angezeigt. Diese erfolgte bei 20 Neonaten mit Enterotomie (14,93 %). Dabei wurden 20 bis 60 cm Mekonium entfernt. Die durchschnittliche Länge des entfernten Darmpechs lag bei 32,5 cm. Bei vier Tieren wurde ein Volvulus mesenterialis dokumentiert. Die verbliebenen zwei der 22 Neonaten wurden aufgrund des Bauchsitus intra operationem euthanasiert. Es zeigte sich eine Retroflexio coli mit Abriss der Gekrösewurzel bzw. ein gelb verfärbtes Darmkonvolut mit ausgeprägten Petechien. Bei 26 Patienten wurde zuerst ein konservativer Therapieversuch unternommen und danach eine chirurgische Versorgung mit Enterotomie eingeleitet. Detaillierte Angaben zur Therapie finden sich in Tabelle 31. Ein weiteres Fohlen erhielt zuerst eine konservative und nachfolgend eine chirurgische Therapie ohne Enterotomie.

Tabelle 31: Übersicht zur initialen konservativen Therapie der Mekoniumobstipation bei Fohlen mit nachfolgender Enterotomie

Patientenzahl	Anzahl Klistiere	Anzahl Rektal-spülungen	Entfernte Menge Mekonium (cm)
2	1	3	30
2	0	2	45
1	0	1	20
1	0	1	35
1	0	3	Keine Angabe
2	0	1	40
3	0	2	25
2	0	1	15
1	0	4	15
4	0	1	30
2	0	3	25
2	1	1	35
1	2	x	Keine Angabe
1	1	4	10
1	1	2	50

Bei zwei Fohlen (1,49 %) wurde die Mekoniumobstipation nicht behandelt. Eines der beiden Fohlen verstarb, bevor die Therapie eingeleitet werden konnte. Das andere wurde auf Wunsch des Besitzers aufgrund der schlechten Prognose basierend auf dem Allgemeinzustand und den Begleiterkrankungen euthanasiert.

Das Merkmal angewandte Therapie ist unabhängig von den Zielmerkmalen Kolik nach Entlassung ( $p = 0,7265$ ) und Wundheilungsstörung ( $p = 0,4307$ ). Zur Zielgröße Sterben liegt die Therapie mit  $p = 0,07189$  leicht oberhalb der Signifikanzgrenze.

Im Zusammenhang mit den drei Zielgrößen ergaben sich die folgenden Kreuztabellen der angewandten Therapien (Tabelle 32-34).

Tabelle 32: Angewandte Therapie vs. Überleben der Fohlen mit Mekoniumobstipation (absolute Häufigkeiten) und Überlebensrate (n = 133)

Therapie	Überleben		Total	Überlebensrate
	Ja	Nein		
Keine	0	2	<b>2</b>	
Konservativ	65	17	<b>82*</b>	<b>79,3 %</b>
Euthanasie <i>intra operationem</i>	0	2	<b>2</b>	
Operativ mit Enterotomie	18	2	<b>20</b>	<b>90 %</b>
Konservativ, danach Operation mit Enterotomie	23	3	<b>26</b>	<b>88,5 %</b>
Konservativ, danach Operation ohne Enterotomie	1	0	<b>1</b>	
Total	<b>107</b>	<b>26</b>	<b>133</b>	

\* Von den 134 untersuchten Fohlen wurden 83 konservativ behandelt. Für eins dieser Tiere fehlt die Angabe zum Überleben, deshalb hier nur 82 Fohlen.

In den offen gelassenen Fällen ist die Angabe einer Überlebensrate wegen geringer Fallzahlen nicht sinnvoll.

Tabelle 33: Angewandte Therapie vs. Wundheilungsstörung nach der Operation der Fohlen mit Mekoniumverhaltung (n = 46)

Therapie	Wundheilungsstörung		Total
	Ja	Nein	
Operativ mit Enterotomie	3	16	<b>19</b>
Konservativ, danach Operation mit Enterotomie	7	19	<b>26</b>
Konservativ, danach Operation ohne Enterotomie	0	1	<b>1</b>
Total	<b>10</b>	<b>36</b>	<b>46</b>

Tabelle 34: Angewandte Therapie vs. Koliksymptome nach der Entlassung der Fohlen mit Mekoniumverhaltung (n = 51)

Therapie	Kolik		Total
	Ja	Nein	
Keine	0	0	<b>0</b>
Konservativ	2	15	<b>17</b>
Operativ ohne Enterotomie	0	0	<b>0</b>
Operativ mit Enterotomie	1	14	<b>15</b>
Konservativ, danach Operation mit Enterotomie	3	16	<b>19</b>
Konservativ, danach Operation ohne Enterotomie	0	0	<b>0</b>
Total	<b>6</b>	<b>45</b>	<b>51</b>

#### 4.1.8 Komplikationen

Von den 134 Fohlen mit Mekoniumobstipation blieben 78 Tiere (58,21 %) während und nach der Behandlung komplikationsfrei. Bei vier Tieren (2,99 %) finden sich keine Angaben zu Komplikationen. Die Häufigkeitsverteilung von Komplikationen bei überlebenden und toten Fohlen mit Mekoniumverhaltung kann Tabelle 35 entnommen werden. Von den 52 Tieren mit Komplikationen zeigten 15 (28,8 %) Durchfall. Davon waren sechs Patienten konservativ und neun chirurgisch versorgt worden. 17 Fohlen (32,69 %) fielen mit Proktitis auf, 13 davon hatten eine ausschließlich konservative Behandlung erhalten. Nach der Operation entwickelten zehn Patienten (19,23 %) eine Wundheilungsstörung. Diese war bei einem so stark ausgeprägt, dass eine Re-Operation zur erneuten Wundversorgung durchgeführt werden musste. Fünf Neonaten (9,62 %) entwickelten eine Thrombophlebitis, davon war ein Tier operiert worden. Zwei (3,85 %) Pferde zeigten nach der Operation eine Kolik, weitere zwei (3,85 %) eine Septikämie. Ein konservativ versorgtes Tier (1,92 %) entwickelte ein Uroperitoneum.

Mit  $p = 1,000$  sind die Merkmale Komplikationen und Kolik nach Entlassung unabhängig, ebenso mit  $p = 0,433$  die Merkmale Komplikationen und Sterben. Es gibt mit  $p = 0,0026$  einen statistisch signifikanten Zusammenhang der Komplikationen auf das Entstehen einer Wundheilungsstörung (Tabelle 37).

Tabelle 35: Komplikationen vs. Überleben der Fohlen mit Mekoniumobstipation (absolute Häufigkeiten) und Überlebensraten (n = 130)

Komplikationen	Überlebt		Total	Überlebensrate
	Nein	Ja		
Ja	9	43	<b>52</b>	<b>82,7 %</b>
Nein	16	62	<b>78</b>	<b>79,5 %</b>
Total	<b>25</b>	<b>105</b>	<b>130</b>	<b>80,8 %</b>

Von den 29 Fohlen mit Komplikationen und ebenso von den 21 komplikationsfreien Fohlen entwickelten je drei Koliksymptome nach ihrer Entlassung (Tabelle 36).

Tabelle 36: Komplikationen vs. Koliksymptome nach der Entlassung bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung (absolute Häufigkeiten)

Komplikationen	Koliksymptome nach Entlassung		Total
	Ja	Nein	
Ja	3	26	<b>29</b>
Nein	3	18	<b>21</b>
Total	<b>6</b>	<b>44</b>	<b>50</b>

Tabelle 37: Komplikationen vs. Wundheilungsstörung bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung (absolute Häufigkeiten) und Rate der Wundheilungsstörungen (n = 48)

Komplikationen	Wundheilungsstörung		Total	Rate der Wundheilungsstörungen
	Ja	Nein		
Ja	10	17	<b>27</b>	37 %
Nein	0	21	<b>21</b>	0 %
Total	<b>10</b>	<b>38</b>	<b>48</b>	

#### 4.1.9 Aufenthaltsdauer und Gesundheitszustand bei Entlassung

Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer lag bei 8,68 Tagen mit einer Standardabweichung von 1,81 Tagen. Die Fohlen blieben mindestens einen Tag in der Klinik. Die längste Aufenthaltsdauer eines Patienten betrug 34 Tage. Dieses Fohlen litt an einer sekundären Mekoniumobstipation nach Volvulus mesenterialis und musste chirurgisch mit doppelter Enterotomie versorgt werden. Post operationem entwickelte sich eine Wundheilungsstörung. Für ein Fohlen liegt keine Angabe zur Dauer des Klinikaufenthalts vor.

105 Fohlen konnten als gesund entlassen werden. Zwei Fohlen wurden krank entlassen. Während des Klinikaufenthalts wurden 18 Tiere euthanasiert. Acht waren verstorben (einmal *intra operationem*, einmal zwei Stunden *post operationem*, die anderen frühestens am vierten Lebenstag bzw. ein Tier ohne genaue Zeitangabe). Zu einem Tier fehlt die Angabe zum Überleben.

#### 4.1.10 Alter der Mutterstuten und Paritäten

Die Mutterstuten waren vier bis dreißig Jahre alt mit einem Durchschnitt von  $11,8 \pm 5,3$  Jahren. Bei einem Tier fehlte die Altersangabe. Aus der für 113 Stuten angegebenen Anzahl der Paritäten wurde ein geometrischer Mittelwert von 2,2 mit einem Streufaktor von 2,16 ermittelt. 45 Tiere waren zum ersten Mal trächtig. Weitere Angaben zur Paritätenzahl sind Tabelle 38 zu entnehmen.

Tabelle 38: Häufigkeitsverteilung der Paritätanzahl der Mutterstuten von Fohlen mit Mekoniumobstipation

Anzahl der Trächtigkeiten	Anzahl der Stuten
1	45
2	16
3	15
4	13
5	7
6	6
7	5
8	3
10	1
14	1
17	1

## 4.2 Labordiagnostische Untersuchungen

Wegen der stark differierenden Fallzahlen zu den erfassten Behandlungstagen kann nicht geprüft werden, ob sich die labordiagnostischen Werte im Untersuchungszeitraum signifikant verändert haben.

### 4.2.1 pH-Wert

Der pH-Wert wurde am ersten Behandlungstag bei insgesamt 130 Fohlen mit durchschnittlich  $7,3478 \pm 0,085$  (Tabelle 39; Abbildung 6) bestimmt. Die Extreme lagen bei 7,0 und 7,48. Es zeigten sich keine signifikanten Einflüsse des pH-Wertes auf die drei Zielgrößen.

Tabelle 39: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum des pH-Wertes bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

pH-Wert	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	130	8	61	16	36
$\bar{x}$	7,348	7,413	7,383	7,39	7,387
s	0,085	0,039	0,048	0,034	0,037
Median	7,375	7,413	7,388	7,396	7,391
Minimum	7,0	7,361	7,142	7,332	7,289
Maximum	7,48	7,464	7,483	7,442	7,469

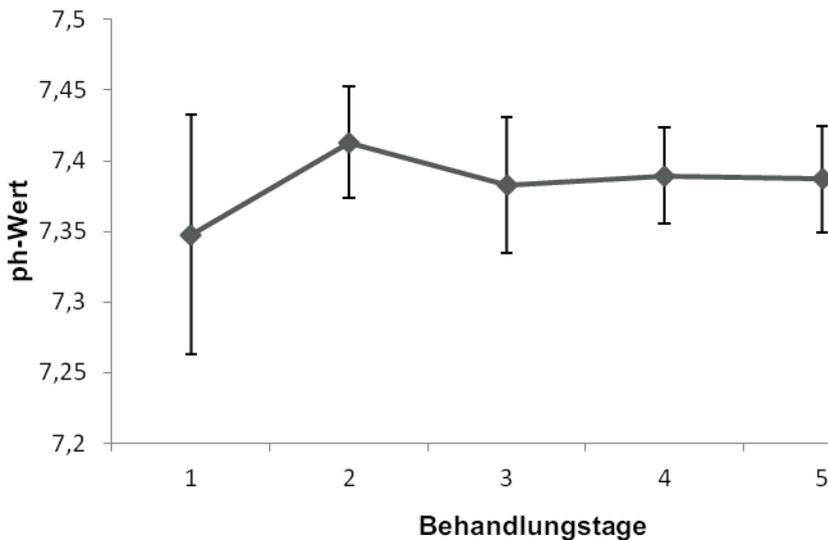


Abbildung 6: Arithmetischer Mittelwert sowie Standardabweichung des pH-Wertes bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei acht bis 129 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.2 Kohlendioxidpartialdruck $p\text{CO}_2$

Bei 129 Fohlen mit Mekoniumobstipation wurde am ersten Behandlungstag der  $p\text{CO}_2$  bestimmt. Der arithmetische Mittelwert lag bei  $6,91 \pm 1,06$  kPa. Alle Werte lagen zwischen 4,8 kPa und 11,96 kPa (Tabelle 40; Abbildung 7). Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Einfluss des  $p\text{CO}_2$  auf das Sterben ( $p = 0,0363$ ). Im Vergleich hatten sterbende Fohlen einen um 8 % höheren Kohlendioxidpartialdruck im venösen Blut als überlebende (6,8 bzw. 7,33 kPa). Gleichzeitig spielte der  $p\text{CO}_2$  keine Rolle für das Auftreten einer Wundheilungsstörung post operationem ( $p = 0,6585$ ) oder einer erneuten Kolik ( $p = 0,1401$ ).

Tabelle 40: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum des  $pCO_2$  bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

$pCO_2$ (kPa)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	129	8	61	16	36
$\bar{x}$	6,91	6,32	6,66	7,01	6,62
s	1,06	0,50	0,80	0,69	0,69
Median	6,75	6,35	6,62	6,91	6,65
Minimum	4,8	5,71	5,26	5,97	5,34
Maximum	11,96	7,29	8,31	8,42	7,96

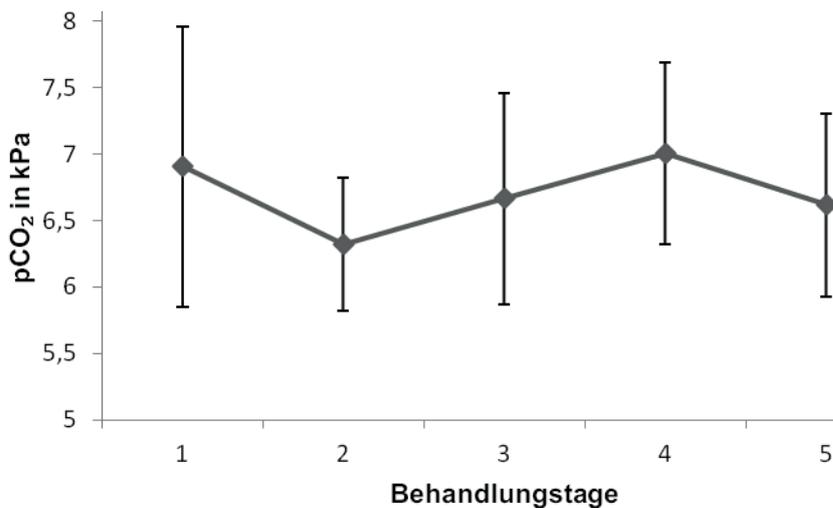


Abbildung 7: Arithmetischer Mittelwert sowie Standardabweichung des  $pCO_2$  bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei acht bis 129 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.3 Sauerstoffpartialdruck pO<sub>2</sub>

Bei Einlieferung in die Klinik wurde bei 127 Fohlen mit Mekoniumobstipation der pO<sub>2</sub> bestimmt. Er lag im Mittel bei 5,13 ± 1,22 kPa (Tabelle 41; Abbildung 8). Der Median war bei 5,09 kPa, die Extrema bei 1,94 kPa bzw. 12,1 kPa. Der Sauerstoffpartialdruck blieb ohne statistisch signifikanten Einfluss auf eine Wundheilungsstörung (p = 0,6123), eine erneute Kolik (p = 0,761) oder das Sterben (p = 0,067).

Tabelle 41: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum des pO<sub>2</sub> bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

pO <sub>2</sub> (kPa)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	127	8	57	16	36
$\bar{x}$	5,13	4,93	5,40	5,20	6,02
s	1,22	0,80	1,09	0,87	1,64
Median	5,09	4,79	5,31	5,23	5,84
Minimum	1,94	3,6	3,4	3,32	4,26
Maximum	12,1	6,01	8,79	6,72	12,9

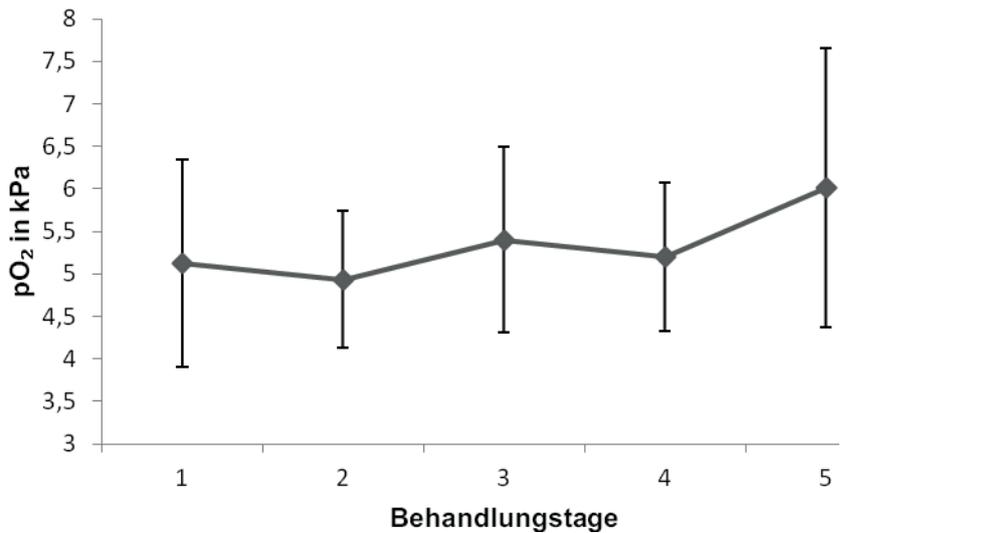


Abbildung 8: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung des pO<sub>2</sub> bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei acht bis 127 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.4 Base Excess ABE

Wie Tabelle 42 zu entnehmen ist, wurde am ersten Tag bei 130 Neonaten die aktuelle Basenabweichung bestimmt. Sie lag bei  $2,5 \pm 5$  mmol / L mit Extremwerten von -15,6 bzw. 27,2 mmol / L (Abbildung 9). Der Base Excess hat einen statistisch signifikanten Einfluss auf das Sterben ( $p = 0,001$ ), nicht aber auf Wundheilungsstörungen ( $p = 0,3305$ ) und Kolik ( $p = 0,812$ ). Sterbende Neonaten hatten einen um 117 % niedrigeren Base Excess im Blut als die Fohlen, die überlebten (3,22 bzw. -0,558 mmol / l).

Tabelle 42: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum des Base Excess bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

ABE (mmol / L)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	130	8	60	16	36

$\bar{x}$	2,5	4,7	3,8	5,4	4,0
s	5,0	1,8	4,0	3,2	4,1
Median	2,9	4,3	4,6	5,1	3,8
Minimum	-15,6	1,9	-12,6	1,2	-6,6
Maximum	27,2	7,2	13,8	13,2	13,0

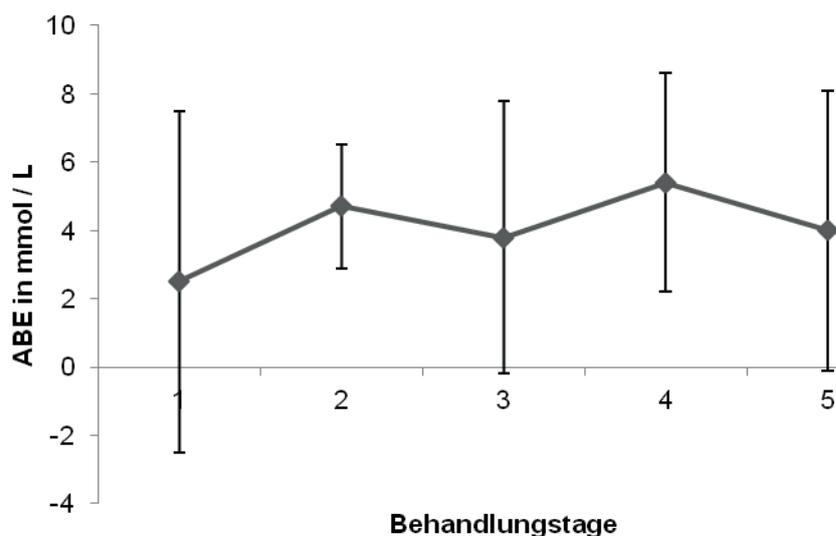


Abbildung 9: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung des Base Excess bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Je nach Behandlungstag ist das Merkmal bei acht bis 130 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.5 Hydrogencarbonat $\text{HCO}_3$

Am Tag der Einlieferung wurde bei 80 Fohlen der Hydrogencarbonatwert bestimmt. Der arithmetische Mittelwert lag bei  $28,1 \pm 3,7$  mmol / L (Abbildung 10), der Median bei 28,6 mmol / L. Die Extreme lagen bei 15,4 mmol / L und 39,1 mmol / L (Tabelle 43; Abbildung 10). Ähnlich der aktuellen Basenabweichung hat das Hydrogencarbonat einen statistisch signifikanten Einfluss auf das Sterben ( $p = 0,0213$ ), aber nicht auf Wundheilungsstörungen ( $p = 0,8515$ ) oder Koliken ( $p = 0,5976$ ). Nicht überlebende Fohlen hatten eine um 9 % niedrigere Hydrogencarbonatkonzentration als überlebende (28,6 bzw. 26,1 mmol / l).

Tabelle 43: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Hydrogencarbonatkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

HCO <sub>3</sub> (mmol / L)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	80	7	39	13	22
$\bar{x}$	28,1	29,6	28,3	30,5	28,8
s	3,7	1,8	4,0	3,9	4,3
Median	28,6	29,6	28,7	29,8	29,1
Minimum	15,4	26,7	15,5	26,1	18,8
Maximum	39,1	31,6	39,0	39,7	35,5

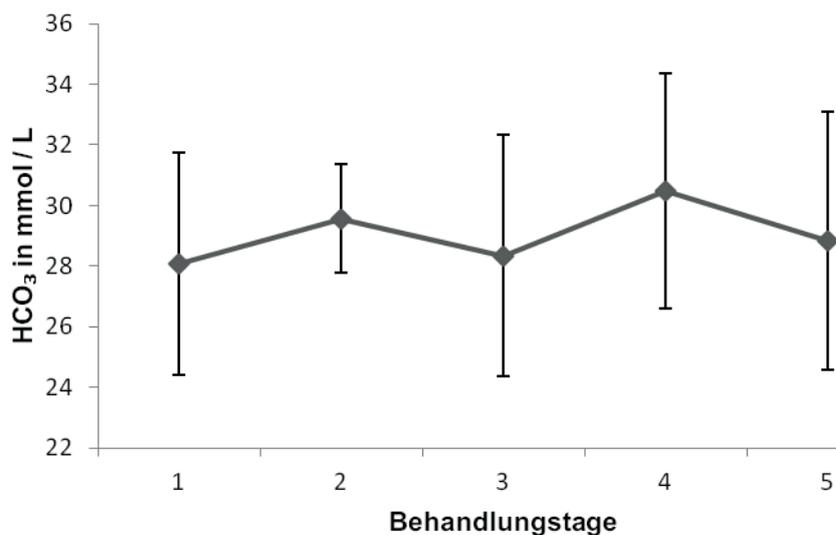


Abbildung 10: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Hydrogencarbonatkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei sieben bis 80 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.6 Glukose

Die Glukosekonzentration lag am Tag der Einlieferung bei einem Mittelwert von  $7,8 \pm 4,4$  mmol / L. Die Extrema lagen bei den 132 kontrollierten Fohlen bei 0,5 und 39,9 mmol / L (Tabelle 44; Abbildung 11). Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Glukosekonzentration und einer der drei Zielgrößen nachgewiesen werden (Sterben  $p = 0,8615$ , Kolik  $p = 0,6592$ , Wundheilungsstörung  $p = 0,7647$ ).

Tabelle 44: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Glukosekonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Glukose (mmol / L)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	132	7	67	17	38
$\bar{x}$	7,8	7,9	8,1	7,6	7,6
s	4,4	2,0	1,5	1,6	1,3
Median	8,2	8,2	7,9	8,3	7,5
Minimum	0,5	3,9	3,8	4,1	4,8
Maximum	39,9	9,5	12,8	10,0	10,6

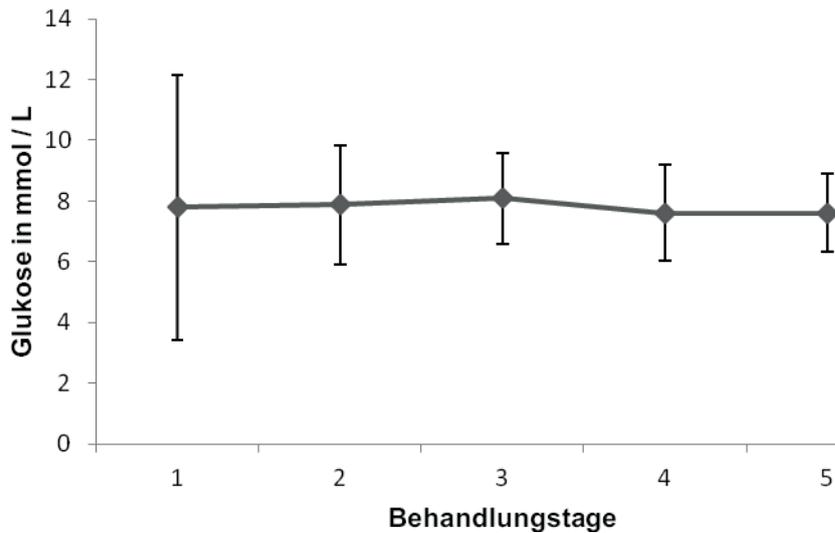


Abbildung 11: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Glukosekonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Je nach Behandlungstag ist das Merkmal bei sieben bis 132 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.7 Laktat

Aufgrund der rechtsschiefen Verteilung der Laktatwerte an Tag 1 wurde eine logarithmische Transformation durchgeführt und der geometrische Mittelwert mit Streufaktor ermittelt (Tabelle 45; Abbildung 12). Statistisch war eine signifikante Wechselwirkung auf das Sterben ( $p = 0,0008$ ), nicht aber auf Wundheilungsstörung ( $p = 0,2192$ ) oder Kolik ( $p = 0,4226$ ) nachweisbar. Fohlen mit Mekoniumobstipation, die während ihres Klinikaufenthaltes verstarben oder euthanasiert wurden, hatten eine um 78 % höhere Laktatkonzentration im Blut im Vergleich zu überlebenden Fohlen (geometrisches Mittel 2,82 bzw. 5,01 mmol / l).

Tabelle 45: Anzahl (n), geometrischer Mittelwert ( $x_g$ ) und Streufaktor (SF) sowie Median, Minimum und Maximum der Laktatkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Laktat (mmol / L)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	131	7	66	17	38
$x_g$	3,2	2,1	1,8	1,2	1,4
SF	2,0	2,4	1,7	1,3	1,6
Median	2,8	1,7	1,6	1,2	1,35
Minimum	0,9	1,0	0,7	0,8	0,5
Maximum	14,6	14,3	11,4	1,7	4,6

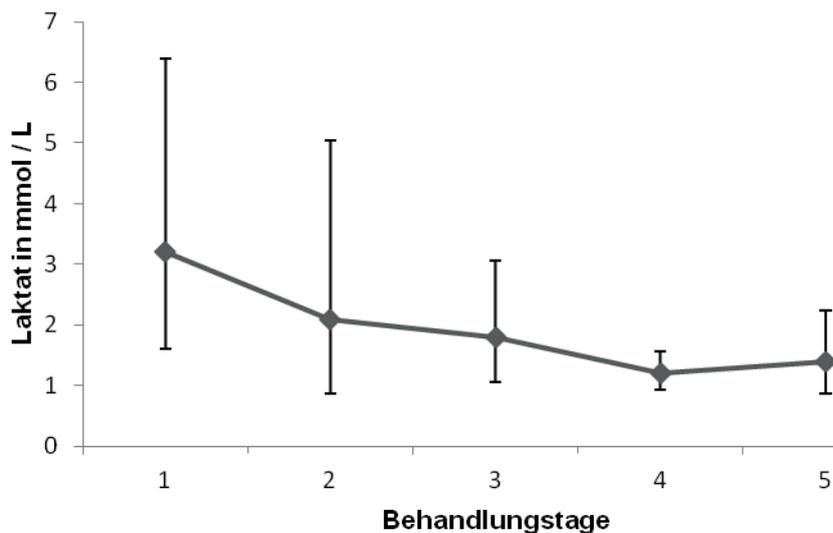


Abbildung 12: Geometrischer Mittelwert und Streufaktor der Laktatkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei sieben bis 131 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.8 Natrium

Der Verlauf während des Messzeitraumes begann mit einem Mittelwert von  $133,2 \pm 7,5$  mmol / L. Die Extrema lagen bei den 131 am ersten Behandlungstag gemessenen Fohlen bei 109 bzw. 162 mmol / L, der Median bei 134 mmol / L (Tabelle 46; Abbildung 13). Die Natriumkonzentration im venösen Blut ließ keinen signifikanten Einfluss auf eine der Zielgrößen (Wundheilung  $p = 0,5392$ , Kolik  $p = 0,8992$ , Sterben  $p = 0,4832$ ) erkennen.

Tabelle 46: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Natriumkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Natrium (mmol / L)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	131	8	67	16	38
$\bar{x}$	133,2	134,9	135,8	135,5	134,5
s	7,5	7,0	7,2	4,5	5,4
Median	134	134	135	135	134
Minimum	109,0	126,0	118,0	129,0	118,0
Maximum	162,0	147,0	168,0	147,0	146,0

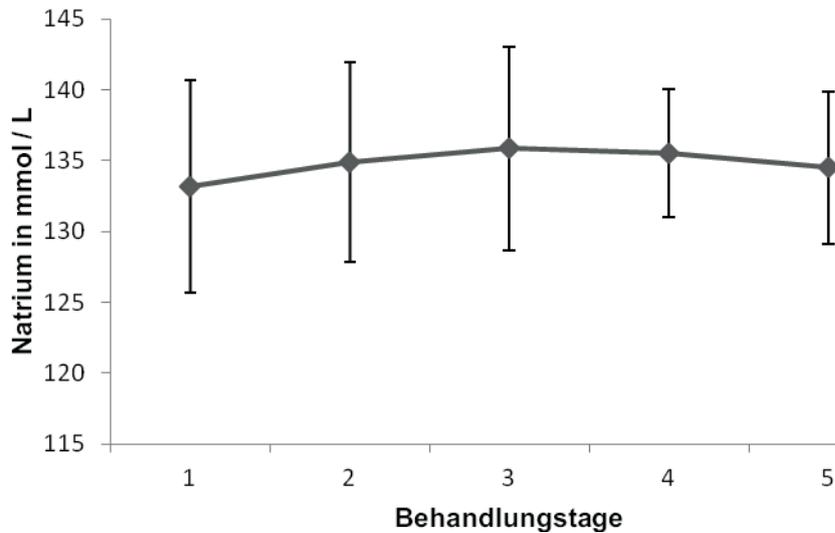


Abbildung 13: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Natriumkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei acht bis 131 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.9 Kalium

Die mittlere Kaliumkonzentration lag am ersten Behandlungstag bei  $3,84 \pm 0,60$  mmol / L, mit Extremen von 2,38 und 5,4 mmol / L (Tabelle 47; Abbildung 14). Es konnte ein Unterschied der Kaliumkonzentration zwischen Fohlen, die sterben bzw. überleben, festgestellt werden ( $p = 0,0007$ ). Tiere, die nicht überlebten, hatten einen um 13 % höhere Kaliumkonzentration im Blut als überlebende (3,746 bzw. 4,223 mmol / l). Ein vergleichbarer Unterschied war weder für Fohlen mit bzw. ohne Wundheilungsstörung ( $p = 0,9199$ ) noch für Fohlen mit bzw. ohne erneute Kolik ( $p = 0,1013$ ) feststellbar.

Tabelle 47: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Kaliumkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Kalium (mmol / L)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	131	8	67	16	38
$\bar{x}$	3,84	4,09	4,0	3,86	3,82
s	0,60	0,60	0,64	0,58	0,64
Median	3,9	4	4	3,9	3,8
Minimum	2,38	3,1	2,5	2,12	1,59
Maximum	5,4	5,2	5,7	4,9	5,0

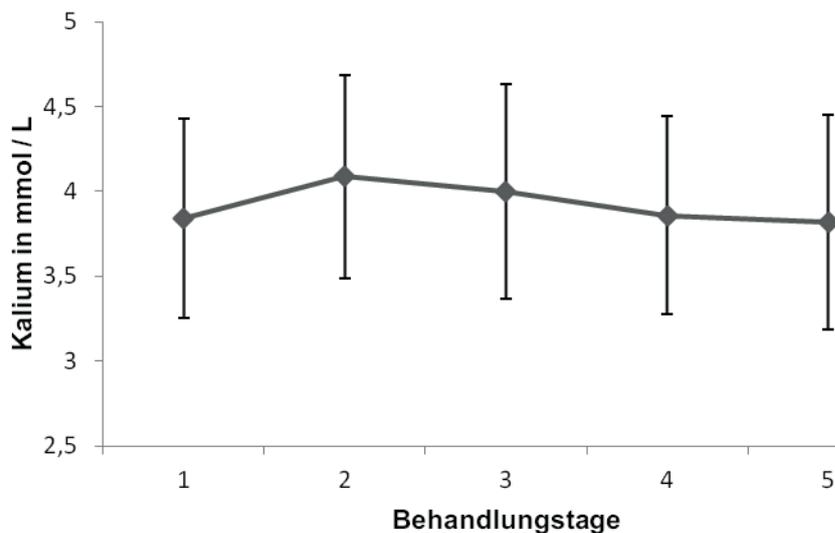


Abbildung 14: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Kaliumkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag für acht bis 131 Tiere dokumentiert.

#### 4.2.10 Chlorid

Wie in Tabelle 48 zusammengefasst, lag der arithmetische Mittelwert der Chloridkonzentration am Tag der Einlieferung bei  $95,3 \pm 6,3$  mmol / L (Abbildung 15), der Median bei 95,5 mmol / L. Es konnte kein statistisch signifikanter Einfluss auf die drei untersuchten Zielgrößen ermittelt werden.

Tabelle 48: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Chloridkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Chlorid (mmol / L)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	62	6	35	8	22
$\bar{x}$	95,3	98,3	98,6	96,5	96,1
s	6,3	3,8	6,2	3,5	5,2
Median	95,5	99,5	98,0	98,5	97,0
Minimum	73,0	92,0	87,0	91,0	86,0
Maximum	114,0	103,0	114,0	99,0	111,0

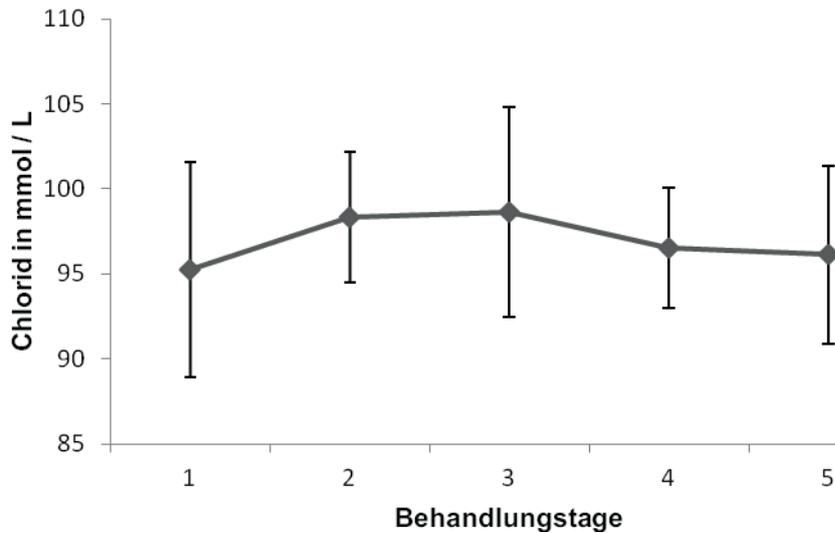


Abbildung 15: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Chloridkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Je nach Behandlungstag ist das Merkmal für sechs bis 62 Tiere dokumentiert.

#### 4.2.11 Ionisiertes Kalzium

Am Tag der Einlieferung wurde bei 130 Fohlen mit Mekoniumobstipation der ionisierte Kalziumwert bestimmt, dieser lag im Mittel bei  $1,51 \pm 0,20$  mmol / L (Tabelle 49, Abbildung 16). Der Median befand sich bei 1,49 mmol / L, die Extreme bei 1,09 und 2,9 mmol / L. Es ließ sich ein statistische signifikanter Einfluss auf das Sterben ( $p = 0,0433$ ) feststellen. Nicht überlebende Fohlen hatten eine um 7 % höhere Kalziumkonzentration (ionisiert) im Blut als überlebende Tiere (1,49 bzw. 1,6 mmol / l). Signifikante Einflüsse auf Wundheilungsstörungen ( $p = 0,5417$ ) oder Koliken ( $p = 0,955$ ) ergaben sich nicht.

Tabelle 49: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Konzentration des ionisierten Kalziums bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Ionisiertes Kalzium (mmol / L)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	130	8	66	16	38
$\bar{x}$	1,51	1,48	1,49	1,54	1,49
s	0,20	0,09	0,13	0,10	0,12
Median	1,49	1,49	1,50	1,54	1,49
Minimum	1,09	1,36	1,04	1,328	1,12
Maximum	2,9	1,6	1,67	1,68	1,74

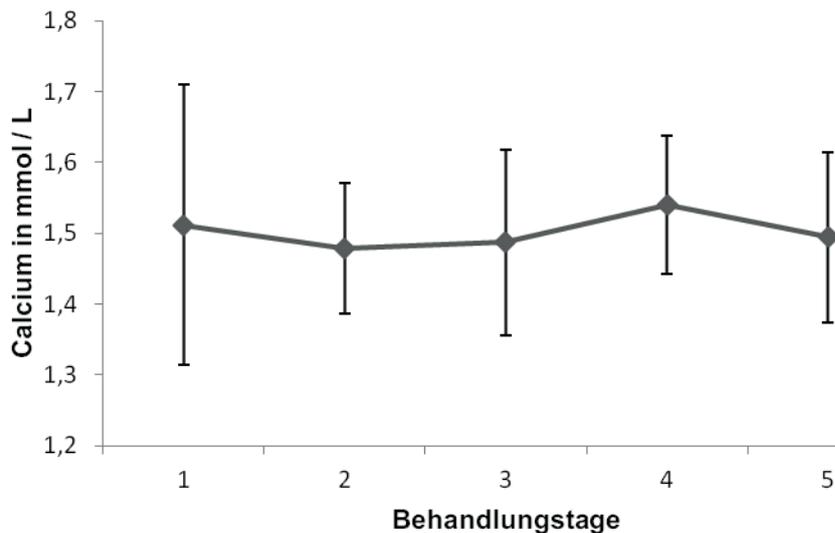


Abbildung 16: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Konzentration des ionisierten Kalziums bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei acht bis 131 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.12 Erythrozyten

Die Erythrozytenzahl des venösen Blutes lag am ersten Behandlungstag im Mittel bei  $9,77 \pm 1,67$  T / L. Die Extreme lagen bei 4,34 und 14,2 T / L (Tabelle 50; Abbildung 17). Die Erythrozytenzahl hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Zielgrößen (Sterben  $p = 0,2034$ , Kolik  $p = 0,6997$ , Wundheilungsstörung  $p = 0,2288$ ).

Tabelle 50: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Erythrozytenkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Erythrozyten (T / L)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	130	13	86	27	58
$\bar{x}$	9,77	8,87	8,65	8,43	8,63
s	1,67	1,23	1,61	1,71	1,84
Median	9,805	8,705	8,655	7,9	8,6
Minimum	4,34	6,56	3,70	5,80	4,20
Maximum	14,20	10,70	13,90	12,20	13,00

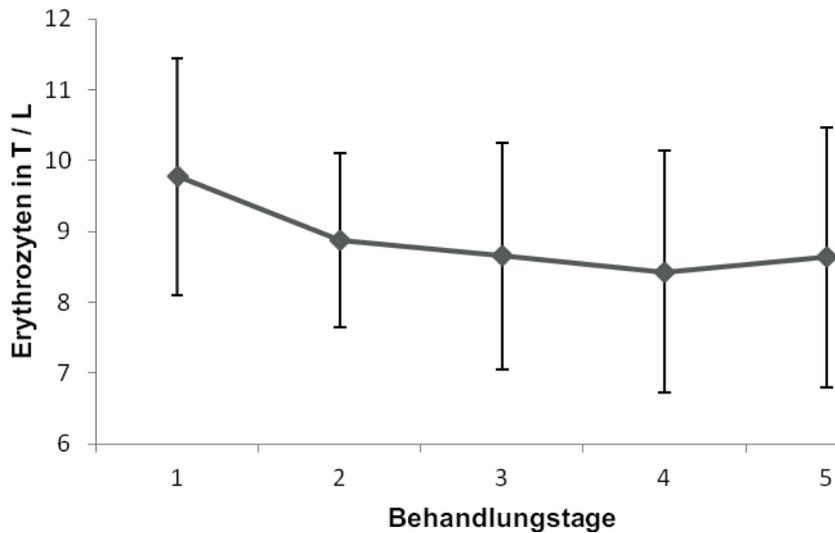


Abbildung 17: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Erythrozytenkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Je nach Behandlungstag ist das Merkmal bei 13 bis 130 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.13 Hämoglobin

Die Hämoglobinkonzentration lag bei den 132 untersuchten Fohlen am Tag der Einlieferung bei einem arithmetischen Mittelwert von  $8,27 \pm 1,56$  mmol / L. Die Extrema waren 3,5 und 14,3 mmol / L, der Median 8,295 mmol / L (Tabelle 51; Abbildung 18). Zwischen keiner der Zielgrößen und der Hämoglobinkonzentration bestand eine statistisch signifikante Wechselwirkung (Kolik  $p = 0,4552$ , Wundheilungsstörung  $p = 0,4688$ , Sterben  $p = 0,843$ ).

Tabelle 51: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Hämoglobinkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Hämoglobin (mmol / L)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	132	13	86	27	58
$\bar{x}$	8,27	7,37	7,32	6,99	7,30
s	1,56	1,10	1,36	1,31	1,59
Median	8,295	7,33	7,39	6,61	7,3
Minimum	3,50	5,56	2,80	4,55	3,63
Maximum	14,30	9,20	11,40	10,00	11,50

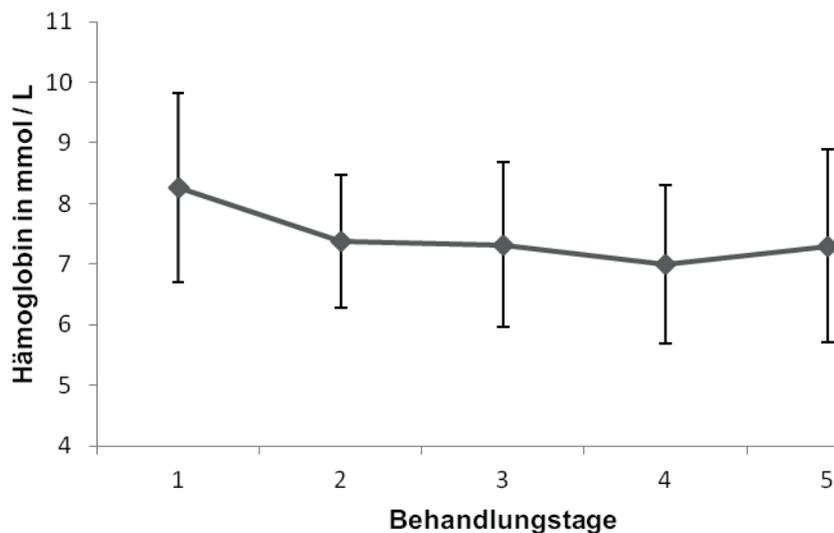


Abbildung 18: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Hämoglobinkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei 13 bis 132 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.14 Hämatokrit

Am Tag der Einlieferung wurde bei 133 Fohlen der Hämatokrit bestimmt. Er lag im Mittel bei  $0,37 \pm 0,07$  l/l, der Median lag bei  $0,37$  l/l (Tabelle 52; Abbildung 19). Die Extremwerte waren  $0,15$  und  $0,54$  l/l. Zu den drei Zielgrößen ergab sich kein signifikanter Zusammenhang zum Hämatokrit ( $p$ -Werte größer  $0,85$ ).

Tabelle 52: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum des Hämatokrits bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Hämatokrit (l/l)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	133	13	85	27	59
$\bar{x}$	0,37	0,34	0,33	0,32	0,33
s	0,07	0,05	0,06	0,07	0,07
Median	0,37	0,33	0,32	0,31	0,33
Minimum	0,15	0,27	0,12	0,21	0,15
Maximum	0,54	0,42	0,46	0,46	0,50

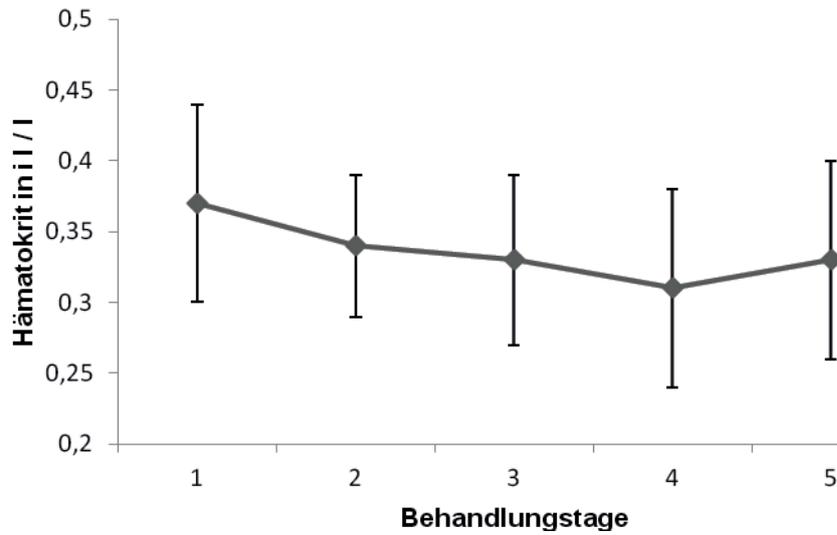


Abbildung 19: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung des Hämatokrits bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei 13 bis 133 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.15 Leukozyten

Die Gesamtleukozytenkonzentration lag am Tag der Einlieferung bei einem Mittelwert von  $8,05 \pm 3,70$  G / l (Tabelle 53; Abbildung 20). Die Extrema lagen bei den 133 untersuchten Fohlen am ersten Behandlungstag bei 1 und 19,3 G / l. Die Fohlengruppen, die überlebten bzw. starben, unterschieden sich signifikant in ihren Leukozytenkonzentrationen ( $p = 0,0092$ ). Die während ihres Aufenthaltes versterbenden Tiere hatten eine um 27 % niedrigere Gesamtleukozytenkonzentration (8,53 bzw. 6,23 G / l). Ein solcher Unterschied war für Fohlengruppen mit bzw. ohne Wundheilungsstörung nach der operativen Entfernung des Mekoniums ( $p = 0,2827$ ) und Fohlen mit bzw. ohne erneute Kolik ( $p = 0,2946$ ) nicht nachweisbar.

Tabelle 53: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Leukozytenkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Leukozyten (G / l)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	133	13	86	27	58
$\bar{x}$	8,05	6,55	6,62	6,78	7,07
s	3,70	5,71	2,75	1,98	2,91
Median	7,64	5,795	6,385	6,6	6,625
Minimum	1,00	2,47	1,40	2,84	2,21
Maximum	19,30	24,70	16,50	11,10	14,60

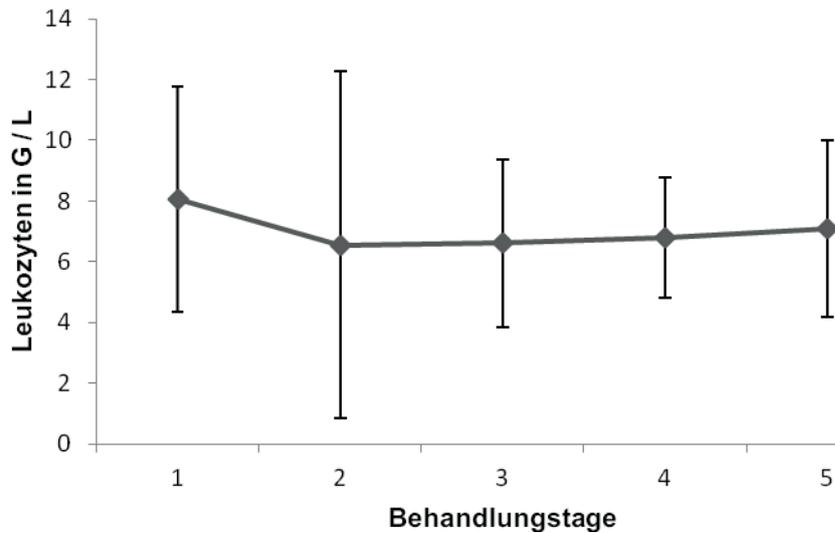


Abbildung 20: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Leukozytenkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei 13 bis 133 Fohlen dokumentiert.

#### 4.2.16 Basophile Granulozyten

Trotz rechtsschiefer Verteilung wurde bei diesem Parameter keine logarithmische Transformation durchgeführt, da aufgrund zu vieler "0-Werte" eine extreme Häufung bestehen bliebe. Die relative Anzahl der basophilen Granulozyten, bezogen auf die Anzahl der Leukozyten, lag am Tag der Einlieferung bei  $0,081 \% \pm 0,221$  (Tabelle 54; Abbildung 21). Zwischen der Konzentration der basophilen Granulozyten und dem Sterben ( $p = 0,557$ ), dem Entstehen einer Wundheilungsstörung ( $p = 0,7916$ ) und dem Auftreten einer neuen Kolik ( $p = 0,9077$ ) wurde kein signifikanter Zusammenhang ermittelt.

Tabelle 54: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Konzentration der basophilen Granulozyten bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Basophile Granulozyten (%)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	130	12	86	27	58
$\bar{x}$	0,081	0,094	0,148	0,181	0,341
s	0,221	0,222	0,289	0,244	0,417
Median	0,00	0,03	0,037	0,10	0,20
Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum	1,30	0,784	1,57	1,11	1,60

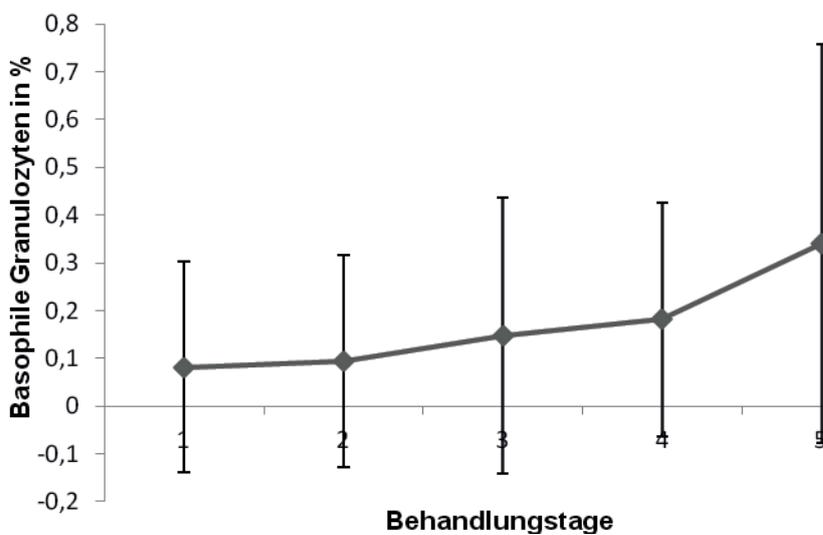


Abbildung 21: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Konzentration der basophilen Granulozyten bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei zwölf bis 130 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.17 Eosinophile Granulozyten

Hier erfolgte eine logarithmische Transformation (Tabelle 55; Abbildung 22). Die 14 „0-Werte“ wurden zuvor durch die Hälfte des kleinsten positiven Wertes ersetzt. Es ergab sich kein statistisch signifikanter Einfluss der Konzentration der eosinophilen Granulozyten auf das Sterben ( $p = 0,0974$ ), auf das Entstehen einer Wundheilungsstörung ( $p = 0,8732$ ) oder das Auftreten einer Kolik ( $p = 0,5621$ ).

Tabelle 55: Anzahl (n), geometrischer Mittelwert ( $x_g$ ) und Streufaktor (SF) sowie Median, Minimum und Maximum der Konzentration der eosinophilen Granulozyten bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Eosinophile Granulozyten (%)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	130	13	86	27	58
$x_g$	0,0654	0,1182	0,1605	0,2687	0,1759
SF	3,9543	2,2963	3,3857	1,9923	3,9237
Median	0,0615	0,10	0,20	0,30	0,25
Minimum	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00
Maximum	7,80	0,625	2,00	0,70	3,50

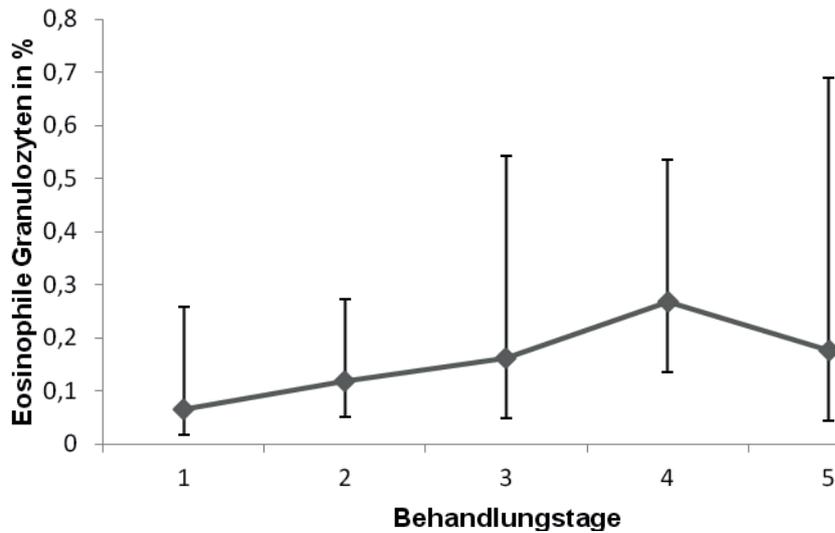


Abbildung 22: Geometrischer Mittelwert und Streufaktor der Konzentration der eosinophilen Granulozyten bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei 13 bis 130 Fohlen dokumentiert.

#### 4.2.18 Neutrophile Granulozyten

Bei der Erstuntersuchung wurde bei 131 Fohlen mit Mekoniumobstipation die neutrophile Granulozytenkonzentration bestimmt. Die genauen Angaben sind Tabelle 56 und Abbildung 23 zu entnehmen. Der p-Wert als Hinweis auf statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der Konzentration der neutrophilen Granulozyten und dem Sterben liegt knapp über der Signifikanzgrenze ( $p = 0,0541$ ). Zu den beiden anderen Zielgrößen (Wundheilungsstörung  $p = 0,9987$ , Kolik  $p = 0,7399$ ) konnte kein Einfluss nachgewiesen werden.

Tabelle 56: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Neutrophilen Granulozytenkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Neutrophile Granulozyten (%)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	131	13	86	27	58
$\bar{x}$	82,3	74,8	75,6	76,7	74,4
s	10,3	11,6	11,3	8,0	9,2
Median	84	75,6	76,2	77	74,6
Minimum	31,8	48,4	23,8	57,4	53,2
Maximum	95,5	96,5	95,0	93,3	93,3

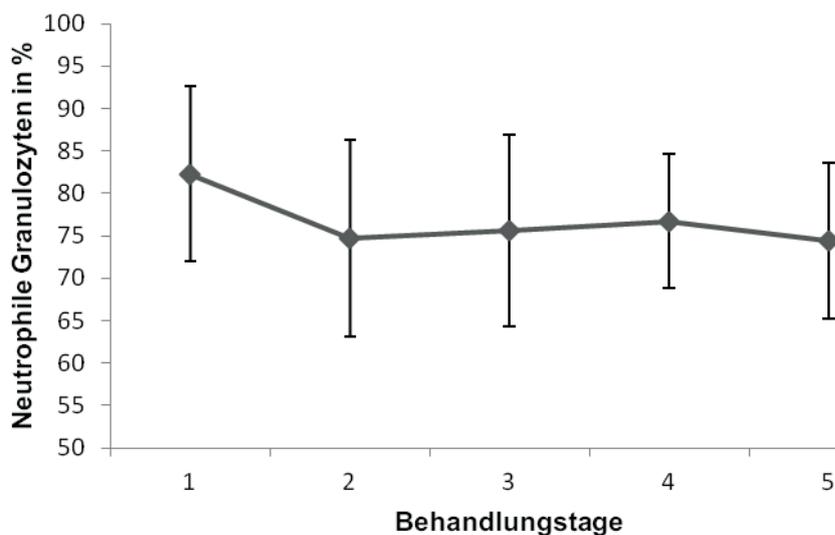


Abbildung 23: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Neutrophilen Granulozytenkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei 13 bis 131 Neonaten dokumentiert.

#### 4.2.19 Lymphozyten

Nach der logarithmischen Transformation ergab sich ein geometrischer Mittelwert von 13,15 % am Tag der Erstuntersuchung bei den 131 beprobten Neonaten mit Mekoniumobstipation (Tabelle 57; Abbildung 24). Statistisch gibt es keinen Hinweis auf eine Korrelation zwischen der Lymphozytenkonzentration und den drei Zielgrößen (Kolik  $p = 0,7633$ , Sterben  $p = 0,7774$ , Wundheilungsstörung  $p = 0,1958$ ).

Tabelle 57: Anzahl (n), geometrischer Mittelwert ( $x_g$ ) und Streufaktor (SF) sowie Median, Minimum und Maximum der Lymphozytenkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Lymphozyten (%)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	131	13	86	27	58
$x_g$	13,15	19,24	16,22	15,94	15,79
SF	1,72	1,84	1,68	1,46	1,63
Median	13,6	22	16,05	15,6	16,6
Minimum	4,12	3,2	2,73	5,95	3,78
Maximum	63,4	46,8	74,4	33,3	36,4

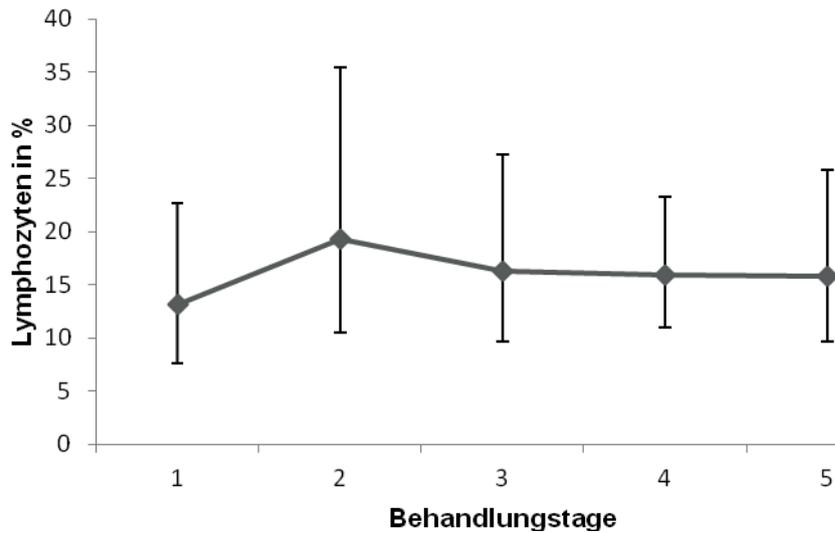


Abbildung 24: Geometrischer Mittelwert und Streufaktor der Konzentration der Lymphozyten bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei 13 bis 131 Fohlen dokumentiert.

#### 4.2.20 Monozyten

Der nach der logarithmischen Transformation ermittelte geometrische Mittelwert der Monozytenkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation beträgt 1,351 %, der Streufaktor 2,437 (Tabelle 58; Abbildung 25). Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Monozytenkonzentration und dem Sterben ( $p = 0,4372$ ), dem Auftreten einer erneuten Kolik ( $p = 0,818$ ) und der Entstehung einer Wundheilungsstörung nach einer Mekoniumoperation ( $p = 0,8463$ ) konnte nicht nachgewiesen werden.

Tabelle 58: Anzahl (n), geometrischer Mittelwert ( $x_g$ ) und Streufaktor (SF) sowie Median, Minimum und Maximum der Konzentration der Monozyten bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Monozyten (%)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	130	13	86	27	58
$x_g$	1,351	2,163	3,743	4,04	5,567
SF	2,437	2,512	2,498	2,518	2,329
Median	1,045	2,29	3,6	6,14	7,22
Minimum	0,30	0,30	0,57	0,60	0,70
Maximum	11,70	12,20	25,40	14,20	21,60

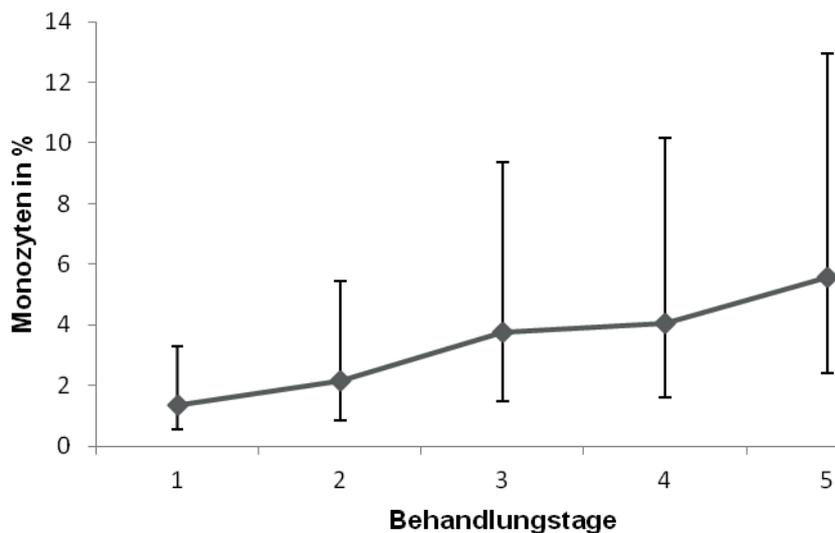


Abbildung 25: Geometrischer Mittelwert und Streufaktor der Konzentration der Monozyten bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei 13 bis 130 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.21 Thrombozyten

Am ersten Behandlungstag wurde bei 131 Fohlen die Thrombozytenkonzentration bestimmt. Der arithmetische Mittelwert lag bei 315,4 G / L mit einer Standardabweichung von 100 G / L. Der weitere Verlauf sowie Median und Extrema sind Tabelle 59 und Abbildung 26 zu entnehmen. Wegen der stark unterschiedlichen Fallzahlen an den fünf Behandlungstagen lässt sich eine Tendenz der Werte nicht ableiten. Der Vergleich der Thrombozytenkonzentrationen von überlebenden und verstorbenen Fohlen zeigt einen signifikanten Einfluss ( $p = 0,0137$ ). Verstorbene Fohlen hatten eine um 17 % niedrigere Thrombozytenkonzentration (327 bzw. 270 G / l). Die p-Werte für Wundheilungsstörung ( $p = 0,2326$ ) und Kolik ( $p = 0,8035$ ) lagen oberhalb der Signifikanzgrenze, somit ist kein signifikanter Einfluss nachweisbar.

Tabelle 59: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Thrombozytenkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Thrombozyten (G / L)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	131	13	84	27	56
$\bar{x}$	315,4	273,7	255,1	283,3	224,4
s	100,0	75,1	95,4	82,3	76,3
Median	310	257	248	274	232,5
Minimum	109,0	184,0	48,8	145,0	45,90
Maximum	687,0	459,0	675,0	440,0	438,0

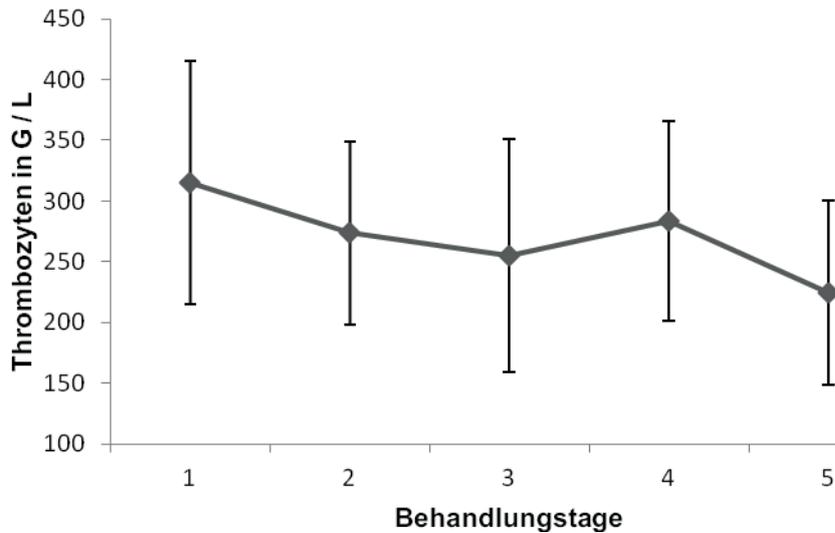


Abbildung 26: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Thrombozytenkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei 13 bis 131 Fohlen dokumentiert.

#### 4.2.22 Harnstoff

Nach der logarithmischen Transformierung weist das Merkmal einen geometrischen Mittelwert von 5,13 mmol / L und einen Streufaktor von 1,65 auf (Tabelle 60; Abbildung 27). Die Harnstoffkonzentration hat keinen signifikanten Einfluss auf die drei Zielgrößen (Wundheilungsstörung  $p = 0,9806$ , Kolik  $p = 0,4912$ , Sterben  $p = 0,2853$ ).

Tabelle 60: Anzahl (n), geometrischer Mittelwert ( $x_g$ ) und Streufaktor (SF) sowie Median, Minimum und Maximum der Harnstoffkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Harnstoff (mmol / L)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	75	6	37	14	33
$x_g$	5,13	2,74	4,10	2,70	3,46
SF	1,65	1,72	1,83	1,57	2,21
Median	5,05	2,50	3,99	2,95	3,40
Minimum	1,20	1,30	1,10	1,20	0,60
Maximum	18,90	6,80	20,60	6,60	21,70

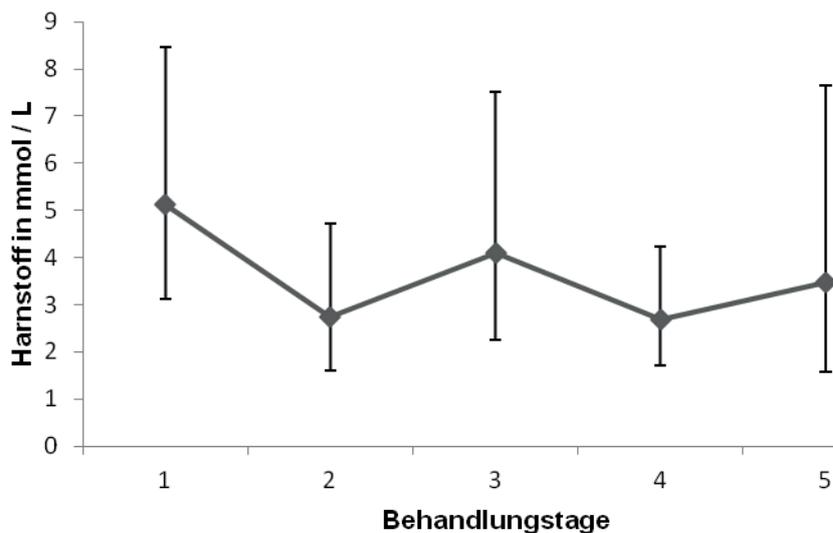


Abbildung 27: Geometrischer Mittelwert und Streufaktor der Harnstoffkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei sechs bis 75 Neonaten dokumentiert.

#### 4.2.23 Kreatinin

Die Kreatininkonzentration von Fohlen mit Mekoniumobstipation am ersten Untersuchungstag liegt für 82 Tiere vor. Diese wurden logarithmisch transformiert, es wurde ein geometrisches Mittel von 126,97  $\mu\text{mol} / \text{L}$  mit einem Streufaktor von 1,63 ermittelt. Die Entwicklung der Folgetage sind in Tabelle 61 bzw. Abbildung 28 dargestellt. Zwischen dem Sterben ( $p = 0,1604$ ), dem Auftreten einer Kolik ( $p = 0,8862$ ) bzw. der Entwicklung einer Wundheilungsstörung ( $p = 0,3317$ ) und der Kreatininkonzentration im venösen Blut gibt es keinen signifikanten Einfluss.

Tabelle 61: Anzahl (n), geometrischer Mittelwert ( $x_g$ ) und Streufaktor (SF) sowie Median, Minimum und Maximum der Kreatininkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Kreatinin ( $\mu\text{mol} / \text{L}$ )	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	82	6	38	14	31
$x_g$	126,97	114,79	97,34	81,43	91,01
SF	1,63	1,70	1,49	1,24	1,43
Median	113,5	98,00	92,75	79,50	84,00
Minimum	48,80	77,00	44,20	58,00	56,00
Maximum	622,00	334,00	475,00	138,00	298,00

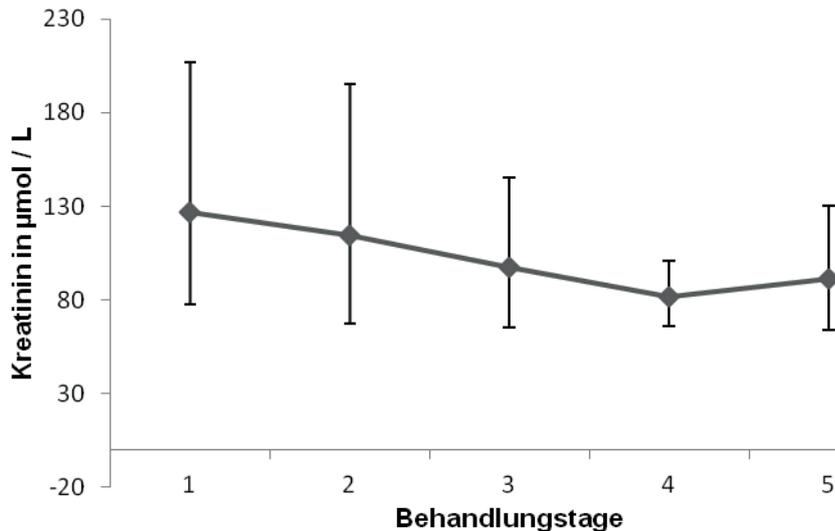


Abbildung 28: Geometrischer Mittelwert und Streufaktor der Kreatininkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei sechs bis 82 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.24 Immunglobulin G

Wie Tabelle 62 zu entnehmen ist, wurde bei 86 Neonaten mit Mekoniumobstipation am ersten Tag der Immunglobulin G-Status bestimmt. Lag die Immunglobulin-Konzentration eines Tieres bei der ersten Untersuchung im Normbereich, wurde kein weiterer Test an einem Folgetag eingeleitet. Bezogen auf die Konzentration der Immunglobuline G gab es deutliche Unterschiede (Abbildung 29): Kein Zusammenhang war für die Immunglobulinkonzentration und das Wiederauftreten einer Kolik ( $p = 0,7693$ ) darstellbar. Der Einfluss der Immunglobuline G auf eine potentielle Wundheilungsstörung lag an der Signifikanzgrenze ( $p = 0,0553$ ). Eine deutliche Korrelation konnte für Immunglobulin G und die Zielgröße Sterben ( $p = 0,0029$ ) gezeigt werden. Versterbende Fohlen hatten eine um 36 % niedrigere Immunglobulin G-Konzentration im Blut als überlebende (642 bzw. 410 mg / dl).

Tabelle 62: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Immunglobulin G-Konzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Immunglobulin G (mg / dl)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	86	4	32	4	8
$\bar{x}$	601,2	750,0	575,0	550,0	650,0
s	247,0	100,0	235,6	251,7	177,3
Median	700,0	800,0	600,0	600,0	700,0
Minimum	0,0	600,0	0,0	200,0	400,0
Maximum	900,0	800,0	800,0	800,0	800,0

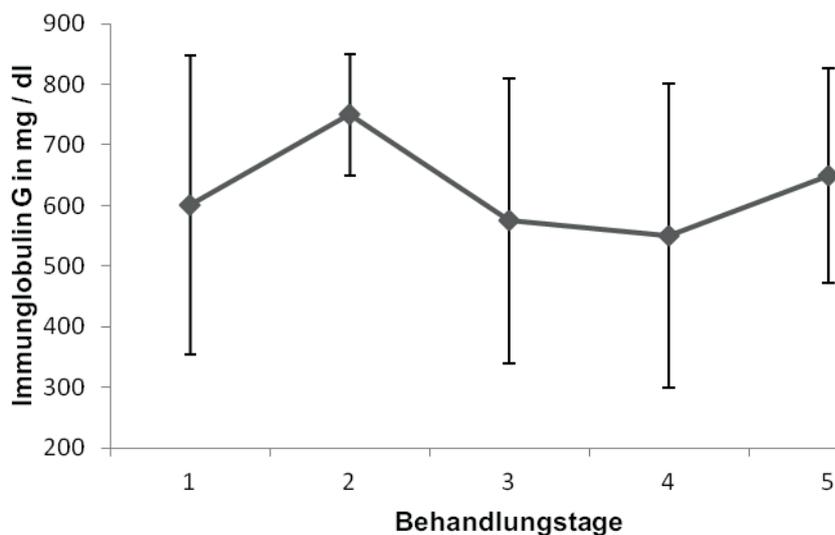


Abbildung 29: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Immunglobulin G-Konzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei vier bis 86 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.25 Totalprotein

Die mittlere Konzentration des Totalproteins lag bei den 52 beprobten Fohlen am ersten Tag bei 50,3 g / l  $\pm$  11,4. Tabelle 63 und Abbildung 30 enthalten die deskriptiven Werte über die fünf Behandlungstage. Es ergab sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Gesamtproteinkonzentration und einer der drei Zielgrößen Sterben ( $p = 0,7011$ ), Kolik ( $p = 0,5904$ ) oder Wundheilungsstörung ( $p = 0,5263$ ).

Tabelle 63: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Totalproteinkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Totalprotein (g / l)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	52	5	23	10	22
$\bar{x}$	50,3	54,4	49,7	49,3	52,4
s	11,4	6,4	11,1	11,7	8,1
Median	50,0	56,0	50,0	46,5	52,5
Minimum	8,0	46,0	34,0	36,0	40,0
Maximum	78,0	62,0	88,0	70,0	70,0

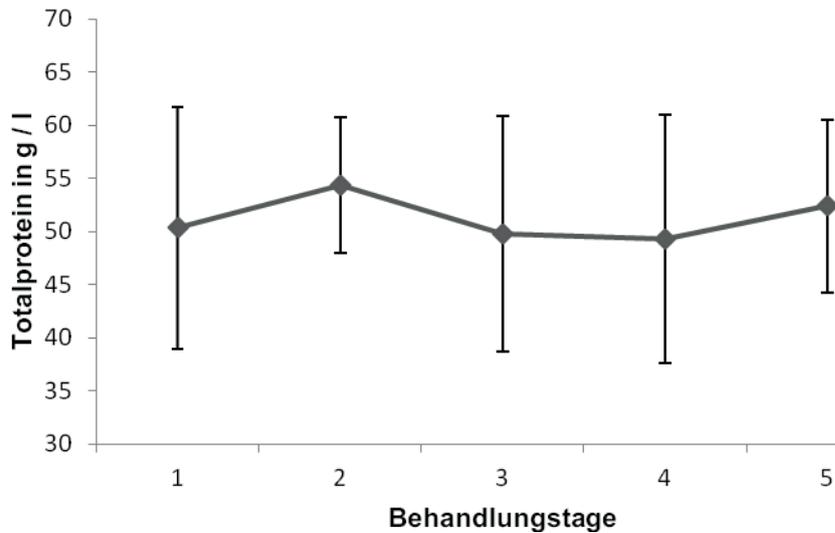


Abbildung 30: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Totalprotein-konzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei fünf bis 52 Fohlen dokumentiert.

#### 4.2.26 Gesamtbilirubin

Tabelle 64 zeigt die deskriptiven statistischen Werte für die Gesamtbilirubin-Konzentration, gemessen an fünf Behandlungstagen. In Abbildung 31 ist der Verlauf veranschaulicht. Aufgrund insgesamt zu niedriger Fallzahlen wurde die Bilirubinkonzentration nicht in das statistische Rechenmodell zur Überprüfung auf Abhängigkeiten zur Zielgröße Kolik aufgenommen. Ferner konnten keine Abhängigkeiten zu den anderen beiden Zielgrößen Sterben ( $p = 0,1104$ ) bzw. Wundheilungsstörung ( $p = 1,0$ ) ermittelt werden.

Tabelle 64: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Gesamtbilirubinkonzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Gesamtbilirubin ( $\mu\text{mol} / \text{L}$ )	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	31	7	22	10	25
$\bar{x}$	77,53	81,59	87,15	63,46	66,57
s	39,15	50,68	39,75	27,00	38,31
Median	64,10	62,10	87,20	52,95	55,50
Minimum	38,50	56,40	30,30	28,90	19,10
Maximum	191,00	195,70	197,00	111,00	169,70

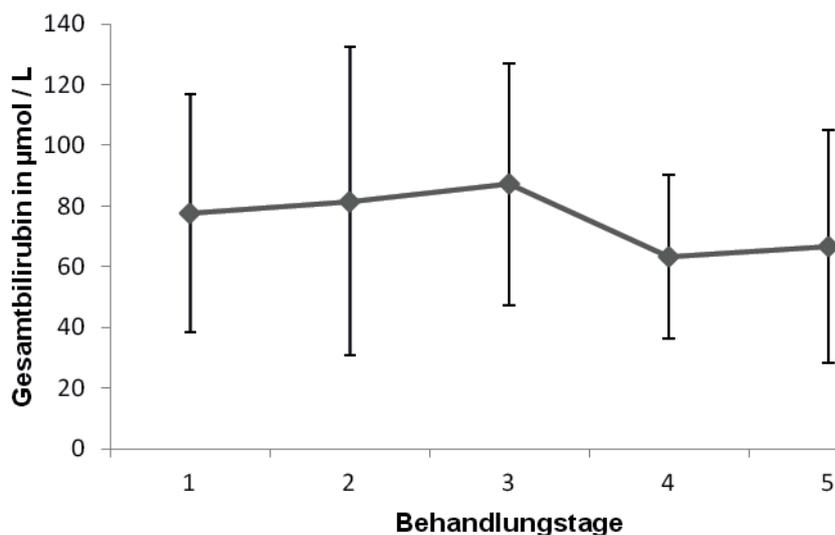


Abbildung 31: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Gesamtbilirubin-Konzentration bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei sieben bis 31 Neonaten dokumentiert.

#### 4.2.27 Glutamatdehydrogenase GLDH

Um eine annähernde Normalverteilung zu erhalten, wurden die erhobenen Aktivitäten der Glutamatdehydrogenase logarithmiert. Für den ersten Untersuchungstag wurden ein geometrischer Mittelwert von 11,8 U / l, ein Streufaktor von 2,5 und Extrema von 2,0 bzw. 50,0 U / l ermittelt (Tabelle 65; Abbildung 32). Es ließ sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Aktivität der Glutamatdehydrogenase und der Chance zu sterben feststellen ( $p = 0,9641$ ). Aufgrund zu geringer Fallzahlen konnten keine analogen Untersuchungen für die Zielgrößen Kolik und Wundheilungsstörung durchgeführt werden.

Tabelle 65: Anzahl (n), geometrischer Mittelwert ( $x_g$ ) und Streufaktor (SF) sowie Median, Minimum und Maximum der Aktivität der Glutamatdehydrogenase bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Glutamatdehydrogenase (U / l)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	20	4	16	7	15
$x_g$	11,8	7,5	13,8	13,4	7,9
SF	2,5	5,1	3,5	3,8	4,0
Median	11,0	4,5	11,5	10,0	4,0
Minimum	2,0	2,0	3,0	2,0	1,0
Maximum	50,0	80,0	155,0	79,0	106,0

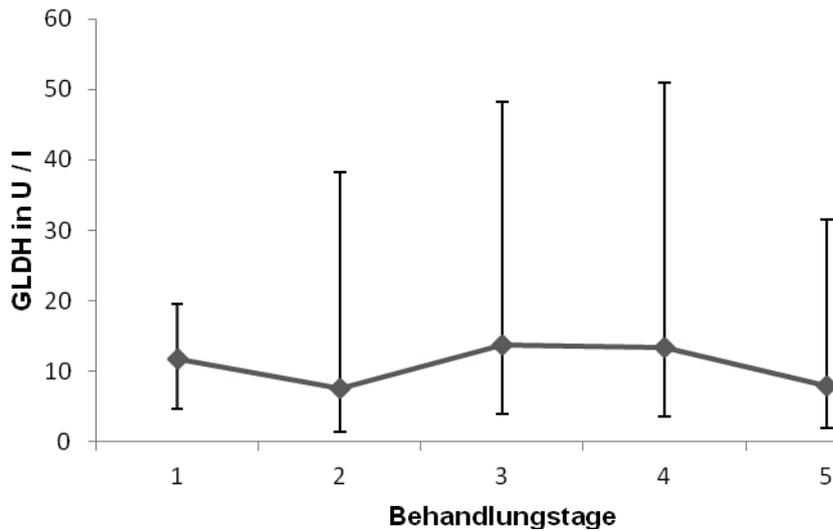


Abbildung 32: Geometrischer Mittelwert und Streufaktor der Aktivität der Glutamatdehydrogenase bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei vier bis 20 Tieren dokumentiert.

#### 4.2.28 Gamma-Glutamyltransferase $\gamma$ -GT

Bei zwölf Fohlen mit Mekoniumobstipation wurde am ersten Tag die Aktivität der Gamma-Glutamyltransferase bestimmt. Der arithmetische Mittelwert lag bei  $15,4 \pm 7,4$  U / l mit Extremen von 6,0 bzw. 36,0 U / l (Tabelle 66; Abbildung 33). Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Einfluss der Aktivität der Gamma-Glutamyltransferase auf die Überlebensrate ( $p = 0,3914$ ). Da zu wenige Proben der Gamma-Glutamyltransferase bezogen auf die anderen beiden Zielgrößen vorlagen, konnten keine p-Werte ermittelt werden.

Tabelle 66: Anzahl (n), arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) sowie Median, Minimum und Maximum der Aktivität der Gamma-Glutamyltransferase bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Gamma-Glutamyltransferase (U / l)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	12	3	6	3	7
$\bar{x}$	15,4	14,7	24,2	31,3	26,6
s	7,4	3,5	21,7	12,2	19,1
Median	14,5	15,0	17,0	34,0	21,0
Minimum	6,0	11,0	8,0	18,0	4,0
Maximum	36,0	18,0	67,0	42,0	59,0

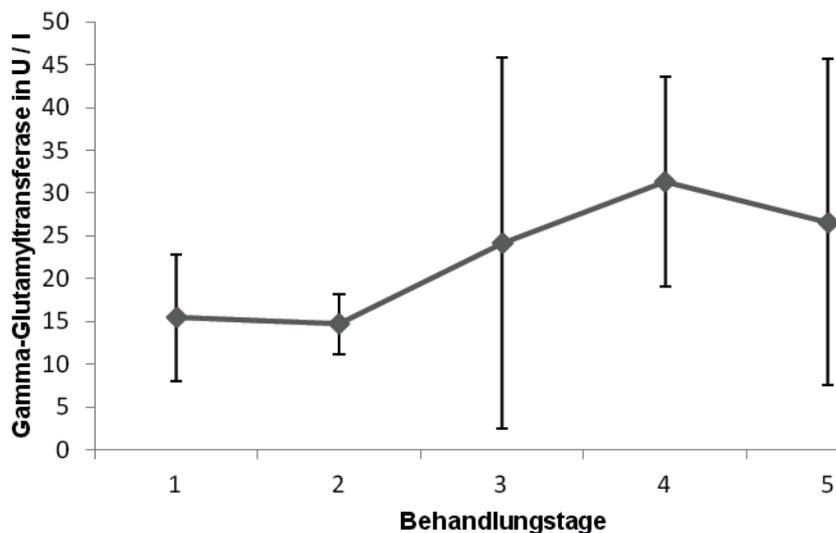


Abbildung 33: Arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung der Aktivität der Gammaglutamyltransferase bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei drei bis zwölf Fohlen dokumentiert.

#### 4.2.29 Kreatinkinase CK

Die Aktivität der Kreatinkinase des venösen Blutes lag am Tag der Einlieferung bei 208,6 U / l (geometrischer Mittelwert). Es wurde ein Streufaktor von 2,7 ermittelt. Die Extrema lagen bei 58,9 bzw. 1580,0 U / l (Tabelle 67; Abbildung 34). Wegen zu geringer Fallzahlen konnte die Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Kreatinkinaseaktivität und den Zielgrößen Kolik und Wundheilungsstörung nicht valide durchgeführt werden konnten. Die Aktivität der Kreatinkinase hatte keinen signifikanten Einfluss auf das Sterben ( $p = 0,8385$ ).

Tabelle 67: Anzahl (n), geometrischer Mittelwert ( $x_g$ ) und Streufaktor (SF) sowie Median, Minimum und Maximum der Aktivität der Kreatinkinase bei Fohlen mit Mekoniumobstipation an den ersten fünf Behandlungstagen

Kreatinkinase (U / l)	Behandlungstag				
	1	2	3	4	5
n	15	1	5	3	2
$x_g$	208,6	705,0	134,2	52,8	86,8
SF	2,7	Nicht bestimmbar	1,8	1,4	1,1
Median	164,0	705,0	96,0	60,0	87,0
Minimum	58,9	705,0	82,0	35,0	81,0
Maximum	1580,0	705,0	260,0	70,0	93,0

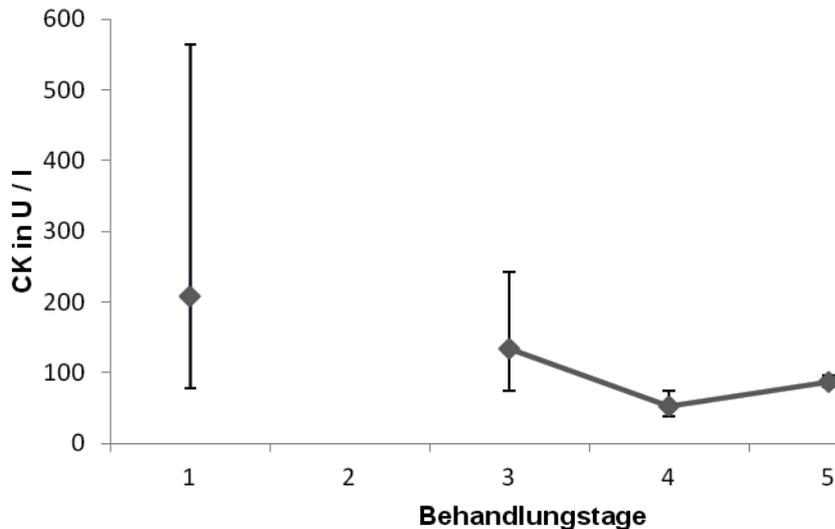


Abbildung 34: Geometrischer Mittelwert und Streufaktor der Aktivität der Kreatinkinase bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den ersten fünf Behandlungstagen. Das Merkmal ist je nach Behandlungstag bei einem bis 15 Tieren dokumentiert.

#### 4.3 Besitzerbefragung

Es konnte Kontakt zu Besitzern von 52 Fohlen hergestellt werden. Darunter befanden sich 36 operierte Tiere. Von den 52 Fohlen befanden sich 26 (50 %) zum Zeitpunkt des Anrufs noch in gleichem Besitz. 21 (40 %) waren verkauft worden und fünf (10 %) gestorben oder euthanasiert. 15 Pferde wurden ausschließlich als Freizeitpferd genutzt. Neun wurden regelmäßig auf Turnieren vorgestellt. Ein Tier wurde zur Zucht genutzt, während 18 ehemalige Patienten nach Angabe ihrer Besitzer zu einer Nutzung noch zu jung waren. Für neun Fohlen gab es keine Informationen zur Nutzung, da die Tiere verkauft oder tot waren. Im Verlauf des ersten Lebensjahres war es bei acht Tieren zu weiteren Erkrankungen gekommen. Es traten zwei Fälle von Fohlenlähme und sechs Fälle von Kolik auf. Vier dieser sechs Tiere waren in der Klinik operiert worden, die anderen beiden hatten eine konservative Therapie erhalten (Tabelle 68). Bei einem Hengstfohlen kam es eine Woche nach der Entlassung zu Kolikbeschwerden, die konservativ von einem Tierarzt behandelt wurden. Ein anderes Tier hatte 14 Tage nach der Operation eine hochgradige Kolik gezeigt, die konservativ von einem Tierarzt behandelt worden war. Weitere Koliken traten nicht auf, das Pferd zeigte bis zum Zeitpunkt des Anrufs rezidivierend ausgeprägte

Flatulenzen. Ein weiteres Pferd war vier Wochen nach der Entlassung aus der Klinik aufgrund einer hochgradigen Kolik euthanasiert worden. Vier Monate nach der Entlassung kam es bei einem Hengst zu einer weiteren Kolik. In einer sonographischen Untersuchung stellten sich die Darmwände verdickt und teilweise adhäsiv da, so dass der Hengst euthanasiert wurde. Ein Stutfohlen hatte zwei weitere Episoden von Kolik im ersten Lebensjahr gezeigt, die beide konservativ behandelt worden waren. Ein Tierarzt wurde einmal hinzugezogen. Auch im zweiten und dritten Lebensjahr war es bei dieser Stute je einmal zu einer weiteren Kolik gekommen. Ein Patient litt etwa nach einem Jahr an einer Kolik, die von einem Tierarzt einmalig mit einer krampflösenden Injektion behandelt wurde. Die Symptome klangen daraufhin vollständig ab und traten nicht wieder auf.

Tabelle 68: Therapie vs. Koliksymptome nach der Entlassung bei Fohlen mit Mekoniumobstipation (absolute Häufigkeiten) und relative Eintrittshäufigkeit nach erfolgter Therapie (n = 51)

Therapie	Koliksymptome nach der Entlassung		Total	Anteil Fälle mit Koliksymptomen nach Entlassung
	Ja	Nein		
konservativ	2	15	<b>17</b>	11,8 %
chirurgisch mit Enterotomie	1	14	<b>15</b>	6,7 %
Erst konservativ, dann chirurgisch mit Enterotomie	3	16	<b>19</b>	11,8 %
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>45</b>	<b>51</b>	

Von den sechs Fohlen, die im ersten Lebensjahr an weiteren Kolikproblematiken litten, wurden zwei als Freizeitpferde genutzt. Zwei Tiere wurden nicht genutzt. Über zwei weitere Tiere konnten keine Angaben gemacht werden. Weitere Nutzungsarten können der unten stehenden Tabelle 69 entnommen werden. Die Angabe von Anteilen ist wegen zu geringer Fallzahlen nicht sinnvoll.

Tabelle 69: Nutzungsart vs. Koliksymptome nach der Entlassung bei Fohlen mit Mekoniumobstipation (n = 43)

Nutzung	Koliksymptome nach der Entlassung		Total
	Ja	Nein	
Freizeit	2	13	<b>15</b>
Turniersport	0	9	<b>9</b>
Zucht	0	1	<b>1</b>
keine	2	16	<b>18</b>
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>39</b>	<b>43</b>

Zu 37 Fohlen konnte erfragt werden, ob sie das vierte Lebensjahr erreicht hatten (Tabelle 70). 31 Tiere vollendeten das dritte Lebensjahr, sechs Pferde verstarben zuvor. Davon hatten zwei Pferde eine oder mehrere weitere Kolikepisodes gezeigt. Vier Tiere hatten keine weitere Kolik, starben aber aus anderen Gründen oder mussten euthanasiert werden. Die Angabe von Anteilen ist wegen zu geringer Fallzahlen nicht sinnvoll.

Tabelle 70: Erreichen des vierten Lebensjahr vs. Koliksymptome nach der Entlassung bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung (n = 37)

4. Lebensjahr erreicht	Koliksymptome nach der Entlassung		Total
	Ja	Nein	
Ja	2	29	<b>31</b>
Nein	2	4	<b>6</b>
Total	<b>4</b>	<b>33</b>	<b>37</b>

24 Stuten hatten erneute Fohleugeburten. 27 Stuten hatten nicht mehr aufgenommen oder waren nicht erneut belegt worden. Zu einem Pferd waren keine Angaben möglich. Drei der 24 Geschwisterfohlen zeigten ebenfalls eine Mekoniumobstipation. Eine der Stuten gebar in drei aufeinanderfolgenden Jahren jeweils ein Hengstfohlen mit Mekoniumobstipation und Urachusfistel. Danach wurde sie wegen dieser Häufung aus der Zucht genommen.

#### 4.4 Prognosemodell

##### 4.4.1 Prognose zu Sterben

##### 4.4.1.1 Mehrschrittige Entwicklung der logistischen Regressionsfunktion

Im ersten Schritt der multiplen logistischen Regression wurden mittels des Maximum-Likelihood-Verfahrens die p-Werte für den Einfluss der Eingangsgrößen auf die Zielgröße Sterben ermittelt. Tabelle 71 sind die p-Werte aller Einflussgrößen zu entnehmen. In diesem Fall dient der p-Wert als Kriterium für die Aufnahme der Variablen in das Regressionsmodell.

Tabelle 71: Ergebnis des 1. Schrittes der logistischen Regressionsanalyse: Statistische Signifikanz des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Einflussgrößen und der Zielgröße Sterben in den Rohdaten bei Fohlen mit Mekoniumobstipation am ersten Behandlungstag

Unabhängige Variable (UV)	Anzahl gesamt	Anzahl gestorben	p-Wert der UV	Ranking nach p-Wert
Reife	123	22	0,0004	1
Blutkaliumkonzentration	131	26	0,0007	2
Blutlaktatkonzentration (logarithmiert)	131	26	0,0008	3
Base Excess im Blut	130	26	0,0010	4
Stehvermögen	126	24	0,0015	5
Immunglobulin G- Konzentration im Blut	85	15	0,0029	6
Blut-pH-Wert	130	26	0,0085	7
Blutleukozytenkonzentration	132	26	0,0092	8
Blutthrombozytenkon- zentration	130	25	0,0137	9
Anzahl der Paritäten der Stute (logarithmiert)	112	22	0,0207	10
Bluthydrogencarbonat- konzentration	80	18	0,0213	11
Begleiterkrankung	127	25	0,0219	12
Rektaltemperatur	125	22	0,0230	13
Blutkohlendioxid- partialdruck	129	26	0,0363	14
Alter bei Symptombeginn (logarithmiert)	108	21	0,0404	15
Blutkalziumkonzentration (ionisiert)	130	26	0,0433	16
Geschlecht	133	26	0,0483	17

Blutkonzentration der neutrophilen Granulozyten	130	25	0,0541	18
Blutsauerstoffpartialdruck	127	26	0,0670	19
Atemfrequenz	121	22	0,0724	20
Blutkonzentration der eosinophilen Granulozyten	129	25	0,0974	21
Blutbilirubinkonzentration	31	8	0,1104	22
Blutkreatininkonzentration (logarithmiert)	82	17	0,1604	23
Bluterythrozytenkonzentration	129	25	0,2034	24
Blutharnstoffkonzentration (logarithmiert)	75	15	0,2853	25
Mekonium rektal palpierbar	123	23	0,3264	26
Dystokie	122	25	0,3682	27
Aktivität der Gamma-Glutamyltransferase im Blut (logarithmiert)	12	6	0,3914	28
Komplikationen nach der Behandlung	130	25	0,4330	29
Blutkonzentration der Monozyten (logarithmiert)	129	25	0,4372	30
Blutnatriumkonzentration	131	25	0,4823	31
Alter bei Einlieferung (logarithmiert)	131	25	0,5059	32
Blutkonzentration der basophilen Granulozyten	129	25	0,5570	33
Blutproteinkonzentration	52	10	0,7011	34
Blutkonzentration der Lymphozyten (logarithmiert)	130	25	0,7774	35
Alter der Stute	132	26	0,8307	36
Aktivität der Kreatinkinase	15	3	0,8385	37

im Blut (logarithmiert)				
Bluthämoglobin- konzentration	131	26	0,8430	38
Hämatokrit	132	26	0,8557	39
Blutglukosekonzentration	132	26	0,8615	40
Mekoniumabgang beobachtet	114	21	0,9046	41
Blutchloridkonzentration	62	13	0,9055	42
Aktivität der Glutamatde- hydrogenase im Blut (logarithmiert)	20	6	0,9641	43
Pulsfrequenz	126	23	0,9784	44

Die ersten acht Variablen zeigen eine statistische Auffälligkeit von  $p < 0,01$ , die folgenden neun eine schwächere Auffälligkeit von  $0,01 \leq p < 0,05$ . Diese 17 Variablen wurden auf Unabhängigkeit untereinander überprüft (4.4.4 Zusammenhanganalyse).

In die logistische Funktion wurde in diesem ersten Schritt die Einflussgröße Reife mit dem kleinsten p-Wert ( $p = 0,0004$ ) aufgenommen. Da sich in jedem Schritt des mehrstufigen Verfahrens auch die bereits in früheren Schritten berechneten Regressionskoeffizienten ändern, werden sie hier erst für die nach Abschluss des Mehrschrittverfahrens resultierende Regressionsfunktion angegeben.

Im zweiten Schritt des Regressionsverfahrens (Tabelle 72) wurden Paare gebildet bestehend aus der im ersten Schritt festgelegten Größe Reife und je einer weiteren der verbliebenen Eingangsgrößen. Für jedes Paar wurde je ein p-Wert für beide Merkmale ermittelt, um ihren Einfluss auf die Zielgröße darzustellen. Als statistisch signifikant gelten nur Paare, bei denen beide Merkmale einen p-Wert unterhalb des festgelegten Signifikanzniveaus von  $\alpha = 0,05$  aufweisen.

Die Variablen Aktivität der Kreatinkinase im Blut (logarithmiert) am ersten Behandlungstag und Aktivität der Gamma-Glutamyltransferase im Blut am ersten Behandlungstag wurden wegen zu geringer Fallzahl nicht in diesen zweiten Schritt einbezogen.

Statistisch am auffälligsten war hier das Paar Reife-Base Excess im Blut am ersten Behandlungstag mit dem im Vergleich zu den übrigen unabhängigen Variablen kleinsten p-Wert für Base Excess von 0,009 und mit einem p-Wert von 0,0044 für Reife. Der p-Wert von Reife vergrößerte sich gegenüber dem ersten Regressions-schritt zwar um den Faktor 10, blieb aber dennoch im statistisch signifikanten Bereich.

Tabelle 72: Ergebnis des 2. Verfahrensschrittes der logistischen Regressionsanalyse: Statistische Signifikanz des Einflusses von Merkmalpaaren (gebildet aus der Größe Reife und je einer weiteren Eingangsgröße) auf die Zielgröße Sterben bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung am ersten Behandlungstag

Unabhängige Variable (UV)	Anzahl gesamt	Anzahl gestorben	p-Wert der UV	p-Wert Reife	Ranking nach p-Wert der UV
Base Excess im Blut	120	22	0,009	0,0044	1
Blutlaktatkonzentration	121	22	0,0118	0,0393	2
Stehvermögen	118	21	0,0137	0,0304	3
Blutthrombozytenkonzentration	120	21	0,016	0,0017	4
Atemfrequenz	113	18	0,018	0,0002	5
Blutleukozytenkonzentration	122	22	0,0189	0,0037	6
Blutkaliumkonzentration	121	22	0,0198	0,0046	7
Blut-pH-Wert	120	22	0,0294	0,0029	8
Immunglobulin G-Konzentration im Blut	79	12	0,0392	0,1528	9
Blutkohlendioxidpartialdruck	119	22	0,0703	0,0025	10
Blutkonzentration der eosinophilen Granulozyten	119	21	0,0791	0,0009	11

Anzahl der Paritäten der Stute (logarithmiert)	104	19	0,0828	0,003	12
Blutnatriumkonzentration	121	21	0,1296	0,001	13
Blutsauerstoffpartialdruck	118	22	0,1321	0,0051	14
Blutkalziumkonzentration (ionisiert)	120	22	0,1477	0,0017	15
Bluthydrogencarbonat-konzentration	73	15	0,1754	0,0021	16
Blutbilirubinkonzentration	30	8	0,1838	0,0358	17
Geschlecht	123	22	0,189	0,0012	18
Begleiterkrankung	118	21	0,1916	0,0029	19
Alter bei Symptombeginn (logarithmiert)	99	17	0,2278	0,0082	20
Blutkonzentration der neutrophilen Granulozyten	120	21	0,229	0,0014	21
Komplikationen nach der Behandlung	120	21	0,2727	0,001	22
Rektaltemperatur	117	18	0,2823	0,0006	23
Bluterythrozyten-konzentration	119	21	0,3922	0,0005	24
Blutkreatininkonzentration (logarithmiert)	82	17	0,4673	0,0063	25
Pulsfrequenz	118	19	0,4986	0,0001	26
Alter der Stute	123	22	0,5485	0,0004	27
Bluthämoglobinkonzentration	121	22	0,5734	0,0005	28
Alter bei Einlieferung (logarithmiert)	121	21	0,5962	0,0013	29

Dystokie	114	22	0,6601	0,0008	30
Blutkonzentration der basophilen Granulozyten	119	21	0,7452	0,0003	31
Hämatokrit	122	22	0,7836	0,0005	32
Mekoniumabgang beobachtet	107	18	0,7891	0,0024	33
Blutharnstoffkonzentration (logarithmiert)	69	13	0,7934	0,006	34
Blutlymphozytenkonzentration (logarithmiert)	120	21	0,8564	0,0005	35
Blutglukosekonzentration	122	22	0,8712	0,0005	36
Blutchloridkonzentration	57	11	0,876	0,002	37
Blutkonzentration der Monozyten (logarithmiert)	119	21	0,9163	0,0004	38
Aktivität der Glutamatdehydrogenase im Blut (logarithmiert)	18	5	0,9484	0,0427	39
Blutproteinkonzentration	51	10	0,9513	0,0062	40
Mekonium rektal palpierbar	114	20	0,9601	0,0014	41

Der dritte und jeder weitere Verfahrensschnitt verliefen analog. Die bis dahin als höchstsignifikant erkannte Merkmalskombination wurde mit je einer der verbliebenen Eingangsgrößen kombiniert geprüft, um sie in gleicher Weise mit ins Modell zu nehmen.

Die Ergebnisse des dritten Schrittes der logistischen Regressionsanalyse mit der Zielgröße Sterben sind der Tabelle 73 zu entnehmen. Der auffälligste p-Wert wurde für die Variable Atemfrequenz ermittelt. Gleichzeitig hatten beide bereits in die logistische Funktion aufgenommenen Einflussgrößen Reife und Base Excess im Blut am ersten Behandlungstag einen im statistisch signifikanten Bereich liegenden p-Wert.

Tabelle 73: Ergebnis des 3. Verfahrensschrittes der logistischen Regressionsanalyse: Statistische Signifikanz des Zusammenhangs zwischen der Zielgröße Sterben und einzelnen Einflussgrößen jeweils kombiniert mit den Einflussgrößen Reife und Base Excess (ABE) bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung am ersten Behandlungstag

Unabhängige Variable (UV)	Anzahl gesamt	Anzahl gestorben	p-Wert der UV	p-Wert Reife	p-Wert ABE	Ranking nach p-Wert der UV
Atemfrequenz	110	18	0,0246	0,0027	0,0311	1
Blutthrombozytenkonzentration	118	21	0,0279	0,0097	0,0118	2
Blutleukozytenkonzentration	120	22	0,0531	0,0306	0,02	3
Immunglobulin G-Konzentration im Blut	77	12	0,0619	0,5313	0,0331	4
Stehvermögen	116	21	0,0718	0,045	0,2037	5
Blutkaliumkonzentration	119	22	0,0835	0,013	0,0382	6
Anzahl der Paritäten der Stute (logarithmiert)	101	19	0,1664	0,0169	0,033	7
Blutkonzentration der eosinophilen Granulozyten	117	21	0,2121	0,005	0,085	8
Blutbilirubinkonzentration	30	8	0,2161	0,0859	0,452	9
Blutkohlendioxidpartialdruck	118	22	0,2551	0,0115	0,0167	10
Komplikationen nach der Behandlung	117	21	0,2823	0,006	0,013	11
Blutnatriumkonzentration	119	21	0,2992	0,0065	0,0181	12
Begleiterkrankung	115	21	0,372	0,0159	0,0199	13
Blutsauerstoffpartialdruck	117	22	0,3766	0,0114	0,017	14
Geschlecht	120	22	0,3841	0,0067	0,0196	15

Bluthämoglobinkonzentration	119	22	0,4418	0,005	0,0112	16
Blutkonzentration der neutrophilen Granulozyten	118	21	0,4634	0,0059	0,0485	17
Blutlaktatkonzentration (logarithmiert)	119	22	0,4799	0,0268	0,133	18
Blutproteinkonzentration	49	10	0,523	0,0339	0,2645	19
Hämatokrit	120	22	0,5482	0,005	0,0101	20
Bluthydrogencarbonatkonzentration	73	15	0,5612	0,0064	0,237	21
Pulsfrequenz	115	19	0,6123	0,0013	0,0281	22
Blutkreatininkonzentration (logarithmiert)	73	14	0,638	0,0162	0,1298	23
Aktivität der Glutamatdehydrogenase im Blut (logarithmiert)	18	5	0,644	0,0679	0,2365	24
Bluterythrozytenkonzentration	117	21	0,6682	0,0034	0,0349	25
Alter der Stute	120	22	0,6809	0,0042	0,0107	26
Blutkalziumkonzentration (ionisiert)	118	22	0,6886	0,0063	0,0269	27
Blutlymphozytenkonzentration (logarithmiert)	118	21	0,6921	0,0028	0,0308	28
Rektaltemperatur	114	18	0,7524	0,0019	0,0178	29
Blutkonzentration der Monozyten (logarithmiert)	117	21	0,7579	0,0033	0,0275	30
Blutharnstoffkonzentration (logarithmiert)	69	13	0,7767	0,0164	0,1406	31
Mekonium rektal palpierbar	112	20	0,8178	0,0126	0,0252	32
Blut-pH-Wert	119	22	0,8541	1	1	33

Dystokie	111	22	0,8844	0,0051	0,0169	34
Blutkonzentration der basophilen Granulozyten	118	21	0,8901	0,0031	0,032	35
Blutglukosekonzentration	120	22	0,934	0,0047	0,0094	36
Alter bei Einlieferung (logarithmiert)	118	21	0,9684	0,0126	0,0086	37
Alter bei Symptombeginn (logarithmiert)	97	17	0,9812	0,0438	0,0292	38
Mekoniumabgang beobachtet	105	18	0,9978	0,0292	0,0157	39
Blutchloridkonzentration	56	11	1	0,0114	0,3255	40

Nachdem im dritten Schritt die Einflussgröße Atemfrequenz in die logistische Funktion übernommen wurde, konnten im nächsten Iterationsschritt die in Tabelle 74 zusammengefassten p-Werte ermittelt werden. Entsprechend der oben beschriebenen Vorgehensweise erfolgte die Aufnahme des Merkmals Blutthrombozytenkonzentration am ersten Behandlungstag ( $p = 0,0189$ ) in die logistische Funktion.

Tabelle 74: Ergebnis des 4. Verfahrensschrittes der logistischen Regressionsanalyse: Statistische Signifikanz des Zusammenhangs zwischen der Zielgröße Sterben und einzelnen Einflussgrößen jeweils kombiniert mit den Einflussgrößen Reife, Base Excess (ABE) und Atemfrequenz (AF) bei Fohlen mit Mekoniumobstipation am ersten Behandlungstag

Unabhängige Variable (UV)	Anzahl gesamt	Anzahl gestorben	p-Wert der UV	p-Wert Reife	p-Wert ABE	p-Wert AF	Ranking nach p-Wert der UV
Blutthrombozytenkonzentration	108	17	0,0189	0,0054	0,0444	0,0188	1
Blutleukozytenkonzentration	110	18	0,0352	0,0183	0,0527	0,0454	2
Komplikationen nach der Behandlung	107	17	0,0724	0,0007	0,0196	0,0134	3
Stehvermögen	108	18	0,093	0,0377	0,1727	0,0996	4
Immunglobulin G-Konzentration im Blut	72	10	0,1188	0,2326	0,1292	0,142	5
Blutlaktatkonzentration (logarithmiert)	109	18	0,1852	0,021	0,4213	0,0256	6
Geschlecht	110	18	0,2186	0,0044	0,0499	0,0168	7
Blutbilirubin-konzentration	28	8	0,2247	0,1475	0,43	0,2763	8
Blutkaliumkonzentration	109	18	0,2675	0,0128	0,0955	0,0507	9
Blutkonzentration der eosinophilen Granulozyten	107	17	0,427	0,0031	0,1589	0,0262	10
Blutnatrium-konzentration	109	17	0,4502	0,0035	0,0468	0,03	11
Bluterythrozyten-konzentration	107	17	0,4511	0,0021	0,1523	0,023	12

Anzahl der Paritäten der Stute (logarithmiert)	93	15	0,4561	0,0114	0,0753	0,0601	13
Bluthämoglobinkonzentration	109	18	0,4762	0,0027	0,039	0,0268	14
Bluthydrogencarbonatkonzentration	64	11	0,4796	0,0049	0,7858	0,083	15
Blutharnstoffkonzentration (logarithmiert)	63	10	0,5235	0,0205	0,7911	0,0839	16
Aktivität der Glutamatdehydrogenase im Blut (logarithmiert)	15	4	0,5286	0,232	0,343	0,4417	17
Blutkohlendioxidpartiadruck	108	18	0,5501	0,0064	0,0334	0,0268	18
Blutkreatininkonzentration (logarithmiert)	67	11	0,6082	0,0193	0,451	0,0832	19
Begleiterkrankung	105	17	0,6198	0,0051	0,053	0,0226	20
Alter bei Symptombeginn (logarithmiert)	93	17	0,6499	0,0266	0,0821	0,0647	21
Mekoniumabgang beobachtet	96	15	0,6688	0,029	0,0287	0,1154	22
Blutkonzentration der basophilen Granulozyten	108	17	0,67	0,0017	0,1509	0,027	23
Alter der Stute	110	18	0,6936	0,0025	0,0393	0,0239	24
Mekonium rektal palpierbar	103	17	0,757	0,015	0,025	0,0318	25

Blutkonzentration der neutrophilen Granulozyten	108	17	0,768	0,0038	0,1329	0,0278	26
Blutkonzentration der Monozyten (logarithmiert)	107	17	0,7717	0,0017	0,1276	0,027	27
Pulsfrequenz	110	18	0,8066	0,0034	0,0305	0,0271	28
Dystokie	101	18	0,845	0,0036	0,0419	0,025	29
Blutproteinkonzentration	44	8	0,8632	0,0423	0,9238	0,3241	30
Blutglukosekonzentration	110	18	0,8969	0,0032	0,033	0,026	31
Blutchloridkonzentration	49	8	0,899	0,0151	0,8936	0,2959	32
Hämatokrit	110	18	0,9021	0,003	0,0322	0,0271	33
Blut-pH-Wert	109	18	0,9304	1	1	1	34
Alter bei Einlieferung (logarithmiert)	108	17	0,9584	0,0083	0,0237	0,0337	35
Blutkalziumkonzentration (ionisiert)	108	18	0,9607	0,0035	0,0484	0,0281	36
Blutkonzentration der Lymphozyten (logarithmiert)	108	17	0,9612	0,0023	0,1344	0,0261	37
Blutsauerstoffpartialdruck	107	18	0,9678	0,0053	0,0447	0,0275	38
Rektaltemperatur	107	17	0,9925	0,0056	0,0287	0,0376	39

Nach dem vierten Schritt wurde die logistische Regressionsanalyse beendet, da für keine der untersuchten unabhängigen Variablen ein statistisch signifikanter p-Wert von unter 0,05 ermittelt werden konnte (siehe Tabelle 75).

Tabelle 75: Ergebnisse des 5. Verfahrensschrittes der logistischen Regressionsanalyse: Statistische Signifikanz des Zusammenhangs zwischen der Zielgröße Sterben und den einzelnen Einflussgrößen jeweils kombiniert mit den Einflussgrößen Reife, Base Excess (ABE), Atemfrequenz (AF) und Thrombozyten (PLT) bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung am ersten Behandlungstag

Unabhängige Variable (UV)	Anzahl gesamt	Anzahl gestorben	p-Wert der UV	p-Wert Reife	p-Wert ABE	p-Wert AF	p-Wert PLT	Ranking nach p- Wert der UV
Komplikationen nach der Behandlung	105	16	0,1196	0,0025	0,0278	0,0107	0,0202	1
Blut-pH-Wert	107	17	0,1467	1	1	1	1	2
Stehvermögen	106	17	0,1722	0,0258	0,1722	0,0573	0,0551	3
Blutleukozytenkonzentration	108	17	0,1745	0,0149	0,0633	0,0331	0,0877	4
Geschlecht	108	17	0,1847	0,0094	0,0548	0,011	0,0194	5
Immunglobulin G-Konzentration im Blut	72	10	0,2057	0,1455	0,1199	0,1237	0,2222	6
Mekoniumabgang beobachtet	94	14	0,2253	0,0492	0,0314	0,0643	0,0094	7
Bluthydrogencarbonatkonzentration	62	10	0,2279	0,0152	0,3125	0,1551	0,0405	8
Anzahl der Paritäten der Stute (logarithmiert)	92	15	0,2482	0,02	0,095	0,0397	0,0351	9
Alter bei Einlieferung (logarithmiert)	106	16	0,2519	0,0555	0,0584	0,0273	0,0158	10
Blutlaktatkonzentration (logarithmiert)	107	17	0,2714	0,0424	0,4525	0,0232	0,0295	11
Bluthämoglobinkonzentration	108	17	0,2784	0,0054	0,0796	0,0294	0,0179	12
Rektaltemperatur	105	16	0,3058	0,0028	0,0147	0,0174	0,0134	13

Blutbilirubinkonzentration	28	8	0,3092	0,2172	0,4615	0,32	0,7785	14
Blutkaliumkonzentration	107	17	0,3293	0,018	0,1463	0,0344	0,0386	15
Mekonium rektal palpierbar	101	16	0,3597	0,0407	0,0202	0,0214	0,016	16
Alter bei Symptombeginn (logarithmiert)	91	16	0,4484	0,0657	0,1301	0,0519	0,0361	17
Blutkonzentration der Monozyten (logarithmiert)	105	16	0,5449	0,0036	0,133	0,0205	0,0293	18
Blutkonzentration der Lymphozyten (logarithmiert)	106	16	0,5538	0,0043	0,1581	0,0207	0,0287	19
Blutnatriumkonzentration	108	17	0,558	0,0046	0,0532	0,0232	0,0214	20
Aktivität der Glutamatdehydroge- nase im Blut (logarithmiert)	15	4	0,5741	0,2647	0,721	0,5767	0,6603	21
Hämatokrit	108	17	0,5904	0,0057	0,0492	0,0267	0,0175	22
Blutsauerstoffpartialdruck	105	17	0,6043	0,0068	0,0493	0,0166	0,0168	23
Blutkonzentration der eosinophilen Granulozyten	105	16	0,6115	0,0068	0,1697	0,0236	0,0478	24
Blutglukosekonzentration	108	17	0,614	0,0053	0,0383	0,0167	0,0167	25
Begleiterkrankung	104	16	0,6924	0,0049	0,0579	0,0102	0,0076	26
Blutharnstoffkonzentration (logarithmiert)	62	10	0,7177	0,0249	0,5822	0,096	0,1667	27
Blutchloridkonzentration	48	8	0,7795	0,0525	0,8358	0,4046	0,1463	28
Dystokie	99	17	0,7927	0,0081	0,057	0,0212	0,0253	29
Blutkohlendioxidpartialdruck	106	17	0,8223	0,0096	0,0507	0,0201	0,0307	30
Blutkalziumkonzentration (ionisiert)	106	17	0,8407	0,0063	0,0797	0,0202	0,0275	31
Blutkreatininkonzentration (logarithmiert)	66	11	0,8648	0,0289	0,6379	0,1002	0,1472	32

Blutkonzentration der neutrophilen Granulozyten	106	16	0,8651	0,0065	0,1518	0,0232	0,0336	33
Blutproteinkonzentration	44	8	0,8807	0,0487	0,9366	0,2915	0,5625	34
Bluterythrozytenkonzentration	106	16	0,8846	0,0053	0,1459	0,0198	0,0355	35
Pulsfrequenz	108	17	0,9106	0,0059	0,0512	0,0288	0,0198	36
Blutkonzentration der basophilen Granulozyten	106	16	0,9132	0,0045	0,1602	0,0227	0,0369	37
Alter der Stute	108	17	0,9482	0,0063	0,056	0,0196	0,0214	38

Aus den Resultaten der multiplen, schrittweisen, logistischen Regression wurden aus dem statistischen Modell, das sich am Ende des Verfahrens ergab, für die vier Einflussgrößen, die die Zielgröße Sterben in der logistischen Funktion modellieren, die in Tabelle 76 niedergelegten Werte entnommen.

Tabelle 76: Logistische Regression zur Zielgröße Sterben bei Fohlen mit Mekoni-  
mobstipation: Regressionskoeffizient, Odds Ratio und zugehöriges 95 %-  
Konfidenzintervall der ermittelten relevanten Einflussgrößen

Einflussgröße (UV) [Einheit]	Regressionskoeffizient $\beta$ der UV [bezogen auf die ge- nannte Einheit]	Odds Ratio der UV (= $\exp(\beta)$ ) [bezo- gen auf die ge- nannte Einheit]	95 %- Konfidenzinter- vall für das Odds Ratio
Reife [1] (reif = 1 => unreif = 2)	1,983	7,26	1,67-31,5
Base Excess [ABE] im Blut am ersten Behandlungstag (mmol / l)	-0,144	0,866	0,746-1,0
Atemfrequenz [AF] (Atemzug / min)	-0,0525	0,949	0,906-0,994
Blutthrombozytenkonzent- ration [PLT] am ersten Be- handlungstag (10 G / l)	-0,0928	0,911	0,904-0,916
	Konstanter Regressi- onskoeffizient $b_0 = 2,925$		

Somit wurde als Ergebnis des Analyseverfahrens die folgende Regressionsfunktion  
gewonnen:

$$P(Tod | Reife, ABE, AF, PLT) = \frac{e^{2,925+1,923Reife-0,144ABE-0,0525AF-0,0928PLT}}{1+e^{2,925+1,923Reife-0,144ABE-0,0525AF-0,0928PLT}}$$

Das Vorzeichen des Koeffizienten bestimmt, ob die Chance des Eintretens der Ziel-  
größe bei Zunahme der Eingangsgröße abnimmt (-) oder zunimmt (+). In beiden Fäl-  
len ist das Odds Ratio der Faktor, mit dem sich die Chance des Eintretens der  
Zielgröße multipliziert, wenn sich die Eingangsgröße um eine Einheit erhöht. Das

zugehörige 95 %-Konfidenzintervall dient als statistisches Maß für die Genauigkeit der Prognose.

Im vorliegenden Fall war der große Wert des Odds Ratios zur Variablen Reife auffällig. Er besagt, dass ein prämaures Fohlen der untersuchten Gruppe eine mehr als siebenfach höhere Chance hat zu sterben als ein matures Tier. Das sehr große Konfidenzintervall zeigt, dass der Wert des Odds Ratio unsicher ist: Er liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% zwischen den Werten 1,67 und 31,5. Demgegenüber sind bei den drei weiteren Einflussgrößen in der logistischen Funktion die 95 %-Konfidenzintervalle verhältnismäßig klein (Tabelle 76) und somit jeweils der Wert des Odds Ratios relativ sicher. Der Koeffizient des Base Excess im Blut bei der Erstuntersuchung hatte ein negatives Vorzeichen. Dementsprechend verringert sich bei einer Erhöhung des Base Excess um 1 Einheit (1 mmol / l) die Chance zu sterben um den Faktor 0,866. Ähnlich verhält es sich mit der Atemfrequenz. Erhöht sie sich um einen Atemzug pro Minute, fällt die Chance zu sterben um den Faktor 0,949. Und erhöht sich die Anzahl der Thrombozyten um 10 G / l, sinkt die Chance zu sterben um den Faktor 0,911.

#### 4.4.1.2 Prognosetabelle

Mithilfe eines Tabellenprogramms wurden Tabellen erstellt, aus denen als Prognosewert die Sterbewahrscheinlichkeit eines Fohlens mit Mekoniumobstipation auf Grund seiner konkreten Messwerte abgelesen werden kann. Diese sind ein unmittelbar nutzbares Hilfsmittel für den z.B. in der Notaufnahme der Klinik arbeitenden Tierarzt. Ein Abdruck der Tabellen befindet sich im Anhang.

Im ersten Schritt stellt der Arzt den Reifegrad des Tieres fest, um entsprechend die Tabelle für mature oder prämaure Fohlen zu konsultieren. Für die beiden Reifegrade gibt es jeweils Tabellen mit Werten der aktuellen Basenabweichung von -2,5 bis 7,5 mmol / l in einer Schrittweite von 1 mmol / l. In jeder einzelnen Matrix sind Atemfrequenzen von 25 bis 75 Züge pro Minute in der Schrittweite von fünf Atemzügen pro Minute und die Thrombozytenzahl von 150 bis 480 G / l in Schrittweiten von 30 G / l aufgetragen. Die Spanne ergab sich auf der Grundlage des vorliegenden Datenmaterials (ungefähr  $\bar{x} \pm 2$  Standardabweichungen). Die Sterbewahrscheinlichkeit kann dann einfach abgelesen bzw. als Mittelwert der nächstgelegenen Werte

angenommen werden. Die gewählte Dimensionierung der Tabellen kann mit elementaren Mitteln der Tabellenkalkulation leicht beliebig abgewandelt werden.

#### 4.4.1.3 Eindimensionale Projektionen für die Einflussgrößen Base Excess, Atemfrequenz und Thrombozytenzahl

Die hier vorgestellten Projektionen entstehen, indem in der logistischen Regressionsgleichung nur eine der Einflussgrößen variabel gehalten und die übrigen konstant auf ihren Mittelwert gesetzt werden.

Die Auswahl der Projektionen entstand wie folgt: Das Merkmal Reife hat nur die zwei Ausprägungen "matur" und "prä matur". Daher liefert die logistische Funktion bei Festhalten der übrigen Eingangsgrößen auch nur zwei Prognosewerte. Es gibt keinen stetigen Verlauf, die Erstellung einer Projektion für das Merkmal Reife ist somit nicht sinnvoll.

Ein prä matures Fohlen hat nach dem Ergebnis der Regression eine um mehr als das siebenfache höhere Chance zu sterben.

Bei Annahme der Mittelwerte (PLT = 315 G / l; AF = 50 Atemzüge / min; ABE = 2,5 mmol / l) zu den übrigen Eingangsgrößen ergeben sich die Sterbewahrscheinlichkeiten

$$P(\text{Tod} \mid \text{prä matur}) = 0,73$$

und

$$P(\text{Tod} \mid \text{matur}) = 0,27^1.$$

Wegen dieses Sachverhalts werden insgesamt für die Merkmale Base Excess im Blut (ABE, [mmol / l]), Atemfrequenz (AF, [Atemzüge / min]) und Thrombozytenzahl (PLT, [G / l]) zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung je zwei Projektionen bei

---

<sup>1</sup>Anmerkung: die scheinbare Widersprüchlichkeit dieser beiden Angaben einer etwa dreimal so hohen Sterbewahrscheinlichkeit gegenüber der siebenfach höheren Chance zu sterben erklärt sich aus der unanschaulichen Begriffsbildung 'Chance'. Es ist in der Tat  $\frac{0,73}{1-0,73} \approx 7,26 \frac{0,27}{1-0,27}$ . Dabei ist 7,26 das Odds Ratio zu 'Überleben'.

angenommenem Reifezustand matur resp. prä matur bestimmt und ihr Funktionsgraph dargestellt.

### Projektionen zu Base Excess (ABE)

Um eine vergleichende Beurteilung der Graphen zu unterstützen, sind in Tabelle 77 die deskriptiven Daten der Verteilung des Merkmals Base Excess im Blut am ersten Behandlungstag vorab noch einmal zusammengestellt.

Tabelle 77: Stichprobengröße (n), Median, Mittelwert ( $\bar{x}$ ), Standardabweichung (s), Intervall von zwei Standardabweichungen um den Mittelwert, relativer Anteil der Fälle außerhalb dieses Intervalls und Extrema (Maximum, Minimum) des Merkmals aktuelle Basenabweichung am ersten Behandlungstag

Einflussgröße	n	Median	$\bar{x}$	s	$\bar{x} \pm 2s$	%-Anteil Fälle außerhalb $\bar{x} \pm 2s$	Max - Min
Base Excess [ABE] (mmol / l)	130	2,9	2,5	5	-7,5 bis 12,5	6,15	-15,6 bis 27,2

Mittels folgender Gleichung wurde der Funktionsgraph (Abbildung 35) für mature Fohlen erstellt, um den Einfluss des Base Excess auf die Sterbewahrscheinlichkeit zu veranschaulichen bei gleichzeitiger Fixierung der anderen Einflussgrößen auf ihre Mittelwerte (AF = 50 Atemzüge / min; PLT = 315 G/l):

$$P(\text{Tod} | \text{matur}, \text{ABE}) = \frac{e^{-0,6402 - 0,144\text{ABE}}}{1 + e^{-0,6402 - 0,144\text{ABE}}}$$

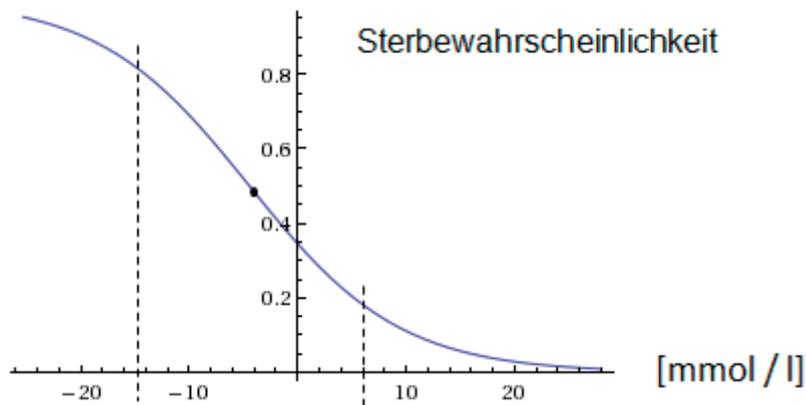


Abbildung 35: Funktionsgraph zur Darstellung des Einflusses des Base Excess auf die Sterbewahrscheinlichkeit maturer Fohlen mit Mekoniumobstipation

Der Funktionsgraph für reife Neonaten hat die Wendestelle bei  $-4,45 \text{ mmol / l}$  und einen annähernd linearen Verlauf im Bereich Wendestelle  $\pm 2s$ . Dies entspricht Base Excess-Werten von  $-15$  bis  $+6 \text{ mmol / l}$ . Hier ist das Gefälle maximal, die Wirkung der Einflussgröße auf die Sterbewahrscheinlichkeit ist somit am größten.

Zur Abrundung der Gesamtdarstellung wurden einige Sterbewahrscheinlichkeiten in diesem Bereich entsprechend etwa  $P = 0,2$  bis  $P = 0,8$  speziell berechnet:

$$P(\text{Tod} \mid \text{matur}, \text{ABE} = -15) = 0,82$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{matur}, \text{ABE} = -10) = 0,69$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{matur}, \text{ABE} = 0) = 0,35$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{matur}, \text{ABE} = + 5) = 0,20.$$

Analog ergibt sich bei prämaturnen Neonaten folgende Funktionsgleichung zu dem in Abbildung 36 dargestellten Graphen:

$$P(\text{Tod} \mid \text{prä matur}, \text{ABE}) = \frac{e^{+1,3428 - 0,144\text{ABE}}}{1 + e^{+1,3428 - 0,144\text{ABE}}}$$

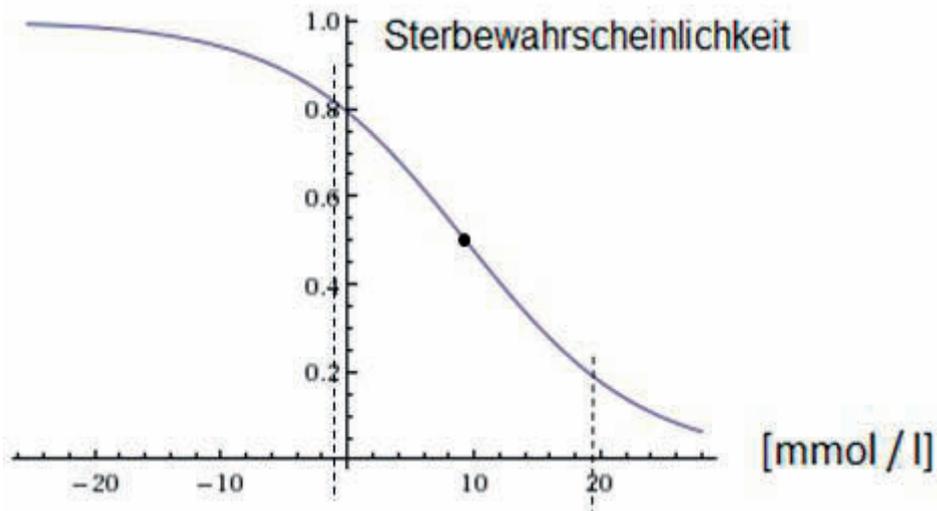


Abbildung 36: Funktionsgraph zur Darstellung des Einflusses des Base Excess auf die Sterbewahrscheinlichkeit prämaturner Fohlen mit Mekoniumobstipation

Die Wendestelle dieses Funktionsgraphen liegt bei 9,33 mmol / l mit einem annähernd linearen Verlauf im Bereich Wendestelle  $\pm 2s$ . Dies entspricht Base Excess-Werten von -1 bis +19 mmol / l. In diesem Bereich ist der Einfluss der Variablen auf die Sterbewahrscheinlichkeit am größten.

Analog wie oben ergeben sich folgende speziell berechnete Sterbewahrscheinlichkeiten in diesem Bereich:

$$P(\text{Tod} \mid \text{prä matur, ABE} = -1) = 0,82$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{prä matur, ABE} = +5) = 0,65$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{prä matur, ABE} = + 15) = 0,31$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{prä matur, ABE} = + 19) = 0,20.$$

Im Vergleich der beiden Graphen zu den maturen und prämaturnen Tieren zeigt sich, dass der starke Absenkeffekt auf die Sterbewahrscheinlichkeit bei Erhöhung des Base Excess bei prämaturnen Fohlen erst bei einer um 13 mmol / l erhöhten Basenabweichung einsetzt. Dieser Sachverhalt spiegelt sich in den unterschiedlichen Wendestellen.

## Projektionen zu Atemfrequenz (AF)

Auch für das Merkmal Atemfrequenz erfolgt zunächst eine Zusammenstellung der deskriptiven Daten in Tabelle 78:

Tabelle 78: Stichprobengröße (n), Median, Mittelwert ( $\bar{x}$ ), Standardabweichung (s), Intervall von zwei Standardabweichungen um den Mittelwert, relativer Anteil der Fälle außerhalb dieses Intervalls und Extrema (Maximum, Minimum) des Merkmals Atemfrequenz

Einflussgröße	n	Median	$\bar{x}$	s	$\bar{x} \pm 2s$	%-Anteil Fälle außerhalb $\bar{x} \pm 2s$	Max - Min
Atemfrequenz [AF] (Züge / min)	122	48	50	18	14 bis 86	6,56	12 bis 100

Als Projektionsfunktion und -graph (Abbildung 37) für mature Fohlen ergab sich bei gleichzeitiger Fixierung der anderen Einflussgrößen auf ihre Mittelwerte (ABE = 2,5 mmol / l; PLT = 315 G / l):

$$P(\text{Tod} | \text{matur}, AF) = \frac{e^{+1,6248 - 0,0525AF}}{1 + e^{+1,6248 - 0,0525AF}}$$

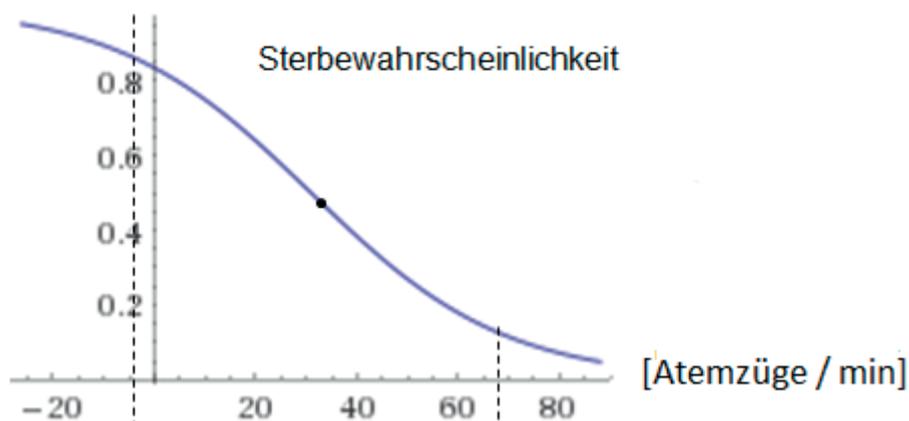


Abbildung 37: Funktionsgraph zur Darstellung des Einflusses der Atemfrequenz auf die Sterbewahrscheinlichkeit maturer Fohlen mit Mekoniumobstipation

Die Wendestelle des Graphen liegt bei einer Atemfrequenz von 31 Atemzügen pro Minute. Der Verlauf ist annähernd linear im Bereich von -5 bis 67 Atemzügen pro Minute, entsprechend der Spanne 31 (Mittelwert)  $\pm$  2s. Gut sichtbar ist hier, dass das Modell idealisiert. Es sind auch Bereiche dargestellt, die medizinisch nicht sinnvoll sind, z. B. Atemfrequenzen von weniger als fünf Atemzügen pro Minute.

Einige speziell berechnete Werte im Bereich größter Wirkung:

$$P(\text{Tod} \mid \text{matur}, AF = 10) = 0,75$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{matur}, AF = 20) = 0,64$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{matur}, AF = 50) = 0,27$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{matur}, AF = 70) = 0,11.$$

Funktionsgleichung und Graph (Abbildung 38) der zu prämaturnen Fohlen gehörenden Projektion zur Atemfrequenz sind:

$$P(\text{Tod} \mid \text{prämatur}, AF) = \frac{e^{+3,6078 - 0,0525AF}}{1 + e^{+3,6078 - 0,0525AF}}$$

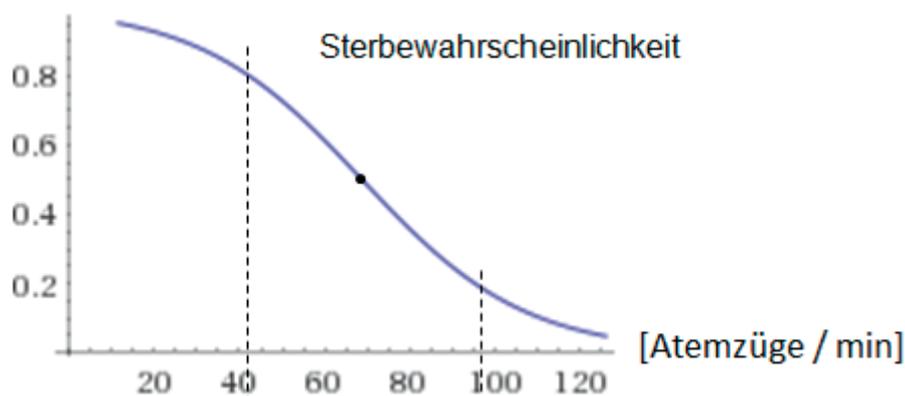


Abbildung 38: Funktionsgraph zur Darstellung des Einflusses der Atemfrequenz auf die Sterbewahrscheinlichkeit prämaturner Fohlen mit Mekoniumobstipation

Die Wendestelle des Graphen liegt bei einer Atemfrequenz von 69 Atemzügen pro Minute. Ein annähernd linearer Verlauf liegt vor im Bereich zwischen 42 und 96 Atemzügen pro Minute, das ist eine Spanne von etwa  $69 \pm 1,5$  s. Der Bereich

stärkster Wirkung liegt also um 2 s höher als bei maturen Tieren und ist hier auch wesentlich enger.

Einige speziell berechnete Werte im Bereich größter Wirkung:

$$P(\text{Tod} \mid \text{prämatur, AF} = 30) = 0,88$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{prämatur, AF} = 40) = 0,82$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{prämatur, AF} = 60) = 0,61$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{prämatur, AF} = 80) = 0,36$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{prämatur, AF} = 100) = 0,16.$$

### Projektionen zu Thrombozyten (PLT)

Die Lagemaße der Stichprobe zur Thrombozytenzahl sind Tabelle 79 zu entnehmen:

Tabelle 79: Absolute Häufigkeit (n), Median, Mittelwert ( $\bar{x}$ ), Standardabweichung (s), Intervall von zwei Standardabweichungen um den Mittelwert, relativer Anteil der Fälle außerhalb dieses Intervalls und Extrema (Maximum, Minimum) der Thrombozyten

Einflussgröße	n	Median	$\bar{x}$	s	$\bar{x} \pm 2s$	%-Anteil Fälle außerhalb $\bar{x} \pm 2s$	Max - Min
Blutthrombozytenkonzentration [PLT] am ersten Behandlungstag (G / l)	131	310	315	100	115 bis 515	4,58	109 bis 687

Dazu ergaben sich als Funktionsgleichung und –graph (Abbildung 39) der Projektion der Prognosefunktion bei gleichzeitiger Fixierung der anderen Einflussgrößen auf ihre Mittelwerte (ABE = 2,5 mmol / l; AF = 50 Atemzüge / min):

$$P(\text{Tod} \mid \text{matur, PLT}) = \frac{e^{+1,923 - 0,00928PLT}}{1 + e^{+1,923 - 0,00928PLT}}$$

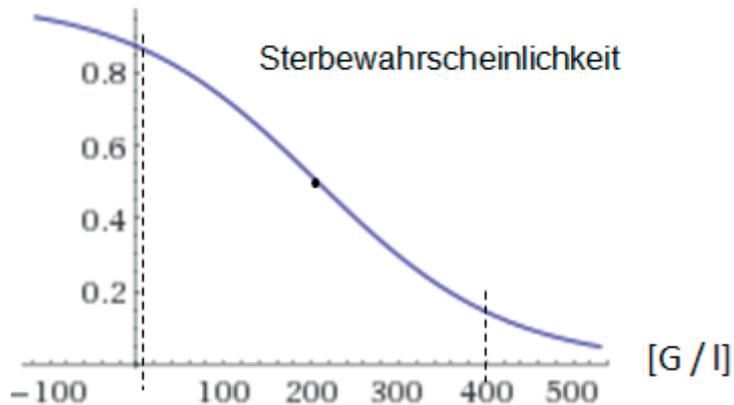


Abbildung 39: Funktionsgraph zur Darstellung des Einflusses der Thrombozytenzahl auf die Sterbewahrscheinlichkeit maturer Fohlen mit Mekoniumobstipation

Die Wendestelle des Graphen befindet sich bei einer Thrombozytenzahl von 201 G / l. Ein annähernd linearer Verlauf ergab sich im Bereich von 40 bis 400 G / l, dies entspricht einer Spanne von  $200 \pm 2s$ .

Einige speziell berechnete Werte im Bereich größter Wirkung:

$$P(\text{Tod, matur, PLT} = 50) = 0,81$$

$$P(\text{Tod, matur, PLT} = 100) = 0,73$$

$$P(\text{Tod, matur, PLT} = 300) = 0,30$$

$$P(\text{Tod, matur, PLT} = 400) = 0,14.$$

Die entsprechende Projektion zur Thrombozytenzahl für prämaturre Tiere ist:

$$P(\text{Tod}|\text{prämatur, PLT}) = \frac{e^{+3,906-0,00928PLT}}{1+e^{+3,906-0,00928PLT}}$$

mit dem in Abbildung 40 veranschaulichten zugehörigen Funktionsgraphen:

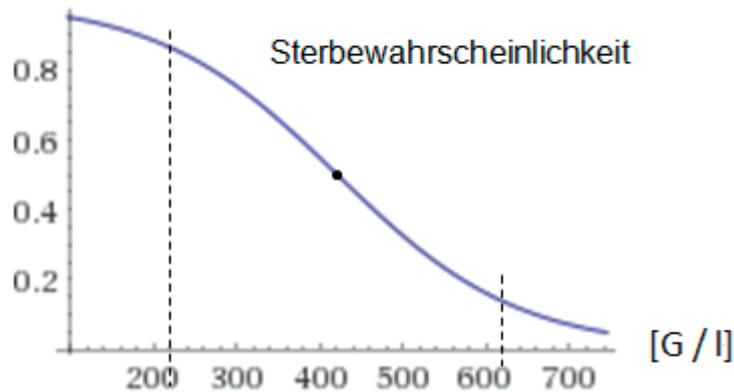


Abbildung 40: Funktionsgraph zur Darstellung des Einflusses der Thrombozytenzahl auf die Sterbewahrscheinlichkeit prämaturer Fohlen mit Mekoniumobstipation

Die Wendestelle liegt hier bei einer Thrombozytenkonzentration von 420 G / l. Ein annähernd linearer Verlauf zeigt sich im Bereich zwischen 220 und 620 G / l, das entspricht der Konzentration der Wendestelle  $\pm 2s$ .

Einige speziell berechnete Werte im stärksten Wirkungsbereich:

$$P(\text{Tod} \mid \text{prä matur, PLT} = 200) = 0,89$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{prä matur, PLT} = 300) = 0,75$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{prä matur, PLT} = 500) = 0,32$$

$$P(\text{Tod} \mid \text{prä matur, PLT} = 620) = 0,14.$$

Wiederum ist zur Erzielung einer vergleichbaren Wirkung auf die Sterbewahrscheinlichkeit bei prämaturen gegenüber maturen Tieren ein um 2s höheres Niveau der Thrombozytenzahl erforderlich.

#### 4.4.1.4 Bewertung der Modellgüte

Basis für die Messung der internen Validität der Regressionsfunktion waren die Datensätze von insgesamt 108 Fohlen. Die verbliebenen 26 waren dazu aufgrund teilweise fehlender Daten nicht geeignet. In Tabelle 80 sind noch alle 134 Fälle aufgeführt mit jeweils der Kennzeichnung „\*“ an Stellen, an denen ein Datenfeld nicht besetzt ist.

## Ergebnisse der Teststatistiken

Mithilfe der Statistiksoftware ergaben sich die Werte:

- goodness-of-fit- $\chi^2$  = 60,654 bei df = 100 (Freiheitsgrade) mit p = 1,00
- Hosmer-Lemeshow-Test = 7,526 bei df = 8 mit p = 0,481
- C.C.Brown-Test = 0,374 bei df = 2 mit p = 0,829.

Die Werte liegen weit unter den Tabellenwerten bei passenden p-Werten. Es kann somit von sehr guter Anpassung ausgegangen werden.

## Ergebnis der ROC-Analyse

Als Schema zur Darstellung der Bewertung verwendet man die Klassifikationstabelle für diagnostische Tests (z. B. HEDDERICH und SACHS (2012c)). Als Maß für die Güte der Regressionsfunktion dienen die klassischen Werte Sensitivität, Spezifität, negativer Voraussagewert und positiver Voraussagewert, die sich aus der Klassifikationstabelle mit dem "optimalen Trennwert" ergeben. Als optimal gilt der Trennwert, bei dem die Summe aus Sensitivität und Spezifität gemäß der zugehörigen Klassifikationstabelle maximal ist.

Dieser optimale Trennwert wird von der Regressions-Software berichtet. Im vorliegenden Fall ist dies der Wert 0,71. Trennwert bedeutet: Alle Fälle mit einer Sterbewahrscheinlichkeit  $P \geq 0,71$  werden als wahrscheinlich versterbend prognostiziert, bei  $P < 0,71$  wird überlebend prognostiziert. Die zugehörige Klassifikationstabelle entsteht, indem nach dieser Vorgabe alle Fälle geprüft und in die Felder gestorben / überlebt und Prognose sterbend / Prognose überlebend der Tabelle gezählt werden.

Tabelle 80: Überleben vs. Prognose des Überlebens der Fohlen mit Mekoniumobstipation auf Basis der durchgeführten logistischen Regression zur Zielfunktion Sterben unter Ansatz des nach der ROC-Analyse optimalen Trennwertes  $c = 0,71$  (absolute Häufigkeiten)

	Prognose sterbend ( $P \geq 0,71$ )	Prognose überlebend ( $P < 0,71$ )	Summen
gestorben	12	5	<b>17</b>
überlebt	5	86	<b>91</b>
Summen	<b>17</b>	<b>91</b>	<b>108</b>

Als Maß für die innere Güte der Regressionsfunktion errechnen sich somit die charakteristischen Werte:

- Sensitivität = 0,71
- Spezifität = 0,95
- negativer Voraussagewert = 0,95
- positiver Voraussagewert = 0,71.

Die Prognosefunktion ist umso besser, je näher alle diese vier Werte an 1 liegen.

Es ergibt sich ein Wert von  $AUC = 0,8739$  (Fläche unter der ROC-Kurve). Es kann somit nach HOSMER und LEMESHOW (2000) von einer sehr guten Anpassung des Modells an die Stichprobe ausgegangen werden ( $0,7 \leq AUC < 0,8$  akzeptable Güte;  $0,8 \leq AUC < 0,9$  exzellente Güte;  $AUC \geq 0,9$  außerordentliche Güte, kommt praktisch nicht vor).

## **Untersuchung zur Verteilung der Fehlprognosen**

Es werden hier die Prognosewerte und die zugehörigen zur Berechnung der Prognose herangezogenen Merkmaldaten der Stichprobe tabellarisch gegenübergestellt und in drei Stufen für speziell festgelegte „Entscheidungsregeln“ die Treffer- und Fehlerquoten dargestellt und besprochen. Es werden jeweils Trennwerte für die Prognosewahrscheinlichkeit festgelegt, anhand derer entschieden wird, ob ein Fohlen wahrscheinlich überlebt oder stirbt. Auf diese Weise sollen Prognosen in einem zu wählenden Bereich um 0,5 (entsprechend nur schwach ausgeprägte Tendenz zu überleben oder zu sterben) als zu unsicher nicht verwendet werden.

In den folgenden Tabellen bedeutet die Codierung unter "Schicksal"

1: das Tier hat überlebt

2: das Tier hat nicht überlebt.

Fälle mit teilweise fehlenden Daten - durch \* markiert - werden aus der Betrachtung ausgenommen. In die vergleichende Bewertung gehen somit insgesamt 108 von 134 Fällen der Datenbasis ein.

### **1. Entscheidungsregel: "0,5 - Regel"**

$t = 0,5$  gilt als Trennwert, d. h. wenn die Prognosewahrscheinlichkeit  $P > 0,5$ , wird Tod prognostiziert, wenn  $P \leq 0,5$ , wird Überleben prognostiziert. Dabei gelten alle Fälle als fehlerhaft prognostiziert, bei denen  $P > 0,5$  und Schicksal = 1, und solche, bei denen  $P \leq 0,5$  und Schicksal = 2.

Daraus ergibt sich folgende Klassifikationstabelle:

Tabelle 81: Überleben vs. Prognose des Überlebens der Fohlen mit Mekoniumobstipation auf Basis der logistischen Regression zur Zielfunktion Sterben unter Ansatz des Trennwertes  $c = 0,5$  (absolute Häufigkeiten)

Überleben	Überlebensprognose		Summen
	$P \geq 0,5$ Prognose sterbend	$P < 0,5$ Prognose überlebend	
Gestorben	12	5	<b>17</b>
Überlebt	25	66	<b>91</b>
Summen	<b>37</b>	<b>71</b>	<b>108</b>

Die charakteristischen Werte sind dann:

- Sensitivität = 0,71
- Spezifität = 0,76
- negativer Voraussagewert = 0,93
- positiver Voraussagewert = 0,32.

Auffällig ist der niedrige positive Voraussagewert, d. h. die geringe Wahrscheinlichkeit, dass ein als sterbend prognostiziertes Tier tatsächlich stirbt. Anders formuliert: Es wird ein zu hoher Anteil falsch als sterbend prognostiziert. Der Übergang zum Trennwert 0,71 verringert die Anzahl dieser Fehlprognosen "falsch sterbend" auffällig stark von 25 auf 5.

Beim Trennwert 0,5 zeigen sich folgende Quoten: 30 von 108 Fällen sind falsch prognostiziert. Dies entspricht einer Gesamtfehlerquote von 27,8 %. Umgekehrt beträgt also die Gesamttrefferquote 72,2 %. Die Fehlprognosen sind in Tabelle 82 gelb unterlegt. Bei differenzierter Betrachtung wurden 25 von 91 Überlebenden falsch als

sterbend (27,5 %) und fünf von 17 Toten falsch als überlebend prognostiziert (29,4 %). Die Anteile der Fehlprognosen sind in den Gruppen der überlebten und der verstorbenen Tieren annähernd gleich.

Es seien kurz wenige Fakten gegenübergestellt, die nahelegen, dass der Regressionskoeffizient zum Attribut Reife fehlerhaft ist. Bei neun Tieren (7 % der Tiere) ist das Attribut Reife nicht besetzt (fehlender Datenwert), davon sind vier gestorben. Es verbleiben 84 mature (78 %) und 24 prämatüre (22 %) Fohlen. Von den 24 prämatüren starben zehn Tiere (42 %), von den 84 maturen starben sieben (8,3 %). Unter den maturen Tieren wurden 21 % falsch als sterbend vorausgesagt, unter den prämatüren wurden 30 % falsch als sterbend vorausgesagt. Dieses Ungleichgewicht lässt vermuten, dass der Regressionskoeffizient für Reife zu hoch ist (mehr als siebenfache Chance zu sterben für prämatüre Fohlen). Die Annahme wird durch die duale Aussage gestützt: Unter den maturen Tieren wurden 6 % falsch als überlebend vorausgesagt, unter den prämatüren Tieren kommt dieser Fehler nicht vor. Zusammengefasst werden prämatüre Tiere in weit höherem Maß falsch als sterbend prognostiziert, mature in höherem Maß falsch als überlebend.

Tabelle 82: Ergebnis der logistischen Regression zur Zielfunktion Sterben der Fohlen mit Mekoniumobstipation: Gegenüberstellung der Sterbewahrscheinlichkeit als Prognoseergebnis und den Prädiktoren Reifegrad, Base Excess, Atemfrequenz und Thrombozyten der Datenbasis. Die nach der 1. Entscheidungsregel falsch prognostizierten Fälle sind gelb unterlegt

TierNr	Reifegrad	Base Excess (mmol / l)	Atemfrequenz (Züge / min)	Thrombozyten (G / l)	Schicksal	Prognostizierte Sterbe-Wahrscheinlichkeit P
1	1	2,3	48	295	1	0,336082774
2	1	3,1	40	345	1	0,301534784
3	1	3,6	48	465	1	0,079760909
4	1	5,2	56	337	1	0,129187708
5	1	1,4	48	361	2	0,237999253

6	1	2,6	48	319	1	0,279544935
7	1	1,2	48	403	1	0,178779272
8	2	-4	60	123	2	0,959904127
9	2	-5,4	30	328	2	0,954772164
10	1	2,6	48	609	1	0,025632686
11	1	5,1	64	373	1	0,066122265
12	1	5,7	24	245	1	0,634970414
13	1	4,1	44	402	1	0,151490290
14	1	4,8	32	346	1	0,337583863
15	1	4,7	48	381	1	0,138897176
16	2	-15,6	40	380	1	0,970999137
17	2	1,3	48	354	2	0,710678167
18	2	2,8	*	439	2	n. a.
19	2	-3,1	44	*	2	n. a.
20	2	4,1	56	522	1	0,184890304
21	1	4	40	322	1	0,319480552
22	1	6,2	48	377	1	0,118850595
23	1	3,7	40	489	1	0,094257897
24	2	4,8	56	274	1	0,671963689
25	1	6,2	50	285	1	0,221904873
26	1	4,7	44	290	1	0,316479106
27	*	0,5	48	332	2	n. a.
28	1	6,2	44	334	1	0,198718989
29	1	2,7	48	274	1	0,367369121
30	*	-1,4	40	488	1	n. a.
31	1	2,3	44	*	1	n. a.
32	1	0,1	48	336	1	0,322025269

33	1	-2,7	60	614	1	0,027892190
34	1	3	52	254	1	0,351803753
35	1	2	52	357	1	0,194197968
36	*	0,4	*	475	1	n. a.
37	1	4,7	32	254	1	0,548368271
38	1	4	*	356	1	n. a.
39	2	0	56	181	2	0,906473756
40	1	3,3	36	498	1	0,111190300
41	1	-9,7	*	281	2	n. a.
42	1	5,6	*	254	1	n. a.
43	1	0,2	88	307	1	0,069800364
44	1	*	42	*	1	n. a.
45	*	6	64	172	2	n. a.
46	1	5,8	48	385	1	0,117118991
47	1	2,5	40	357	1	0,296304102
48	1	3,5	*	271	1	n. a.
49	1	2,6	72	414	1	0,043591623
50	1	2,8	36	290	2	0,480909285
51	*	2	72	197	1	n. a.
52	1	4	40	198	1	0,597379943
53	1	*	40	294	1	n. a.
54	1	6,2	*	286	1	n. a.
55	1	0	26	200	1	0,843829223
56	1	4,1	44	306	1	0,303205445
57	1	3,5	68	288	1	0,137212217
58	1	5,8	80	302	1	0,050701875
59	2	-9,1	38	124	2	0,993667327

60	1	3,2	25	367	1	0,432646885
61	1	2,1	*	279	2	n. a.
62	1	2,6	*	421	1	n. a.
63	1	3	24	360	1	0,468840432
64	1	-11	100	409	1	0,072190364
65	*	12,3	68	342	1	n. a.
66	1	6	36	310	2	0,326776702
67	1	4,5	60	227	1	0,269618304
68	1	3	28	285	1	0,589330889
69	1	4,2	52	241	1	0,340003190
70	1	2,9	48	120	1	0,701991649
71	1	3,2	44	227	1	0,507659401
72	1	5,3	48	416	1	0,096591857
73	*	-0,1	48	432	2	n. a.
74	2	3,5	20	201	2	0,969872318
75	2	2,9	80	337	1	0,298602817
76	1	3,6	60	488	1	0,035949102
77	1	3,1	48	374	1	0,178122477
78	1	1,2	32	313	1	0,537569058
79	1	2,5	80	401	1	0,033141048
80	1	-9,8	44	168	2	0,920573151
81	1	2,6	54	373	1	0,146435007
82	1	5,1	*	282	2	n. a.
83	1	0,2	60	198	2	0,472966388
84	2	*	48	314	1	n. a.
85	1	2,6	100	513	1	0,004164275
86	1	9,4	60	350	1	0,055013086

87	2	3,7	80	270	1	0,414013056
88	1	0	48	294	1	0,415731747
89	1	-6,1	60	279	1	0,511817799
90	1	-1,9	68	343	1	0,172011205
91	2	1,6	88	265	1	0,396851806
92	1	7,1	32	245	1	0,483006548
93	1	2,6	90	417	1	0,016937210
94	1	-0,3	44	276	1	0,519969372
95	1	4,6	60	243	1	0,238769055
96	2	-5,5	60	114	1	0,969970342
97	2	0,4	44	687	1	0,135642935
98	1	1,1	12	359	1	0,687418921
99	1	-5	96	179	1	0,254810199
100	1	5	48	403	1	0,111864103
101	1	*	48	249	*	n. a.
102	1	3,4	20	281	1	0,681510033
103	*	4,5	*	320	1	n. a.
104	*	-1,2	30	271	1	n. a.
105	2	0,5	90	409	1	0,154266849
106	1	5	60	282	1	0,170942822
107	1	1,9	32	289	1	0,567701640
108	2	3,7	40	270	2	0,852280438
109	1	0	60	400	1	0,124117854
110	1	5,2	56	302	1	0,170320150
111	2	26	72	311	1	0,028774195
112	1	2,8	48	253	1	0,410223867
113	1	3,2	64	279	1	0,182139337

114	1	4,5	56	177	1	0,420051983
115	1	2,4	26	311	1	0,577207425
116	*	1	42	356	2	n. a.
117	1	6,1	26	315	1	0,435707890
118	2	6,6	40	276	1	0,782334003
119	1	27,2	40	250	1	0,031407417
120	2	-3,2	60	109	2	0,960466853
121	2	-8,8	26	391	2	0,959484829
122	1	3,6	86	182	1	0,140112005
123	2	5,6	60	310	1	0,514445978
124	2	6,8	56	129	1	0,855038710
125	1	1,9	36	281	1	0,534126857
126	1	4,5	36	316	1	0,362973830
127	1	5,4	40	188	1	0,570957795
128	1	2,7	28	260	1	0,653939223
129	1	2,6	26	264	1	0,672316278
130	2	-1,3	*	325	1	n. a.
131	1	2,3	48	254	2	0,425479258
132	2	2,9	48	332	1	0,705253157
133	2	-1,4	32	330	2	0,912950123
134	1	1,4	30	182	2	0,808832215

\* kein Eintrag im Datenbestand

n. a. nicht auswertbar, da fehlender Eintrag

## 2. Entscheidungsregel: "0,4 / 0,6 - Regel"

In diesem Fall gelten 0,4 und 0,6 in dem Sinn als Trennwerte, dass Tod prognostiziert wird, wenn  $P \geq 0,6$  und Überleben, wenn  $P \leq 0,4$ . Die Fälle mit  $0,4 < P < 0,6$

werden nicht entschieden. Analog der 0,5 - Regel gelten Fälle als fehlerhaft prognostiziert, bei denen  $P \geq 0,6$  und Schicksal = 1, und solche, bei denen  $P \leq 0,4$  und Schicksal = 2. Die absoluten Häufigkeiten sind Tabelle 83 zu entnehmen.

Tabelle 83: Überleben vs. Prognose des Überlebens auf Basis der logistischen Regression zur Zielfunktion Sterben der Fohlen mit Mekoniumobstipation unter Ansatz der 0,4 / 0,6 – Entscheidungsregel bezogen auf die Fallzahlen der Datenbasis (absolute Häufigkeiten)

Überleben (Datenbasis)	Prognose			Zeilensumme
	gestorben	überlebt	Nicht entschieden	
Gestorben	12	2	3	<b>17</b>
Überlebt	13	58	20	<b>91</b>
Spaltensumme	<b>25</b>	<b>60</b>	<b>23</b>	<b>108</b>

Bei Anwendung der 0,4 / 0,6 - Regel zeigen sich folgende Quoten: Anteile und Prozentangaben beziehen sich weiter auf die Gesamtzahl von 108 in diesem Abschnitt betrachteten Fohlen. Zu 15 von 108 Fällen ist der Prognosewert falsch, dies entspricht einer Fehlerquote von 13,9 %. 70 von 108 Prognosewerten sind richtig. Die Fälle mit Prognosewerten zwischen 0,4 und 0,6 werden weder als Fehler noch als Treffer gezählt. Die Trefferquote beträgt somit 64,8 %. Gegenüber der 0,5 - Regel hat sich die Fehlerquote halbiert und die Trefferquote um 11 % verringert. Unter den nach der 0,4 / 0,6 – Regel falschen Prognosen sind beide falsch als überlebend prognostizierten Fälle matur. Von den 13 falsch als sterbend prognostizierten Tieren sind sieben matur (8% der Maturen) und sechs prä matur (25% der Prä maturen).

Von den 23 nicht entschiedenen Fällen sind 21 matur und zwei prä matur. Sie enthalten 15 Fehlprognosen gemäß der 0,5 - Regel. Der Verzicht auf Entscheidungen auf Basis von Prognosewerten zwischen 0,4 und 0,6 erhöht also die Prognosesicherheit erheblich, da in diesem Bereich 65 % der Fälle falsch prognostiziert sind und bezogen auf die Gesamtheit die Hälfte aller Fehlprognosen anfallen. Auffällig ist der Umstand, dass fast ausschließlich mature Tiere ihre Prognosewerte in diesem Bereich

haben. Bei differenzierterer Betrachtung ergibt sich folgende Verteilung: Drei von 15 dieser nicht entschiedenen Fälle wurden falsch als lebend prognostiziert, alle drei Fälle betreffen mature Fohlen. 12 von diesen 15 wurden falsch als sterbend prognostiziert. Darunter sind elf mature und ein prämaures Fohlen.

In Tabelle 84 sind nur die oben als fehlerhaft prognostizierten Fälle aufgeführt. Die auch nach der 0,4 / 0,6 - Regel weiterhin fehlerhaft prognostizierten sind gelb unterlegt.

Tabelle 84: Ergebnis der logistischen Regression zur Zielfunktion Sterben der Fohlen mit Mekoniumobstipation: Gegenüberstellung der Sterbewahrscheinlichkeit als Prognoseergebnis und den Prädiktoren Reifegrad, Base Excess, Atemfrequenz und Thrombozyten der Datenbasis. Hier: alle nach der 0,5 - Regel falsch prognostizierten Fälle. Die auch nach der 0,4 / 0,6 - Regel falsch prognostizierten Fälle sind gelb unterlegt.

TierNr	Reife-grad	Base Excess (mmol / l)	Atem-frequenz (Züge / min)	Thrombozyten (G / l)	Schicksal	Prognostizierte Sterbe-Wahr-scheinlichkeit P
5	1	1,4	48	361	2	0,237999253
12	1	5,7	24	245	1	0,634970414
16	2	-15,6	40	380	1	0,970999137
24	2	4,8	56	274	1	0,671963689
37	1	4,7	32	254	1	0,548368271
50	1	2,8	36	290	2	0,480909285
52	1	4	40	198	1	0,597379943
55	1	0	26	200	1	0,843829223
66	1	6	36	310	2	0,326776702
68	1	3	28	285	1	0,589330889

70	1	2,9	48	120	1	0,701991649
71	1	3,2	44	227	1	0,507659401
78	1	1,2	32	313	1	0,537569058
83	1	0,2	60	198	2	0,472966388
89	1	-6,1	60	279	1	0,511817799
94	1	-0,3	44	276	1	0,519969372
96	2	-5,5	60	114	1	0,969970342
98	1	1,1	12	359	1	0,687418921
102	1	3,4	20	281	1	0,681510033
107	1	1,9	32	289	1	0,567701640
115	1	2,4	26	311	1	0,577207425
118	2	6,6	40	276	1	0,782334003
123	2	5,6	60	310	1	0,514445978
124	2	6,8	56	129	1	0,855038710
125	1	1,9	36	281	1	0,534126857
127	1	5,4	40	188	1	0,570957795
128	1	2,7	28	260	1	0,653939223
129	1	2,6	26	264	1	0,672316278
131	1	2,3	48	254	2	0,425479258
132	2	2,9	48	332	1	0,705253157

### 3. Entscheidungsregel: „0,2 / 0,8 – Regel“

In diesem Fall werden 0,2 bzw. 0,8 als Grenzwerte genommen (Tabelle 85). Wenn  $P \geq 0,8$ , so wird Tod prognostiziert und Überleben wird prognostiziert, wenn  $P \leq 0,2$ . Analog zur 2. Entscheidungsregel werden die Fälle mit Prognosewerten  $P$  im Bereich  $0,2 < P < 0,8$  nicht entschieden. Dazu gelten alle Fälle als fehlerhaft prognostiziert, bei denen  $P \geq 0,8$  und Schicksal = 1, und solche, bei denen  $P \leq 0,2$  und Schicksal = 2.

Tabelle 85: Überleben vs. Prognose des Überlebens auf Basis der logistischen Regression zur Zielfunktion Sterben der Fohlen mit Mekoniumobstipation unter Ansatz der 0,2 / 0,8 – Entscheidungsregel bezogen auf die Fallzahlen der Datenbasis (absolute Häufigkeiten)

Überleben (Datenbasis)	Überlebensprognose			Zeilensumme
	gestorben	überlebt	Nicht entschieden	
Gestorben	11	0	6	<b>17</b>
Überlebt	4	39	48	<b>91</b>
Spaltensumme	<b>15</b>	<b>39</b>	<b>54</b>	<b>108</b>

Unter dieser Entscheidungsregel sind nur noch die unten aufgeführten vier Fälle fehlerhaft (Tabelle 86). Diese sind ausnahmslos falsch als sterbend prognostiziert. Mit vier von 108 falsch Prognostizierten errechnet sich eine Fehlerquote von 3,7 %. Gegenüber der 0,4 / 0,6 – Regel schrumpft die Fehlerquote um 75 %. Die Angabe einer Trefferquote ist wegen der 50 % nicht entschiedenen Fälle unpassend. Die Aufteilung nach Reifegrad ergibt: 11,5 % der prämaternen und 1 % der maturen Fohlen wurden falsch als sterbend vorausgesagt.

Tabelle 86: Ergebnis der logistischen Regression zur Zielfunktion Sterben der Fohlen mit Mekoniumobstipation: Gegenüberstellung der Sterbewahrscheinlichkeit als Prognoseergebnis und den Prädiktoren Reifegrad, Base Excess, Atemfrequenz und Thrombozyten der Datenbasis. Hier: Alle Fehlprognosen nach Anwendung der 0,2 / 0,8 – Entscheidungsregel

TierNr	Reifegrad	Base Excess (mmol / l)	Atemfrequenz (Züge / min)	Thrombozyten (G / l)	Schicksal	Prognostizierte Sterbe-Wahrscheinlichkeit P
16	2	-15,6	40	380	1	0,970999137
55	1	0	26	200	1	0,843829223
96	2	-5,5	60	114	1	0,969970342
124	2	6,8	56	129	1	0,855038710

Beschränkt man sich auf die Verwendung von Prognosewerten oberhalb 0,8 und unterhalb 0,2, hat die Prognose eine „Sicherheit“ von rund 96%, d. h. in 96 % der Fälle ist der Prognosewert richtig oder wird als zu unsicher eingestuft.

#### 4.4.2 Prognose zur Entwicklung einer späteren Kolik

##### 4.4.2.1 Mehrschrittige Entwicklung der logistischen Regressionsfunktion

Im ersten Schritt der multiplen logistischen Regression wurden die p-Werte für den Einfluss der Eingangsgrößen auf die Zielgröße Kolik ermittelt. Tabelle 87 sind die p-Werte aller Einflussgrößen zu entnehmen, die mittels Maximum-Likelihood-Verfahrens ermittelt wurden. Der p-Wert dient als Kriterium für die Aufnahme der Variablen in das Regressionsmodell. Aufgrund von numerischer Instabilität im Datensatz ließ sich für die Variablen Stehvermögen, Mekonium im Rektum palpierbar, Mekoniumabgang beobachtet und der labordiagnostischen Parameter Blut-pH-Wert, Blutbilirubinkonzentration, Aktivität der Glutamatdehydrogenase (logarithmiert),

Aktivität der Gamma-Glutamyltransferase und Aktivität der Kreatinkinase (logarithmiert) jeweils am ersten Behandlungstag kein p-Wert ermitteln.

Tabelle 87: Ergebnis des 1. Schrittes der logistischen Regressionsanalyse Statistische Signifikanz des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Einflussgrößen des ersten Behandlungstages und der Zielgröße Kolik in den Rohdaten bei Fohlen mit Mekoniumobstipation

Unabhängige Variable (UV)	Anzahl gesamt	Anzahl Auf- treten Kolik	p-Wert der UV	Ranking nach p- Wert
Pulsfrequenz	50	5	0,0231	1
Alter der Stute	50	6	0,0505	2
Blutkaliumkonzentration	51	6	0,1013	3
Blutkohlendioxidpartialdruck	48	5	0,1401	4
Dystokie	47	6	0,2115	5
Geschlecht	51	6	0,2671	6
Blutleukozytenkonzentration	51	6	0,2946	7
Rektaltemperatur	48	5	0,3528	8
Begleiterkrankung	48	6	0,4056	9
Blutlaktatkonzentration (logarithmiert)	50	6	0,4226	10
Anzahl der Paritäten der Stute (logarithmiert)	47	5	0,4476	11
Bluthämoglobinkonzentration	50	6	0,4552	12
Aufenthaltsdauer (logarithmiert)	51	6	0,4619	13
Atemfrequenz	50	5	0,4688	14
Blutharnstoffkonzentration (logarithmiert)	28	4	0,4912	15

Blutkonzentration der eosinophilen Granulozyten	51	6	0,5621	16
Blutproteinkonzentration	22	3	0,5904	17
Bluthydrogencarbonatkonzentration	28	2	0,5976	18
Blutglukosekonzentration	51	6	0,6592	19
Bluterythrozytenkonzentration	49	6	0,6997	20
Blutkonzentration der neutrophilen Granulozyten	51	6	0,7399	21
Alter bei Symptombeginn (logarithmiert)	48	6	0,7481	22
Blutsauerstoffpartialdruck	47	5	0,7610	23
Blutkonzentration der Lymphozyten (logarithmiert)	51	6	0,7630	24
Immunglobulin G-Konzentration im Blut	32	3	0,7693	25
Blutthrombozytenkonzentration	50	6	0,8035	26
Base Excess im Blut	49	6	0,8120	27
Blutkonzentration der Monozyten (logarithmiert)	51	6	0,8180	28
Reife	48	5	0,8374	29
Hämatokrit	51	6	0,8664	30
Blutkreatininkonzentration (logarithmiert)	31	5	0,8862	31
Blutnatriumkonzentration	51	6	0,8992	32
Blutkonzentration der basophilen Granulozyten	50	6	0,9077	33
Blutkalziumkonzentration (ionisiert)	50	6	0,9550	34
Alter bei Einlieferung (logarithmiert)	51	6	0,9857	35

In diesem ersten Schritt wurde die Einflussgröße Pulsfrequenz mit dem kleinsten p-Wert ( $p = 0,0231$ ) in die logistische Funktion aufgenommen. Da für keine weitere Variable ein p-Wert unter 0,05 ermittelt wurde, konnte auf die Zusammenhangsanalyse verzichtet werden.

Der nächste Schritt der Regressionsanalyse (Tabelle 88) verlief analog dem Vorgehen, das im Abschnitt der Zielgröße Sterben geschildert wurde.

Tabelle 88: Ergebnis des 2. Verfahrensschrittes der logistischen Regression: Statistische Signifikanz des Einflusses von Merkmalpaaren (gebildet aus der Größe Pulsfrequenz und je einer weiteren Eingangsgröße des ersten Behandlungstages) auf die Zielgröße Kolik bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung

Unabhängige Variable (UV)	Anzahl gesamt	Anzahl Auftreten Kolik	p-Wert der UV	p-Wert Pulsfrequenz	Ranking nach p-Wert der UV
Alter der Stute	49	5	0,0397	0,0026	1
Blutkohlendioxidpartialdruck	47	4	0,0664	0,0698	2
Blutkaliumkonzentration	50	5	0,231	0,02	3
Bluthämoglobinkonzentration	49	5	0,3588	0,0165	4
Alter bei Symptombeginn (logarithmiert)	47	5	0,422	0,0168	5
Rektaltemperatur	48	5	0,4251	0,0296	6
Blutlaktatkonzentration (logarithmiert)	49	5	0,4257	0,0738	7

Begleiterkrankung	47	5	0,4257	0,0279	8
Anzahl der Paritäten der Stute (logarithmiert)	46	4	0,4536	0,0068	9
Blutthrombozyten- konzentration	49	5	0,5152	0,0223	10
Blutkreatinin- konzentration (logarithmiert)	30	4	0,5263	0,1333	11
Hämatokrit	50	5	0,5303	0,0117	12
Blutglukose- konzentration	50	5	0,5545	0,0234	13
Immunglobulin G- Konzentration im Blut	32	3	0,5562	0,0702	14
Alter bei Einlieferung (logarithmiert)	50	5	0,5687	0,0227	15
Blutkalziumkonzentration (ionisiert)	49	5	0,5893	0,0177	16
Blutkonzentration der Lymphozyten (logarithmiert)	50	5	0,5985	0,0186	17
Blutprotein- konzentration	22	3	0,6	0,04	18
Blutleukozyten- konzentration	50	5	0,6194	0,0169	19
Blutkonzentration der neutrophilen Granulozyten	50	5	0,6194	0,0187	20
Atemfrequenz	50	5	0,6293	0,0128	21

Bluterythrozyten- konzentration	48	5	0,6429	0,0319	22
Blutharnstoff- konzentration (logarithmiert)	27	3	0,6667	1,000	23
Base Excess im Blut	48	5	0,6891	0,0348	24
Blutsauerstoff- partialdruck	46	4	0,7198	0,0926	25
Geschlecht	50	5	0,7679	0,0126	26
Aufenthaltsdauer (logarithmiert)	50	5	0,8702	0,0199	27
Bluthydrogencarbo- natkonzentration	28	2	0,8889	1,000	28
Blutkonzentration der basophilen Granulozyten	49	5	0,9075	0,0515	29
Blutkonzentration der Monozyten (logarithmiert)	50	5	0,9769	0,0346	30
Blutkonzentration der eosinophilen Granulozyten	50	5	0,9868	0,0136	31
Dystokie	46	5	1,000	0,0267	32
Blutnatrium- konzentration	50	5	1,000	0,0189	33
Reife	48	5	1,000	0,0185	34

Im ersten Durchgang war ein asymptotisches Verfahren angewendet worden, im zweiten ein exaktes Regressionsverfahren, das bei geringen Fallzahlen verlässlichere Ergebnisse liefert. Auch mit diesem Verfahren war ein weiterer Regressionschritt aufgrund zu geringer Fallzahlen nicht durchführbar.

Nach der logistischen Regression wurden dem resultierenden statistischen Modell für die zwei Einflussgrößen, die die Zielgröße Kolik in der logistischen Funktion modellieren, die in Tabelle 89 niedergelegten Werte entnommen.

Tabelle 89: Ergebnis der logistische Regression zur Zielgröße Kolik bei Fohlen mit Mekoniumobstipation: Regressionskoeffizient, Odds Ratio und zugehöriges 95 %-Konfidenzintervall der ermittelten relevanten Einflussgrößen

Einflussgröße (UV) [Einheit]	Regressionskoeffizient $\beta$ der UV [bezogen auf die genannte Einheit]	Odds Ratio der UV (= $\exp(\beta)$ ) [bezogen auf die genannte Einheit]	95 %-Konfidenzintervall für das Odds Ratio
Pulsfrequenz (Puls) [Schläge / min]	0,0702	1,073	1,0198 bis 1,1564
Alter der Stute (Stut) [in Jahren]	- 0,2927	0,746	0,434 bis 0,991
	Konstanter Regressionskoeffizient $b_0 = -8,3278$		

Somit wird als Ergebnis des Analyseverfahrens die folgende Regressionsfunktion gewonnen:

$$P(\text{Kolik} \mid \text{Puls}, \text{Stut}) = \frac{e^{-8,3278+0,0702\text{Puls}-0,2927\text{Stut}}}{1+e^{-8,3278+0,0702\text{Puls}-0,2927\text{Stut}}}$$

Das positive Vorzeichen des Regressionskoeffizienten für die Herzfrequenz gibt an, dass eine höhere Herzfrequenz mit einer Erhöhung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Kolik einhergeht. Steigt die Herzfrequenz um 10 Schläge pro Minute,

entsprechend  $1/3$  der Standardabweichung, erhöht sich die Chance einer erneuten Kolik um den Faktor 2,02. Das 95 %-Konfidenzintervall entspricht dann einer Schwankungsbreite des Odds Ratios von 1,22 bis 4,48. Der Regressionskoeffizient zur Einflussgröße Alter der Stute gibt an, dass ein höheres Alter der Stute mit einem geringeren Kolikrisiko des Fohlens korrespondiert. Das Konfidenzintervall zum Regressionskoeffizienten entspricht einer Schwankungsbreite des zugehörigen Odds Ratios von 0,19 bis 0,98 entsprechend der Zunahme des Alters der Stute um zwei Lebensjahre, entsprechend einem Drittel der Standardabweichung.

#### 4.4.2.2 Prognosetabelle

Analog zur Zielgröße Sterben wurde eine Tabelle erstellt, aus der als Prognosewert die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kolik für ein Fohlen mit Mekoniumobstipation auf Grund seiner konkreten Messwerte abgelesen werden kann. Auch diese Übersicht befindet sich im Anhang. In der Tabelle sind die beiden Eingangsgrößen jeweils etwa in der Spanne  $\bar{x} \pm 2s$  dargestellt, die Herzfrequenz von 60 bis 175 Schläge / min mit einer Schrittweite von fünf Schlägen, das Alter der Stute von vier bis 22 Jahre mit Schrittweite von einem Jahr. Die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kolik kann dann einfach abgelesen bzw. zwischen den beiden dem gemessenen Wert nächstliegenden Werten angenommen werden. Die gewählte Dimensionierung der Tabelle kann mit elementaren Mitteln der Tabellenkalkulation leicht beliebig abgewandelt werden.

#### 4.4.2.3 Eindimensionale Projektionen für die Variablen Herzfrequenz und Alter der Stute

Die hier vorgestellten Projektionen entstehen, indem in der logistischen Regressionsgleichung nur eine der Einflussgrößen variabel gehalten und die zweite konstant auf ihren Mittelwert gesetzt wird. Somit werden hier je eine Projektion für die Herzfrequenz (Puls) des Fohlens mit Mekoniumobstipation und das Alter der Stute (Stut) präsentiert.

## Projektionen zur Herzfrequenz

Um eine vergleichende Beurteilung der Graphen zu unterstützen, sind in Tabelle 90 die deskriptiven Daten der Verteilung des Merkmals Puls vorab noch einmal zusammengestellt.

Tabelle 90: Absolute Häufigkeit (n), Median, Mittelwert ( $\bar{x}$ ), Standardabweichung (s), Intervall von zwei Standardabweichungen um den Mittelwert, relativer Anteil der Fälle außerhalb dieses Intervalls sowie Maximum und Minimum der Herzfrequenz am ersten Behandlungstag

Einflussgröße	n	Median	$\bar{x}$	s	$\bar{x} \pm 2s$	%-Anteil Fälle außerhalb $\bar{x} \pm 2s$	Min – Max
Herzfrequenz (Schläge / min)	127	120	118	28	62 - 174	7,09	36 – 200

Mittels folgender Gleichung wurde der Funktionsgraph (Abbildung 41) erstellt, um den Einfluss der Herzfrequenz auf die Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Kolik zu veranschaulichen bei gleichzeitiger Fixierung des Alters der Stute auf den Mittelwert 11,77 Jahre:

$$P(\text{Kolik} | \text{Puls}) = \frac{e^{-11,7729+0,0702\text{Puls}}}{1+e^{-11,7729+0,0702\text{Puls}}}$$

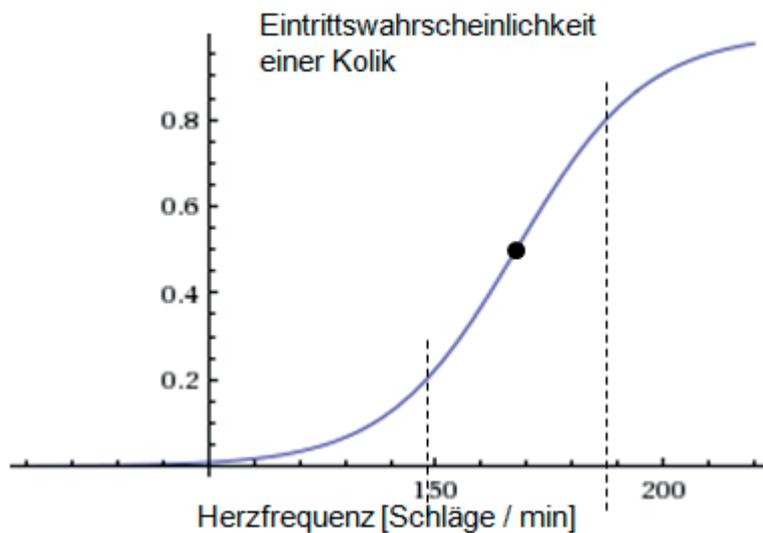


Abbildung 41: Funktionsgraph zur Darstellung des Einflusses der Herzfrequenz auf die Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Kolik bei Fohlen mit Mekoniumobstipation bei einem "festgehaltenen" Alter der Stute von etwa zwölf Jahren

Der Funktionsgraph hat seine Wendestelle bei 168 Schläge / min und einen annähernd linearen Verlauf im Bereich Wendestelle  $\pm 0,7s$  entsprechend Herzfrequenz-Werten von 148 bis 188. Hier ist die Steigung maximal, die Wirkung der Einflussgröße auf die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kolik ist somit am größten.

Zur Abrundung der Gesamtdarstellung wurden einige Eintrittswahrscheinlichkeiten in diesem Bereich entsprechend etwa  $P = 0,2$  bis  $P = 0,8$  speziell berechnet:

$$P(\text{Kolik} \mid \text{Puls} = 148) = 0,2$$

$$P(\text{Kolik} \mid \text{Puls} = 160) = 0,37$$

$$P(\text{Kolik} \mid \text{Puls} = 180) = 0,7$$

$$P(\text{Kolik} \mid \text{Puls} = 188) = 0,8.$$

## Projektionen zum Alter der Stute

Auch für das Merkmal Alter der Stute erfolgt zunächst eine Zusammenstellung der deskriptiven Daten in Tabelle 91:

Tabelle 91: Absolute Häufigkeit (n), Median, Mittelwert ( $\bar{x}$ ), Standardabweichung (s), Intervall von zwei Standardabweichungen um den Mittelwert, relativer Anteil der Fälle außerhalb dieses Intervalls sowie Minimum und Maximum) des Alters der Stute

Einflussgröße	n	Median	$\bar{x}$	s	$\bar{x} \pm 2s$	%-Anteil Fälle außerhalb $\bar{x} \pm 2s$	Min – Max
Alter der Stute (Jahre)	133	11	11,77	5,27	1,23 - 22,3	4,5	4 – 30

Als Projektionsfunktion und –graph (Abbildung 42) für das Merkmal Alter der Stute bei fest vorgegebener Herzfrequenz der Fohlen auf ihren Mittelwert von 118 Schlägen / min ergaben sich:

$$P(\text{Kolik} | \text{Stut}) = \frac{e^{-0,0582 - 0,2927 \text{Stut}}}{1 + e^{-0,0582 - 0,2927 \text{Stut}}}$$

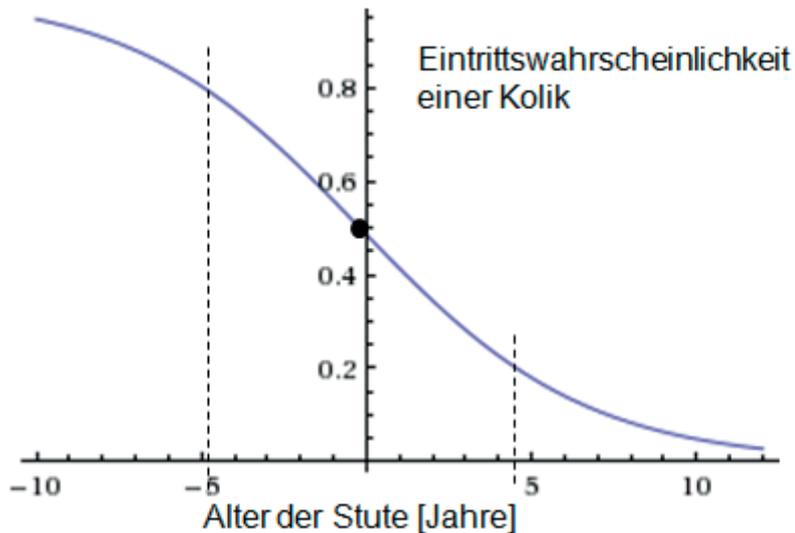


Abbildung 42: Funktionsgraph zur Darstellung des Einflusses des Alters der Stute auf die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kolik für Fohlen mit Mekoniumobstipation bei einer "festgehaltenen" Herzfrequenz von 118 Schlägen / min

Die Wendestelle des Graphen liegt bei einem Alter der Stute von -0,2 Jahren. Der Verlauf ist annähernd linear im Bereich von -5 bis +5 Jahren, dies entspricht der Spanne  $-0,2 \pm s$ . Gut sichtbar ist hier, dass das Modell idealisiert. Es sind auch Bereiche dargestellt, die medizinisch nicht sinnvoll sind, z. B. Alter der Stute jünger als drei Jahre und sogar negativ.

Einige speziell berechnete Werte im Bereich größter Wirkung:

$$P(\text{Kolik} \mid \text{Stut} = -5) = 0,8$$

$$P(\text{Kolik} \mid \text{Stut} = -2) = 0,63$$

$$P(\text{Kolik} \mid \text{Stut} = 2) = 0,34$$

$$P(\text{Kolik} \mid \text{Stut} = 4,5) = 0,2.$$

Als Fazit ist festzustellen, dass das Kolikrisiko bis zu einem Alter der Stute von zehn Jahren stetig abnimmt.

#### 4.4.2.4 Bewertung der Modellgüte

Um zu einer einfachen Beurteilung der Güte der Prognosefunktion zu kommen, werden hier die Prognosewerte und die zugehörigen Originaldaten tabellarisch (Tabelle 92) gegenübergestellt und die Treffer- und Fehlerquoten betrachtet.

Die Codierung des Merkmals Kolik entspricht

1: (nein) keine Kolik im ersten Lebensjahr

2: (ja) Kolik ist aufgetreten im ersten Lebensjahr.

Fälle mit teilweise fehlenden Daten - durch \* markiert - werden aus der Betrachtung ausgenommen, d. h. in die vergleichende Bewertung gehen insgesamt 49 von 134 Fällen der Datenbasis ein (Tabelle 93). In 83 der 85 ausgeschlossenen Sätze fehlt eine Dateneingabe zum Merkmal Kolik.

Tabelle 92: Ergebnis der logistischen Regression zur Zielgröße Kolik: Gegenüberstellung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Kolik im ersten Lebensjahr bei Fohlen mit Mekoniumobstipation als Prognosewert und den Prädiktoren Herzfrequenz und Alter der Stute der Datenbasis

TierNr	Herzfrequenz (Schläge / min)	Alter der Stute (Jahre)	Kolik	Prognostizierte Kolik- Wahrscheinlichkeit P
1	120	11	*	0,04214824
2	140	11	1	0,15193558
3	144	9	1	0,29874107
4	120	22	*	0,00175558
5	120	14	*	0,01795797
6	120	13	*	0,02391836
7	120	9	*	0,07323002
8	160	13	*	0,28886558

9	76	7	1	0,00642253
10	120	4	*	0,25452928
11	96	6	*	0,03406586
12	60	5	1	0,00376101
13	100	18	1	0,00139092
14	68	5	*	0,0065762
15	100	5	1	0,05889492
16	100	11	*	0,0106921
17	128	20	*	0,00550707
18	120	23	*	0,00131068
19	160	14	*	0,2326157
20	128	7	*	0,19923221
21	120	16	1	0,01008071
22	120	17	1	0,00754198
23	100	10	1	0,01427595
24	156	8	*	0,56998746
25	120	12	1	0,03179299
26	100	6	*	0,04461689
27	92	16	*	0,00142437
28	120	7	*	0,12425925
29	100	12	1	0,00800065
30	104	*	1	n. a.
31	108	12	1	0,01394488
32	120	14	1	0,01795797
33	120	13	*	0,02391836
34	112	11	1	0,02448034
35	132	16	*	0,02309891

36	*	13	*	n. a.
37	72	13	*	0,00084233
38	*	8	*	n. a.
39	108	7	*	0,05758954
40	112	15	*	0,00772223
41	*	14	*	n. a.
42	112	6	*	0,0978275
43	130	11	*	0,08154784
44	200	15	*	0,7894644
45	128	12	*	0,05444402
46	120	8	*	0,09574699
47	160	4	*	0,8498468
48	132	11	*	0,09270039
49	108	4	*	0,12819648
50	108	15	*	0,00584271
51	120	8	1	0,09574699
52	128	11	1	0,07163109
53	112	8	1	0,05694708
54	*	5	*	n. a.
55	120	8	1	0,09574699
56	86	13	1	0,00224747
57	124	10	*	0,07242649
58	126	16	*	0,01528019
59	88	13	*	0,00258536
60	100	16	*	0,00249492
61	*	9	*	n. a.
62	88	11	*	0,00463303

63	36	14	*	5,0253E-05
64	120	11	1	0,04214824
65	100	11	*	0,0106921
66	120	13	*	0,02391836
67	160	7	2	0,70167776
68	68	16	*	0,0002645
69	176	21	1	0,10723507
70	152	7	*	0,57290171
71	112	15	*	0,00772223
72	44	12	1	0,00015821
73	134	9	*	0,1743221
74	100	6	*	0,04461689
75	164	18	1	0,11070106
76	120	9	2	0,07323002
77	92	20	1	0,00044216
78	98	9	1	0,01658553
79	100	11	*	0,0106921
80	88	9	*	0,00828902
81	125	21	1	0,00333647
82	*	6	*	n. a.
83	120	6	*	0,159762
84	112	11	1	0,02448034
85	120	16	1	0,01008071
86	120	19	1	0,00421408
87	160	11	2	0,42177282
88	100	8	1	0,02534752
89	100	6	*	0,04461689

90	148	12	*	0,18990924
91	108	13	*	0,01044326
92	134	8	1	0,22052664
93	120	7	1	0,12425925
94	108	15	*	0,00584271
95	120	8	1	0,09574699
96	120	6	*	0,159762
97	120	16	*	0,01008071
98	164	20	1	0,06482757
99	200	13	*	0,870693
100	150	17	1	0,05876204
101	88	22	*	0,000186
102	56	19	*	4,735E-05
103	*	5	2	n. a.
104	120	22	*	0,00175558
105	138	16	1	0,0347771
106	66	5	1	0,00571972
107	152	21	1	0,02179369
108	120	30	*	0,00016911
109	180	5	2	0,94504407
110	132	11	1	0,09270039
111	84	4	1	0,02655043
112	120	12	*	0,03179299
113	92	6	1	0,02594219
114	112	11	*	0,02448034
115	120	11	2	0,04214824
116	144	6	*	0,50619968

117	140	10	1	0,19359777
118	140	21	1	0,00950393
119	140	8	*	0,30124001
120	132	8	*	0,19734049
121	120	10	*	0,05568232
122	88	17	*	0,0008032
123	140	18	*	0,02256791
124	128	17	1	0,01314995
125	110	23	*	0,00064999
126	120	4	*	0,25452928
127	180	20	*	0,17569371
128	110	11	*	0,02134211
129	102	9	*	0,02184492
130	84	21	*	0,00018822
131	120	6	*	0,159762
132	120	6	*	0,159762
133	100	8	*	0,02534752
134	126	5	*	0,27966982

\* kein Eintrag im Datenbestand

n. a. nicht auswertbar (da kein Eintrag unter Herzfrequenz oder Alter der Stute)

Tabelle 93: Ergebnis der logistischen Regression: Zielgröße Kolik und Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Kolik im ersten Lebensjahr bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung als Prognosewert auf der Grundlage der Prädiktoren Herzfrequenz und Alter der Stute; nur Datensätze mit vollständigen Daten zu diesen Merkmalen. Fälle mit Kolik im ersten Lebensjahr sind gelb unterlegt, Extremfälle (siehe folgender Abschnitt) sind grau unterlegt.

TierNr	Herzfrequenz (Schläge / min)	Alter der Stute (Jahre)	Kolik	Prognostizierte Kolik- Wahrscheinlichkeit P
2	140	11	1	0,15193558
3	144	9	1	0,29874107
9	76	7	1	0,00642253
12	60	5	1	0,00376101
13	100	18	1	0,00139092
15	100	5	1	0,05889492
21	120	16	1	0,01008071
22	120	17	1	0,00754198
23	100	10	1	0,01427595
25	120	12	1	0,03179299
29	100	12	1	0,00800065
31	108	12	1	0,01394488
32	120	14	1	0,01795797
34	112	11	1	0,02448034
51	120	8	1	0,09574699
52	128	11	1	0,07163109
53	112	8	1	0,05694708
55	120	8	1	0,09574699

56	86	13	1	0,00224747
64	120	11	1	0,04214824
67	160	7	2	0,70167776
69	176	21	1	0,10723507
72	44	12	1	0,00015821
75	164	18	1	0,11070106
76	120	9	2	0,07323002
77	92	20	1	0,00044216
78	98	9	1	0,01658553
81	125	21	1	0,00333647
84	112	11	1	0,02448034
85	120	16	1	0,01008071
86	120	19	1	0,00421408
87	160	11	2	0,42177282
88	100	8	1	0,02534752
92	134	8	1	0,22052664
93	120	7	1	0,12425925
95	120	8	1	0,09574699
98	164	20	1	0,06482757
100	150	17	1	0,05876204
105	138	16	1	0,0347771
106	66	5	1	0,00571972
107	152	21	1	0,02179369
109	180	5	2	0,94504407
110	132	11	1	0,09270039
111	84	4	1	0,02655043
113	92	6	1	0,02594219

115	120	11	2	0,04214824
117	140	10	1	0,19359777
118	140	21	1	0,00950393
124	128	17	1	0,01314995

Unter diesen 49 Fällen haben drei Fälle falsche Prognosewerte. Dies entspricht rund 6% der auswertbaren Fälle. Sie betreffen allesamt Tiere mit Kolik im ersten Lebensjahr (Kolik = 2). Drei von fünf dieser Fälle haben also falsche Prognosewerte. Von den 44 Fällen ohne Kolik (Kolik = 1) haben fast alle besonders niedrige zur Zielgröße passende Prognosewerte bis etwa 10 %. Die Extremfälle (in Tabelle 93 grau unterlegt) haben nacheinander Prognosewerte von 15 %, 30 %, 22 %, 19 %, also immer noch klar auf "keine Kolik" weisende Werte. Die Zahlen lassen vermuten, dass das gesamte Wertenniveau eher zu niedrig ist.

#### 4.4.3 Prognose zu Wundheilungsstörung

Die in Tabelle 94 zusammengefassten Daten geben den ersten Schritt der Regressionsanalyse zur Zielgröße Wundheilungsstörung wieder. Die logistische Regression wurde bei diesem Stand abgebrochen, da weder das asymptotische noch das exakte Regressionsverfahren Einflussgrößen mit einem p-Wert unterhalb des festgesetzten Signifikanzniveaus von  $\alpha = 0,05$  isolieren konnte. Auf die Zusammenhangsanalyse der unabhängigen Variablen wurde deshalb verzichtet.

Tabelle 94: Ergebnis des 1. Schrittes der logistischen Regressionsanalyse: p-Werte der Einflussstärke der einzelnen Einflussgrößen des ersten Behandlungstages auf die Zielgröße Wundheilungsstörung bei Fohlen mit Mekoniumobstipation in den Rohdaten

Unabhängige Variable (UV)	Anzahl gesamt	Exakter p- Wert der UV	Ranking nach p- Werten
Immunglobulin G-Konzentration im Blut	31	0,0553	1
Aufenthaltsdauer (logarithmiert)	48	0,0974	2
Base Excess im Blut	47	0,1065	3
Blutchloridkonzentration	20	0,1175	4
Blutkaliumkonzentration	48	0,1554	5
Pulsfrequenz	46	0,1591	6
Blutkreatininkonzentration (logarithmiert)	26	0,162	7
Begleiterkrankung	44	0,183	8
Blutkalziumkonzentration (ionisiert)	47	0,2226	9
Blutthrombozytenkonzentration	48	0,2326	10
Blutkonzentration der Lymphozyten (logarithmiert)	48	0,2932	11
Stehvermögen	48	0,2941	12
Blut-pH-Wert	47	0,3111	13
Mekoniumabgang beobachtet	43	0,3633	14
Blutleukozytenkonzentration	48	0,4282	15

Bluterythrozytenkonzentration	47	0,4481	16
Blutkonzentration der neutrophilen Granulozyten	48	0,4578	17
Geschlecht	48	0,5249	18
Blutproteinkonzentration	19	0,5263	19
Blutnatriumkonzentration	48	0,5392	20
Blutsauerstoffpartialdruck	45	0,555	21
Blutkohlendioxidpartialdruck	46	0,5682	22
Blutlaktatkonzentration (logarithmiert)	48	0,5693	23
Bluthydrogencarbonatkonzentration	29	0,6237	24
Bluthämoglobinkonzentration	48	0,6318	25
Atemfrequenz	46	0,6322	26
Alter der Stute	48	0,6678	27
Hämatokrit	48	0,678	28
Blutglukosekonzentration	48	0,6931	29
Blutkonzentration der Monozyten (logarithmiert)	48	0,7159	30
Blutharnstoffkonzentration (logarithmiert)	23	0,7322	31
Blutbilirubinkonzentration	8	0,75	32
Blutkonzentration der basophilen Granulozyten	48	0,7718	33
Rektaltemperatur	43	0,774	34

Alter bei Symptombeginn (logarithmiert)	44	0,8564	35
Blutkonzentration der eosinophilen Granulozyten	48	0,871	36
Anzahl der Paritäten der Stute (logarithmiert)	43	0,9152	37
Reife	47	0,9333	38
Dystokie	44	1,000	39
Mekonium rektal palpierbar	45	1,000	40

#### 4.4.4 Zusammenhangsanalysen

##### 4.4.4.1 Zusammenhangsanalysen zur Zielgröße Sterben

Im ersten Schritt der multiplen logistischen Regression wurden mittels der Maximum-Likelihood-Methode die p-Werte der Eingangsgrößen in Bezug auf die Zielgröße Sterben ermittelt. Tabelle 95 sind diese p-Werte zu entnehmen. Die ersten acht Variablen zeigen eine statistische Auffälligkeit von  $p < 0,01$ , die folgenden neun eine schwächere Auffälligkeit von  $0,01 \leq p \leq 0,05$ . In die logistische Funktion wurde in diesem Schritt die Einflussgröße Reife mit dem kleinsten p-Wert aufgenommen. Die 17 Variablen mit p-Werten kleiner 0,05 wurden paarweise auf linearen Zusammenhang überprüft.

Tabelle 95: Eingangsgrößen des ersten Behandlungstages mit  $p < 0,05$  nach dem 1. Schritt der logistischen Regression nach aufsteigendem p-Wert ihres Einflusses auf die Zielgröße Sterben bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung in den Rohdaten

Unabhängige Variable	Anzahl gesamt	Anzahl gestorben	p-Wert	Ranking p-Werte
Reife	123	22	0,0004	1
Blutkaliumkonzentration [Kal1]	131	26	0,0007	2
Blutlaktatkonzentration (logarithmiert) [lgLac1]	131	26	0,0008	3
Base Excess im Blut [ABE1]	130	26	0,0010	4
Stehvermögen [Steh]	126	24	0,0015	5
Immunglobulin G-Konzentration im Blut [IgG1]	85	15	0,0029	6
Blut-pH-Wert	130	26	0,0085	7
Blutleukozytenkonzentration [WBC1]	132	26	0,0092	8
Blutthrombozytenkonzentration [PLT1]	130	25	0,0137	9
Anzahl der Paritäten der Stute (logarithmiert) [lgPari]	112	22	0,0207	10
Bluthydrogencarbonat-konzentration [HCO <sub>3</sub> 1]	80	18	0,0213	11
Begleiterkrankung [Begleit]	127	25	0,0219	12
Rektaltemperatur [Temp]	125	22	0,0230	13
Blutkohlendioxidpartialdruck [pCO <sub>2</sub> 1]	129	26	0,0363	14
Alter bei Symptombeginn (logarithmiert) [lgStart]	108	21	0,0404	15
Blutkalziumkonzentration (ionisiert) [Calc1]	130	26	0,0433	16
Geschlecht [Sex]	133	26	0,0483	17

## Paarweise Zusammenhangsanalyse der quantitativen Variablen

Die Zusammenhangsanalyse zwischen zwei quantitativen Variablen erfolgte mittels Korrelationskoeffizient  $r$  (Pearsonscher Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient) und  $p$ -Wert.  $r$  dient als Maß des linearen Zusammenhangs. Zusätzlich wurde in Tabellen 96 und 97 der Stichprobenumfang  $n$  dokumentiert, da der  $p$ -Wert mit wachsendem  $n$  verlässlicher ist.  $r$  liegt zwischen  $-1$  und  $+1$ . Die Korrelation gilt als stark bei Werten  $< -0,5$  bzw.  $> 0,5$  und als besonders stark bei Werten  $< -0,8$  bzw.  $> 0,8$ .

Tabelle 96: Zusammenhang der quantitativen Einflussgrößen der Zielgröße Sterben bei Fohlen mit Mekoniumobstipation (Stichprobengröße  $n$ , Korrelationskoeffizient  $r$  und  $p$ -Wert) (Teil 1)

	ABE1	Calc1	HCO <sub>3</sub> 1	IgG1	Kal1	IgLac1	IgPari
Calc1	n = 128 r = -0,367 p < 0,001						
HCO <sub>3</sub> 1	n = 80 r = 0,933 p < 0,001	n = 78 r = -0,503 p < 0,001					
IgG1	n = 83 r = 0,134 p = 0,228	n = 83 r = 0,002 p = 0,988	n = 46 r = 0,034 p = 0,822				
Kal1	n = 129 r = -0,338 p < 0,001	n = 130 r = 0,186 p = 0,034	n = 79 r = -0,303 p = 0,007	n = 83 r = -0,034 p = 0,764			
IgLac1	n = 129 r = -0,564 p < 0,001	n = 129 r = 0,277 p = 0,001	n = 79 r = -0,474 p < 0,001	n = 84 r = -0,412 p < 0,001	n = 130 r = 0,074 p = 0,401		
IgPari	n = 109 r = -0,204 p = 0,33	n = 109 r = 0,267 p = 0,005	n = 73 r = -0,241 p = 0,04	n = 72 r = -0,234 p = 0,048	n = 110 r = 0,259 p = 0,006	n = 110 r = 0,168 p = 0,08	

lgStart	n = 106 r = 0,337 p < 0,001	n = 106 r = -0,305 p = 0,001	n = 62 r = 0,259 p = 0,042	n = 72 r = -0,082 p = 0,493	n = 107 r = -0,053 p = 0,586	n = 108 r = -0,46 p < 0,001	n = 92 r = -0,029 p = 0,787
pCO <sub>2</sub> 1	n = 128 r = -0,101 p = 0,255	n = 127 r = 0,032 p = 0,72	n = 80 r = 0,153 p = 0,174	n = 82 r = -0,198 p = 0,074	n = 128 r = 0,181 p = 0,041	n = 128 r = 0,226 p = 0,01	n = 108 r = 0,031 p = 0,784
pH1	n = 129 r = 0,553 p < 0,001	n = 128 r = -0,293 p < 0,001	n = 80 r = 0,49 p < 0,001	n = 83 r = 0,078 p = 0,482	n = 129 r = -0,265 p = 0,002	n = 129 r = -0,421 p < 0,001	n = 109 r = -0,131 p = 0,174
PLT1	n = 128 r = 3E-4 p = 0,997	n = 128 r = 0,220 p = 0,013	n = 78 r = -0,022 p = 0,848	n = 85 r = 0,19 p = 0,082	n = 129 r = -0,114 p = 0,2	n = 129 r = -0,01 p = 0,915	n = 111 r = -0,071 p = 0,457
Temp	n = 122 r = 0,073 p = 0,424	n = 122 r = -0,262 p = 0,004	n = 74 r = 0,186 p = 0,113	n = 81 r = 0,242 p = 0,03	n = 123 r = -0,204 p = 0,024	n = 123 r = -0,225 p = 0,012	n = 105 r = 0,082 p = 0,405
WBC1	n = 130 r = 0,101 p = 0,253	n = 130 r = -0,169 p = 0,054	n = 80 r = 0,097 p = 0,394	n = 85 r = -0,198 p = 0,069	n = 131 r = -0,2 p = 0,022	n = 131 r = -0,096 p = 0,274	n = 112 r = -0,032 p = 0,735
AF	n = 118 r = -0,014 p = 0,882	n = 118 r = -0,015 p = 0,870	n = 70 r = -0,067 p = 0,582	n = 80 r = 0,025 p = 0,828	n = 119 r = -0,079 p = 0,391	n = 119 r = 0,103 p = 0,265	n = 103 r = 0,036 p = 0,718

Tabelle 97: Zusammenhang der quantitativen Einflussgrößen der Zielgröße Sterben bei Fohlen mit Mekoniumobstipation (Stichprobengröße n, Korrelationskoeffizient r und p-Wert) (Teil 2)

	lgStart	pCO <sub>2</sub> 1	pH1	PLT1	Temp	WBC1
pCO <sub>2</sub> 1	n = 105 r = -0,278 p = 0,004					
pH1	n = 106 r = 0,298 p = 0,002	n = 129 r = -0,557 p < 0,001				
PLT1	n = 106 r = -0,107 p = 0,275	n = 127 r = -0,244 p = 0,006	n = 128 r = 0,137 p = 0,124			
Temp	n = 105 r = 0,297 p = 0,002	n = 121 r = -0,339 p < 0,001	n = 122 r = 0,305 p < 0,001	n = 123 r = 0,176 p = 0,051		
WBC1	n = 108 r = 0,098 p = 0,315	n = 129 r = -0,241 p = 0,006	n = 130 r = 0,18 p = 0,041	n = 131 r = 0,307 p < 0,001	n = 125 r = 0,176 p = 0,049	
AF	n = 103 r = -0,043 p = 0,666	n = 117 r = -0,039 p = 0,679	n = 118 r = -0,015 p = 0,871	n = 119 r = 0,057 p = 0,539	n = 119 r = 0,142 p = 0,124	n = 121 r = 0,101 p = 0,268

### Zusammenhangsanalyse der quantitativen und ordinalen Merkmale

Die Überprüfung auf Unabhängigkeit zwischen quantitativen und ordinalen Merkmalen erfolgte mittels Spearman Rangkorrelation und Absicherung durch den p-Wert. Der Rangkorrelationskoeffizient Rho nach Spearman liegt wie der Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient r im Intervall von -1 bis +1 und die Bewertung des Zusammenhangs folgt denselben Grenzen, d.h. ein hohes Maß an linearer Abhängigkeit liegt vor bei Werten kleiner -0,8 und größer +0,8. Die einzige ordinale Variable der signifikanten Merkmale zur Zielgröße Sterben mit mehr als zwei Ausprägungen ist

das Stehvermögen, das zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung (unterteilt in vier Grade) festgehalten wurde. Wie in Tabelle 98 ersichtlich, gibt es starke Korrelationen zwischen dem Stehvermögen und den quantitativen Variablen des ersten Behandlungstages Base Excess im Blut [ABE1], Immunglobulin G-Konzentration im Blut [IgG1], Blutlaktatkonzentration (logarithmiert) [IgLac1], Alter bei Symptombeginn (logarithmiert) [IgStart], Blut-pH-Wert [pH1] und der Körpertemperatur [Temp].

Tabelle 98: Zusammenhang zwischen dem Stehvermögen und den quantitativen Eingangsgrößen zur Zielgröße Sterben bei Fohlen mit Mekoniumobstipation (Stichprobengröße n, Spearman's Rangkorrelationskoeffizient Rho und p-Wert)

Variable	Stichproben- größe n	Spearman Rang- Korrelationskoeffizient	p-Wert
ABE1	124	-0,3109	0,0004
Calc1	124	0,275	0,002
HCO <sub>3</sub> 1	75	-0,2508	0,03
IgG1	80	-0,4053	0,0002
Kal1	125	0,0969	0,2824
IgLac1	125	0,4539	< 0,0001
IgPari	108	0,1224	0,2069
IgStart	106	-0,4198	< 0,0001
pCO <sub>2</sub> 1	123	0,2592	0,0038
pH1	124	-0,4487	< 0,0001
PLT1	125	-0,129	0,1517
Temp	121	-0,4304	< 0,0001
WBC1	127	-0,227	0,0103
AF	118	-0,1311	0,1572

## **Zusammenhangsanalyse der binomialen Merkmale mit den quantitativen Merkmalen**

Mittels des t-Tests erfolgte die Zusammenhangsanalyse zwischen je einem der drei binomialen Merkmale Begleiterkrankung, Reife, Geschlecht und den quantitativen Variablen durch gruppenweisen Vergleich der Mittelwerte. In Tabelle 99 sind die Mittelwerte und die Standardabweichungen, der t-Wert, der p-Wert sowie die an der Standardabweichung relativierte Mittelwertdifferenz dokumentiert.

Wie im Folgenden sichtbar wird, ist auffällig, dass das Merkmal Geschlecht weniger und geringgradigere Zusammenhänge ausbildet als die Merkmale Reife und Begleiterkrankung. Außerdem bilden Reife und Begleiterkrankung gemeinsame Zusammenhänge aus: Unter den stärksten fünf Abhängigkeiten sind bei beiden die Merkmale des ersten Behandlungstages Blutlaktatkonzentration (logarithmiert) [IgLac1], rektal gemessene Körperinnentemperatur [Temp] und Lebensalter bei Beginn der Symptome (logarithmiert) [IgStart].

### **Begleiterkrankung und quantitative Merkmale**

Nach den Werten in Tabelle 99 besteht ein signifikanter Zusammenhang des Merkmals Begleiterkrankung mit den Merkmalen des ersten Behandlungstages Immunglobulin G - Konzentration im Blut [IgG1], Blutlaktatkonzentration [IgLac1], Lebensalter bei Beginn der Symptome (logarithmiert) [IgStart], Körperinnentemperatur [Temp], Anzahl der Trächtigkeiten der Stute (logarithmiert) [IgPari] und Base Excess im Blut [ABE1] in dieser Reihenfolge mit abnehmendem Grad der Abhängigkeit (z.B. gemessen an der Effektstärke). In allen Fällen korrespondieren t-Wert, p-Wert und standardisierte Mittelwertdifferenz. Im Einzelnen liegt die Mittelwertdifferenz der Immunglobulin G – Konzentration im Blut am ersten Behandlungstag bei fast 300 mg / dl. Ein fast gleich starker Zusammenhang besteht mit der Variablen Blutlaktatkonzentration (logarithmiert) am ersten Behandlungstag. Tiere mit und ohne Begleiterkrankung unterscheiden sich im Mittel (geometrisch) um 2,07 mmol / L Blutlaktatkonzentration. Ebenfalls signifikant ist die Korrelation mit dem Alter bei Beginn der Symptome (logarithmiert) der Mekoniumobstipation. Bei Fohlen mit Begleiterkrankung beginnen die Symptome durchschnittlich acht Stunden früher (p-Wert = 0,0004). Statistisch weniger auffällig mit p-Werten zwischen 0,002 und

0,03 sind drei weitere Variablen. Die mittlere Körperinnentemperatur bei Fohlen mit Begleiterkrankung liegt um 0,45 °C unter der der Vergleichsgruppe ohne weitere Erkrankung. Vergleicht man die durchschnittlichen Werte der aktuellen Basenabweichung am ersten Behandlungstag von Fohlen mit und ohne Begleiterkrankung, ergibt sich eine Differenz von 2,11 mmol / l. Die Mütter von Fohlen mit Begleiterkrankung hatten im Mittel (geometrisch) 2,51 Paritäten, die von Fohlen ohne Begleiterkrankung 1,78 Paritäten.

Tabelle 99: Arithmetischer Mittelwert  $\bar{x}$  und Standardabweichung  $s$ , t-Wert und p-Wert sowie an der Standardabweichung relativierte Mittelwertdifferenz der quantitativen Variablen unterschieden nach den Gruppen Vorliegen einer Begleiterkrankung ja / nein bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung. Bei den logarithmierten Merkmalen sind zur leichteren Interpretierbarkeit zusätzlich der geometrische Mittelwert  $x_g$  und der Streufaktor SF des Originalmerkmals angegeben.

Variable	Gruppe ja	Gruppe nein	t-Wert (*)	p-Wert	an der Standardabweichung relativierte Mittelwertdifferenz (Cohen's d bzw. d*)
ABE1	$\bar{x} = 1,84$ $s = 5,19$ $n = 88$	$\bar{x} = 3,95$ $s = 4,74$ $n = 36$	2,18	0,03	0,42 (d*)
Calc1	$\bar{x} = 1,53$ $s = 0,21$ $n = 89$	$\bar{x} = 1,48$ $s = 0,16$ $n = 35$	-1,34	0,18	0,28 (d*)
HCO <sub>3</sub> 1	$\bar{x} = 27,76$ $s = 4,0$ $n = 53$	$\bar{x} = 28,67$ $s = 3,05$ $n = 21$	1,05	0,30	0,25 (d*)
IgG1	$\bar{x} = 508,47$ $s = 247,78$ $n = 59$	$\bar{x} = 804,17$ $s = 20,41$ $n = 24$	9,09	< 0,0001	1,40 (d*)
Kal1	$\bar{x} = 3,83$ $s = 0,58$ $n = 89$	$\bar{x} = 3,88$ $s = 0,66$ $n = 36$	-0,4	0,69	0,08 (d)

IgLac1	$\bar{x} = 0,6$ s = 0,3 n = 89 $x_g = 3,98$ SF = 1,99	$\bar{x} = 0,276$ s = 0,144 n = 36 $x_g = 1,91$ SF = 1,38	-8,2	< 0,0001	1,22 (d*)
IgPari	$\bar{x} = 0,4$ s = 0,35 n = 73 $x_g = 2,51$ SF = 2,19	$\bar{x} = 0,245$ s = 0,288 n = 34 $x_g = 1,78$ SF = 1,95	2,26	0,0262	0,486 (d)
IgStart	$\bar{x} = 0,76$ s = 0,68 n = 70 $x_g = 5,75$ SF = 4,79	$\bar{x} = 1,14$ s = 0,38 n = 33 $x_g = 13,8$ SF = 2,4	3,67	0,0004	0,63 (d*)
pCO <sub>2</sub> 1	$\bar{x} = 6,99$ s = 1,15 n = 88	$\bar{x} = 6,65$ s = 0,69 n = 35	-1,96	0,050	0,326 (d*)
pH1	$\bar{x} = 7,34$ s = 0,09 n = 88	$\bar{x} = 7,37$ s = 0,08 n = 36	-1,89	0,0611	0,35 (d)
PLT1	$\bar{x} = 312,35$ s = 107,02 n = 89	$\bar{x} = 319,78$ s = 84,69 n = 37	-0,38	0,7074	0,08 (d)
Temp	$\bar{x} = 37,82$ s = 1,05 n = 87	$\bar{x} = 38,27$ s = 0,51 n = 35	3,19	0,0018	0,564 (d*)
WBC1	$\bar{x} = 8,29$ s = 4,15 n = 90	$\bar{x} = 7,51$ s = 2,46 n = 37	-1,31	0,19	0,21 (d*)
AF	$\bar{x} = 50,28$ s = 17,13 n = 81	$\bar{x} = 49,72$ s = 19,74 n = 36	0,16	0,8762	0,03 (d*)

(\*) Referenzwert für die Bandbreite der hier vorliegenden Freiheitsgrade etwa  $t = 1,667$  bis  $t = 1,655$

## Reife und quantitative Merkmale

Es zeigt sich ein signifikant hoher Zusammenhang des Merkmals Reife mit folgenden Merkmalen des ersten Behandlungstages: Blutlaktatkonzentration (logarithmiert) [lgLac1], Lebensalter bei Beginn der Symptome (logarithmiert) [lgStart], Blut-pH-Wert [pH1], Körperinnentemperatur [Temp], Blutleukozytenkonzentration [WBC1], Blutkaliumkonzentration [Kal1], Blutkohlendioxidpartialdruck [pCO<sub>2</sub>1]. In dieser Reihenfolge nimmt der Grad der Abhängigkeit ab (Tabelle 100). Im Einzelnen haben prämaturre Fohlen durchschnittlich eine um 2,5 mmol / L höhere Laktatkonzentration und eine um 0,75 °C geringere Körperinnentemperatur. Bei unreifen Fohlen treten Symptome einer Mekoniumobstipation durchschnittlich 7,16 Stunden früher auf. Nur geringfügig weniger auffällig sind die Korrelationen bei den Parametern Blut-pH-Wert ( $p = 0,003$ ) und Blutleukozytenkonzentration ( $p = 0,008$ ), jeweils bezogen auf den ersten Untersuchungstag. Prämaturre Patienten zeigen durchschnittlich einen um 0,05 geringeren Blut-pH-Wert und eine um 2,08 G / l geringere Leukozytenkonzentration am ersten Tag in der Klinik. Immer noch stark auffällig sind die Blutkaliumkonzentration ( $p = 0,0254$ ) und der Blutkohlendioxidpartialdruck ( $p = 0,032$ ): Prämaturre Fohlen haben in ihrem Blut im Mittel eine um 0,28 mmol / l höhere Kaliumkonzentration und einen um 0,6 kPa höheren Kohlendioxidpartialdruck als die reifen Neonaten am ersten Untersuchungstag.

Tabelle 100: Arithmetischer Mittelwert  $\bar{x}$  und Standardabweichung  $s$  bzw. geometrischer Mittelwert  $x_g$  und Streufaktor SF, t-Wert und p-Wert sowie an der Standardabweichung relativierte Mittelwertdifferenz der qualitativen Variablen gruppiert nach den Reifegraden prämaturn / matur bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung

Variable	Gruppe matur	Gruppe prämaturn	t-Wert (*)	p-Wert	an der Standardabweichung relativierte Mittelwertdifferenz (Cohen's d bzw. d*)
ABE1	$\bar{x} = 2,97$ $s = 4,18$ $n = 93$	$\bar{x} = 0,73$ $s = 7,32$ $n = 27$	1,52	0,139	0,44 (d*)
Calc1	$\bar{x} = 1,49$ $s = 0,14$ $n = 92$	$\bar{x} = 1,58$ $s = 0,34$ $n = 28$	-1,27	0,215	0,44 (d*)
HCO <sub>3</sub> 1	$\bar{x} = 28,47$ $s = 2,73$ $n = 61$	$\bar{x} = 25,49$ $s = 5,7$ $n = 12$	1,77	0,102	0,912 (d*)
IgG1	$\bar{x} = 624,6$ $s = 236,38$ $n = 63$	$\bar{x} = 550,0$ $s = 271,57$ $n = 17$	1,12	0,2667	0,29 (d)
Kal1	$\bar{x} = 3,79$ $s = 0,54$ $n = 93$	$\bar{x} = 4,07$ $s = 0,62$ $n = 28$	-2,26	0,0254	0,48 (d)
IgLac1	$\bar{x} = 0,421$ $s = 0,275$ $n = 93$ $x_g = 2,63$ SF = 1,86	$\bar{x} = 0,707$ $s = 0,286$ $n = 28$ $x_g = 5,13$ SF = 1,95	-4,77	< 0,0001	1,02 (d)
IgPari	$\bar{x} = 0,33$ $s = 0,307$ $n = 82$ $x_g = 2,14$ SF = 2,04	$\bar{x} = 0,42$ $s = 0,404$ $n = 23$ $x_g = 2,63$ SF = 2,51	-1,11	0,2702	0,253 (d)

IgStart	$\bar{x} = 1,02$ $s = 0,536$ $n = 75$ $x_g = 10,47$ $SF = 3,47$	$\bar{x} = 0,52$ $s = 0,644$ $n = 24$ $x_g = 3,31$ $SF = 4,37$	3,78	0,0003	0,85 (d)
pCO <sub>2</sub> 1	$\bar{x} = 6,76$ $s = 0,91$ $n = 91$	$\bar{x} = 7,36$ $s = 1,33$ $n = 28$	-2,24	0,032	0,59 (d*)
pH1	$\bar{x} = 7,36$ $s = 0,08$ $n = 92$	$\bar{x} = 7,31$ $s = 0,1$ $n = 28$	2,99	0,003	0,55 (d*)
PLT1	$\bar{x} = 317,33$ $s = 89,28$ $n = 94$	$\bar{x} = 300,19$ $s = 130,65$ $n = 27$	0,64	0,526	0,171 (d*)
Temp	$\bar{x} = 38,13$ $s = 0,74$ $n = 90$	$\bar{x} = 37,38$ $s = 1,29$ $n = 28$	2,95	0,0006	0,831 (d*)
WBC1	$\bar{x} = 8,44$ $s = 3,68$ $n = 95$	$\bar{x} = 6,36$ $s = 3,18$ $n = 28$	2,7	0,008	0,6 (d)
AF	$\bar{x} = 48,69$ $s = 17,77$ $n = 88$	$\bar{x} = 52,77$ $s = 18,33$ $n = 26$	-1,02	0,3099	0,23 (d)

(\*) Referenzwert für die Bandbreite der hier vorliegenden Freiheitsgrade etwa  $t = 1,667$  bis  $t = 1,655$

### Geschlecht und quantitative Merkmale

Das Merkmal Geschlecht bildet einen signifikanten Zusammenhang aus mit der Immunglobulin G-Konzentration [IgG1] im Blut ( $p = 0,018$ ), der aktuellen Basenabweichung [ABE1] im Blut ( $p = 0,019$ ) und der Blutlaktatkonzentration (logarithmiert) [IgLac1] ( $p = 0,0483$ ), jeweils am ersten Behandlungstag. Den kleinsten p-Wert wies die Variable Immunglobulin G-Konzentration im Blut mit einer Mittelwertdifferenz von 143,21 mg / dl (Tabelle 101) auf. Männliche Fohlen hatten durchschnittlich einen um

2,21 mmol / l höheren Base Excess und eine um 0,92 mmol / l geringere Laktatkonzentration am ersten Behandlungstag.

Tabelle 101: Arithmetischer Mittelwert  $\bar{x}$  und Standardabweichung  $s$  bzw. geometrischer Mittelwert  $x_g$  und Streufaktor SF, t-Wert und p-Wert sowie an der Standardabweichung relativierte Mittelwertdifferenz der quantitativen Variablen bei Fohlen mit Mekoniumobstipation gruppiert nach Geschlecht

Variable	Gruppe männlich	Gruppe weiblich	t-Wert (*)	p-Wert	an der Standardabweichung relativierte Mittelwertdifferenz (Cohen's d bzw. d*)
ABE1	$\bar{x} = 3,16$ $s = 5,0$ $n = 89$	$\bar{x} = 0,95$ $s = 4,81$ $n = 41$	2,37	0,0193	0,45 (d)
Calc1	$\bar{x} = 1,51$ $s = 0,21$ $n = 87$	$\bar{x} = 1,51$ $s = 0,18$ $n = 43$	0,014	0,9885	0 (d)
HCO <sub>3</sub> 1	$\bar{x} = 28,28$ $s = 3,59$ $n = 53$	$\bar{x} = 27,64$ $s = 3,83$ $n = 27$	0,73	0,4682	0,17 (d)
IgG1	$\bar{x} = 641,13$ $s = 231,8$ $n = 62$	$\bar{x} = 497,92$ $s = 259,8$ $n = 27$	2,48	0,015	0,58 (d)
Kal1	$\bar{x} = 3,78$ $s = 0,59$ $n = 88$	$\bar{x} = 3,97$ $s = 0,58$ $n = 43$	-1,71	0,0903	0,32 (d)
IgLac1	$\bar{x} = 0,464$ $s = 0,285$ $n = 89$ $x_g = 2,88$ SF = 1,91	$\bar{x} = 0,576$ $s = 0,332$ $n = 42$ $x_g = 3,8$ SF = 2,14	-1,99	0,0483	0,4365 (d)

lgPari	$\bar{x} = 0,332$ $s = 0,325$ $n = 75$ $x_g = 2,14$ $SF = 2,14$	$\bar{x} = 0,388$ $s = 0,355$ $n = 38$ $x_g = 2,45$ $SF = 2,24$	-0,84	0,4046	0,164 (d)
lgStart	$\bar{x} = 0,896$ $s = 0,588$ $n = 75$ $x_g = 7,94$ $SF = 3,89$	$\bar{x} = 0,856$ $s = 0,674$ $n = 33$ $x_g = 7,24$ $SF = 4,68$	0,31	0,7553	0,06 (d)
pCO <sub>2</sub> 1	$\bar{x} = 6,8$ $s = 0,87$ $n = 87$	$\bar{x} = 7,13$ $s = 1,36$ $n = 42$	-1,45	0,152	0,313 (d*)
pH1	$\bar{x} = 7,36$ $s = 0,08$ $n = 88$	$\bar{x} = 7,33$ $s = 0,09$ $n = 42$	1,93	0,0555	0,35 (d)
PLT1	$\bar{x} = 325,6$ $s = 101,32$ $n = 89$	$\bar{x} = 293,83$ $s = 94,71$ $n = 42$	1,71	0,0898	0,32 (d)
Temp	$\bar{x} = 38,01$ $s = 0,82$ $n = 86$	$\bar{x} = 37,84$ $s = 1,16$ $n = 40$	0,83	0,41	0,18 (d*)
WBC1	$\bar{x} = 8,29$ $s = 3,64$ $n = 90$	$\bar{x} = 7,56$ $s = 3,81$ $n = 43$	1,06	0,2914	0,2 (d)
AF	$\bar{x} = 48,08$ $s = 16,42$ $n = 86$	$\bar{x} = 53,72$ $s = 20,06$ $n = 36$	-1,62	0,1082	0,31 (d)

(\*) Referenzwert für die Bandbreite der hier vorliegenden Freiheitsgrade etwa  $t = 1,667$  bis  $t = 1,655$

### Zusammenhangsanalyse der ordinalen und binomialen Variablen

Mittels exaktem Wilcoxon-Mann-Whitney-Test wurden die drei binomialen Variablen Begleiterkrankung, Reife und Geschlecht auf Unabhängigkeit von der hinsichtlich der Zielgröße Sterben einzigen signifikanten ordinalen Variable Stehvermögen

untersucht. Tabelle 102 ist zu entnehmen, dass sowohl Patienten mit und ohne Begleiterkrankung als auch reife und unreife Patienten sich untereinander in Bezug auf das Stehvermögen signifikant unterscheiden. Die Merkmalpaare Begleiterkrankung - Stehvermögen und Reife - Stehvermögen sind somit auf dem Signifikanzniveau  $\alpha = 0,05$  abhängig. Für das Merkmalpaar Geschlecht - Stehvermögen kann Unabhängigkeit nicht ausgeschlossen werden. Zusammengefasst bedeutet dies, dass Art und Anzahl der Begleiterkrankungen und der Reifezustand eines Fohlen einen signifikanten Einfluss auf sein Stehvermögen haben, sein Geschlecht hingegen nicht.

Tabelle 102: Stichprobengröße n, p-Wert, z-Wert und Korrelationskoeffizient r der drei Paare aus der ordinalen und den binomialen Variablen bei Fohlen mit Mekoniumberstipation

Variablenpaar	Fallzahl	p-Wert	z-Wert	Korrelationskoeffizient r
Begleiterkrankung-Stehvermögen	122	0,0003	-3,605	-0,32
Entwicklungszustand-Stehvermögen	119	0,0003	-3,631	-0,326
Geschlecht-Stehvermögen	127	0,5059	-0,692	-0,06

Die zugehörigen absoluten Häufigkeiten werden in den folgenden Kreuztabellen 103 - 105 dargestellt:

Tabelle 103: Kreuztabelle der absoluten Häufigkeiten Stehvermögen vs. Vorliegen einer Begleiterkrankung bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung

Stehvermögen	Begleiterkrankung			gesamt
	Ohne	Mit	Keine Angabe	
Erhalten	36	57	3	<b>96</b>
Mit Hilfe stehfähig	1	15	2	<b>18</b>
Festliegend	0	5	0	<b>5</b>
In Seitenlage	0	8	0	<b>8</b>
Keine Angabe	0	6	1	<b>7</b>
gesamt	<b>37</b>	<b>91</b>	<b>6</b>	<b>134</b>

Tabelle 104: Kreuztabelle der absoluten Häufigkeiten Stehvermögen vs. Reifegrad bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung

Stehvermögen	Reifegrad			gesamt
	Matur	Prä matur	Keine Angabe	
Erhalten	76	15	5	<b>96</b>
Mit Hilfe stehfähig	13	5	0	<b>18</b>
Festliegend	1	3	1	<b>5</b>
In Seitenlage	1	5	2	<b>8</b>
Keine Angabe	5	0	2	<b>7</b>
gesamt	<b>96</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>134</b>

Tabelle 105: Kreuztabelle der absoluten Häufigkeiten Stehvermögen vs. Geschlecht bei Fohlen mit Mekoniumverhaltung

Stehvermögen	Geschlecht			gesamt
	Männlich	Weiblich	Keine Angabe	
Erhalten	68	28	0	<b>96</b>
Mit Hilfe stehfähig	12	6	0	<b>18</b>
Festliegend	3	2	0	<b>5</b>
In Seitenlage	5	3	0	<b>8</b>
Keine Angabe	2	5	0	<b>7</b>
gesamt	<b>90</b>	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>134</b>

### Zusammenhangsanalyse der drei binomialen Einflussgrößen untereinander

Tabelle 106 sind die Ergebnisse der Zusammenhangsanalyse der drei binomialen Einflussgrößen untereinander zu entnehmen. Der relativierte Phi-Koeffizient hat die gleiche Bewertungsskala wie der Pearson'sche Korrelationskoeffizient. Der relativierte Phi-Koeffizient von 0,757 des Variablenpaares Begleiterkrankung - Reife liegt an der 0,8 - Grenze, was auf eine sehr hohe Korrelation dieser beiden Variablen hinweist. Der sehr niedrige p-Wert passt zu dieser Aussage. Der Interpretation liegen die gleichen Grenzwerte zugrunde wie für den Korrelationskoeffizienten r (sehr starke Korrelation:  $< -0,8$  bzw.  $> 0,8$ ; starke Korrelation bei Werten um  $\pm 0,5$ ; mittlere Korrelation bei Werten um  $\pm 0,3$ ; schwache Korrelation bei Werten um  $\pm 0,1$ ).

Tabelle 106: Fallzahl n, Zusammenhangsmaße Pearson  $\chi^2$  und relativ-Phi sowie der p-Wert des Zusammenhangs der binomialen Variablenpaare bei Fohlen mit Mekoniumobstipation

Variablen- paar	Pearson $\chi^2$	p-Wert	Fallzahl n	relativ-Phi
Reife- Geschlecht	3,323	0,0683	124	0,209
Begleiterkr.- Geschlecht	0,127	0,722	128	0,071
Begleiterkr.- Reife	8,746	0,0031	119	0,757

Der hochsignifikante Zusammenhang zwischen Reife und dem Vorliegen von Begleiterkrankungen dürfte darauf beruhen, dass Prämaturnität mit einem Vorkommen von 31 % als Begleiterkrankung dokumentiert ist. Das Merkmal Begleiterkrankung hängt somit von der Reife ab, nicht umgekehrt. Die unter "Zusammenhangsanalyse der binomialen Merkmale mit den quantitativen Merkmalen" aufgedeckten Überschneidungen der Zusammenhänge der Merkmale Reife und Begleiterkrankung überraschen daher nicht: Bei beiden befinden sich unter den fünf Merkmalen mit stärkstem Zusammenhang die Merkmale des ersten Behandlungstages Blutlaktatkonzentration (logarithmiert) [lgLac1], Alter bei Beginn der Symptome (logarithmiert) [lgStart] und rektal gemessene Körpertemperatur [Temp].

**Selektierte Betrachtung des Zusammenhangs der vier gemäß der logistischen Regression für die Zielgröße Sterben relevanten Einflussgrößen Reife, Base Excess (ABE), Atemfrequenz (AF) und Thrombozytenzahl (PLT)**

Zunächst folgt die Darstellung des paarweisen Zusammenhangs der quantitativen Einflussgrößen (Tabelle 107).

Tabelle 107: Fallzahl n, Zusammenhangsmaße t-Wert und Pearson's Korrelationskoeffizient r sowie p-Wert des Zusammenhangs der drei quantitativen Einflussgrößenpaare zur Zielgröße Sterben bei Fohlen mit Mekoniumobstipation

Variablen-Paar	Fallzahl n	t-Wert	p-Wert	r (Pearson Korrelationskoeffizient)
ABE - PLT	126	0,004	0,997	0,0003
ABE - AF	118	-0,149	0,882	-0,014
AF - PLT	119	0,615	0,539	0,057

Alle p-Werte sind so hoch, dass die Unabhängigkeitshypothese nicht verworfen werden kann. Passend liegen die r-Werte nahe null.

Es folgt die Darstellung des Zusammenhangs der Variablen Reife mit je einer der quantitativen Variablen Atemfrequenz (AF), Base Excess (ABE) und Blutthrombozytenkonzentration (PLT) des ersten Behandlungstages (Tabelle 108) nach Mittelwertvergleich der Gruppen der maturen und prämaternen Tiere mittels t-Test.

Tabelle 108: Fallzahl n, Mittelwerte  $\bar{x}$ , Standardabweichungen s, t-Wert, p-Wert und Cohen's d bzw. d\* des Mittelwertvergleichs der beiden Gruppen der maturen und prämaternen Fohlen mit Mekoniumobstipation vermöge t-Test bezogen auf eine der quantitativen Einflussgrößen Base Excess (ABE) , Atemfrequenz (AF) und Blutthrombozytenkonzentration (PLT) zur Zielgröße Sterben

quantitative Variable	Gruppe 1 matur	Gruppe 2 prä matur	t-Wert	p-Wert	an s relativierte Mittelwertdifferenz (Cohen's d bzw. d*)
AF	$\bar{x} = 48,69$ s = 17,77 n = 88	$\bar{x} = 52,77$ s = 18,33 n = 28	-1,02	0,3099	0,23 (d)
PLT1	$\bar{x} = 317$ s = 89,28 n = 94	$\bar{x} = 300$ s = 130,65 n = 27	0,64	0,526	0,172 (d*)
ABE1	$\bar{x} = 2,97$ s = 4,18 n = 93	$\bar{x} = 0,73$ s = 7,32 n = 27	1,52	0,139	0,44 (d*)

Auch hier sind bei den drei Paaren die p-Werte so hoch, dass von Unabhängigkeit ausgegangen werden muss. Dazu passend liegen die Effektgrößen im schwachen bis mittleren Bereich. Ausnahmslos sind also die Eingangsgrößen untereinander unabhängig.

### **Zusammenhangsanalyse der Zielgröße Sterben zu ihren Einflussgrößen in der Regressionsfunktion**

Hier wird die Zielgröße Sterben gegen die Eingangsgrößen Reife, Base Excess im Blut [ABE], Atemfrequenz [AF] und Blutthrombozytenkonzentration [PLT] geprüft. Die Werte aller vier in die logistische Regressionsfunktion eingegangenen Merkmale deuten auf einen mittleren bis hochgradigen Zusammenhang mit der Zielgröße Sterben hin (Tabellen 109 und 110), aber keine der Eingangsgrößen separiert die Zielgröße vollständig, d.h. sie "erklären" die Zielgröße in einem angemessen

ausgewogenen Maß. Auf diese Weise wird die durch die Regressionsanalyse erzielte Aussage gestützt, dass diese vier Einflussgrößen diejenigen mit dem insgesamt stärksten Einfluss auf die Zielgröße sind.

Tabelle 109: Fallzahl n, Zusammenhangsmaße Pearson  $\chi^2$  und relativ-Phi sowie der p-Wert des Zusammenhangs der Merkmale Sterben – Reife bei Fohlen mit Mekoniumobstipation

Variablen-paar	Pearson $\chi^2$	p-Wert	Fallzahl n	relativ-Phi
Sterben - Reife	15,391	< 0,0001	123	0,354

Tabelle 110: Fallzahl n, Mittelwerte  $\bar{x}$ , Standardabweichungen s, t-Wert, p-Wert und Cohen's d bzw. d\* des Mittelwertvergleichs der beiden Gruppen der überlebten und verstorbenen Fohlen mit Mekoniumobstipation bezogen auf die quantitativen Einflussgrößen Base Excess (ABE) , Atemfrequenz (AF) und Blutthrombozytenkonzentration (PLT) zur Zielgröße Sterben

Variable	Gruppe 1 überlebt	Gruppe 2 gestorben	t-Wert	p-Wert	an s relativierte Mittelwertdifferenz (Cohen's d bzw. d*)
ABE	$\bar{x} = 3,218$ s = 4,83 n = 104	$\bar{x} = -0,558$ s = 4,76 n = 26	3,57	0,0005	0,79 (d)
PLT	$\bar{x} = 327$ s = 28,53 n = 105	$\bar{x} = 270$ s = 95,75 n = 25	2,61	0,01	0,59 (d)
AF	$\bar{x} = 59$ s = 18,56 n = 99	$\bar{x} = 44$ s = 11,97 n = 22	2,40	0,02	0,43 (d*)

#### 4.4.4.2 Zusammenhangsanalysen zur Zielgröße Kolik

Zur Zielgröße Kolik werden zunächst Merkmalpaare des Typs Zielgröße – Einflussgröße untersucht. Da nur zwei Einflussgrößen in die logistische Funktion aufgenommen wurden, betrifft dies die beiden Paare: Kolik – Herzfrequenz am ersten Behandlungstag [Puls] und Kolik - Alter der Stute [Stut]. Die Ergebnisse sind Tabelle 111 zu entnehmen:

Tabelle 111: Fallzahl n, Mittelwerte  $\bar{x}$ , Standardabweichungen s, t-Wert, p-Wert und Cohen's d bzw. d\* des Mittelwertvergleichs der beiden Gruppen von Fohlen mit Mekoniumobstipation mit und ohne Koliksymptome nach Entlassung bezogen auf die quantitativen Einflussgrößen Herzfrequenz [Puls] und Alter der Stute [Stut]

Variable	Gruppe 1 keine Kolik	Gruppe 2 Kolik	t-Wert	p-Wert	an s relativierte Mittelwertdifferenz (Cohen's d bzw. d*)
Herzfrequenz	$\bar{x} = 116$ s = 27,926 n = 45	$\bar{x} = 148$ s = 26,833 n = 5	-2,51	0,02	1,19 (d)
Alter der Stute	$\bar{x} = 12,36$ s = 5,10 n = 44	$\bar{x} = 8,0$ s = 2,76 n = 6	2,041	0,047	1,11 (d)

Die Werte der zwei in die logistische Regressionsfunktion aufgenommenen Merkmale deuten auf einen hochgradigen Zusammenhang mit der Zielgröße Kolik, aber keine der Eingangsgrößen separiert die Zielgröße vollständig. Auf diese Weise wird die durch die Regressionsanalyse erzielte Aussage gestützt, dass diese zwei Größen diejenigen mit dem insgesamt stärksten Einfluss auf die Zielgröße sind.

In einem weiteren Schritt (Tabelle 112) werden die beiden Einflussgrößen Herzfrequenz [Puls] und Alter der Stute [Stut] auf Zusammenhang untersucht.

Tabelle 112: Fallzahl n, Zusammenhangsmaße t-Wert und Pearson's Korrelationskoeffizient r sowie p-Wert des Zusammenhangs der Einflussgrößen Herzfrequenz [Puls] und Alter der Stute [Stut] zur Zielgröße Kolik nach Entlassung der Fohlen mit Mekoniumobstipation

Variablenpaar	Fallzahl n	t-Wert	p-Wert	r (Pearson Korrelationskoeffizient)
Puls - Stut	126	1,143	0,2554	0,102

Der p-Wert lässt ein Verwerfen der Nullhypothese nicht zu. Das bedeutet, dass die Merkmale linear unabhängig sind. Passend liegt der r-Wert nahe null.

#### 4.4.4.3 Prüfung der Eingangsgrößen auf Multikollinearität

In diesem Abschnitt werden die auf Grund der Regression relevanten Toleranzwerte zum Nachweis ausreichend niedriger Multikollinearität der Eingangsgrößen vorgestellt und bewertet.

Für die Zielgröße Sterben muss zunächst bei Aufnahme des Merkmals Atemfrequenz [AF] in das Modell die Merkmalgruppe bestehend aus Reife, Base Excess im Blut [ABE1] und Atemfrequenz [AF] auf wechselseitige lineare Darstellbarkeit geprüft werden (Tabelle 113). Im nächsten Schritt erfolgt dann bei Aufnahme der Blutthrombozytenkonzentration [PLT1] als viertem Merkmal die Prüfung der Merkmalgruppe bestehend aus Reife, Base Excess im Blut, Atemfrequenz und Blutthrombozytenkonzentration auf lineare Darstellbarkeit. In beiden Gruppen kann Reife als binäres Merkmal nicht linear durch die Übrigen dargestellt werden. Somit verbleiben die in der folgenden Tabelle mit Zielgröße und Einflussgrößen genannten erforderlichen linearen Regressionen. Der Bericht über die Regression enthält jeweils auch den zugehörigen Wert der Toleranz.

Tabelle 113: Quadrierter multipler Korrelationskoeffizient  $R^2$  und Toleranz T zur Überprüfung der Multikollinearität der Einflussgrößen zur Zielgröße Sterben bei Fohlen mit Mekoniumobstipation

Zielgröße der linearen Regression	zugehörige Einflussgrößen	Quadrierter multipler Korrelationskoeffizient $R^2$	Toleranz $T = 1 - R^2$
ABE1	AF, Reife	0,03579	0,96421
AF	ABE1, Reife	0,009896	0,990104
ABE1	AF, PLT1, Reife	0,031	0,969
AF	ABE1, PLT1, Reife	0,02079	0,97921
PLT1	ABE1, AF, Reife	0,02133	0,97867

Alle Toleranzwerte liegen im idealen Bereich nahe 1. Nach BACKHAUS et al. (2011b) sind erst Toleranzwerte kleiner als 0,2 als kritisch einzustufen.

Für die Zielgröße Kolik entfallen Toleranzprüfungen, da die Regressionsfunktion nur zwei Einflussgrößen enthält. Das Analyseverfahren zur Zielgröße Wundheilungsstörung bricht ab, so dass keine logistische Funktion und somit auch keine Einflussgrößen erarbeitet werden konnten.

## 5 Diskussion

Die Mekoniumobstipation kommt bei 1,5 % der neugeborenen Fohlen vor (WILSON 1987) und tritt somit im Vergleich zu anderen Tierarten relativ häufig auf (BOSTEDT und THEIN 1990). Auf Grund dieser Häufung verdienen genauere Kenntnisse über das Krankheitsbild, die Entwicklung der Laborparameter und die Prognose besonderes Interesse. Die vorliegende Studie hatte vorrangig das Ziel, mithilfe statistischer Verfahren ein Modell zu entwickeln, das dem behandelnden Tierarzt einen zur klinischen Untersuchung ergänzenden Baustein an die Hand gibt, um frühzeitig eine möglichst zutreffende Prognose für den Neonaten mit Mekoniumobstipation geben zu können.

### 5.1 Diskussion der Methoden

#### 5.1.1 Qualität der Datenerhebung und der Daten

Die Datenerhebung erfolgte für die Jahre 2005 - 2013 retrospektiv. Die Daten waren nicht für diese Studie erhoben worden, sodass eine Reihe von Qualitätsmängeln zu verzeichnen sind. Unter anderem konnten Ein- und Ausschlusskriterien nicht vorab festgelegt werden. Die vorliegende Arbeit ist somit eine explorative Studie und dient vorrangig der Gegenstandsbeschreibung und Hypothesenbildung.

Ferner ist denkbar, dass die Datenqualität durch die Erhebung in der klinischen Routine beeinflusst wurde. Dazu zählt z. B. der Wechsel des Untersuchers oder eine mitunter hohe Stressbelastung in Nacht- und Wochenenddiensten.

Weitere Gründe für die teilweise Lückenhaftigkeit und möglichen Ungenauigkeiten der Dokumentation sind eine fehlende Absicherung des Erfassungsstandards, die Vielzahl der angestellten Tierärztinnen und Tierärzte in Verbindung mit dem großen Untersuchungszeitraum sowie der Wunsch nach oder das Ablehnen von bestimmten Diagnose- und Therapieverfahren.

Bei Auftreten solcher Mängel wurden die Daten eines betroffenen Fohlens nicht oder nur bedingt (z. B. Vermerk „keine Angabe“) in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt.

Die Fallzahlen differieren stark zu den einzelnen Merkmalen mit negativen Auswirkungen auf die Auswahl von Einflussgrößen in der Regression, da als Kriterium für die Aufnahme einer unabhängigen Variablen in das logistische Modell der von der

Fallzahl abhängige p-Wert verwendet wird. Variablen mit niedrigen Fallzahlen werden aufgrund des höheren p-Wertes mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit in die Funktion aufgenommen.

Die klinischen Untersuchungen erfolgten nach einem in der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere mit tierärztlicher Ambulanz der Justus-Liebig-Universität Gießen gebräuchlichen Schema für den segmentalen Untersuchungsgang von Fohlen. Die labordiagnostischen Analysen erfolgten über den gesamten Untersuchungszeitraum im selben Labor, sodass hier gleichbleibende Qualität angenommen werden kann.

Ob im Zusammenhang mit dem im Untersuchungszeitraum geschehenen Wechsel der Klinikleitung auch eine Änderung in den Datenerhebungsmethoden stattgefunden hat, konnte nicht festgestellt werden.

Aufgrund der Datenlücken bzw. wegen der stark differierenden Datendichte zu den einzelnen Untersuchungstagen wurden in der logistischen Regression ausschließlich die Merkmalswerte des Einlieferungstages verarbeitet. Dieser deckt sich nicht immer mit dem ersten Lebenstag. Hierdurch wird die innere Aussagekraft der Studie und ihre Vergleichbarkeit mit anderen Studien beeinträchtigt, in denen meist Werte in den Zeiträumen zwölf bis 24 Stunden *post natum* bzw. 24 bis 48 Stunden *post natum* oder erster bzw. zweiter Lebenstag angegeben sind. Auf eine entsprechende Selektion wurde verzichtet, um das nutzbare Datenvolumen nicht zu reduzieren. Für immerhin 64,2 % der Fohlen erfolgte die Erstuntersuchung im Laufe des ersten Lebenstages.

Eine weitere Form von Selektion ist zu vermerken, da für einen Teil der Tiere in Abhängigkeit von ihrem Gesundheitszustand eine geringere Datenmenge erhoben wurde als für andere Tiere. Für Fohlen mit einer leichten Form von Mekoniumobstipation, die nach der Applikation von ein bis zwei Klistieren ihr Mekonium absetzten, wurden teilweise keine labordiagnostischen Untersuchungen eingeleitet. Da ein umfassendes Blutbild bei der Einlieferungsuntersuchung Voraussetzung für die Aufnahme in die vorliegende Studie war, wurden diese Neonaten ausgeschlossen (14 Tiere). Sie umfasst dennoch auch Neonaten mit mildereren Krankheitsverläufen.

Es war rückblickend nicht nachvollziehbar, ob der subjektive Eindruck des behandelnden Tierarztes bezüglich der Prognose des Fohlens die Therapie beeinflusst

hatte. In welche Richtung sich dieser mögliche systematische Fehler auswirkt, ist nicht auswertbar.

Eine Datenerhebung und – erfassung über einen längeren Zeitraum, auch mit einer Unterscheidung zwischen primärer und sekundärer Mekoniumverhaltung, hätte vermutlich die Datenqualität positiv beeinflusst und zu sichereren Erkenntnissen geführt.

Ein Teil der Daten wurde aus Besitzerbefragungen bei der Einlieferung des Patienten oder aus Berichten überweisender Tierärzte gewonnen. Ein Merkmal aus dieser Gruppe ist die Feststellung, ob bei der Geburt eine Dystokie aufgetreten war. Für ein unbeobachtet geborenes Fohlen wurde ein unauffälliger Geburtsverlauf dokumentiert, wenn der Besitzer angegeben hatte, er habe die Stute um den Geburtszeitpunkt in kurzen Zeitabständen aufgesucht. Bei größeren Kontrollintervallen wurde das Fohlen der Gruppe zugeordnet, über deren Geburtsverlauf keine Angabe möglich war.

Ähnlich unsicher sind die Informationen über die Zeitspanne zwischen der Austreibung des Fohlens und des Auftretens erster Symptome bzw. der Einlieferung in die Klinik. Die das Tier einliefernde Person wurde um möglichst genaue Zeitangaben gebeten. In den Daten bestehen Häufungen bei der zwölften und 24. Lebensstunde, die sachlich keine plausible Erklärung haben. Denkbar sind Fehleinschätzungen involvierter Personen. Lag kein Vorbericht eines überweisenden Tierarztes vor, galt der des Besitzers als maßgeblich.

Die Frage nach dem Absatz von Mekonium konnten viele Pferdebesitzer beantworten, weil sie um die Wichtigkeit des zeitnahen Mekoniumabsatzes wissen und die Umgebung des Fohlens auf den typischen Kot untersuchen, falls sie das Fohlen nicht beim Kotabsatz beobachten können. Konnte von der das Fohlen einliefernden Person keine klare Angabe gemacht werden, wurde dies so erfasst.

Eine Quantifizierung des Einflusses der Mekoniumobstipation auf die Entscheidung zur Euthanasie bzw. auf den Tod eines erkrankten Tieres ist retrospektiv nicht möglich. Eine Wechselwirkung und gegenseitige Beeinflussung der Mekoniumobstipation und der Begleiterkrankungen ist sehr wahrscheinlich. Die Aussagekraft der logistischen Regressionsfunktion wird durch diese Unsicherheit beeinträchtigt.

### 5.1.2 Repräsentativität

Die Prognose kann nur valide sein, wenn die erhobene Datenbasis für das Zielumfeld repräsentativ ist. Wegen des relativ großen Zeitraums von neun Jahren kann angenommen werden, dass die gezogene Stichprobe das für diese Klinik typische Patientengut sehr gut wiedergibt. In welcher Hinsicht das auch für eine normale Tierarztpraxis gilt, soll durch die folgenden Überlegungen beleuchtet werden.

Um die Ergebnisse des Prognosemodells auf die tierärztliche Praxis übertragen zu können, sollte das Krankheitsspektrum dem in der normalen Praxis entsprechen und das Probandenkollektiv ausreichend heterogen sein. In diesem Sinn war von Vorteil, dass der untersuchte Datenbestand Tiere unterschiedlicher Rasse, Vorbehandlung und Therapie enthielt. In weiteren speziellen Studien zur Darmpechverhaltung (PUSTERLA et al. 2004, HUGHES et al. 1996) wird stets eine Gruppe von Fohlen untersucht, die einer bestimmten Therapie unterzogen wurde. Das Patientenkollektiv der vorliegenden Arbeit umfasst dagegen Neonaten, die teils konservativ teils chirurgisch behandelt worden sind. Nach dem Grund der Aufnahme in die Klinik unterschieden sich die Fohlen in solche, die allein aufgrund einer Mekoniumobstipation behandelt wurden, andere litten an einer oder mehreren weiteren Erkrankungen. Eine dritte Fohlengruppe wurde in der Klinik geboren, da sich die Mutterstuten zur Geburtsüberwachung oder aus gesundheitlichen Gründen in der Klinik befanden. Unterschiede zur Tierarztpraxis ergeben sich aufgrund der Spezialisierung der Klinik auf Reproduktionsmedizin und ihres Status als Klinik, die eher Fälle aufnimmt, die in einer Tierarztpraxis nicht behandelt werden. In einer Tierarztpraxis oder tierärztlichen Klinik ohne Spezialisierung in der equinen Neonatologie sind geringere Fallzahlen und Patienten mit mildereren Krankheitsverläufen zu erwarten.

Fohlen, die aufgrund ihrer Erkrankung in der Klinik verstarben, lebten auf Grund der intensiven Tag- und Nachtbetreuung in der Klinik vermutlich länger als unter Praxisbedingungen.

Die Einhaltung eines einheitlichen Untersuchungsprotokolls und die zeitnahe Bearbeitung der labordiagnostischen Proben sind in einer Tierarztpraxis unter Umständen nicht oder nur eingeschränkt möglich.

Eine unmittelbare Übertragung der Fallzahlen und der Aussagen der Prognosefunktionen auf die Inzidenz in der Population einer normalen Tierarztpraxis ist deswegen

nicht ohne Vorbehalt möglich. Die Häufigkeiten, die in der Arbeit ermittelt wurden, geben nur das Auftreten in der Klientel der Klinik wieder.

### 5.1.3 Datenbeschreibung und Variablenreduktion

Es wurden Daten zu insgesamt 59 Merkmalen erfasst. Diese hohe Anzahl erhöht eher den Wert der vorliegenden explorativen Studie. Es stellt sich dann zunächst die Aufgabe, ein übersichtliches Bild des Datensatzes zu erarbeiten. Deskriptive Standardmethoden und Zusammenhangsanalysen bilden dabei das Grundgerüst. Zur Ordnung der Variablen nach der Stärke ihres Einflusses, um demnach ihre Anzahl im Regressionsmodell möglichst auf einige wenige zu reduzieren, ist die binäre logistische Vorwärtsselektion besonders gut geeignet. Sie wirkt datenreduzierend und bestimmt, wie gut die Ausprägungen einer Zielvariablen (Kriteriumsvariable) durch einen Satz erklärender Variablen (Prädiktorvariablen) vorhersagbar sind.

Im Rahmen der Datenbeschreibung wurden Mittelwert, Standardabweichung, Median sowie Maximum und Minimum dargestellt. Einige Merkmale des dieser Studie zugrundeliegenden Datenbestandes sind rechtsschief, also nicht normalverteilt oder allgemeiner nicht symmetrisch. Die Angaben des arithmetischen Mittelwertes und der Standardabweichung zur Beschreibung dieser Merkmale sind daher ungeeignet. Im vorliegenden Fall ist durch logarithmische Transformation annähernd Normalverteilung erreicht und mit den logarithmierten Merkmalen weitergearbeitet worden. Das arithmetische Mittel des logarithmierten Merkmals ist mit dem Logarithmus des geometrischen Mittels des Urmerkmals identisch. Vielfach hat ein Merkmal im vorliegenden Bestand eine andere Verteilung als die der Referenzbildung z. B. bei KNOTTENBELT et al. (2007b) zugrundeliegende. Es bleibt offen, ob das in der vorliegenden Arbeit erzielte Resultat auf Qualitätsmängeln der Datenbasis beruht. Zu einem Vergleich der Werte müssen dann der Bereich  $x_g / SF$  bis  $x_g * SF$  (geometrisches Mittel, Streufaktor) des rechtsschiefen Merkmals und der Bereich  $\bar{x} \pm s$  (arithmetisches Mittel, Standardabweichung) des normalverteilten Merkmals gegenübergestellt und bewertet werden, wie weit sie sich decken. In beiden Fällen enthält der Bereich 68,3 % aller Fälle. Ein weitergehender Vergleich ist *ad hoc* nicht möglich, arithmetisches und geometrisches Mittel stimmen i.d.R. nicht überein.

#### 5.1.4 Zusammenhangsanalysen

Vorrangiger Zweck der durchgeführten Zusammenhangsanalysen war die Prüfung, ob Voraussetzungen für den Einsatz der angewendeten statistischen Test- und Regressionsverfahren erfüllt sind. Zur Prüfung des Zusammenhangs von Merkmalen sind teils alternativ einsetzbare Verfahren bekannt, die zu geringfügig abweichenden Ergebnissen führen können. Durch zusätzliche Verwendung dieser Verfahren sowie Vergleich und Diskussion von Abweichungen wäre eine gewisse Absicherung der Zusammenhangsergebnisse erzielt worden. Mit Blick auf die Mängel des Datenbestandes und den explorativen Charakter der Arbeit wurde darauf verzichtet. Für das Regressionsverfahren ist die Untersuchung linearer Zusammenhänge wichtig. Die in dieser Hinsicht sehr zufriedenstellenden Ergebnisse sind in 4.4.4 zusammenfassend dargestellt. Darüber hinaus bilden Zusammenhangsanalysen einen für sich sinnvollen Baustein der Beschreibung eines Untersuchungsfeldes.

#### 5.1.5 Modellwahl

Das in dieser Arbeit verwendete logistische Regressionsmodell besteht darin, dass die logistische Funktion  $f(x) = \frac{e^x}{1+e^x}$  an ihrer Argumentstelle  $x$  expandiert wird im Sinne der Hintereinanderausführung von Funktionen.  $x$  wird ersetzt durch die Funktion  $z(v) = z(v_1, \dots, v_n) = b_0 + b_1 v_1 + \dots + b_n v_n$ , wobei  $v_1, \dots, v_n$  die Einflussgrößen des Modells darstellen. Auf diese Weise wird unterstellt, dass der Einfluss der Eingangsvariablen auf die Zielvariable eben dieser gesetzmäßigen Gestalt folgt. Grundsätzlich muss diese Annahme untermauert werden. In der statistischen Literatur sind auch andere Modelle für die 'Linkfunktion'  $z(v)$  genannt. In TUTZ (2000) wird als Beispiel das in der unabhängigen Variablen quadratische Funktionsmodell  $z(x) = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$  genannt. In FAILING et al. (2004) wird das gesamte logistische Modell für den Fall zweier Eingangsgrößen mit einer durch das Produkt dieser Variablen ausgedrückten Wechselwirkung zwischen den Eingangsgrößen behandelt. Im vorliegenden Fall ist wegen der mangelnden Qualität der Daten eine aufwändige Untersuchung solcher Zusammenhänge nicht sinnvoll und der Rückgriff auf den allgemein verbreiteten Standard einer linearen Funktion passend.

## 5.2 Diskussion der Ergebnisse

### 5.2.1 Häufung der Mekoniumobstipation bei Vorliegen bestimmter Merkmalsausprägungen

In den Jahren 2005 bis 2013 wurden in der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Justus-Liebig-Universität Gießen 148 Fohlen mit Mekoniumobstipation vorgestellt. Von 134 Tieren wurden die Untersuchungs- und labordiagnostischen Ergebnisse in die vorliegende Studie eingeschlossen. 14 Tiere hatten keine oder unvollständige labordiagnostische Untersuchungsergebnisse und wurden deshalb nicht in die statistische Datenanalyse einbezogen.

**Rassen:** In der Mehrzahl wurden Warmblutfohlen (97 entsprechend 72,4 %) erfasst. Dies entspricht dem quantitativen Übergewicht dieser Rasse in Deutschland (HENNING 2004; LOOSE 2009). Es kann daher nicht von einer besonderen Häufung der Warmblüter unter den Patienten des vorliegenden Datenbestandes mit Mekoniumobstipation gesprochen werden. DUDZIAK (2015) erhebt ein fast gleiches Rassenverhältnis in ihrer Studie.

**Geburtsverlauf:** Mit 19,4 % liegt in der vorliegenden Arbeit der Anteil der Geburten, bei denen es zu einer Geburtsstockung kam, im Vergleich zu anderen Studien relativ hoch. Bei PUSTERLA et al. (2004) liegt die Dystokierate bei 4,5 % der Fohlen mit Mekoniumobstipation. McCUE und FERRIS (2012) sprechen unabhängig von bestimmten Krankheitsbildern von einer Dystokierate von 10,1 % bei 1047 untersuchten Geburten, GINTHER und WILLIAMS (1996) nennen eine Rate von 11,2 % unter 517 beobachteten Geburten. Das vermehrte Auftreten von Mekoniumobstipation bei Fohlen, deren Geburten nicht spontan und mit Hilfe abliefen, lässt sich mit der erhöhten Belastung für das Fohlen, insbesondere der intrapartalen Hypoxie, und der damit einhergehenden Schwäche erklären, die sekundär eine Fohlenpechverhaltung nach sich ziehen kann (SEMRAD und SHAFTOE 1992). Möglich ist auch eine durch intrauterine Hypoxie bedingte Schädigung der Darmmotorik. 12,6 % der Fohlen des vorliegenden Patientengutes sind in der Klinik geboren, da sich die Mutterstute dort zur Geburtsüberwachung befand. Gründe für die Einlieferung in die Klinik zur

Geburtsüberwachung sind prädisponierende Faktoren für eine Schweregeburt, wie z. B. ein zu großes Fohlen oder Erfahrungen zum Geburtsverhalten der Stute aus vorherigen Geburten. Dies kann ein Grund für die Häufung der Dystokien sein.

**Geschlecht:** Es wurden doppelt so viele männliche Fohlen (90 entsprechend 67 %) vorgestellt wie weibliche (44 entsprechend 33 %). ULRICH (2009) hat unter den an Mekoniumobstipation erkrankten Fohlen ein annähernd gleiches Geschlechtsverhältnis ermittelt (65 zu 34, entsprechend 65 % zu 35 %). Sie erfasst die Daten von 464 gesunden und kranken Fohlen, die zwischen 2003 und 2008 in der neonatologischen Abteilung derselben Klinik vorgestellt wurden wie die Tiere des vorliegenden Patientenstammes. Somit gibt es eine Überschneidung von vier Jahren entsprechend 60 Fohlen mit Mekoniumobstipation (12,9 % der Tiere bei ULRICH, 44,8 % der Tiere der vorliegenden Studie). In den folgenden Abschnitten werden jeweils die Angaben von ULRICH (2009) zur Mekoniumobstipation angeführt, Daten von Fohlen mit anderen Erkrankungen werden gesondert erwähnt um Vergleichbarkeit zu ermöglichen. Fohlen in ULRICHs Arbeit, die an mehreren Erkrankungen leiden, werden dem aus klinischer Sicht schwereren Krankheitsbild zugeordnet. PUSTERLA et al. (2004) kommen zu einem ähnlichen Verhältnis (29 männliche (66 %) und 15 weibliche Fohlen (34 %)). HUGHES et al. (1996) geben ein Verhältnis von 75 % (6 Hengstfohlen) zu 25 % (2 Stutfohlen) an. SOBIRAJ et al. (2000) sprechen von einem noch höheren Anteil von männlichen Tieren (81 %). DUDZIAK (2015) ermittelt einen Hengstfohlenanteil von 84,2 % der Fohlen mit Mekoniumobstipation. Insgesamt liegt im Patientengut dieser Arbeit zur Laparotomie beim Fohlen der Anteil an männlichen Tieren (69,4 %) über dem der Weiblichen. MEINECKE (1984) ermittelte mit 31 Fohlen mit Mekoniumobstipation ein Geschlechtsverhältnis von 26 männlichen (84 %) zu fünf weiblichen Tieren (16 %). In zahlreichen Quellen (BOSTEDT 1987, HALLEY 1987, MEINECKE 1984, KNOTTENBELT et al. 2007d, VELDE und KOLM 2011a) wird der im Vergleich zum Stutfohlen engere Beckendurchmesser männlicher Fohlen als Ursache für das gehäufte Auftreten genannt. Dieses auch als „colt narrow pelvis syndrome“ bezeichnete Phänomen tritt bei beiden Geschlechtern, vermehrt aber bei männlichen Fohlen auf. Über Ursachen und denkbare erbliche Prädisposition ist wenig bekannt (KNOTTENBELT et al. 2007d). Es sollte daher bei allen Fohlen – unabhängig vom Geschlecht - eine Obstipationsprophylaxe mittels Klistier erfolgen.

**Entwicklungszustand:** 28 Neonaten (20,9 %) der vorliegenden Studie wurden prä-matur vorgestellt. Von diesen starben zwölf (42,9 %), während von den 96 maturen Tieren nur zehn (10,4 %) verstarben oder euthanasiert wurden. Im Vergleich dazu werden bei ULRICH (2009) 12,1 % aller Fohlen der Studie bzw. 14,3 % der kranken Fohlen als prä-matur in die Klinik eingeliefert. Auffällig prä-matur wirkende Neugeborene werden eventuell schon bei weniger stark ausgeprägten Koli-symptomen in einer Spezialklinik vorgestellt, sodass in jeder Klinik der Anteil prä-maturer Patienten überhöht wäre. Die oben genannte Mortalitätsrate der unreifen Patienten liegt noch weit unter denen von ULRICH (2009) mit 67,9 % und BÄUMER (1997) mit 66,6 %. In beiden Untersuchungen wurde eine Vielzahl von Krankheitsbildern beleuchtet. Es kann vermutet werden, dass die Mekoniumobstipation bei prä-maturen Tieren im Vergleich mit der Summe der bei diesen Autoren genannten Krankheitsbildern eine geringere Mortalität besitzt. Es wurde nicht differenziert, wie stark die Fohlenpechverstopfung bei prä-maturen Fohlen ausgebildet war und ob diese die Behandlung in der Klinik notwendig machte. SEMRAD und SHAFTOE (1992) vermuten eine prä-disponierende Funktion der Prä-maturität für die Entwicklung einer Mekoniumobstipation. Ein mit der Unreife einhergehender nicht vollständig funktionsfähiger Darmtrakt und eine durch Schwäche bedingte mangelhafte Aufnahme und somit eingeschränkte laxierende Wirkung des Kolostrums sind denkbare Ursachen. Im Patientengut der vorliegenden Arbeit tritt die Prä-maturität mit 31 % als zweithäufigste Begleiterkrankung auf und ist im Bezug auf die Zielgröße Sterben der weitaus stärkste Einflussfaktor. Dieser Zusammenhang wird im Abschnitt 5.3.1.3 genauer betrachtet. Die vermutete Prä-disposition für eine Mekoniumobstipation durch Prä-maturität wird somit gestützt.

### **Einfluß der Merkmale Reife und Geschlecht im Verbund auf das Sterberisiko**

In der anerkannten Literatur gibt es keinen Anhaltspunkt, dass eins der beiden Geschlechter häufiger von Prä-maturität betroffen ist. Das nach den obigen Ausführungen unabhängig vom Reifegrad anatomisch begründbare gehäufte Auftreten der Mekoniumobstipation bei männlichen Tieren hat zur Folge, dass der Anteil an prä-maturen Tieren mit Mekoniumobstipation unter den weiblichen Tieren erheblich größer ist. Für das vorliegende Patientengut wurde deutlich, dass Hengstfohlen doppelt so oft

von Mekoniumobstipation betroffen sind wie Stutfohlen (67 % zu 33 %). Die Hengstfohlen erkrankten weniger kritisch. Ihre Sterberate liegt bei 15 % im Vergleich zu 30 % bei den weiblichen equinen Neonaten, obwohl Hengstfohlen mit 42 % häufiger chirurgisch behandelt werden mussten (Stutfohlen: 25 %). Bezogen auf den Reifegrad wurde errechnet, dass 18 % der männlichen Fohlen und 32,5 % der weiblichen Fohlen prämaturn vorgestellt wurden (insgesamt 22,8 %). 43 % der Prämaturnen und 10,5 % der maturnen Fohlen verstarben bzw. wurden euthanasiert. Aufgeschlüsselt nach dem Geschlecht bedeutet dies, dass von 15 prämaturnen männlichen Neonaten vier nicht überlebten (26 %). Dem gegenüber steht eine Sterberate von 62 % unter den prämaturnen weiblichen Tieren (acht von dreizehn). Im Vergleich dazu ist die Sterberate unter den maturnen für beide Geschlechter gleich mit etwa 10 %. Daher kann vermutet werden, dass höhere Sterblichkeit bei weiblichen Fohlen darauf beruht, dass der Anteil der prämaturnen unter den weiblichen höher ist und dass zusätzlich Prämaturnität bei weiblichen Fohlen ein höheres Sterberisiko darstellt.

**Symptome, Zeitpunkt des ersten Auftretens und das Alter bei Einlieferung in die Klinik:** 69 % der Patienten zeigten erste Symptome im Laufe des ersten Lebenstages. Bei den verstorbenen Tieren gab es erste Anzeichen im Mittel nach 4:13 Stunden, bei den überlebenden nach 8:50 Stunden. Zu den häufigsten Krankheitsanzeichen zählten Tenesmus auf Kot, Kolik, Wälzen und Unruhe. Dies entspricht vielfachen Ausführungen in der Literatur (KNOTTENBELT et al. 2007a, PUSTERLA et al. 2004, SOBIRAJ et al. 2000). 86 Neonaten (64,2 %) wurden während ihres ersten Lebenstages eingeliefert, 37 (27,6 %) am zweiten Lebenstag und vier (3 %) am dritten Lebenstag. Häufungen traten bei der Einlieferung um die zwölfte und vierundzwanzigste Lebensstunde auf. Dies ist vermutlich auf ungenaue Besitzerangaben oder Vereinfachungen bei der Dokumentation zurückzuführen. Bei SOBIRAJ et al. (2000) wurden mehr Tiere am zweiten Lebenstag (61,6 %) als am ersten Lebenstag (33,7 %) eingeliefert. Bei ULRICH (2009) werden 44,6 % der Patienten mit Mekoniumobstipation während des ersten Lebenstages vorgestellt. Bei HUGHES et al. (1996) sind alle Patienten (insgesamt acht) bei der Erstvorstellung jünger als 48 Stunden.

Bei physiologischem Verlauf ist der Mekoniumabgang durchschnittlich nach den ersten zwölf Lebensstunden abgeschlossen (BOSTEDT und THEIN 1990; KÖHLER und LEENDERTSE 1996; SOBIRAJ et al. 2000), kann aber auch bis zu 48 Stunden post natum andauern (BOHANON 2005; VELDE und KOLM 2011a). Die Zeitpunkte des Auftretens erster Symptome bzw. der Einlieferung in die Klinik der equinen Neonaten der vorliegenden Studie, aber auch die der Fohlen der oben genannten Arbeiten befinden sich somit in einem dem typischen Verlauf der Fohlenpechverhaltung entsprechenden Zeitraum. Dieser ergibt sich aus der Natur des Krankheitsbildes mit abdominalen Schmerzen, die im Alter von sechs bis zwölf Stunden beginnen (KNOTTENBELT et al. 2007a) und bei ausbleibendem Absatz des Mekoniums bis zur achten Lebensstunde stetig zunehmen (BOSTEDT et al. 1997). Die Tatsache, dass von den 92 Fohlen, die im Laufe des ersten Lebenstages Symptome zeigten, 86 Tiere noch während der ersten 24. Lebensstunden in die Klinik eingeliefert wurden, weist darauf hin, dass das Krankheitsbild der Mekoniumobstipation mit ihren Auswirkungen gut bekannt ist und gut eingeschätzt wird. Dies ist besonders wichtig, da Neugeborenenenerkrankungen bei Fohlen allgemein mit einem kurzen, oft untypischen Prodromalstadium beginnen und dann sehr schnell in einen akuten bis perakuten Zustand übergehen (BOSTEDT et al. 1997). Zahlreiche und langwierige Vorbehandlungsversuche außerhalb der Klinik, mangelnde Aufmerksamkeit der Tierbesitzer oder Überlagerung durch Symptome anderer Krankheitsbilder können zu einer verzögerten Einlieferung in die Klinik führen.

**Obstipation trotz teilweisem Mekoniumabgang:** Besitzer von 89 in der Studie eingeschlossenen Fohlen hatten vorberichtlich einen Mekoniumabgang beobachtet (66,42 %). Vergleichbare Studien liegen nicht vor, da ein zuvor beobachteter Abgang von Fohlenpech nicht erfasst wurde. KÖHLER und LEENDERTSE (1996) und McCUE (2006) legen dar, dass sich eine Mekoniumobstipation auch nach Abgang eines Teils des Darmpechs entwickeln kann. Der Prozentsatz der Fohlen, die starben oder euthanasiert werden mussten, ist in diesen beiden Gruppen fast gleich, ob nun vor der Einlieferung bereits Mekonium abgegangen war (18 %) oder nicht (19 %). Rückschlüsse auf einen Schweregrad der Erkrankung durch teilweisen Abgang von Mekonium sind somit nicht möglich.

**Vorbehandlung:** 77,61 % der Neonaten mit Mekoniumobstipation hatten eine Vorbehandlung erfahren, entweder durch einen Tierarzt oder den Besitzer bzw. eine andere Person ohne tierärztliche Ausbildung. Dies entspricht der Studie von PUSTERLA et al. (2004), in der 34 von 44 Fohlen (77,3 %) mit Klistieren und Einläufen vorbehandelt worden waren. Mit 89 % liegt dieser Anteil bei SOBIRAJ et al. (2000) deutlich höher. Ein Großteil der Vorbehandlungen war auf die Therapie der Mekoniumverstopfung bezogen (Klistiere, Einläufe). Andere Vorbehandlungen wie Gaben von Fohlenlähmeseren oder Paraimmunitätsinducer galten vermutlich einer unterstützenden Therapie der Begleiterkrankungen oder einer Prophylaxe. Der in der Literaturübersicht kritisch dargestellte Einsatz von Biopsiezangen zur Entfernung des Darmpechs erfolgte nur bei einem einzigen Tier, da ihre Verwendung heute aufgrund des Verletzungsrisikos als fehlerhaft gilt.

#### 5.2.2 Allgemeine klinische Untersuchung

**Herzfrequenz:** Die durchschnittliche Herzfrequenz bei der Erstuntersuchung nach Einlieferung lag bei  $117,8 \pm 27,8$  Schlägen pro Minute. Dies deckt sich mit der Studie von SOBIRAJ et al. (2000), in der 116 Schläge pro Minute angegeben sind, jedoch mit geringerer Streuung der Werte (min. 68, max. 180 Herzschläge pro Minute) als in der vorliegenden Arbeit mit min. 36 und max. 200 Herzschlägen pro Minute. Für gesunde Fohlen wird von KNOTTENBELT et al. (2007b) eine Herzfrequenz von 70 – 80 Schlägen pro Minute unmittelbar nach der Geburt, von 140 – 150 Schlägen pro Minute in der ersten Hälfte und von etwa 100 Schlägen pro Minute am Ende des ersten Lebenstages angegeben. In den folgenden sieben Lebenstagen falle die Pulsfrequenz auf 60 – 70 Schläge pro Minute. Ein Vergleich des Mittelwertes der vorliegenden Arbeit mit diesen Normwerten ist wenig sinnvoll, da das Alter der Fohlen stark differierte: der Mittelwert wurde gebildet aus den aufgenommenen Herzfrequenzen von Fohlen mit einem Alter zwischen einer halben Stunde und acht Tagen. Die Verwendbarkeit dieses Merkmals ist deswegen zu hinterfragen. Außerdem sind Fohlen stressanfällig. Durch Geburt, Umstellung bzw. Gewöhnung an eine fremde Umgebung, unbekannte Menschen und Transport kommt es schnell zu einer durch Aufregung stark erhöhten Herzfrequenz. Extreme im niedrigen Messbereich können

z. B. auf Hypothermie oder Hypoglykämie durch die Anstrengungen der Geburt zurückgeführt werden.

**Atemfrequenz:** In der vorliegenden Arbeit wurde eine durchschnittliche Frequenz von  $49,7 \pm 17,7$  Atemzügen pro Minute mit Extrema bei zwölf bzw. 100 bestimmt. Wiederum stimmt der Mittelwert mit dem von SOBIRAJ et al. (2000) ermittelten von 49 Zügen pro Minute überein bei abweichenden Extrema von 20 bzw. 106 Zügen pro Minute. Beim Vergleich mit Referenzwerten in der Literatur muss wie beim Merkmal Herzfrequenz die extreme Stressbelastung der Tiere in der Klinik mit berücksichtigt werden. KNOTTENBELT et al. (2007b) nennen für gesunde Fohlen Atemfrequenzen von 50 bis 70 Zügen pro Minute kurz nach der Geburt, abfallend bis auf 40 Züge in den ersten zwölf Lebensstunden und weiter auf 20 Atemzüge pro Minute ca. ab dem dritten Lebenstag. Für die erniedrigten Atemfrequenzen kommen toxische oder zentralnervöse Ursachen in Betracht sowie stark geschwächte festliegende Neonaten oder ältere Patienten mit bereits physiologisch niedrigerer Atemfrequenz.

**Körperinnentemperatur:** Der in der vorliegenden Arbeit errechnete Mittelwert der Körperinnentemperatur beträgt  $38,0\text{ °C}$ . KNOTTENBELT et al. (2007b) geben für gesunde Fohlen Körperinnentemperaturen von  $37,5\text{ °C}$  unmittelbar nach der Geburt bzw.  $38,0\text{ °C}$  ab einer halben Lebensstunde an. SOBIRAJ et al. (2000) nennen einen Mittelwert von  $38,3\text{ °C}$ , HUGHES et al. (1996) geben eine Spanne von  $38,3\text{ °C}$  bis  $39,4\text{ °C}$  an. Erhöhte Rektaltemperaturen können durch das gastrointestinale Entzündungsgeschehen erklärt werden. Ebenso ist der Einfluss des Transport- und Klinikstresses zu nennen. Fohlen mit erniedrigter Körperinnentemperatur litten an Sepsis oder befanden sich durch Geburt und mangelhafte Kolostrumaufnahme in einem hypoglykämischen Zustand.

**Mekoniumpalpation:** Der Versuch, rektal Mekonium zu palpieren, gilt allgemein als fester Bestandteil der Untersuchung von neugeborenen Fohlen. Bei 110 Fohlen (82,9 %) konnte rektal Mekonium palpirt werden. In der Arbeit von PUSTERLA et al. (2004) waren es acht Prozent mehr. Die rektale Untersuchung dient somit der

Abrundung der Diagnose, bietet aber allein keine ausreichende Sicherheit, um eine Darmpechanschoppung zu diagnostizieren.

**Stehvermögen:** Bei 23,1 % der Patienten dieser Studie war das Stehvermögen zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung eingeschränkt. Diese Einschränkung reichte von „nicht alleine stehfähig“ bis zu „in Seitenlage“. SOBIRAJ et al. (2000) unterscheiden in ihrer Studie nur zwischen einem positiven und einem negativen Befund bezüglich des Stehvermögens. Insgesamt sind dort 12,8 % der Tiere nicht stehfähig. Um den in der vorliegenden Studie sehr viel höheren Prozentsatz an Tieren mit eingeschränktem Stehvermögen zu erklären, könnte etwa an Hand der Zusammenhangsanalysen aufgedeckt werden, welche Merkmale das Stehvermögen negativ beeinflussen und ob die vorliegenden Daten in diesem Sinn zu dem hohen Prozentsatz passen. Als Faktoren kommen z. B. die Anzahl, Art und Schwere von Begleiterkrankungen in Betracht und ein möglicherweise geänderter Umgang der Besitzer mit verzögertem Mekoniumabgang. Die Besitzer könnten vermehrt und frühzeitiger den Mekoniumabgang ihrer Tiere kontrollieren und somit leichte Fälle von Verhaltung selbst behandeln, ohne dass ein Klinikaufenthalt nötig wäre. In der Klinik würden dann folglich nur schwerere Fälle registriert.

**Allgemeinbefinden:** Bei zwei Dritteln der mit Mekoniumobstipation vorgestellten Fohlen war das Allgemeinbefinden zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik beeinträchtigt, davon bei 17,2 % hochgradig. Bei SOBIRAJ et al. (2000) sind 11,6 % der Tiere stark beeinträchtigt. Die teilweise hochgradige Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens kann mit der Dauer der Symptome, einer oder mehreren Begleiterkrankungen oder einem oder mehreren Vorbehandlungsversuchen durch den Haus-tierarzt oder Besitzer und einer damit einhergehenden Verzögerung der Behandlung des Fohlens in der Klinik erklärt werden.

### 5.2.3 Begleiterkrankungen

Das Patientengut der vorliegenden Studie umfasst einen großen Anteil (67,9 %) an Fohlen, die an einer oder mehreren Begleiterkrankungen litten. In Studien, die sich

mit Mekoniumobstipation befassen, werden meist ausschließlich Fohlen mit einer primären Verhaltung ohne weitere Erkrankung aufgenommen bzw. wird das Vorliegen von Begleiterkrankungen nicht erfasst (PUSTERLA et al. 2004, SOBIRAJ et al. 2000). Demgegenüber bietet die vorliegende, am klinischen Normalfall orientierte Studie die Möglichkeit zu untersuchen, ob die Fohlenpechverhaltung vermehrt und statistisch signifikant mit Begleiterkrankungen auftritt und mit welchen und ob dieses Zusammenwirken einen Einfluss auf die drei Zielgrößen hat.

Auffällig ist der hohe Anteil von 44 % der Neonaten mit Hypogammaglobulinämie (entsprechend weniger als 800 mg / dl Immunglobulin G). In den Daten von ULRICH (2009) sind 20 % aller kranken Tiere von einer Hypogammaglobulinämie betroffen. BOSTEDT et al. (1997) geben für 26,1 % der Fohlen mit Mekoniumobstipation eine Konzentration des Immunglobulins G von  $\leq 400$  mg / dl an. Im Gegensatz dazu geben SOBIRAJ et al. (2000) an, dass 93 % der Fohlen mit Mekoniumobstipation, die meist am zweiten Lebenstag eingeliefert wurden, Immunglobulin-G-Konzentrationen von über 800 mg / dl aufweisen.

Laut SEMRAD und SHAFTOE (1992) ist eine unzureichende oder verspätete Aufnahme von Kolostrum als prädisponierender Faktor für eine Mekoniumobstipation anzusehen. Dies könnte als Erklärung für den hohen Anteil an Neonaten mit Hypogammaglobulinämie und Mekoniumobstipation dienen.

Der kausale Zusammenhang zwischen Begleiterkrankungen und einer Mekoniumobstipation ist nicht hinreichend geklärt. Ein Erklärungsansatz ist, dass es sich bei der Begleiterkrankung (z. B. Septikämie, Hypogammaglobulinämie, Lebensschwächeyndrom) um den schwächenden Auslöser handelt, der sekundär zu einer Darmpechverhaltung führt. Kann ein Fohlen beispielsweise nicht mobilisiert werden, Kolostrum in einer ausreichenden Menge aufzunehmen, so kann sich – ggf. in Kombination mit anderen prädisponierenden Faktoren - aufgrund des Fehlens der laxierenden Wirkung der Biestmilch eine Fohlenpechverstopfung entwickeln. THEIN und ESSICH (1993) vermuten, dass die Mekoniumobstipation beim Fohlen als endogener Stressor angesehen werden kann, um eine bestehende Infektion in die neonatale Septikämie übergehen zu lassen. Eine darüber hinausreichende beiderseitige negative Wechselwirkung ist nicht ausgeschlossen. Andererseits kann es durch das Auftreten von Schmerzen und Koliksymptomen infolge einer Mekoniumobstipation zu

einer verminderten Aufnahme von Kolostrum und somit von Immunglobulinen kommen. Die untersuchten Begleiterkrankungen sind zum Teil sich überschneidende Erkrankungskomplexe, die nicht immer klar voneinander zu trennen sind. Leidet ein prämaures Fohlen an einer Lebens- und Trinkschwäche, kann sich leicht eine Hypogammaglobulinämie durch einen fehlerhaften passiven Immuntransfer entwickeln. Eine differenzierte, voneinander getrennte Betrachtung der Begleiterkrankungen und ihres Einflusses auf die Entstehung einer Mekoniumobstipation bzw. auf die drei untersuchten Zielgrößen ist im beschriebenen Fall nicht möglich.

Aufgrund der vielen Fohlen mit Mekoniumobstipation, die an einer Hypogammaglobulinämie leiden, ist es notwendig, den Immunglobulinstatus dieser Fohlen zu erheben, um neben der Darmpechverhaltung eine entsprechende Substitution vorzunehmen.

#### 5.2.4 Therapie und Komplikationen

**Anteile konservative - operative Therapie:** Das Patientengut der vorliegenden Untersuchung umfasst 83 Tiere, die ausschließlich konservativ (61,9 %), und 49 (36,6 %), die chirurgisch behandelt wurden. Gleiche oder ähnliche Anteile nennen folgende Studien: Bei ULRICH (2009) werden von 101 Fohlen mit Mekoniumobstipation 62 (61,4 %) konservativ und 37 (36,6 %) chirurgisch versorgt. In der Studie von SOBIRAJ et al. (2000) werden von 86 Neonaten mit Darmpechverhaltung 35 (41 %) einer konservativen und 51 (59 %) einer chirurgischen Therapie unterzogen. Bei HUGHES et al. (1996) ist von 24 mit Mekoniumobstipation vorgestellten Fohlen bei acht (33,3 %) Tieren eine chirurgische Intervention indiziert, davon zwei mit Enterotomie. Ein völlig anderes Bild bietet die Untersuchung von PUSTERLA et al. (2004), deren Zweck die retrospektive Evaluation des Einsatzes von Acetylcystein-Einläufen war. Von 44 mit andauernder Mekoniumverstopfung vorgestellten Fohlen werden nur drei Tiere (6,8 %) operiert. Dies geschah auf ausdrücklichen Besitzerwunsch. Die restlichen 41 Tiere können erfolgreich konservativ behandelt werden. Das Zustandekommen und die genaue Struktur des Patientengutes bzw. der Zustand der Tiere bei Einlieferung und die Art und der Umfang der Vorbehandlungen sind jedoch in dieser Studie nicht klar definiert.

**Zusammenhang mit Komplikationen:** 58,2 % der Patienten der vorliegenden Studie hatten während bzw. nach ihrer Behandlung keine Komplikationen. Davon waren 70,3 % ausschließlich konservativ versorgt worden. Dem gegenüber steht ein Anteil von 38,8 % von Fohlen mit Komplikationen. Darunter befanden sich 46,2 % allein konservativ und 53,8 % operierte Patienten. Zu 3 % der Fohlen fehlt eine Angabe zu Komplikationen. Die Studie von DUDZIAK (2015), die nur 19 Fälle mit ausschließlich chirurgisch behandelter Mekoniumobstipation umfasst, nennt mit 79 % (entsprechend 15 Tieren) einen wesentlich höheren Prozentsatz an Tieren ohne Komplikation. Von den verbleibenden vier Tieren (21 %) treten bei je zweien leichte bzw. schwerwiegende Komplikationen auf. Alle bis auf ein Tier konnten aus der Klinik entlassen werden. In der Studie von SOBIRAJ et al. (2000) treten bei sieben von 86 Patienten (8,1 %) Komplikationen auf. Keines der 35 konservativ versorgten Tiere hat Komplikationen entwickelt, während 17 % (7 von 42) der laparotomierten oder enterotomierten Fohlen in den ersten 14 Tagen nach dem Eingriff letale Komplikationen entwickeln (Volvolus mit Inkarzeration des Darmes, Harnblasenruptur, septische Peritonitis). Der bei SOBIRAJ et al. (2000) deutlich geringere Prozentsatz ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Patienten nicht durch weitere Begleiterkrankungen zusätzlich geschwächt waren. Ferner wurden für die vorliegende Arbeit auch weniger schwerwiegende Komplikationen erfasst. Eine Reizung der Rektumschleimhaut durch wiederholte Klistiere oder Rektalspülungen und andauernden Tenesmus ani des Fohlens, die dann zu einer Proktitis führen kann, ist eine häufige Begleiterscheinung einer Mekoniumobstipation. Davon waren 76 % der konservativ behandelten Patienten betroffen. Ebenso sind eine Gefäßreizung durch den Venenverweilkatheter und eine daraus resultierende Thrombophlebitis nicht selten. Zahlreiche Faktoren wie z. B. der Infektionsdruck in der Klinik, die Fütterung, die Fohlenrosse der Mutterstute, Medikamente, Stress, Heilungsvorgänge oder Dysbiosen im Darm können während der Rekonvaleszenz zu Diarrhoe führen. Dies trat mit 60 % häufiger bei chirurgisch therapierten Neonaten auf. Zwei operierte Fohlen zeigten während ihres weiteren Klinikaufenthaltes erneut Koliksymptome, die unter anderem auf Infektions- und Entzündungsprozesse im Darmtrakt oder der Bauchhöhle und die Normalisierung der Futteraufnahme und der Darmperistaltik zurückgeführt werden können. Zwei Fohlen entwickelten im Laufe ihres Klinikaufenthaltes eine Septikämie. THEIN und ESSICH (1993) vermuten, dass die Mekoniumobstipation beim Fohlen als endogener Stressor

angesehen werden kann, um eine bestehende Infektion in die neonatale Septikämie übergehen zu lassen. Zusätzlich sind exogene Stressoren durch den Klinikaufenthalt zu bedenken. Ein konservativ versorgtes Fohlen entwickelte ein Uroperitoneum, das durch das andauernde Pressen auf Kot sekundär durch eine Blasenruptur entstehen kann (BARR 2007).

#### 5.2.5 Aufenthaltsdauer und Zustand bei Entlassung

Durchschnittlich blieben die Neonaten mit Mekoniumobstipation  $8,68 \pm 1,81$  Tage in der Klinik. Die Zeitspanne reichte von einem bis zu 34 Tagen. SOBIRAJ et al. (2000) vertreten in ihrer Studie den Standpunkt, die chirurgisch versorgten Patienten ab dem zehnten Tag *post operationem* bei ungestörtem Allgemeinbefinden und vorliegender Primärheilung der Hautwunde zu entlassen. Die konservativ behandelten Neonaten werden nach ein bis drei Tagen entlassen, ein ungestörtes Allgemeinbefinden vorausgesetzt. Die Fohlen in der Veröffentlichung von PUSTERLA et al. (2004) bleiben maximal fünf Tage in der Klinik, wenn sie ausschließlich medikamentös (Acetylcystein-Einläufe) behandelt wurden. Die Spanne reicht von einem Tag bis zu fünf Tagen Aufenthalt (Mittel bei 1,9 Tagen). Nur die Fohlen, die zusätzlich eine Blasenproblematik entwickeln, blieben durchschnittlich 5,25 Tage in der Klinik. Die drei operierten Tiere in der Arbeit wurden nach fünf Tagen ohne Komplikationen entlassen. Bei HUGHES et al. (1996) liegt die Aufenthaltsdauer zwischen drei und 15 Tagen, im Mittel bei sechs Tagen. Die längere Aufenthaltsdauer der Fohlen der vorliegenden Arbeit beruht auf den teilweise schwerwiegenden Begleiterkrankungen und Komplikationen.

105 (78,9 %) der Patienten mit Mekoniumobstipation konnten gesund entlassen werden, zwei (1,5 %) wurden krank zur Weiterbehandlung durch den Haustierarzt entlassen, 18 Patienten (13,5 %) wurden in der Klinik euthanasiert und acht (6 %) verstarben während ihres Aufenthaltes. Ein insgesamt schlechteres Outcome ist in der Studie von ULRICH (2009) dokumentiert. Es werden 64 (63,4 %) Patienten mit Darmpechverhaltung gesund und fünf (5 %) krank entlassen, 20 (19,8 %) werden euthanasiert und zehn (9,9 %) versterben. Bei DUDZIAK (2015) überlebte ein Fohlen (5,3 %) postoperativ nicht und alle übrigen 18 Patienten (94,7 %) mit Fohlenpechverstopfung werden entlassen. Eine Unterscheidung zwischen gesund und krank

entlassen ist nicht dokumentiert. Aus dem Patientenkollektiv der Arbeit von SOBIRAJ et al. (2000) wurden alle der 35 konservativ behandelten Tiere gesund entlassen. Von den 51 operierten Fohlen wurden neun *intra operationem* euthanasiert und sieben entwickeln letale Komplikationen, die eine Euthanasie indizieren. Es wurden von 86 Patienten 70 (81,4 %) gesund entlassen, die übrigen 16 (18,6 %) werden in der Klinik euthanasiert. Diese Entlassungsquote entspricht nahezu der der vorliegenden Arbeit.

#### 5.2.6 Besitzerbefragung

**Spätere Komplikationen bei zunächst gesund entlassenen Fohlen:** Von den 52 telefonisch verfolgten Patienten war es bei sechs Fohlen im ersten Lebensjahr zu einer oder mehreren Kolikepisodes gekommen. Zwei davon wurden euthanasiert. Bei einem der beiden waren im Ultraschall Adhäsionen festgestellt worden. In der Studie von SOBIRAJ et al. (2000) ergibt eine Besitzerbefragung, die frühestens ein Jahr nach Entlassung der Patienten aus der Klinik stattfindet, dass nur eins der 70 gesund entlassenen Fohlen im Alter von sechs Monaten eine mit der Enterotomie in Zusammenhang stehende Komplikation entwickelt. Es haben sich Verklebungen des kleinen Kolons mit umliegenden Organen gebildet, aufgrund derer es zu rezidivierenden Koliken kam. Das Tier wurde euthanasiert. Die in der Arbeit von HUGHES et al. (1996) beschriebene Weiterverfolgung der Patienten nach chirurgischer Intervention bei Fohlenpechverstopfung ergibt, dass von acht gesund aus der Klinik entlassenen operierten Patienten später drei Tiere euthanasiert werden, zwei davon aufgrund von Adhäsionen. Bei beiden ist keine Enterotomie, sondern ausschließlich ein Ausmassieren der Verstopfung durchgeführt worden. Beim dritten Jungtier ist ein orthopädischer Befund als Grund für die Euthanasie genannt. Vier weitere Tiere werden uneingeschränkt im Rennsport eingesetzt. Nur bei einem dieser Tiere ist nach Entlassung eine leichte Kolik aufgetreten. Über das achte Tier liegen keine Informationen vor. Ob die später auftretenden Komplikationen in direktem Zusammenhang mit der Mekoniumobstipation bzw. mit ihrer Therapie stehen, ist retrospektiv nur bedingt entscheidbar. Ohne pathologische Untersuchung nach der Euthanasie ist die Bewertung der Komplikationen unsicher. Adhäsionen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit als Operationsfolge anzusehen. Sie können bereits wenige Stunden nach der Operation

entstehen. Äußere Symptome werden manchmal erst nach Monaten und Jahren sichtbar. Die Entstehung von Adhäsionen wird durch nekrotisches Gewebe und Entzündungsprozesse begünstigt (HUNT 1986). Im Abschnitt 5.3.2 wird dieser Aspekt detaillierter betrachtet.

**Auftreten bei Geschwisterfohlen:** Zwei Fohlen der vorliegenden Studie hatten ein bzw. zwei männliche Geschwisterfohlen, die ebenfalls an einer Mekoniumobstipation litten. Dies kann als Hinweis auf die diskutierte männliche Prädisposition gedeutet werden oder auf ein gehäuftes familiäres Auftreten. Zu den Ursachen des „colt narrow pelvis syndrome“ und einer möglichen Erbllichkeit ist sehr wenig bekannt (KNOTTENBELT et al. 2007d). Die Fallzahlen der vorliegenden Arbeit sind zu gering, um daraus Schlüsse auf eine erbliche Genese zu ziehen.

#### 5.2.7 Labordiagnostische Untersuchungen

Einige Umstände erschweren den Vergleich der Messwerte der vorliegenden Arbeit mit allgemein anerkannten Referenzbereichen. Auf Grund der unterschiedlichen Einlieferungszeitpunkte wurde zwar häufig, aber nicht ausschließlich das Blut am ersten Lebenstag untersucht. Es kommt in den ersten 24 Lebensstunden zu weitreichenden Veränderungen einiger Blutparameter, z. B. durch die erste Milchaufnahme (SIGRIST und MOSING 2011) oder die Veränderung der Körperhaltung (KNOTTENBELT et al. 2007b). Die genauen Bedingungen zum Zeitpunkt der Blutentnahme sind retrospektiv nicht zu bestimmen. Zudem wurde auf eine Differenzierung nach Rassen verzichtet, um ausreichend hohe Fallzahlen für die Regressionsanalyse zu erhalten. Ferner erschwert eine abweichende Verteilung einzelner Merkmale den Vergleich mit anderen Studien.

##### 5.2.7.1 Hämatologie

**Erythrozyten:** Die mit  $9,77 \pm 1,67$  T / l erhobene Erythrozytengesamtzahl liegt in dem von KNOTTENBELT et al. (2007b) angegebenen Referenzbereich von 9,0 bis 13,0 T / l bei der Geburt bzw. 8,0 bis 11,0 T / l nach 24 Stunden und nahe bei der von HARVEY et al. (1984) für den ersten Lebenstag angegebenen Zahl von

9,9 ± 0,6 T / l. ULRICH (2009) erarbeitet einen durchschnittlichen Wert von 9,6 ± 1,8 T / l für Fohlen mit Mekoniumobstipation und 10,6 ± 1,5 T / l für gesunde Fohlen am ersten Lebenstag. SEILER (1999) erhebt eine Erythrozytenanzahl von 10,64 ± 1,01 für gesunde und von 9,26 ± 1,74 T / l für kranke Fohlen zwölf bis 24 Stunden post natum.

**Hämoglobin:** In den vorliegenden Daten wurde ein durchschnittlicher Hämoglobingehalt von 8,27 ± 1,56 mmol / l ermittelt. HARVEY et al. (1984) geben einen mittleren Gehalt von 8,81 ± 0,68 mmol / l an. Bei ULRICH (2009) sind am ersten Lebenstag Werte von 8,3 ± 1,5 mmol / l für kranke mit Darmpechverstopfung und 8,9 ± 1,3 mmol / l für gesunde Fohlen beschrieben. SEILER (1999) kommt zu einem ähnlichen Ergebnis von 8,57 ± 0,93 mmol / l für gesunde bzw. 8,26 ± 1,43 mmol / l für kranke Fohlen zwölf bis 24 Stunden nach der Geburt.

**Hämatokrit:** In der vorliegenden Arbeit wurde ein mittlerer Hämatokrit von 0,37 ± 0,07 l / l errechnet. Dieser Wert liegt knapp unterhalb von ULRICH (2009) von 0,39 ± 0,06 l / l für kranke Fohlen mit Fohlenpechverhaltung bzw. deutlicher unter ihrer Angabe von 0,42 ± 0,06 l / l für gesunde Fohlen. Er liegt ebenso unter der von SEILER (1999) erarbeiteten Angabe des mittleren Hämatokrits von 0,40 ± 0,07 l / l für kranke und 0,43 ± 0,04 l / l für gesunde Fohlen. KNOTTENBELT et al. (2007b) nennen einen Hämatokrit von 0,4 bis 0,52 l / l nach der Geburt und 0,34 bis 0,46 l / l nach 24 Stunden. Auch HARVEY et al. (1984) geben einen etwas höheren mittleren Hämatokrit von 0,40 ± 0,03 l / l an. Da die Milz als Erythrozytenspeicher dient, sind Untersuchungsergebnisse immer auch abhängig vom Anspannungszustand dieses Organes. So kann es durch Stress bei der Blutentnahme z. B. beim Handling in der Klinik zur Ausschüttung von Adrenalin aus der Nebennierenrinde kommen, was zu einer Kontraktion der Milz und somit zur Erhöhung des Hämatokrits über eine erhöhte Freisetzung von Erythrozyten kommen.

Der in allen Literaturstellen beschriebene Abfall der Erythrozytenparameter in den ersten Lebenstagen, auch als physiologische Anämie der Neugeborenen bezeichnet,

ist auch bei den Tieren der vorliegenden Arbeit nachvollziehbar. Er wird anfänglich überwiegend mit dem Verdünnungseffekt der durch das Kolostrum aufgenommenen osmotisch wirksamen Globuline erklärt (SEILER 1999). In der Humanmedizin werden zusätzlich Hämodilution durch Wachstum, eine herabgesetzte Erythrozytenproduktion und ein aufgrund der kürzeren Lebensdauer der Erythrozyten bei Neugeborenen erhöhter Abbau diskutiert (O'BRIEN und PEARSON 1971). Ferner kommen Blutverluste bei der Geburt, starker Stress sowie pathologische Prozesse wie z.B. fehlende Eisenreserven oder eine eingeschränkte Erythropoese als Ursache in Betracht.

**Leukozyten:** Die Gesamtleukozytenzahl der Patienten der vorliegenden Studie lag im Mittel bei  $8,05 \pm 3,7$  G / l. Dies entspricht dem der Studie von ULRICH (2009) entnommenen Wert von  $8,0 \pm 2,5$  G / l für gesunde Fohlen. Laut HURCOMBE et al. (2008) ist eine Gesamtleukozytenzahl zwischen 4 und 12 G / l signifikant mit dem Überleben des Fohlens assoziiert. Die überlebenden Fohlen der vorliegenden Arbeit hatten eine um 27 % höhere Leukozytenzahl als sterbende Fohlen (Mittelwerte 6,23 bzw. 8,53 G / l). KNOTTENBELT et al. (2007b) geben für den Zeitpunkt der Geburt einen Referenzbereich von 5,5 bis 11,5 G / l an. Die Gesamtleukozytenzahl der Fohlen der Studie von SOBIRAJ et al. (2000) liegt bei  $8,25 \pm 3,6$  G / l. Eine Differenzierung findet nicht statt. HARVEY et al. (1984) erarbeiten einen Wert von  $8,44 \pm 1,77$  G / l für den ersten Lebenstag. Für gesunde Fohlen gibt SEILER (1999)  $9,7 \pm 2,5$  G / l bzw.  $7,5 \pm 5,0$  G / l für kranke Fohlen für die zweite Hälfte des ersten Lebenstages an. Wie bei den kranken Fohlen aus der Arbeit von SEILER (1999) ist in der vorliegenden Studie ein Anstieg über die fünf Behandlungstage zu vermerken. Über diesen Anstieg der Leukozytenkonzentration besteht in der anerkannten Literatur Konsens. Eine Ausnahme bildet die Studie von HARVEY (1984), die einen Abfall der Leukozytenkonzentration in der ersten Woche *post natum* beschreibt. Fohlen, bei denen wiederholt an mehreren Tagen labordiagnostische Untersuchungen durchgeführt wurden, waren meist schwerer erkrankt oder litten zusätzlich an Begleiterkrankungen. Dieses komplexe Krankheitsbild kann ebenfalls einen Anstieg der Leukozytenkonzentration erklären.

**Neutrophile Granulozyten:** Umgerechnet ergibt sich für die ursprünglich in Prozent erfassten Werte ein Gehalt an neutrophilen Granulozyten von  $6,63 \pm 0,83$  G / l. Die Referenzwerte von KNOTTENBELT et al. (2007b) liegen bei 3,5 bis 10,0 G / l nach der Geburt und bei 3,0 bis 9,6 für die ersten 24 Stunden bzw.  $6,8 \pm 1,72$  G / l bei HARYVEY et al. (1984). BROMMER et al. (2001) ermitteln einen Gehalt von  $5,4 \pm 0,6$  G / l.

**Basophile Granulozyten:** Umgerechnet ergibt sich für die ursprünglich in Prozent erfassten Werte ein Gehalt an basophilen Granulozyten von  $0,006 \pm 0,018$  G / l. Der hier ermittelte Wert passt zu dem Referenzwert von HARVEY et al. (1984) von  $0,003 \pm 0,01$  G / l. BROMMER et al. (2001) geben einen etwas höheren Gehalt für basophile Granulozyten ( $0,01 \pm 0,05$  G / l) an.

Anders als in der Literatur haben die eosinophilen Granulozyten und ebenso die Lymphozyten- und Monozytenzahl im Datenbestand der vorliegenden Arbeit eine rechtsschiefe Verteilung. Daher wurde zu den logarithmisch transformierten Merkmalen übergegangen und schließlich das Hauptgewicht der Verteilung des originalen Merkmals mit Hilfe des geometrischen Mittels und des Streufaktors beschrieben. Dieser Umstand muss beim Vergleich mit Merkmalverteilungen in der Literatur berücksichtigt werden, die durch arithmetischen Mittelwert und Standardabweichung beschrieben sind.

**Eosinophile Granulozyten:** Die mittlere Konzentration eosinophiler Granulozyten der vorliegenden Studie liegt bei einem geometrischen Mittelwert von 0,0654 % mit einem Streufaktor von 3,9543. Es ergibt sich der Vergleichsbereich von 0,017 – 0,259 % bzw. umgerechnet von 0,0014 – 0,021 G / l. KNOTTENBELT et al. (2007b) geben 0,0 bis 0,1 G / l 24 Stunden nach der Geburt an. Bei BROMMER et al. (2001) sind es  $0,08 \pm 0,1$  G / l unabhängig vom Alter des Fohlens.

**Lymphozyten:** Für die Patienten dieser Studie wurde am Tag der Erstuntersuchung eine mittlere Konzentration mit einem geometrischen Mittelwert von 13,15 % mit einem Streufaktor von 1,72 ermittelt. Es ergibt sich somit ein Bereich von 7,65 – 22,62 % bzw. umgerechnet von 0,616 – 1,821 G / l für Vergleiche mit anderen Studien. Bei HARVEY et al. (1984) sind es  $1,43 \pm 0,42$  G / l für equine Neonaten im Laufe des ersten Lebenstages. Für den Zeitpunkt 24 Stunden *post natum* geben KNOTTENBELT et al. (2007b) eine höhere Konzentration von 1,8 – 3,0 G / l an. BROMMER et al. (2001) sehen für diesen Blutparameter eine Altersabhängigkeit und veröffentlichen für die erste Lebenswoche eine Lymphozytenkonzentration von  $1,9 \pm 0,6$  G / l.

**Monozyten:** Die Berechnung der mittleren Monozytenkonzentration ergab einen geometrischen Mittelwert von 1,351 % und einen Streufaktor von 2,437, woraus ein Vergleichsbereich von 0,554 – 3,292 % bzw. 0,045 – 0,265 G / l ermittelt wurde. Ähnliche Werte finden sich bei KNOTTENBELT et al. (2007b), BROMMER et al. (2001) und HARVEY et al. (1984).

**Thrombozyten:** Die mittlere Thrombozytenzahl der Patienten der vorliegenden Arbeit lag bei  $315,4 \pm 100$  G / l und somit oberhalb des Referenzbereiches von KNOTTENBELT et al. (2007b). Sie geben an, dass die Thrombozytenzahl von 100 bis 250 G / l kurz nach der Geburt auf 125 bis 300 G / l im Laufe des ersten Lebenstages ansteigt. Gleiches gilt für die von BROMMER et al. (2001) veröffentlichte Anzahl von  $297 \pm 108$  G / l bzw. die von HARVEY et al. (1984) angegebenen  $269 \pm 70$  G / l am ersten Lebenstag. Versterbende Tiere haben eine um 17 % niedrigere Thrombozytenzahl (Mittelwerte 327 bzw. 270 G / l). Somit liegen die Werte überlebender equiner Neonaten am oberen Rand bzw. leicht oberhalb der genannten Referenzbereiche. Im Verlauf der Behandlungstage kam es hier insgesamt zu einem Abfall der Thrombozytenkonzentration. Laut ROSCHER (2011) nimmt in der ersten Lebenswoche die Thrombozytenanzahl gesunder Fohlen zunächst ab, um während des ersten Lebensmonats wieder anzusteigen und liegt insgesamt im oberen Referenzbereich adulter Pferde oder sogar leicht darüber. Da die Fähigkeit zur Aktivierung und Aggregation der Blutplättchen in der ersten Lebenswoche noch nicht

vollständig ausgebildet ist, könnte die vermehrte Anzahl zur Kompensation dieses Unvermögens dienen. Die Abweichung der Werte des vorliegenden Patientengutes von den oben genannten Referenzwerten kann daher auch durch das stark unterschiedliche Lebensalter zum Zeitpunkt der Blutentnahme beeinflusst sein.

Die erhobenen Werte des roten und weißen Blutbildes entsprechen den Angaben in der einschlägigen Literatur und haben bei isolierter Betrachtung keinen prognostischen Nutzen für die Erkrankung der Mekoniumobstipation.

#### 5.2.7.2 Säure-Basen-Haushalt

**pH-Wert:** Der gemessene durchschnittliche pH-Wert lag bei  $7,348 \pm 0,085$  und somit etwas unter den von KNOTTENBELT et al. (2007b) angegebenen Referenzwerten für gesunde Fohlen kurz nach der Geburt (7,36) bzw. am ersten Lebenstag (7,39). Auch ULRICH (2009) beschreibt den niedrigeren pH-Wert von kranken Fohlen ( $7,32 \pm 0,1$ ) im Vergleich zu gesunden Fohlen ( $7,35 \pm 0,05$ ), erarbeitet aber einen mittleren pH-Wert für Fohlen mit Mekoniumobstipation ( $7,35 \pm 0,08$ ) nahe dem der gesunden Tiere. SOBIRAJ et al. (2000) kommen mit einem mittleren Blut-pH-Wert von  $7,351 \pm 0,1$  zu einem sehr ähnlichen Ergebnis. Bis zu den von SEILER (1999) für den Zeitraum zwischen der zwölften und 24. Lebensstunde angegebenen pH-Werten für gesunde ( $7,38 \pm 0,028$ ), kranke überlebende ( $7,308 \pm 0,071$ ) und kranke verstorbene Fohlen ( $7,179 \pm 0,154$ ) findet ein Anstieg in diesen drei Gruppen statt. In der Arbeit von GORLT (2004) werden die Blutproben unmittelbar nach Abnahme im Stall untersucht. Für ihr Gesamtprobandenkollektiv beschreibt sie einen pH-Wert von  $7,387 \pm 0,024$  zum Zeitpunkt der zwölften Lebensstunde und von  $7,365 \pm 0,023$  am Ende des ersten Lebenstages. Sowohl bei vitalen als auch bei vitaldepressiven Fohlen kommt es zu einem pH-Wertabfall zwischen der zwölften und 24. Lebensstunde. Der pH-Wert von vitalen Neugeborenen hat durchschnittlich ein geringgradig höheres Niveau als der von Vitaldepressiven. GORLT (2004) zeigt darüber hinaus, dass es große interindividuelle Unterschiede gibt, die eine Verallgemeinerung nicht zulassen.

**Kohlendioxidpartialdruck:** Der in der vorliegenden Studie ermittelte  $p\text{CO}_2$ -Wert liegt bei  $6,91 \pm 1,06$  kPa bzw. bei  $51,8 \pm 8,0$  mm Hg. Er liegt somit nahe dem von SEILER (1999) festgestellten Wert für gesunde Fohlen ( $51,4 \pm 4,0$  mm Hg) zwölf bis 24 Stunden nach der Geburt. Sie gibt höhere Mittelwerte an für kranke überlebende ( $56,0 \pm 6,7$  mm Hg) und kranke verstorbene Neonaten ( $72,2 \pm 14,9$  mm Hg). Für das Ende des ersten Lebenstages geben KNOTTENBELT et al. (2007b) einen Referenzwert von 37 – 43 mm Hg an. Sie verweisen darauf, dass in Seitenlage entnommene Proben Werte bis 50 mm Hg zeigen und empfehlen eine Kontrolluntersuchung in Brustlage oder im Stehen. GORLT (2004) fasst ihre Ergebnisse zu einem mittleren  $p\text{CO}_2$  von  $51,64 \pm 4,05$  mm Hg in der zwölften Lebensstunde und  $55,02 \pm 5,06$  mm Hg in der 24. Lebensstunde zusammen. Vital eingeschränkte Pferde weisen höhere  $p\text{CO}_2$ -Konzentrationen auf als gesunde Tiere. Einen vergleichsweise niedrigen mittleren  $p\text{CO}_2$ -Gehalt mit  $49,5 \pm 3$  mm HG geben BROMMER et al. (2001) an. Insgesamt fallen auch bei diesem Parameter große Unterschiede zwischen den einzelnen Probanden und somit zwischen den Studien auf.

**Sauerstoffpartialdruck:** Bei der Erstuntersuchung der Patienten dieser Studie lag die mittlere  $p\text{O}_2$ -Konzentration bei  $5,13 \pm 1,22$  kPa bzw.  $38,5 \pm 9,2$  mm Hg. KNOTTENBELT et al. (2007b) geben etwa für die 24. Lebensstunde einen Referenzwert von 83 – 98 mm Hg an, verweisen aber ebenfalls auf die Schwankungen durch die Position des Fohlens während der Entnahme. In Seitenlage seien Konzentrationen von ca. 75 mm Hg möglich. SEILER (1999) ermittelt für den Zeitraum zwölft bis 24. Lebensstunde für gesunde Tiere eine  $p\text{O}_2$ -Konzentration von  $40,7 \pm 7,3$  mm Hg, für kranke Überlebende von  $37,3 \pm 7,7$  mm Hg und für kranke Verstorbene von  $31,3 \pm 8,1$  mm Hg. Durch z. B. länger andauernde Koliksymptome geschwächte Tiere sind unter Umständen nicht in der Lage aufzustehen oder sich aufzurichten. Eine durch diesen vermehrten auf den Thorax wirkenden Druck begünstigte Atelektase kann zu niedrigeren  $p\text{O}_2$ -Werten führen. Retrospektiv war die Körperhaltung bei Blutentnahme nicht feststellbar.

**Base Excess:** In der vorliegenden Arbeit wurde eine mittlere aktuelle Basenabweichung von  $2,5 \pm 5$  mmol / l errechnet. Mit -2 bis 2 mmol / l ist der Referenzbereich

von KNOTTENBELT et al. (2007b) enger und im Mittel niedriger. In ihrer Arbeit ermittelt ULRICH (2009) Durchschnittswerte von  $3,2 \pm 1,8$  mmol / l für gesunde Fohlen und von  $1,9 \pm 4,5$  mmol / l für Fohlen mit Mekoniumobstipation. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen SOBIRAJ et al. (2000) mit  $1,6 \pm 5,04$  mmol / l. Große Schwankungen gibt auch die Studie von SEILER (1999) wieder: Zwischen der zwölften und 24. Lebensstunde liegt die aktuelle Basenabweichung für gesunde Fohlen bei  $4,8 \pm 1,9$  mmol / l, für kranke überlebende bei  $1,0 \pm 4,3$  mmol / l und für kranke verstorbene Pferde bei  $-2,2 \pm 5,3$  mmol / l. BROMMER et al. (2001) belegen einen Unterschied der aktuellen Basenabweichung abhängig vom Aktivitätsgrad: Fohlen in Boxenhaltung haben einen mittleren Wert von  $2,4 \pm 6,2$  mmol / l, auf der Weide gehaltene Fohlen einen mittleren Wert von  $3,5 \pm 4,8$  mmol / l. Die hohen Standardabweichungen in allen Veröffentlichungen verweisen auf große individuelle Schwankungen.

**Hydrogencarbonat:** Die Hydrogencarbonat-Konzentration der Fohlen bei der Erstuntersuchung lag im Mittel bei  $28,1 \pm 3,7$  mmol / l. KNOTTENBELT et al. (2007b) weisen eine Konzentration von 27 mmol / l aus. Zwölf bis 24 Stunden post natum haben die Fohlen in der Studie von SEILER (1999) eine Hydrogencarbonat-Konzentration von  $29,4 \pm 2,0$  mmol / l, wenn sie gesund sind, bzw. von  $27,6 \pm 4,1$  mmol / l, wenn sie an Unreife, Lebensschwäche, Septikämie, ZNS-Störungen oder sonstigen erfassten Erkrankungen leiden.

Keiner der in der vorliegenden Arbeit ausgewiesenen Messwerte der Blutparameter des Säure-Basen-Haushaltes weist bedeutende Abweichungen von den Referenzwerten der anerkannten Literatur auf. Dies entspricht den Ergebnissen von HUGHES et al. (1996), deren gemessene Werte der Blutgasanalyse ebenfalls innerhalb der Referenzbereiche liegen.

#### 5.2.7.3 Klinische Chemie

**Natrium:** Die Fohlen der vorliegenden Studie wiesen eine mittlere Natriumkonzentration von  $133,2 \pm 7,5$  mmol / l auf. Dieser Wert deckt sich mit den Angaben von KNOTTENBELT et al. (2007b) und ULRICH (2009).

**Ionisiertes Kalzium:** Die ermittelte Konzentration von ionisiertem Kalzium von  $1,51 \pm 0,2$  mmol / l und der fast konstante Verlauf stimmen mit der Angabe von ULRICH (2009) überein. Die Kalziumkonzentration (ionisiert) unterschied sich bei Tieren mit Mekoniumobstipation sowohl bei ULRICH (2009) ( $p = 0,007$ ) als auch in der vorliegenden Arbeit ( $p = 0,0433$ ) statistisch signifikant bei Tieren, die starben oder überlebten. Der Unterschied zwischen den Mittelwerten beider Gruppen betrug sieben Prozent ( $1,49$  bzw.  $1,6$  mmol / l). KNOTTENBELT et al. (2007b) nennen einen Referenzwert von  $2,5$  bis  $4$  mmol / l, BROMMER et al. (2001) von  $3,0 \pm 0,1$  mmol / l, WAELCHLI et al. (1992) von  $2,66 \pm 0,05$  mmol / l. Laut SIGRIST und MOSING (2011) führt eine Hypocalcämie unter anderem zu einer herabgesetzten Darmmotilität bis hin zum Ileus. Ein Zusammenhang mit z. B. unterernährten Fohlen mit Mekoniumobstipation ist denkbar.

**Kalium:** Für die stark von der Nahrungsaufnahme abhängende mittlere Kaliumkonzentration wurde ein Wert von  $3,48 \pm 0,6$  mmol / l errechnet. Geringfügig höher ist die Angabe von ULRICH (2009) mit  $3,8 \pm 0,7$  mmol / l für Fohlen mit Mekoniumobstipation, deren Werte somit unter denen der gesunden Fohlen liegen ( $4,4 \pm 0,2$  mmol / l) und unter denen aller kranken Fohlen ungeachtet der Art ihrer Erkrankung ( $4,1 \pm 0,4$  mmol / l). Alle diese Werte liegen innerhalb des von KNOTTENBELT et al. (2007b) veröffentlichten Referenzbereichs von  $3,5$  bis  $5,5$  mmol / l. Mit Mekoniumobstipation wiesen sterbende Tiere bei ULRICH (2009) und auch in der vorliegenden Arbeit ( $p = 0,0007$ ) eine signifikant höhere Kaliumkonzentration auf als überlebende. Der Mittelwert, der um  $13\%$  höher liegenden Kaliumkonzentration verstorbender Tiere, liegt ebenso wie der überlebender Patienten in den oben genannten Referenzbereichen ( $3,746$  bzw.  $4,223$  mmol / l).

**Chlorid:** In der vorliegenden Arbeit liegt die mittlere Chloridkonzentration am Tag der Einlieferung bei  $95,3 \pm 6,3$  mmol / l. Dieser Wert ist nur von 62 Tieren im Datenbestand ermittelt, da der Chloridwert seit 2010 nicht mehr erfasst wurde. KNOTTENBELT et al. (2007b) geben  $90$  bis  $105$  mmol / l nach 24 Lebensstunden und ULRICH (2009)  $99,3 \pm 3,5$  mmol / l für gesunde bzw.  $95,5 \pm 5,8$  mmol / l für kranke Fohlen mit Mekoniumobstipation zum Zeitpunkt der Einlieferung an.

Trotz der Unterschiede der Kalium- und Kalziumkonzentrationen zwischen überlebenden und versterbenden Fohlen erzielt keiner der Blutparameter des Elektrolyt-haushaltes alleine hohen prognostischen Nutzen.

**Laktat:** Die mittlere Laktatkonzentration dieser Studie ist aufgrund ihrer logarithmischen Transformierung nur bedingt mit normalverteilten Referenzwerten in der Literatur vergleichbar. Sie liegt bei einem geometrischen Mittelwert von 3,2 mmol / l mit einem Streufaktor von 2,0. Es ergibt sich der Vergleichsbereich 1,6 - 6,4 mmol / l. Verglichen mit der Studie von SEILER (1999) liegt dieser zwischen den Angaben für gesunde ( $3,5 \pm 1,0$  mmol / l) und kranke Fohlen ( $6,2 \pm 4,0$  mmol / l) zwölf bis 24 Stunden post natum, die sich statistisch signifikant unterscheiden. Der signifikante Unterschied zwischen den Gruppen der überlebenden und sterbenden Fohlen ließ sich auch in der vorliegenden Studie nachvollziehen ( $p = 0,0008$ ). Die geometrischen Mittelwerte beider Gruppen unterscheiden sich um 78 % (überlebende Fohlen 2,82 bzw. verstorbene Fohlen 5,01 mmol / l). Laut HURCOMBE et al. (2008) ist eine Blutlaktatkonzentration von weniger als 4 mmol / l positiv mit dem Überleben assoziiert: Fohlen mit Werten zwischen 1,1 und 4,0 mmol / l überlebten 7,3mal häufiger als Tiere mit Werten unter- bzw. oberhalb dieser Angaben.

**Glukose:** Die mittlere Glukosekonzentration zum Zeitpunkt der Einlieferung liegt in der vorliegenden Arbeit bei  $7,8 \pm 4,4$  mmol / l und somit in dem von KNOTTENBELT et al. (2007b) ausgegebenen Referenzbereich nach 24 Stunden von 6,0 bis 12,5 mmol / l. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen BROMMER et al. (2001). Sie nennen eine mittlere Glukosekonzentration von  $7,8 \pm 1,1$  mmol / l. Es zeigt sich ein stetiger Abfall in den ersten Lebensmonaten. In SEILERS Studie (1999) ergibt sich ein signifikanter Unterschied der Glukosekonzentration zwischen gesunden und kranken Fohlen. Sie nennt Konzentrationen (umgerechnet) von  $10,3 \pm 2,7$  mmol / l für gesunde Neonaten und von  $6,1 \pm 3,7$  mmol / l für kranke Neonaten. Für die 86 an Mekoniumobstipation erkrankten Fohlen der Studie von SOBIRAJ et al. (2000) errechnet sich eine mittlere Konzentration der Glukose von (umgerechnet)  $6,4 \pm 2,6$  mmol / l. Bei HURCOMBE et al. (2008) haben die Fohlen mit Glukosekonzentrationen zwischen 4,4 und 8,9 mmol / l die höchsten Überlebenschancen.

Weder die Laktat- noch die Glukosekonzentration der Fohlen mit Mekoniumobstipation weisen Auffälligkeiten auf, die zu einer Präzisierung der Prognose hilfreich wären.

**Harnstoff:** Die erhobenen mittleren Harnstoffwerte des vorliegenden Patientengutes sind aufgrund ihrer logarithmischen Transformierung bedingt vergleichbar. Für die rechtsschief verteilten Werte der Harnstoffkonzentration ergab sich der Vergleichsbereich 3,11 - 8,46 mmol / L. SEILER (1999) gibt für Fohlen in den ersten zwölf bis 24 Lebensstunden einen Harnstoffgehalt von  $32,1 \pm 12,84$  mg / dl für gesunde Fohlen bzw.  $47,08 \pm 19,26$  mg / dl für kranke Fohlen an (umgerechnet mittels Faktor aus Angaben zum Harnstoff-N-Gehalt). Das Patientengut der vorliegenden Studie hat (umgerechnet) einen mittleren Harnstoffgehalt von 18,68 – 50,81 mg / dl und liegt somit zwischen den von SEILER (1999) erarbeiteten Bereichen.

**Kreatinin:** Die ermittelten mittleren Kreatininwerte des vorliegenden Patientengutes sind aufgrund ihrer logarithmischen Transformierung mit Normwerten anderer Studien eingeschränkt vergleichbar. Für die rechtsschief verteilten Werte der Kreatininkonzentration ergab sich der Vergleichsbereich von 77,90 - 206,96  $\mu$ mol / l. Für gesunde Neonaten 24 Stunden nach ihrer Geburt geben KNOTTENBELT et al. (2007b) einen höheren Referenzbereich des Kreatinins von 160 bis 380  $\mu$ mol / l an. Um die Vergleichbarkeit mit den Werten aus der Studie von SEILER (1999) zu ermöglichen, wurde die Kreatininkonzentration in 0,89 – 2,35 mg / dl umgerechnet. Sie ermittelt einen Kreatiningehalt von  $1,8 \pm 0,6$  mg / dl zwölf bis 24 Stunden nach der Geburt für gesunde bzw. von  $3,7 \pm 4,3$  mg / dl für kranke Fohlen. Beide Gruppen unterscheiden sich signifikant voneinander. Da es sich in der vorliegenden Arbeit um unterschiedlich stark erkrankte Fohlen mit z. B. Streuungen im Ausmaß der Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens und der Symptome, aber auch des Vorhandenseins von Begleiterkrankungen handelt, sind Vergleiche mit ähnlichen Studien nur unter Vorbehalt und eingeschränkt möglich. Die ermittelten Blutwerte spiegeln die Situation im untersuchten Patientengut wieder und sollten soweit als Anhaltspunkt verstanden werden.

**Gesamtbilirubin:** Die Gesamtbilirubinkonzentration liegt mit  $77,53 \pm 39,15 \mu\text{mol} / \text{l}$  relativ hoch und weist eine sehr große Streuung auf. Diese Werte beruhen auf Messungen an insgesamt nur 31 Fohlen am ersten Untersuchungstag, da dieser Parameter nur bei stärker erkrankten Neonaten mit bestimmten Begleiterkrankungen wie Anämie und gestörtem Allgemeinbefinden unbekannter Genese untersucht wurde. ULRICH (2009) kommt zu ähnlichen Ergebnissen: Sie veröffentlicht eine mittlere Gesamtbilirubinkonzentration von  $56,1 \pm 8,7 \mu\text{mol} / \text{l}$  für gesunde Fohlen und  $79,5 \pm 37,7 \mu\text{mol} / \text{l}$  für kranke Fohlen, speziell  $89,5 \pm 45,6 \mu\text{mol} / \text{l}$  für Tiere mit Mekoniumobstipation.

**Totalprotein:** Die Konzentration des Gesamtproteins im venösen Blut der Patienten zum ersten Untersuchungszeitpunkt betrug  $50,3 \pm 11,4 \text{ g} / \text{l}$ . ULRICH (2009) gibt  $50,8 \pm 7,8 \text{ g} / \text{l}$  für gesunde Neonaten und  $47,6 \pm 10,1 \text{ g} / \text{l}$  für Neonaten mit Mekoniumobstipation an. BROMMER et al. (2001) geben  $54 \pm 8 \text{ g} / \text{l}$  als mittlere Konzentration an. Zwölf bis 24 Stunden nach der Geburt ermittelt SEILER (1999) eine Gesamtproteinkonzentration von  $51 \pm 7 \text{ g} / \text{l}$  für gesunde Fohlen und von  $49 \pm 7 \text{ g} / \text{l}$  für kranke.

**Glutamatdehydrogenase:** Aufgrund der rechtsschiefen Verteilung der Daten der vorliegenden Arbeit (geometrischer Mittelwert von  $11,8 \text{ U} / \text{l}$ , Streufaktor 2,5) ergibt sich ein Vergleichsbereich von  $4,72 - 29,5 \text{ U} / \text{l}$ . Für die Aktivität der Glutamatdehydrogenase gibt ULRICH (2009) für den ersten Lebenstag die Werte  $4,6 \pm 2,3 \text{ U} / \text{l}$  für gesunde und  $13,3 \pm 19,7 \text{ U} / \text{l}$  für Fohlen mit Mekoniumobstipation an.

Die Aktivitäten der **Gamma-Glutamyltransferase** und der **Kreatinkinase** wurden nur für wenige Tiere bestimmt, so dass auf diese Werte in der Diskussion nicht weiter eingegangen wird.

**Immunglobulin G:** Der ermittelte Immunglobulin G-Gehalt in der hier vorliegenden Arbeit, basierend auf 86 Probanden, lag bei  $601,2 \pm 247 \text{ mg} / \text{dl}$  zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung. ULRICH (2009) gibt für den ersten Lebenstag Wertebereiche von

800,0 ± 0 mg / dl für (hier bezogen auf acht) gesunde, 659,0 ± 159,8 mg / dl für kranke und 665,6 ± 178,4 mg / dl für Fohlen mit Mekoniumobstipation an. SEILER (1999) klassifiziert ihre Angaben nach gesunden und kranken und außerdem an einem Schwellwert von 800 mg / dl. Genau ein gesundes Fohlen hat eine Konzentration von ≤ 800 mg / dl, während die anderen 48 gesunden Fohlen Werte über 800 mg / dl aufweisen. 17 kranke Fohlen zeigen eine Immunglobulin G – Konzentration von ≤ 800 mg / dl, 15 kranke über 800 mg / dl.

Laut HURCOMBE et al. (2008) und ROHRBACH et al. (2006) ist eine Serumimmunglobulin G-Konzentration von > 800 mg / dl positiv mit der Überlebensrate assoziiert. Dieser Zusammenhang besteht nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit mit einem p-Wert von 0,0029 auch für die Gruppe der an Mekoniumobstipation erkrankten Tiere. Überlebende Neonaten hatten eine um 36 % höhere IgG-Konzentration als Fohlen, die in der Klinik verstarben oder euthanasiert wurden (Mittelwerte 642 bzw. 410 mg / dl).

Keiner der untersuchten labordiagnostischen Parameter hat eine alleinige pathomonische Aussagekraft. Mithilfe der Regressionsanalyse konnte gezeigt werden, dass das Zusammenwirken mehrerer der untersuchten Variablen, darunter auch labordiagnostische, eine Prognose mit hoher Sicherheit gestattet.

### 5.3 Diskussion der Prognosemodelle

#### 5.3.1 Sterben

Ein Ziel der vorliegenden Arbeit war die Entwicklung eines Prognosemodells, das eine möglichst genaue Überlebensprognose eines Fohlens mit Mekoniumobstipation erlaubt. Zu diesem Zweck wurden aus der Vielzahl der untersuchten Einflussgrößen die vier herausgearbeitet, die die Daten des untersuchten Patientenguts bestmöglich reproduzieren.

### 5.3.1.1 Statistische Kenngrößen des Modells

Das Prognosemodell zur Zielgröße Sterben liefert folgende inneren Kenngrößen beim Trennwert 0,5:

- Trefferquote 72 %
- Sensitivität 71 %
- Spezifität 76 %
- Positiver Voraussagewert 32 %
- Negativer Voraussagewert 93 %.

Dabei bezeichnet die Trefferquote den Anteil richtiger Prognosen an der Gesamtzahl der Tiere.

Beim optimalen Trennwert 0,71 liefert das Prognosemodell die Kenngrößen:

- Trefferquote 91 %
- Sensitivität 71 %
- Spezifität 95 %
- Positiver Voraussagewert 71 %
- Negativer Voraussagewert 95 %.

Als Vergleichsgröße folgen die Kenngrößen der Studie von ROHRBACH et al. (2006). Beim optimalen Trennwert 0,64877 hat diese Studie die Werte:

- Trefferquote 89 %
- Sensitivität 92 %
- Spezifität 74 %
- Positiver Voraussagewert 95 %
- Negativer Voraussagewert 65 %.

In den beiden Arbeiten sind die Zielgrößen vertauscht: In der vorliegenden Arbeit ist „Sterben“ die Zielgröße, in der Studie von ROHRBACH et al. (2006) „Überleben“. Somit sind die Rollen von Sensitivität vs. Spezifität und positiver vs. negativer Voraussagewert vertauscht. Unter Beachtung dieses Umstandes sind die Werte der beiden Untersuchungen bei geringfügig unterschiedlichem optimalem Trennwert sehr

ähnlich. Die Überlebensrate in der vorliegenden Arbeit beträgt 84 %, in ROHRBACH et al. (2006) 83 %.

Eine Untersuchung von Gründen für diese Übereinstimmung liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit. Dazu ist anzumerken:

- Die Kennwerte geben allein an, wie gut die Regression die Werte der Stichprobe approximiert, auf der sie als Datenbasis beruht (innere Validität). Die beiden Studien haben also in dieser Hinsicht gleiche Qualität.
- Die vorliegende Arbeit und die Studie von ROHRBACH et al. (2006) unterscheiden sich stark in Größe n und Ausschlusskriterien der Stichprobe sowie der Basis für die Berechnung der Kennwerte:
  - Vorliegende Arbeit: 134 Fälle waren Basis der Regression, für die Berechnung der Kennwerte konnten 108 Fälle (81 %) genutzt werden,
  - Studie von ROHRBACH et al. (2006): aus 910 Fällen wurde die Regressionsfunktion erzeugt, 577 Fälle (63 %) dienten zur Bestimmung der Kennwerte. Bei ROHRBACH et al. (2006) wurden nicht nur Fohlen mit Mekoniumverhaltung aufgenommen, sondern generell erkrankte equine Neonaten.

Nach Aufgliederung aller Fälle in Gruppen ähnlicher Prognosewerte gemäß einer Entscheidungsregel (nach 4.4.1.4) ergibt sich:

Die Gruppierung nach der 0,2 / 0,8-Entscheidungsregel führt zu einer Fehlerquote von 3,7 %. (Dabei muss beachtet werden, dass wegen des hohen Anteils nicht entschiedener Fälle (Prognosewerte zwischen 0,2 und 0,8) nicht komplementär 96,3 % der Trefferquote entspricht.) Dies entspricht vier von 108 Tieren, die ausschließlich falsch als sterbend prognostiziert wurden. Drei dieser vier Patienten waren als prä-matur eingestuft worden. Auch nach Anwendung der 0,4 / 0,6-Entscheidungsregel haben die falsch als sterbend prognostizierten Fälle ein ähnlich starkes Übergewicht.

### 5.3.1.2 Validität des Modells

Im Abschnitt 3.2.6.7 wurden allein Aspekte der inneren Validität untersucht, d. h. in welchem Maß die logistische Funktion die Daten der Stichprobe reproduziert. Angeführt wurden anerkannte statistische Maßzahlen, die quantitative und qualitative Aussagen zur Validität erbrachten.

Es fehlen Aussagen zur externen Validität. Es bleibt offen, ob die Prognosewerte auch für Daten derselben Klinik aus einem anderen Untersuchungszeitraum, Daten einer anderen Klinik oder einer Tierarztpraxis ihre Gültigkeit behalten.

### 5.3.1.3 Diskussion der Prädiktoren des Modells

Bei Betrachtung der von dem Regressionsverfahren bestimmten Merkmale fällt auf, dass nur Reife und Atemfrequenz unmittelbar bei der ersten Vorstellung eines Tieres bestimmt werden können. Die labordiagnostische Untersuchung der aktuellen Basenabweichung und der Thrombozyten findet entweder im Labor der Tierarztpraxis oder in einem externen Labor statt, so dass meist erst am folgenden Werktag ein Ergebnis vorliegt. Diese Verzögerung vermindert die Verwendbarkeit der logistischen Funktion in der Praxis zur Prognosestellung. Bis das Ergebnis spätestens am Folgetag vorliegt, muss bereits eine Therapie eingeleitet worden sein. Dieser Ablauf ist nicht sinnvoll, wenn der Patientenbesitzer z. B. aus ökonomischen Gründen eine Prognose vor Therapiebeginn wünscht. In diesem Fall können die hier erarbeiteten Hilfsmittel genutzt werden. In die logistische Funktion können die bei Einlieferung des Tieres gemessenen Werte für Reife und Atemfrequenz eingesetzt werden, bei gleichzeitiger Nutzung der Mittelwerte für die aktuelle Basenabweichung und die Thrombozytenzahl. Auf diesem Weg erhält der behandelnde Tierarzt sofort einen prognostischen Wert für das Überleben des Fohlens. Analog kann mit den in 4.4.1.3 aufgeführten Schaubildern verfahren werden. Je nach Reifegrad wird die entsprechende Projektion der Atemfrequenz ausgewählt, in der der Base Excess und die Thrombozytenzahl auf ihrem Mittelwert festgehalten wurden. So kann umgehend und anschaulich aufgearbeitet der Zahlenwert für die Prognose abgelesen werden. Als drittes Hilfsmittel dient die Tabelle im Anhang, aus der analog zu den beiden eben genannten Varianten der Zahlenwert für die Prognose eines Patienten abgelesen werden kann.

Wie in 4.4.1.4 gezeigt wurde, hat das Merkmal Reife ein starkes Übergewicht gegenüber den anderen Einflussgrößen. Da es sich nicht um ein quantitativ messbares Merkmal handelt, sondern die Unterscheidung nach den in 3.2.3 festgehaltenen Kriterien erfolgte, kann es hier leicht zu Ungenauigkeiten kommen. Unter Umständen konnte die Gestationsdauer vom Besitzer nicht genau angegeben werden und äußerliche Merkmale, wie z. B. fetale Kopfform, weiche Ohrknorpel und seidiges Fell, waren nicht deutlich ausgeprägt. Zur Beurteilung des Vorliegens einer Prämaturität ist der Gesamteindruck entscheidend, sie kann nicht allein an einzelnen Merkmalen festgemacht werden. Ebenso sollten Fragen zur Stute und zum Geburtsverlauf in der Anamnese und bei der Beurteilung des Reifegrades Beachtung finden. KNOTTENBELT et al. (2007c) vermuten eine Dysfunktion oder Unzulänglichkeit der Plazenta und / oder des endokrinen Systems als auslösende Faktoren für eine Unreife. Nach HOSPES (2011) kommen ätiologisch eine erhebliche Stressbelastung der hochgraviden Stute, vorzeitige und vorschnelle Geburtsinduktion, vorzeitige Schnittentbindung im Zusammenhang mit der Therapie intestinal bedingter Koliken, die antepartale Torsio uteri oder infektiöse Ursachen in Betracht. Obwohl HOSPES (2011) die Schwierigkeit der Maturitätsbewertung betont, misst er dem Durchbruch der Prämolaren durch die Gingiva einen relativ hohen Verlässlichkeitsgrad bei.

Um diese Aussage zu verifizieren und das große Gewicht des Merkmals Reife zu relativieren, könnte in einer weiteren Studie der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere der Justus-Liebig-Universität Gießen eine Differenzierung in mehrere Teilmerkmale und eine darauf basierende Regression durchgeführt werden. Die intensive Betreuung mit hohem personellem, materiellem und apparativem Aufwand, die ein prämaures Fohlen erfordert, ist in der Tierarztpraxis kaum durchführbar. Eine Stabilisierung des Patienten mit anschließender Überweisung in eine spezialisierte klinische Einrichtung mit neonataler Intensivereinheit ist sinnvoll (MEINECKE 1984; BOLLWEIN et al. 1998; KNOTTENBELT et al. 2007c, HOSPES 2011). So könnte geprüft werden, ob ein Teilmerkmal der Prämaturität (z. B. Zahnstatus oder Kopfform) eine größere Gewichtung und somit einen stärkeren Einfluss auf die Vorhersagbarkeit der Sterbewahrscheinlichkeit hat als eine andere. Dafür müssten in einem Protokoll die Ausprägungen getrennt als eigenständige Variablen erfasst werden.

Ob Prä maturität ursächlich ist oder ob es bereits durch nicht optimale intrauterine Umstände, z. B. einer Plazentitis, pränatal zu einer Schwächung der Konstitution des Fohlens und in Folge dessen zu einer Unreife bei der Geburt und einer Mekoniumobstipation kommen kann, wird in dieser Arbeit nicht beachtet. Vorangegangene Symptome der Stute wurden nicht erfasst. Ein Aufenthalt in der Klinik zur Geburtsüberwachung lässt nur teilweise den Verdacht auf Auffälligkeiten im Vorbericht zu.

Auffällig ist, dass neben der Reife auch die Merkmale Atemfrequenz und Base Excess in die logistische Funktion zur Zielgröße Sterben aufgenommen wurden. Bei prä maturen Fohlen kann es sowohl zu einer erniedrigten als auch zu einer stark erhöhten Atemfrequenz und abnormen Atemmustern kommen. STONEHAM (1998) führt dies auf fetale Atelektase zurück. Die unreife Lunge wird nicht ausreichend aufgedehnt und belüftet, der gebildete Surfactant ist unzureichend. Es kann zum neonatalen Atemnot- oder Distress-Syndrom kommen. Vergleicht man diesen kausalen Zusammenhang mit den Werten der statistischen Zusammenhangsanalyse, fällt zwischen der Reife und der Atemfrequenz eine schwache bis mittlere Abhängigkeit (Cohen's  $d = 0,23$ ) auf, die sich auch in der medizinischen Realität widerspiegelt. Für die aktuelle Basenabweichung gilt Ähnliches. Im Vergleich zur Atemfrequenz ist der Grad der Abhängigkeit vom Merkmal Reife sogar etwas höher (Cohen's  $d^* = 0,38$ ), aber noch im Bereich einer schwachen bis mittleren Abhängigkeit. Bei prä maturen Fohlen kann der bei der Geburt normalerweise azidotische Zustand verstärkt sein, der Trend des pH-Wertes geht dann zum sauren Bereich (KNOTTENBELT et al. 2007c). Durch den Abfall des pH-Wertes wird auch der Base Excess niedriger, da sich dieser unter anderem aus dem pH-Wert errechnet. Der Base Excess gibt Auskunft über den metabolischen Anteil des Säure-Basen-Haushalts, z. B. über eine Kompensation eines respiratorischen Defizits, so dass hier ein kausaler Zusammenhang zur Atemfrequenz und zum Reifegrad gesehen werden kann.

Als vierter Prädiktor wurde die Thrombozytenzahl in die logistische Funktion aufgenommen. Erhöht sich die Anzahl der Thrombozyten um 10 G / l, sinkt die Chance zu sterben um den Faktor 0,911. Es kann vermutet werden, dass Fohlen mit der Tendenz zu einer Thrombozytopenie stärker erkrankt sind als equine Neonaten mit physiologischen Thrombozytenzahlen oder der Tendenz zur Thrombozytose. Der Verbrauch von Thrombozyten kann z. B. durch eine begleitende oder sich entwickelnde Sepsis erhöht sein. Durch die Mekoniumobstipation kann es zu Einblutungen in den

Darmwänden kommen, die die Aktivierung der Gerinnungskaskade und somit den Verbrauch von Thrombozyten notwendig machen. Ebenso ist eine pathologisch schnellere Elimination durch die Bindung von Antikörpern möglich, die mit dem Kolostrum aufgenommen wurden. Da es andererseits z. B. durch Stress zu einer Freisetzung von Adrenalin und somit zu einer Ausschüttung von Thrombozyten aus der Milz kommen kann, ist die Aussage, dass sich die Chance zu Sterben verringert, je höher die Thrombozytenzahl ist, nur in einem physiologischen Bereich sinnvoll.

### 5.3.2 Kolik

Mithilfe des logistischen Regressionsverfahrens wurden zwei Einflussgrößen für die Vorhersage des Auftretens einer Kolik nach erfolgreicher Behandlung der Fohlenpechverhaltung als statistisch signifikant eingestuft. Das Merkmal Pulsfrequenz wurde im ersten Schritt in das logistische Modell aufgenommen. Erhöht sich die Pulsfrequenz des Fohlens, erhöht sich auch die Wahrscheinlichkeit, erneut eine Kolik zu entwickeln. Zu ähnlichen Ergebnissen ist PUOTUNEN-REINERT (1986) gekommen: Basierend auf einem Patientengut von 469 Pferden mit Kolik arbeitet die Autorin die Herzfrequenz neben dem Hämatokrit und der Intensität der Koliksymptome als wichtigste prognostische Faktoren heraus. Auch PARRY et al. (1983) ordnen der Herzfrequenz eine hohe Zuverlässigkeit bezüglich der Prognosestellung in Kolikfällen zu. Im Gegensatz zu den beiden oben genannten Quellen kam es bei den sechs Fohlen der vorliegenden Arbeit erst nach der Behandlung der Darmpechverhaltung und der Entlassung aus der Klinik zu einer erneuten Kolik, so dass der zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung gemessene Puls in keinem zeitlichen Zusammenhang mit dem Auftreten der weiteren Koliksymptome stand. Naheliegender ist dagegen ein Zusammenhang zwischen erhöhter Herzfrequenz und den gleichzeitig aufgetretenen akuten Koliksymptomen, die bei 57,62 % der Fohlen als Begleitsymptomatik der initialen Darmpechverstopfung zugleich Grund der Vorstellung in der Klinik waren. Eine sehr hohe Herzfrequenz kann unterschiedliche Ursachen haben. KNOTTENBELT et al. (2007b) nennen Anämie, Schmerz, Infektion oder Toxämie als Gründe einer stark erhöhten Herzfrequenz. Durch den erhöhten Vagotonus treten bei Fohlen in den ersten 30 Lebensminuten nicht selten Arrhythmien bis zum Vorhofflimmern, atriale Tachykardie und extraventrikuläre Depolarisation auf (YAMOMOTO et al. 1992). Derartige zeitabhängige Phänomene sind im Datenbestand der vorliegenden Arbeit nicht

auswertbar abgebildet, da die Erstuntersuchung der Patienten zu unterschiedlichen Lebenszeitpunkten stattgefunden hat. Tachykardie durch einen erhöhten Vagustonus in der ersten halben Stunde *post partum* könnte nur bei den in der Klinik geborenen Neonaten ursächlich sein. Stress ist ein weiterer Faktor, der die Herzfrequenz beeinflusst. Stress entsteht z. B. durch den Transport in die Klinik, die neue Umgebung oder das Handling durch fremde Menschen. Die Ursache einer Erhöhung der Herzfrequenz konnte im vorliegenden Fall nur aus der Patientenakte eruiert werden. War in der Patientendokumentation eine mögliche Ursache genannt, konnte dennoch rückblickend nicht festgestellt werden, ob es sich dabei um die alleinige Ursache handelte. Die Erhöhung der Herzfrequenz kann als multifaktoriell eingeordnet werden und eignet sich daher hier nicht als Einflussgröße mit starker Gewichtung. Des Weiteren lag der Zeitpunkt der Erhebung dieses Merkmals beim Auftreten der erneuten Kolik teilweise sehr weit zurück. Ein direkter Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz bei Aufnahme in die Klinik und der Entstehung einer Kolik bis zu zwölf Monate später erscheint nicht plausibel.

Kritisch ist auch die geringe Fallzahl von nur sechs Patienten mit erneuten Koliksymptomen im Laufe des ersten Lebensjahres zu nennen. Bei einer so niedrigen Anzahl von Datensätzen liefert die Statistiksoftware keine brauchbaren Ergebnisse.

Von den sechs Fohlen, die im ersten Lebensjahr weitere Koliksymptome zeigten, mussten zwei Tiere euthanasiert werden. Bei einem der beiden waren im vierten Lebensmonat mittels Sonographie Adhäsionen entdeckt und dokumentiert worden. Dies entspricht 2,04 % der Gesamtzahl der operierten Fohlen bzw. 0,93 % der aus der Klinik entlassenen Tiere. Bei den anderen vier Patienten war eine konservative Behandlung der Kolik ausreichend. Bei SOBIRAJ et al. (2000) ist eins der 35 gesund entlassenen Fohlen aufgrund von Adhäsionen mit sechs Monaten euthanasiert worden. HUGHES et al. (1996) beschreiben zwei von acht Tieren (25 %), die aufgrund von Adhäsionen euthanasiert werden müssen. Ein weiteres Tier entwickelt eine milde Kolik. SINGER und LIVESEY (1997), die in ihrer Studie 102 Fälle von Laparotomie bei jungen Pferden zusammenfassen, können 69 der 73 Tiere, die die Operation überlebt haben, weiterverfolgen und veröffentlichen einen Prozentsatz von 10 % an toten Tieren aufgrund von Verklebungen. Diese entwickeln sich zwischen dem neunten Tag und dem Ende des ersten Jahres post operationem. Fünf Tiere sterben in den ersten 60 Tagen nach dem chirurgischen Eingriff. BAXTER et al. (1989)

bestätigen, dass 70 % der Komplikationen durch Verklebungen in den ersten 60 Tagen nach dem Eingriff entstehen. In ihrer Studie entwickeln 22,1 % der 103 Pferde *post operationem* Komplikationen durch Verklebungen, davon sterben 84 % oder werden euthanasiert. CABLE et al. (1997) geben an, dass 16 % der 57 erneut untersuchten Tiere Adhäsionen entwickeln, die klinische Symptome verursachen. Bei VATISTAS et al. (1996) sind es 17 %. Diese Zahlen der vorliegenden Arbeit als auch der übrigen Studien sind womöglich zu gering angesetzt, da immer wieder Tiere ohne anschließende pathologische Untersuchung euthanasiert wurden. Ferner vermuten BAXTER et al. (1989), dass Adhäsionen nach einer Laparotomie häufiger auftreten, da sie sich oft nicht in klinischen Schmerzzeichen äußern. Laut den Autoren wird die Bildung von Verklebungen durch das Ausmaß der Ischämie der Serosa proximal und distal der Läsion, durch die Stärke des Traumas und der Manipulation während der chirurgischen Intervention, durch die Dauer der Darmstrangulation oder Obstruktion vor dem Eingriff und die Dauer des postoperativen Ileus beeinflusst. Die genannten, nicht auf einer Operation beruhenden Umstände könnten die Koliken der zwei nicht operierten Fohlen verursacht haben. Es ließ sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einer chirurgischen Behandlung und einer erneuten Kolik nachweisen. Unter den 52 telefonisch nachverfolgten Fohlen waren Koliken unter operierten und konservativ behandelten Tieren gleich häufig. Von 34 operierten Fohlen entwickelten vier im ersten Lebensjahr eine weitere Kolik. Bei den 17 konservativ behandelten Tieren waren es zwei. Kritisch zu betrachten ist die Anzahl der Patienten, die telefonisch nachverfolgt werden konnte. Es kann zu Verzerrungen der Zahlenverhältnisse gekommen sein, da entweder die Besitzer unter der angegebenen Telefonnummer nicht mehr erreichbar oder nicht bereit waren, Auskunft über die weitere Entwicklung des Fohlens zu geben oder eine Auskunft war nicht möglich, da das Tier bereits verkauft worden war.

Als zweite Einflussgröße ging das Alter der Mutterstute in die logistische Funktionsgleichung ein. Aufgrund des explorativen Charakters der Arbeit wurden auch Merkmale wie dieses in Betracht gezogen, deren Zusammenhang mit der Erkrankung des Fohlens nicht sofort ersichtlich ist. Es sollte vermieden werden, durch Vorselektion die Aufdeckung von Zusammenhängen zu verhindern. Die Merkmale Alter und Parität der Stute konnten unmittelbar der Patientenkartei entnommen werden. Angaben

zu weiteren Fohlen erfolgten nur im Rahmen der telefonischen Besitzerbefragung, was geringe Fallzahlen zur Folge hatte. Zudem erschienen die Aussagen oft unvollständig auf der spontanen Erinnerung der Besitzer basierend. Nach der Regressionsfunktion sinkt mit zunehmendem Alter der Stute die Chance des Fohlens an einer erneuten Kolik zu erkranken. Analog zur Einflussgröße Puls bezieht sich auch diese Aussage auf Auftreten von Koliken im ersten Lebensjahr nach der Entlassung aus der Klinik. Ein medizinisch plausibler Zusammenhang ist bisher in der Literatur nicht explizit beschrieben.

Bei 45 Mutterstuten der vorliegenden Studie handelte es sich um Maidenstuten, die eine schlechtere Kolostrumqualität haben (LEBLANC et al. 1992). Ihr Kolostrum enthält weniger Immunglobuline, was neben anderen Ursachen zu einem unzureichenden Transfer von passiver Immunität führen kann. Folglich kann eine Lücke im Schutz durch Immunglobuline zwischen der zweiten und achten Woche entstehen, da sich der Abbau der maternalen Immunglobuline aus dem kolostralen Transfer nicht oder nicht ausreichend mit dem Aufbau der fohleneigenen Immunabwehr überlappt (KNOTTENBELT et al. 2007b). Vielleicht befördert diese Schwäche die Entstehung einer erneuten Kolik.

### 5.3.3 Wundheilungsstörung

Für die Entstehung einer Wundheilungsstörung post operationem konnten mit der ausgewählten Methode keine sinnvollen Prognosedaten errechnet werden. Durch retrospektiv nicht nachzuvollziehende Umstände wurden für manche Fohlen z. B. weniger labordiagnostische Untersuchungen angefertigt mit der Folge einer geringeren Anzahl vollständiger Datensätze für die Untersuchung der Einflussgrößen. Lücken in der Dokumentation und nicht ausreichende oder nicht auswertbare Einträge in den Patientenkarteien reduzierten die Fallzahlen noch weiter. Außer der zu geringen Anzahl an Datensätzen war auch die Datenqualität entscheidend für das Scheitern des Regressionsverfahrens. Da es sich um eine retrospektive Arbeit handelt, wurde zuvor kein klarer Versuchsaufbau definiert und Ein- und Ausschlusskriterien waren nicht eindeutig festgelegt worden. Wären nur die Daten von Patienten verwendet worden, die ausschließlich an einer Mekoniumobstipation erkrankt waren, hätten sich die Fallzahlen weiter verringert. Folglich hätte dann nur eine Aussage zu

dieser kleinen Gruppe von Tieren getroffen werden können, die nicht die Heterogenität des Patientenkollektivs widerspiegelt. Möglich wäre das vorhandene Datenmaterial über einen längeren Zeitraum auszuwerten, um die Anzahl der eingeschlossenen Datensätze zu erhöhen.

#### 5.4 Ausblick

Die im Laufe der Arbeit aufgedeckten Schwierigkeiten geben Anlass, folgende Punkte als Gegenstände für eine weitere Studie anzuregen:

**Verbesserung der Datenqualität:** Die Standards für die Dokumentation klinischer Untersuchungsprotokolle sollten unter Beachtung der Qualitätsforderungen der Statistik überarbeitet werden. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf der Lückenlosigkeit der Aufzeichnungen liegen. Fehlende Dateneintragungen sollten differenziert begründet werden. Es gilt z. B. zu hinterfragen, welche Laborwerte auch bei Patienten mit sehr guter Prognose und leichtem Krankheitsbild ohne Ausnahme erhoben werden sollen. Dieser Forderung steht entgegen, dass bei Untersuchungen an Klinikpatienten auch die Vorgaben des Besitzers und die medizinische Notwendigkeit einer Maßnahme zu beachten sind. Um die Standards abzusichern, sollte eine Qualitätskontrollinstanz permanent die Datenerhebung beschreiben, überwachen und verbessern. In eine IT-gestützte Datenerfassung könnten Kontrollfunktionen und die Berechnung des Prognosewertes integriert werden.

**Externe Validierung:** Zum Nachweis der Übertragbarkeit der Ergebnisse müssen Maßnahmen der im Rahmen dieser Arbeit unterbliebenen externen Validierung geplant und durchgeführt werden. Dies könnte z. B. durch Erfassung von Daten einer anderen Klinik oder einer geeigneten Tierarztpraxis und Abgleich dieser Daten und der dazu zu berechnenden Prognosen erfolgen.

**Auswahl der untersuchten Merkmale:** Eine Steigerung des Praxisnutzens würde in einer erneuten Regression erfolgen durch die Einschränkung der Einflussgrößen auf solche Merkmale, die bei der Erstvorstellung erhoben werden können. Zudem sollte das zu Instabilität führende Merkmal Reife in Teilmerkmale zerlegt und so separat in die Regression eingeführt werden. Als weiteren Eingriff in das Verfahren könnte das Signifikanzniveau auf z.B.  $\alpha = 0,1$  angehoben werden.

## 6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde ein Modell zur Prognose der Mekoniumobstipation entwickelt, das dem behandelnden Tierarzt – auch im Hinblick auf wirtschaftliche Gesichtspunkte – einen Baustein zu einer möglichst guten Aussage über den Ausgang der Krankheit zur Ergänzung einer anderweitig fundierten Therapieentscheidung an die Hand gibt. Zu diesem Zweck wurden die drei binären Zielgrößen Sterben, Wundheilungsstörung *post operationem* sowie das Auftreten erneuter Koliken im ersten Lebensjahr untersucht.

Retrospektiv wurden die Daten von 134 Fohlen ausgewertet, die zwischen 2005 und 2013 in der Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und Andrologie der Groß- und Kleintiere der Justus-Liebig-Universität Gießen wegen Mekoniumobstipation behandelt wurden. Bei ihrer Einlieferung wurden nach einem standardisierten Verfahren eine ausführliche Anamnese und eine Allgemeinuntersuchung durchgeführt und laboridiagnostische Parameter erhoben. Weitere Blutuntersuchungen erfolgten im Verlauf der Behandlung. Der Datenbestand enthielt außerdem Daten über die Stuten, über die Therapie, das Auftreten von Komplikationen, die Dauer des Aufenthaltes und den Zustand der Patienten bei der Entlassung. Es konnten Besitzer von 52 behandelten Fohlen telefonisch zur weiteren Entwicklung der Tiere befragt werden.

Folgende Zahlen vermitteln ein klinisches Bild des betrachteten Patientenkollektivs:

- 67 % (90 Tiere) männliche und 33 % (44 Tiere) weibliche Neonaten
- 19 % (26 Tiere) mit gestörtem Geburtsverlauf geboren
- 21 % (28 Tiere) prämaturn
- 69 % (92 Tiere) entwickelten Symptome am ersten Lebenstag
- 64 % (86 Tiere) wurden am ersten Lebenstag in die Klinik eingeliefert
- 58 % (77 Tiere) zeigten Koliksymptome
- Bei 66 % (89 Tiere) war vor der Einlieferung Mekoniumabgang beobachtet worden
- 78 % (104 Tiere) waren vorbehandelt worden
- Bei 83 % (110 Tiere) war Mekonium rektal palpierbar
- 71 % (96 Tiere) mit erhaltenem Stehvermögen
- 33 % (44 Tiere) mit ungestörtem Allgemeinbefinden

- 68 % (91 Tiere) hatten eine oder mehrere Begleiterkrankungen
- Therapie: 62 % (83 Tiere) ausschließlich konservativ, 35 % (47 Tiere) chirurgisch, 1,5 % (2 Tiere) ohne Therapie (beide verstorben)
- 39 % (52 Tiere) entwickelten Komplikationen nach der Behandlung
- 78 % (105 Tiere) gesund entlassen, 1,5 % (2 Tiere) krank entlassen, 20 % (26 Tiere) euthanasiert oder verstorben, 1 Tier ohne Angabe

Das Prognosemodell wurde mithilfe einer multiplen schrittweisen logistischen Regression gewonnen. Das Ergebnis ist eine Prognosefunktion, die in Abhängigkeit von den Merkmalswerten der isolierten Einflussgrößen eines Fohlens die Wahrscheinlichkeit angibt, dass die Zielgröße eintritt.

Zur **Zielgröße Sterben**:

Durch die logistische Regression wurden vorwärtsselektiv aus den 59 erfassten die Merkmale Reife (matur, prä matur), Base Excess (mmol / l), Atemfrequenz (Züge pro Minute) und Thrombozytenzahl (G / l) als stärkste Einflussgrößen isoliert:

Die Regressionsgleichung lautet:

$$P(\text{Reife}, \text{ABE}, \text{AF}, \text{PLT}) = \frac{e^{2,925+1,923\text{Reife}-0,144\text{ABE}-0,0525\text{AF}-0,0928\text{PLT}}}{1 + e^{2,925+1,923\text{Reife}-0,144\text{ABE}-0,0525\text{AF}-0,0928\text{PLT}}}$$

Sie sagt aus, dass ein prä matures Fohlen eine um das Siebenfache höhere Chance zu sterben hat als ein matures und die Überlebenswahrscheinlichkeit mit einer Erhöhung der übrigen drei Einflussgrößen wächst.

Im Einzelnen bewirkt

- eine Erhöhung des Base Excess um 1 Einheit (1 mmol / l) eine Erniedrigung der Chance zu sterben um den Faktor 0,866,
- die Erhöhung der Atemfrequenz um einen Atemzug pro Minute ein Absenken der Chance zu sterben um den Faktor 0,949,

- eine Erhöhung der Thrombozytenzahl um 10 G / l eine Verringerung der Chance zu Sterben um den Faktor 0,911.

Um die Praxistauglichkeit zu erhöhen, wurden eindimensionale Projektionen für jede der Einflussgrößen und ein Tabellenwerk als weitere Darstellungsformen des Ergebnisses bereitgestellt.

Aus den Zusammenhangsanalysen resultieren folgende Aussagen über den Einfluss weiterer Merkmale:

- 90 % der murenen Tiere überleben,
- 57 % der nicht murenen Tiere sterben,
- 86 % der Tiere mit erhaltenem Stehvermögen (allein oder mit Hilfe) überleben,
- 62 % der nicht stehfähigen Tiere sterben,
- 74 % der Tiere mit Begleiterkrankungen überleben,
- 95 % der Tiere ohne Begleiterkrankungen überleben.

Die Merkmale Geschlecht und Reife wirken wie folgt gemeinsam auf das Sterben:

- 15 % der männlichen und 30 % der weiblichen Fohlen sterben,
- 18 % der männlichen und 32,5 % der weiblichen Fohlen sind prämaturn,
- Es sterben 26 % der männlichen und 62 % der weiblichen prämaturnen Fohlen.
- 

Für die Laborwerte mit signifikantem Einfluss auf das Überleben eines Tieres zeigte sich: Gestorbene Tiere hatten eine um (Mittelwerte in Klammern)

- 14 % höhere Kaliumkonzentration (3,7 bzw. 4,2 mmol / l),
- 79 % höhere Laktatkonzentration (umgerechnet 2,8 bzw. 5,0 mmol / l),
- 8 % höheren Kohlendioxidpartialdruck (6,8 bzw. 7,33 kPa),
- 7 % höhere Konzentration des ionisierten Kalziums (1,49 bzw. 1,6 mmol / l),
- 36 % niedrigere Immunglobulin G-Konzentration (642 bzw. 410 mg / dl),
- 117 % niedrigeren Base Excess (3,22 bzw. -0,558 mmol / l),
- 17 % niedrigere Thrombozytenzahl (327 bzw. 270 G / l),
- 27 % geringere Leukozytenzahl (8,5 bzw. 6,2 G / l) und

- 9 % niedrigere Bikarbonat-konzentration (28,6 bzw. 26,1 mmol / l).

Erste Symptome der Mekoniumobstipation zeigen sich bei überlebenden Tieren im Mittel nach einer Lebenszeit von 8:50 Stunden, bei gestorbenen Tieren nach 4:13 Stunden.

Basis für die Messung der internen Validität der Regressionsfunktion waren die Datensätze von insgesamt 108 Fohlen. Die verbliebenen waren dazu aufgrund teilweise fehlender Daten nicht geeignet. Drei  $\chi^2$ -basierte Teststatistiken und der AUC-Wert von 0,8739 (Fläche unter der ROC-Kurve) bescheinigten eine gute bis sehr gute Anpassung des Modells an die Stichprobe. Die externe Validität, also die Gültigkeit der Prognose z.B. für gleichwertige Daten einer anderen Klinik oder einer Tierarztpraxis mit einem eher anderen Patientenquerschnitt, ist nicht geprüft worden.

Beste Prognosewerte lieferte die Prognosefunktion bei einem Trennwert von 0,71. Dabei ergaben sich die charakteristischen Werte

- Sensitivität = 0,71
- Spezifität = 0,95
- negativer Voraussagewert = 0,95
- positiver Voraussagewert = 0,71.

Das Regressionsverfahren zur **Wundheilungsstörung** endete ergebnislos. Es konnte kein signifikanter Prädiktor gefunden werden.

Die logistische Funktion zur **Kolikprognose** im Laufe des ersten Lebensjahres enthält als Einflussgrößen die Herzfrequenz (zum Zeitpunkt der Vorstellung in der Klinik aufgrund der Mekoniumobstipation) und das Alter der Stute. Dieses Ergebnis wird als medizinisch nicht plausibel verworfen.

## 7 Summary

In the present work, a model for the prognosis of meconium impaction was developed, offering a component to the attending vet – also regarding economical aspects – for a best possible prediction of disease outcome to supplement an otherwise profound therapeutic decision. To this end, three binary variables survival, postoperative wound healing deficit and occurrence of further colics during the first year of age were considered.

The medical records of 134 foals, that were treated between 2005 and 2013 at the Clinic for Obstetrics, Gynaecology and Andrology of Large and Small Animals at the University of Giessen concerning meconium impaction, were reviewed. At presentation, a detailed medical history and physical examination were conducted in a standardised process and laboratory parameters were gathered. Further blood analyses followed throughout treatment. The data also included information about mares, therapy, occurrence of complications, duration of stay and the condition of the patients at the point of discharge. 52 owners of the treated foals could be interviewed by telephone on the further development.

The following numbers convey a clinical picture of the patient population:

- 67 % (90 foals) male and 33 % (44 foals) female neonates
- 19 % (26 foals) born with dystocia
- 21 % (28 foals) premature
- 69 % (92 foals) developed symptoms on the first day
- 64 % (86 foals) were hospitalised on the first day
- 58 % (77 foals) showed colic symptoms
- 66 % (89 foals) meconium egestion was observed before presentation
- 78 % (104 foals) had been pre-treated
- For 83 % (110 foals) digital rectal palpation of meconium was possible
- 71 % (96 foals) had ability to stand
- 33 % (44 foals) in good general condition
- 68 % (91 foals) had one or more comorbidities

- Therapy: 62 % (83 foals) only conservative treatment, 35 % (47 foals) surgical treatment, 1,5 % (2 foals) without therapy (both deceased)
- 39 % (52 foals) showed complications after treatment
- Outcome: 78 % (105 foals) discharged healthy, 1,5 % (2 foals) discharged not healthy, 20 % (26 foals) euthanised or deceased, 1 foal not reported

The prognosis model was attained using a multivariable stepwise logistic regression model. The result is a prognosis function that states the probability of the dependent variable subject to characteristic values of a foal's isolated influential variables.

About the **dependent variable survival**:

From the 59 attributes, the logistic regression forward-selectively isolated prematurity (mature/ premature), base excess (mmol / l), respiratory rate (breaths per minute) and platelets (G / l) as the strongest influential variables.

The regression equation was:

$$P(\text{Reife}, \text{ABE}, \text{AF}, \text{PLT}) = \frac{e^{2,925+1,923\text{Reife}-0,144\text{ABE}-0,0525\text{AF}-0,0928\text{PLT}}}{1 + e^{2,925+1,923\text{Reife}-0,144\text{ABE}-0,0525\text{AF}-0,0928\text{PLT}}}$$

The equation reveals that a premature foal has a seven times higher chance of deceasing than a mature foal and that the probability of survival grows with an increase of the remaining three influential variables.

More specifically,

- A one unit (1 mmol / l) increase of base excess decreases the chance of deceasing by a factor of 0.866,
- The increase of the respiratory rate by one breath per minute decreases the chance of deceasing by a factor of 0.949,

- The increase of platelets of 10 G/l decreases the chance of deceasing by a factor of 0.911.

To increase practicability, one-dimensional projections and tables were provided for every influential variable as further means of documentation of the results.

The following statements regarding the influence of further attributes resulted from correlation analyses:

- 90 % of mature foals survive,
- 57 % of premature foals decease
- 86 % of foals with the ability to stand (alone or with help) survive
- 62 % of foals without the ability to stand decease,
- 74 % of foals with comorbidity survive,
- 95 % of foals without comorbidity survive.

The attributes sex and maturity affect survival as follows:

- 15 % of male and 30 % of female foals decease,
- 18 % of male and 32,5 % of female foals are premature,
- 26 % of male premature and 62 % of female premature foals decease

Laboratory parameters with significant influence on the survival of a foal showed: Deceased foals had a (mean values in parentheses)

- 14 % higher potassium concentration (3.7 and 4.2 mmol/l respectively),
- 79 % higher lactate concentration (converted 2.8 and 5.0 mmol/l),
- 8 % higher partial pressure of carbon dioxide (6.8 and 7.33 kPa),
- 7 % higher calcium concentration (1.49 and 1.6 mmol/l),
- 36 % lower immunglobulin g concentration (642 and 410 mg/dl),
- 117 % lower base excess (3.22 and -0.558 mmol/l),
- 17 % lower platelets count (327 and 270 G/l),
- 27 % lower count of white blood cells (8.5 and 6.2 G/l) and

- 9 % lower hydrogen carbonate concentration (28.6 and 26.1 mmol/l)

First symptoms of meconium impaction on average occurred after a lifetime of 8:50 hours for surviving and 4:13 hours for deceased foals.

The datasets of a total of 108 foals served as the basis for the measurement of internal validity of the regression function. The remaining ones were not suitable to this end due to partially missing data. Three  $\chi^2$ -based test statistics and an AUC-value of 0.8739 (area under the ROC-curve) attest the model a good to very good fit to the sample. The external validity, i.e. the validity of the prognosis for e.g. equal data from another clinic or veterinary practice with a different cross section of patients, was not assessed.

The prognosis function provided the best prognosis values for a cut-off score of 0.71. From this, the following characteristic values arose:

- sensitivity = 0.71
- specificity = 0.95
- negative predictive value = 0.95
- positive predictive value = 0.71.

The regression analysis of **wound healing deficit** concluded without result. No significant predictor could be found.

The logistic function for the prognosis of **colics within the first year of life** includes heart rate (at the time of presentation in the clinic due to meconium impaction) and the age of the mare as influential variables. This result is being discarded as medically not plausible.

## 8 Literaturverzeichnis

- ADAMS, R., KOTERBA, A. M., BROWN, M. P., CUDD, T. C. und BAKER, W. A.  
(1988)  
Exploratory celiotomy for gastrointestinal disease in neonatal foals: A review of 20 cases  
Equine vet. J. 20 (1), 9–12.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. und WEIBER, R. (2011a)  
Logistische Regression  
In: BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. und WEIBER, R.  
Multivariate Analysemethoden  
13. Auflage, Verlag Springer, Heidelberg, 249-302.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. und WEIBER, R. (2011b)  
Multikollinearität  
In: BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. und WEIBER, R.  
Multivariate Analysemethoden  
13. Auflage, Verlag Springer, Heidelberg, 93-95.
- BÄUMER, G. (1997)  
Fohlenerkrankungen und – verluste in den ersten Lebensabschnitten  
Diss. med. vet., Berlin

BARR, B. (2007)

Other Common Problems in Neonatal Foals

Proceedings of the North American Veterinary Conference, Orlando, Florida, 84–86.

BARTMANN, C.-P., GLITZ, F., v. OPPEN, T., LORBER, K. J., BUBECK, K., KLUG, E. und DEEGEN, E. (2001)

Diagnosis and surgical management of colic in the foal

Pferdeheilkunde 17 (6), 676–680.

BAXTER, G. M., BROOME, T. E. und MOORE, J. N. (1989)

Abdominal Adhesions after Small Intestinal Surgery in the Horse

Veterinary Surgery 18 (6), 409-414.

BEHN, C. und BOSTEDT, H. (2000)

Technik der Abdominalsonographie beim neugeborenen Fohlen und Darstellung von Normalbefunden

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 113, 335–343.

BEHNKE, J. (2015)

Interpretation der Koeffizienten der logistischen Regression

In: BEHNKE, J.

Logistische Regressionsanalyse

Verlag Springer Fachmedien, Wiesbaden; 77-83.

BOHANON, T. C. (2005)

Colic in the Equine Neonate

Proceedings of the North American Veterinary Conference, Orlando, Florida, 129–131.

BOLLWEIN, H., SCHAD, C., MÄRKLE-RUTZ, I., SCHEIFELE, N. und BRAUN, J.  
(1998)

Zur Behandlung prämaturer Fohlen

Pferdeheilkunde 14 (1), 19-27.

BORTZ, J. und SCHUSTER, Ch. (2010)

Spezielle Korrelationstechniken

In: BORTZ, J. und SCHUSTER, Ch.

Statistik

7. Auflage, Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 174-178.

BOSTEDT, H. (1987)

Das neugeborene Fohlen als Notfallpatient

Prakt. Tierarzt 68 (1), 34–43.

BOSTEDT, H. (2006)

Gastroenterale Erkrankungen: Mekoniumverhaltung

In: DIETZ, O. und HUSKAMP, B. (Hrsg.)

Handbuch Pferdepraxis

3. Auflage, Verlag Enke, Stuttgart, 145–152.

BOSTEDT, H. und THEIN, P. (1990)

Erkrankungen des Verdauungssystems: Mekoniumverhaltung, Mekoniumobstipation

In: WALSER, K. und BOSTEDT, H. (Hrsg.)

Neugeborenen- und Säuglingskunde der Tiere

1. Auflage, Verlag Enke, Stuttgart, 214–218.

BOSTEDT, H., HOSPES, R. und HERFEN, K. (1997)

Programm zur frühzeitigen Erkennung von Krankheitszuständen bei Fohlen in den ersten 24 Lebensstunden

Tierärztl. Prax. 25 (46), 594–597.

BREWER, B. D. und KOTERBA, A. M. (1988)

Development of a scoring system for the early diagnosis of equine neonatal sepsis

Equine Vet. J. 20 (1), 18-22.

BROMMER, H., SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, M. M. und KESSELS, B. (2001)

Haematological and blood biochemical characteristics of Dutch warmblood foals managed under three different rearing conditions from birth to 5 months of age

Vet Quart 23, 92-95.

CABLE, C. S., FUBINI, S. L., ERB, H. N. und HAKES, J. E. (1997)

Abdominal surgery in foals: a review of 119 cases (1977–1994)

Equine vet. J. 29 (4), 257–261.

CORLEY, K. (2010)

How to Treat a Meconium Retention

Proceedings of the 15th Annual Meeting of the Italian Association of Equine Veterinarians, Carrara, Italy, 187–188.

CUDD, T. A. (1990)

Gastrointestinal system dysfunction: Evaluation of acute abdominal pain

In: KOTERBA, A. M., DRUMMOND, W. H. und KOSCH, P. C. (Hrsg.)

Equine Clinical Neonatology

1. Auflage, Verlag Lea&Febiger, Philadelphia, London, 367–378.

CYTEL STUDIO LOGXACT VERS. 9.0.0 (2010)

Statistical Software for Regression Procedures featuring Exact Methods, User Manual.

CYTEL Inc., Cambridge, MA 02139, U.S.A.

DIXON, W. J. (chief editor) (1993)

BMDP Statistical Software Manual, Volume 1 and 2

University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London

DUDZIAK, N. (2015)

Laparotomie beim Fohlen – dargestellt am Patientengut der Chirurgischen Tierklinik Leipzig

Diss. med. vet., Leipzig

EBERHARDT, C. (1991)

Diagnose und Therapie der Hypogammaglobulinämie beim Fohlen

Diss. med. vet., Hannover

EDINGER, J. (2011)

Orthopädische Erkrankungen: Septische Arthritis

In: FEY, K. und KOLM, G. (Hrsg.)

Fohlenmedizin

1. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart, 375-382.

EID, M., GOLLWITZER, M. und SCHMITT, M. (2011a)

Zusammenhänge zwischen zwei Variablen: Korrelations- und Assoziationsmaße

In: EID, M., GOLLWITZER, M., SCHMITT, M.

Statistik und Forschungsmethoden

2. Auflage, Verlag Beltz, Weinheim, Basel, 497-559.

EID, M., GOLLWITZER, M. und SCHMITT, M. (2011b)

Der t-Test für unabhängige Stichproben

In: EID, M., GOLLWITZER, M., SCHMITT, M.

Statistik und Forschungsmethoden

2. Auflage, Verlag Beltz, Weinheim, Basel, 308-317.

FAILING, K., MASSING, S. und BÜLTE, M. (2004)

Die logistische Regression mit Wechselwirkungen zwischen den Einflussfaktoren, angewandt am Beispiel des Nachweises von *E. coli* O157.H7 aus künstlich kontaminiertem Rinderhackfleisch

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 111, 185-188.

FISCHER, A. T., KERR, L. Y. und O´BRIEN, T. R. (1987)

Radiographic diagnosis of gastrointestinal disorders in the foal

Vet. Radiol. 28 (2), 42–48.

FISCHER, A. T. und YARBROUGH, T. Y. (1995)

Retrograde contrast radiography of the distal portions of the intestinal tract in foals

J. Am. Vet. med. Ass. 207 (6), 734–737.

GERHARDS, H., KLEIN, H.-J. und OFFENEY, F. (1990)

Röntgendiagnose abdominaler Erkrankungen bei Fohlen und Ponys: Teil II: Pathologische Befunde von 60 Fällen

Tierärztl. Prax. 18, 383–399.

GINTHER, O. und WILLIAMS, D. (1996)

On-the-farm incidence and nature of equine dystocias

J Equine Vet Sc, 16, 159-164.

GORLT, R. (2004)

Untersuchung zum Blutgas- und Säure-Basen-Status bei neugeborenen Fohlen  
mittels netzunabhängiger Messmethode unter Berücksichtigung des Giessener  
Vorsorgeprogramms

Diss. med. vet., Giessen

HALLEY, J. (1987)

Retained Meconium

In: ROBINSON, N. E. (Hrsg.)

Current Therapy in Equine Medicine

2. Auflage, Verlag W. B. Saunders Company, Philadelphia, 117–118.

HARVEY, J. W., ASQUITH, R. L., McNULTY, P. K. et al. (1984)

Haematology on foals up to one year old

Equine Vet J, 27, 601 – 605.

HEDDERICH, J. und SACHS, L. (2012a)

Logistische Regression

In: HEDDERICH, J. und SACHS, L.

Angewandte Statistik

14. Auflage, Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, 720-747.

HEDDERICH, J. und SACHS, L. (2012b)

Wilcoxon-Rangsummentest für zwei unabhängige Stichproben (U-Test)

In: HEDDERICH, J. und SACHS, L.

Angewandte Statistik

14. Auflage, Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, 481-494.

HEDDERICH, J. und SACHS, L. (2012c)

Der diagnostische Test

In: HEDDERICH, J. und SACHS, L.

Angewandte Statistik

14. Auflage, Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, 163-172.

HENNING, S. (2004)

100 Jahre Pferdezucht und Pferdesport. Dramatischer Rückgang des Pferdebestandes.

FN-Verlag, Warendorf, 222-267.

HOSMER, D. W. und LEMESHOW, S. (2000)

Summary Measures of Goodness-of-Fit

In: HOSMER, D. W. und LEMESHOW, S.

Applied Logistic Regression

2. Auflage, John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, 144-167.

HOSPES, R. (2011)

Neonatale Prä- und Dysmaturität

In: FEY, K. und KOLM, G. (Hrsg.)

Fohlenmedizin

1. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart, 198-204.

HUGHES, F. E., MOLL, H. D. und SLONE, D. E. (1996)

Outcome of surgical correction of meconium impactions in 8 foals

J. Eq. vet. Sci. 16 (4), 172–175.

HUNT, J. M. (1988)

Abdominal surgery in the neonatal foal

Editorials

Equine vet. J. 20 (1), 1–6.

HURCOMBE, S. D. A., TORIBIO, R. E., SLOVIS, N., KOHN, C. W., REFSAL, K.,  
SAVILLE, W. und MUDGE, M. C. (2008)

Blood Arginine Vasopressin, Adrenocorticotropin Hormone, and Cortisol  
Concentrations at Admission in Septic and Critically Ill Foals and their Association  
with Survival

J Vet Intern Med 22, 639-647.

KNOTTENBELT, D. C., HOLDSTOCK, N. und MADIGAN, J. E. (2007a)

Krankheitsbilder - Kolik und Tenesmus: Mekoniumverhaltung

In: KNOTTENBELT, D. C., HOLDSTOCK, N., MADIGAN, J. E. (Hrsg.)

Neonatologie der Pferde

1. Auflage, Verlag Elsevier GmbH, München, 302–305.

KNOTTENBELT, D. C., HOLDSTOCK, N. und MADIGAN, J. E. (2007b)

Perinatale Phase: Adaptation des Fohlens

In: KNOTTENBELT, D. C., HOLDSTOCK, N., MADIGAN, J. E. (Hrsg.)

Neonatologie der Pferde

1. Auflage, Verlag Elsevier GmbH, München, 1-32.

KNOTTENBELT, D. C., HOLDSTOCK, N. und MADIGAN, J. E. (2007c)

Krankheitsbilder – Prämaturität und Dysmaturität

In: KNOTTENBELT, D. C., HOLDSTOCK, N., MADIGAN, J. E. (Hrsg.)

Neonatologie der Pferde

1. Auflage, Verlag Elsevier GmbH, München, 189-194.

KNOTTENBELT, D. C., HOLDSTOCK, N. und MADIGAN, J. E. (2007d)

Kongenitale Defekte und hereditäre Erkrankungen - Verdauungsapparat

In: KNOTTENBELT, D. C., HOLDSTOCK, N., MADIGAN, J. E. (Hrsg.)

Neonatologie der Pferde

1. Auflage, Verlag Elsevier GmbH, München, 117-133.

KÖHLER, M. und LEENDERTSE, I. P. (1996)

Erkrankungen des Fohlens: Mekoniumverhaltung

In: KÖHLER, M. und LEENDERTSE, I. P.

Fohlenkrankheiten

1. Auflage, Verlag Gustav Fischer, Jena, 53-55.

KOTERBA, A. M. (1990)

Physical Examination

In: KOTERBA, A. M., DRUMMOND, W. H. und KOSCH, P. C. (Hrsg.)

Equine Clinical Neonatology

1. Auflage, Verlag Lea&Febiger, Philadelphia, London, 71–86.

KOTERBA, A. M., BREWER, B. D. und TARPLEE, F. A. (1984)

Clinical and clinicopathological characteristics of the septicaemic neonatal foal:  
Review of 38 cases

Equine vet. J. 16 (4), 376–383.

LEBLANC, M. M., BALDWIN, J. und PRITCHARD, E. L. (1992)

Factors that influence passive transfer of immunoglobulins in foals

J. Am. Vet. med. Ass. 220, 197–183.

LEENDERTSE, I. P. und BOENING, K. J. (1991)

Perinatale Intensivmedizin beim Fohlen: Ergebnisse von 128 Fällen

Pferdeheilkunde 7 (3), 137–151.

LOOSE, M. (2009)

Untersuchung zur Häufigkeit, Symptomatik und Prognose puerperaler Erkrankungen der Stute

Diss. med. vet., Gießen

MADIGAN, J. E. und GOETZMAN, B. W. (1990)

Use of an Acetylcysteine Solution Enema for Meconium Retention in the Neonatal Foal

Proceedings of the 36th annual convention of the American Association of Equine Practitioners, Lexington, Kentucky, 117–119.

McAULIFFE, S. B. und SLOVIS, N. M. (2008)

The gastrointestinal system: Meconium impaction

In: McAULIFFE, S. B. und SLOVIS, N. M.

Color Atlas of Diseases and Disorders of the Foal

2. Auflage, Verlag Saunders Elsevier, Philadelphia, 89-91.

McCUE, P. (2006)

Meconium Impaction in Newborn Foals

J. Eq. vet. Sci. 26 (4), 152–155.

McCUE, P. und FERRIS, R. (2012)

Parturition, dystocia and foal survival: a retrospective study of 1047 births

Equine Vet J 44 Suppl. 41, 22-25.

MEINECKE, B. (1984)

Störungen in der Neugeborenenperiode des Fohlens

Prakt. Tierarzt 65 (1), 19–28.

O'BRIEN, R. T. und PEARSON, H. A. (1971)

Physiologic anaemia of the newborn infant

J. Pediat. 79, 132-138.

PARRY, B. W., ANDERSON, G. A. und GAY, C. C. (1983)

Prognosis in equine colic: A study of individual variables used in case assessment

Equine vet. J. 15, 337-344.

PETZINGER, E. (2007)

Pharmakologie der Verdauung: Pharmakologie des Darmes – Laxantien

In: FREY, H.-H. und LÖSCHER, W. (Hrsg.)

Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin

2. Auflage, Verlag Enke, Stuttgart, 228–279.

PUOTUNEN-REINERT, A. (1986)

Study of variables commonly used in examination of equine colic cases to assess prognostic value

Equine vet. J. 18 (4), 275-277.

PUSTERLA, N., MAGDESIAN, K. G., MALESKI, K., SPIER, S. J. und  
MADIGAN, J. E. (2004)

Retrospective evaluation of the use of acetylcysteine enemas in the treatment of meconium retention in foals: 44 cases (1987-2002)

Equine vet. Educ. 16 (3), 133–136.

ROHRBACH, B. W., BUCHANAN, B. R., DRAKE, J. M., ANDREWS, F. M., BAIN, F. T., BYARS, D. T., BERNARD, W. V., FURR, M. O., PARADIS, M. R., LAWLER, J. und DUNKEL, B. (2006)

Use of a multivariable model to estimate the probability of discharge in hospitalized foals that are seven days of age or less

J. Am. Vet. med. Ass. 228 (11), 1748–1756.

ROSCHER, K. (2011)

Hämatologie und klinische Chemie

In: FEY, K. und KOLM, G. (Hrsg.)

Fohlenmedizin

Enke Verlag, Stuttgart, 178–196.

ROSENTHAL, R. (1984)

Computing Effect Sizes

In: Meta-Analytic Procedures for Social Research

Sage Publications, Beverly Hills, CA, 24-25.

SCARRATT, W. K., WALLACE, M. A., PLEASANT, R. S., SYSEL, A. M., FELDMAN, B. und JONES, J. C. (1997)

Chylothorax and meconium impaction in a neonatal colt

Equine vet. J. 29 (1), 77–79.

SEILER, S. (1999)

Labordiagnostische Untersuchungen bei neugeborenen Fohlen sowie bei Stuten im peripartalen Zeitraum

Diss. med. vet., München

SEMRAD, S. und SHAFTOE, S. (1992)

Gastrointestinal diseases of the neonatal foal

In: MILLS, L. (ed)

Current Therapy in Equine Medicine

3rd ed, Saunders, Philadelphia, 445-455.

SHAW, A. (1969)

Safety of N-acetylcysteine in treatment of meconium obstruction of the newborn

J. Pediatr. Surg. 4 (1), 119-125.

SIGRIST, N. und MOSING, M. (2011)

Blutgase und Elektrolyte

In: FEY, K. und KOLM, G. (Hrsg.)

Fohlenmedizin

Enke Verlag, Stuttgart, 159–177.

SINGER, E. R. und LIVESEY, M. A. (1997)

Evaluation of exploratory laparotomy in young horses: 102 cases (1987-1992)

J. Am. Vet. med. Ass. 211 (9), 1158–1162.

SOBIRAJ, A., HERFEN, K. und BOSTEDT, H. (2000)

Die Mekoniumobstipation bei Fohlen: Konservative und operative Therapie unter besonderer Berücksichtigung von Komplikationen

Tierärztl. Prax. 28, 347–354.

SOBIRAJ, A., WARKO, G., LEHMANN, B. und BOSTEDT, H. (1992)

Das Lebensschwachesyndrom (LSS) bei neugeborenen Fohlen. Retrospektive Untersuchungen zu dessen ätiologischer Abklärung sowie zu den Heilungsaussichten

Tierärztl. Praxis 20, 287-291.

STOLZ, V. (2008)

Untersuchung zur Situation der Pferdereproduktionsmedizin in Deutschland

Diss. med. vet., Gießen.

STONEHAM, S. J. (1998)

Respiratory distress in the neonatal foal

Equine vet. Educ. 10 (5), 242-249.

THEIN, P. und ESSICH, G. (1993)

Untersuchungen von Fohlenerkrankungen und Fohlenverlusten

Tierärztl. Prax. 21, 233–238.

ULRICH, T. (2009)

Erkrankungshäufigkeit und prognostische Bedeutung von ausgewählten Laborparametern beim neugeborenen Fohlen

Diss. med. vet., Giessen.

URBAN, D. und MAYERL, J. (2011)

Binär-logistische Regressionsanalyse

In: URBAN, D., MAYERL, J.

Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Anwendung

4. Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 331-352.

VAALA, W. E. (2011)

Meconium Impaction

In: MCKINNON, A. O., SQUIRES, E. L., VAALA, W. E. und VARNER, D. D.

(Hrsg.)

Equine Reproduction: Volume 1

2. Auflage Vol. 1, Verlag Wiley-Blackwell, Chichester, United Kingdom, 379–384.

VATISTAS, N. J., SNYDER, J. R., WILSON, W. D., DRAKE, C. und HILDEBRAND, S. (1996)

Surgical treatment for colic in the foal (67 cases): 1980–1992

Equine vet. J. 28 (2), 139–145.

VELDE, K. und KOLM, G. (2011a)

Mechanische Probleme im Dick- und Enddarmbereich: Mekoniumverhalten

In: FEY, K. und KOLM, G. (Hrsg.)

Fohlenmedizin

1. Auflage, Verlag Enke, Stuttgart, 325–326.

VELDE, K. und KOLM, G. (2011b)

Mechanische Probleme im Dick- und Enddarmbereich: Entzündlich und funktionell bedingte Störungen des Darms

In: FEY, K. und KOLM, G. (Hrsg.)

Fohlenmedizin

1. Auflage, Verlag Enke, Stuttgart, 327–337.

WÄELCHLI, R. O., LUTZ, H., HERMANN, M. und EGGENBERGER, E. (1992)

Klinisch-chemische Blutparameter beim Fohlen in den ersten zwei Lebensmonaten

Schweiz. Arch. Tierheilk. 134, 471-782.

WILKINS, P. A. (2006)

Post-opératoire du patient critique / Post-operative management of the critical ill patient

Proceedings des 34èmes Journées Annuelles de l'Association Vétérinaire Equine Française, Versailles, France.

WILSON, J. H. (1987)

Gastrointestinal problems in foals

In: ROBINSON, N. E. (Hrsg.)

Current Therapy in Equine Medicine

2. Auflage, Verlag W. B. Saunders Company, Philadelphia, 232–241.

WILSON, J. H. und CUDD, T. A. (1990)

Common gastrointestinal diseases

In: KOTERBA, A. M., DRUMMOND, W. H. und KOSCH, P. C. (Hrsg.)

Equine Clinical Neonatology

1. Auflage, Verlag Lea&Febiger, Philadelphia, London, 412–429.

YAMOMOTO, K., YASUDA, J. und TOO, K. (1992)

Arrhythmias in newborn Thoroughbred foals

Equine vet. J. 23, 169-173.

## 9 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ANTEIL UND ERFOLG KONSERVATIVER UND CHIRURGISCHER THERAPIE BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN BETRACHTETEN STUDIEN DER JAHRE 1988 BIS 2001 .....	21
TABELLE 2: STANDARDISIERTER BEWERTUNGSSCHLÜSSEL FÜR DEN GESUNDHEITZUSTAND DER FOHLEN BEI ENTLASSUNG .....	33
TABELLE 3: ABSOLUTE UND RELATIVE HÄUFIGKEITEN DER GESCHLECHTSVERTEILUNG, DES GEBURTSVERLAUFES UND DES ENTWICKLUNGSZUSTANDES BEI EINLIEFERUNG DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (PROZENTLÜCKEN AUFGRUND FEHLENDER DATEN).....	45
TABELLE 4: GESCHLECHT VS. ÜBERLEBEN DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN) UND ÜBERLEBENSRATE (N = 133) .....	46
TABELLE 5: GEBURTSVERLAUF VS. ÜBERLEBEN DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN) UND ÜBERLEBENSRATE (N = 122) .....	46
TABELLE 6: ENTWICKLUNGSZUSTAND VS. ÜBERLEBEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN) UND ÜBERLEBENSRATE (N = 124) .....	47
TABELLE 7: GESCHLECHT VS. KOLIKSYMPTOME NACH DER ENTLASSUNG VON FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN, N = 51).....	47
TABELLE 8: HÄUFIGKEIT VON ERNEUTEN KOLIKEN NACH DER ENTLASSUNG NACH DYSTOKIEN BEI GEBURTEN VON FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 47) .....	48
TABELLE 9: HÄUFIGKEIT VON KOLIKEN NACH DER ENTLASSUNG NACH DEM ENTWICKLUNGSZUSTAND BEI EINLIEFERUNG DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 48).....	48
TABELLE 10: AUFTRETEN VON WUNDHEILUNGSSTÖRUNGEN NACH OPERATION BEI MÄNNLICHEN UND WEIBLICHEN FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 48) .....	49
TABELLE 11: AUFTRETEN VON WUNDHEILUNGSSTÖRUNGEN POST OPERATIONEM NACH DYSTOKIE BZW. EUTOKIE BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 44).....	49
TABELLE 12: ENTWICKLUNGSZUSTAND VS. WUNDHEILUNGSSTÖRUNG NACH OPERATION VON FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 47).....	50
TABELLE 13: BEOBACHTETER MEKONIUMABGANG VOR EINLIEFERUNG IN DIE KLINIK VS. ÜBERLEBEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 115) .....	54
TABELLE 14: BEOBACHTETER MEKONIUMABGANG VOR EINLIEFERUNG IN DIE KLINIK VS. WUNDHEILUNGSSTÖRUNG <i>POST OPERATIONEM</i> BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 43) ...	54

TABELLE 15: BEOBACHTETER MEKONIUMABGANG VOR EINLIEFERUNG IN DIE KLINIK VS. KOLIKSYMPTOME NACH ENTLASSUNG BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 46).....	55
TABELLE 16: ABSOLUTE UND RELATIVE HÄUFIGKEIT DER ERFOLGTEN VORBEHANDLUNGEN VOR EINLIEFERUNG DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DIE KLINIK (MIT MEHRFACHNENNUNGEN; N = 104), UNTERTEILT NACH KLISTEREN BZW. REKTALSPÜLUNGEN UND ANDEREN VORBEHANDLUNGEN.....	56
TABELLE 17: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{X}$ ), STANDARDABWEICHUNG (S), MEDIAN SOWIE MINIMUM (MIN) UND MAXIMUM (MAX) DER HERZFREQUENZ (IN SCHLÄGEN PRO MINUTE), DER ATEMFREQUENZ (IN ATEMZÜGEN PRO MINUTE) UND DER REKTALEN KÖRPERINNENTEMPERATUR (IN GRAD CELSIUS) DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION BEI EINLIEFERUNG IN DIE KLINIK.....	58
TABELLE 18: MEKONIUM PALPIERBAR VS. ÜBERLEBEN DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 125) .	58
TABELLE 19: STEHVERMÖGEN VS. ÜBERLEBEN DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN) UND ÜBERLEBENSRATE (N = 126) .....	59
TABELLE 20: STEHVERMÖGEN VS. WUNDHEILUNGSSTÖRUNG NACH OPERATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG (N = 48) .....	60
TABELLE 21: STEHVERMÖGEN VS. KOLIKSYMPTOME NACH ENTLASSUNG BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG (N = 51) .....	60
TABELLE 22: ALLGEMEINBEFINDEN VS. ÜBERLEBEN DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION - ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN UND ÜBERLEBENS RATEN (N = 126) .....	61
TABELLE 23: ALLGEMEINBEFINDEN VS. KOLIKSYMPTOME NACH ENTLASSUNG DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN, N = 49).....	61
TABELLE 24: ALLGEMEINBEFINDEN VS. WUNDHEILUNGSSTÖRUNG NACH OPERATION DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 46).....	62
TABELLE 25: ABSOLUTE UND RELATIVE HÄUFIGKEITEN DER BEGLEITERKRANKUNGEN BEI EINLIEFERUNG DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DIE KLINIK (N = 91; MEHRFACHNENNUNGEN SIND MÖGLICH)	63
TABELLE 26: BEGLEITERKRANKUNGEN VS. ÜBERLEBEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN) UND ÜBERLEBENS RATE (N = 128) .....	64
TABELLE 27: BEGLEITERKRANKUNGEN VS. KOLIKSYMPTOME NACH DER ENTLASSUNG BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG (N = 48) .....	64
TABELLE 28: BEGLEITERKRANKUNGEN VS. WUNDHEILUNGSSTÖRUNGEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG (N = 44) .....	64
TABELLE 29: ÜBERSICHT DER ERFOLGREICHEN KONSERVATIVEN THERAPIE DER MEKONIUMOBSTIPATION BEI FOHLEN MIT KLISTEREN ODER REKTALSPÜLUNGEN .....	65

TABELLE 30: ÜBERSICHT ZUR KONSERVATIVEN THERAPIE DER MEKONIUMOBSTIPATION: ANZAHL DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION MIT EINER KOMBINATION VON KLISTEREN UND REKTALSPÜLUNGEN (REK.SPÜL.) .....	66
TABELLE 31: ÜBERSICHT ZUR INITIALEN KONSERVATIVENTHERAPIE DER MEKONIUMOBSTIPATION BEI FOHLEN MIT NACHFOLGENDER ENTEROTOMIE .....	67
TABELLE 32: ANGEWANDTE THERAPIE VS. ÜBERLEBEN DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN) UND ÜBERLEBENSRATE (N = 133) .....	68
TABELLE 33: ANGEWANDTE THERAPIE VS. WUNDHEILUNGSSTÖRUNG NACH DER OPERATION DER FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG (N = 46) .....	69
TABELLE 34: ANGEWANDTE THERAPIE VS. KOLIKSYMPTOME NACH DER ENTLASSUNG DER FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG (N = 51) .....	69
TABELLE 35: KOMPLIKATIONEN VS. ÜBERLEBEN DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN) UND ÜBERLEBENS RATEN (N = 130) .....	70
TABELLE 36: KOMPLIKATIONEN VS. KOLIKSYMPTOME NACH DER ENTLASSUNG BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN) .....	71
TABELLE 37: KOMPLIKATIONEN VS. WUNDHEILUNGSSTÖRUNG BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN) UND RATE DER WUNDHEILUNGSSTÖRUNGEN (N = 48) .....	71
TABELLE 38: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER PARITÄTENZAHL DER MUTTERSTUTEN VON FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION .....	73
TABELLE 39: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DES PH-WERTES BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN .....	74
TABELLE 40: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DES PCO <sub>2</sub> BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN .....	76
TABELLE 41: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DES PO <sub>2</sub> BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN .....	77
TABELLE 42: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DES BASE EXCESS BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN .....	78

TABELLE 43: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER HYDROGENCARBONATKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	80
TABELLE 44: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER GLUKOSEKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	81
TABELLE 45: ANZAHL (N), GEOMETRISCHER MITTELWERT ( $x_g$ ) UND STREUFAKTOR (SF) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER LAKTATKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN .....	83
TABELLE 46: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER NATRIUMKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	84
TABELLE 47: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER KALIUMKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	86
TABELLE 48: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER CHLORIDKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	87
TABELLE 49: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER KONZENTRATION DES IONISIERTEN KALZIUMS BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	89
TABELLE 50: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER ERYTHROZITENKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	90
TABELLE 51: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER HÄMOGLOBINKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	92
TABELLE 52: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DES HÄMATOKRITS BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN .....	93
TABELLE 53: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER LEUKOZITENKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	95

TABELLE 54: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER KONZENTRATION DER BASOPHILEN GRANULOZYTEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	97
TABELLE 55: ANZAHL (N), GEOMETRISCHER MITTELWERT ( $x_G$ ) UND STREUFAKTOR (SF) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER KONZENTRATION DER EOSINOPHILEN GRANULOZYTEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	98
TABELLE 56: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER NEUTROPHILEN GRANULOZYTENKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	100
TABELLE 57: ANZAHL (N), GEOMETRISCHER MITTELWERT ( $x_G$ ) UND STREUFAKTOR (SF) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER LYMPHOZYTENKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	101
TABELLE 58: ANZAHL (N), GEOMETRISCHER MITTELWERT ( $x_G$ ) UND STREUFAKTOR (SF) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER KONZENTRATION DER MONOZYTEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	103
TABELLE 59: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER THROMBOZYTENKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	104
TABELLE 60: ANZAHL (N), GEOMETRISCHER MITTELWERT ( $x_G$ ) UND STREUFAKTOR (SF) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER HARNSTOFFKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN .....	106
TABELLE 61: ANZAHL (N), GEOMETRISCHER MITTELWERT ( $x_G$ ) UND STREUFAKTOR (SF) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER KREATININKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN .....	107
TABELLE 62: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER IMMUNGLOBULIN G-KONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	109
TABELLE 63: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER TOTALPROTEINKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	110
TABELLE 64: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER GESAMTBILIRUBINKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	112

TABELLE 65: ANZAHL (N), GEOMETRISCHER MITTELWERT ( $X_G$ ) UND STREUFAKTOR (SF) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER AKTIVITÄT DER GLUTAMATDEHYDROGENASE BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	113
TABELLE 66: ANZAHL (N), ARITHMETISCHER MITTELWERT ( $\bar{x}$ ) UND STANDARDABWEICHUNG (S) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER AKTIVITÄT DER GAMMA-GLUTAMYLTRANSFERASE BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	115
TABELLE 67: ANZAHL (N), GEOMETRISCHER MITTELWERT ( $X_G$ ) UND STREUFAKTOR (SF) SOWIE MEDIAN, MINIMUM UND MAXIMUM DER AKTIVITÄT DER KREATINKINASE BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN.....	116
TABELLE 68: THERAPIE VS. KOLIKSYMPTOME NACH DER ENTLASSUNG BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN) UND RELATIVE EINTRITTSHÄUFIGKEIT NACH ERFOLGTER THERAPIE (N = 51).....	118
TABELLE 69: NUTZUNGSART VS. KOLIKSYMPTOME NACH DER ENTLASSUNG BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 43).....	119
TABELLE 70: ERREICHEN DES VIERTEN LEBENSJAHR VS. KOLIKSYMPTOME NACH DER ENTLASSUNG BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG (N = 37) .....	120
TABELLE 71: ERGEBNIS DES 1. SCHRITTES DER LOGISTISCHEN REGRESSIONSANALYSE: STATISTISCHE SIGNIFIKANZ DES ZUSAMMENHANGS ZWISCHEN DEN EINZELNEN EINFLUSSGRÖßEN UND DER ZIELGRÖßE STERBEN IN DEN ROHDATEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AM ERSTEN BEHANDLUNGSTAG .....	121
TABELLE 72: ERGEBNIS DES 2. VERFAHRENSSCHRITTES DER LOGISTISCHEN REGRESSIONSANALYSE: STATISTISCHE SIGNIFIKANZ DES EINFLUSSES VON MERKMALPAAREN (GEBILDET AUS DER GRÖßE REIFE UND JE EINER WEITEREN EINGANGSGRÖßE) AUF DIE ZIELGRÖßE STERBEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG AM ERSTEN BEHANDLUNGSTAG.....	124
TABELLE 73: ERGEBNIS DES 3. VERFAHRENSSCHRITTES DER LOGISTISCHEN REGRESSIONSANALYSE: STATISTISCHE SIGNIFIKANZ DES ZUSAMMENHANGS ZWISCHEN DER ZIELGRÖßE STERBEN UND EINZELNEN EINFLUSSGRÖßEN JEWEILS KOMBINIERT MIT DEN EINFLUSSGRÖßEN REIFE UND BASE EXCESS (ABE) BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG AM ERSTEN BEHANDLUNGSTAG .....	127
TABELLE 74: ERGEBNIS DES 4. VERFAHRENSSCHRITTES DER LOGISTISCHEN REGRESSIONSANALYSE: STATISTISCHE SIGNIFIKANZ DES ZUSAMMENHANGS ZWISCHEN DER ZIELGRÖßE STERBEN UND EINZELNEN EINFLUSSGRÖßEN JEWEILS KOMBINIERT MIT DEN EINFLUSSGRÖßEN REIFE, BASE EXCESS (ABE) UND ATEMFREQUENZ (AF) BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AM ERSTEN BEHANDLUNGSTAG .....	130
TABELLE 75: ERGEBNISSE DES 5. VERFAHRENSSCHRITTES DER LOGISTISCHEN REGRESSIONSANALYSE: STATISTISCHE SIGNIFIKANZ DES ZUSAMMENHANGS ZWISCHEN DER ZIELGRÖßE STERBEN UND DEN	

EINZELNEN EINFLUSSGRÖßEN JEWEILS KOMBINIERT MIT DEN EINFLUSSGRÖßEN REIFE, BASE EXCESS (ABE), ATEMFREQUENZ (AF) UND THROMBOZYTEN (PLT) BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG AM ERSTEN BEHANDLUNGSTAG .....	133
TABELLE 76: LOGISTISCHE REGRESSION ZUR ZIELGRÖßE STERBEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION: REGRESSIONSKOEFFIZIENT, ODDS RATIO UND ZUGEHÖRIGES 95 %-KONFIDENZINTERVALL DER ERMITTELTEN RELEVANTEN EINFLUSSGRÖßEN .....	136
TABELLE 77: STICHPROBENGRÖßE (N), MEDIAN, MITTELWERT ( $\bar{X}$ ), STANDARDABWEICHUNG (S), INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN UM DEN MITTELWERT, RELATIVER ANTEIL DER FÄLLE AUßERHALB DIESES INTERVALLS UND EXTREMA (MAXIMUM, MINIMUM) DES MERKMALS AKTUELLE BASENABWEICHUNG AM ERSTEN BEHANDLUNGSTAG.....	139
TABELLE 78: STICHPROBENGRÖßE (N), MEDIAN, MITTELWERT ( $\bar{X}$ ), STANDARDABWEICHUNG (S), INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN UM DEN MITTELWERT, RELATIVER ANTEIL DER FÄLLE AUßERHALB DIESES INTERVALLS UND EXTREMA (MAXIMUM, MINIMUM) DES MERKMALS ATEMFREQUENZ .....	142
TABELLE 79: ABSOLUTE HÄUFIGKEIT (N), MEDIAN, MITTELWERT ( $\bar{X}$ ), STANDARDABWEICHUNG (S), INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN UM DEN MITTELWERT, RELATIVER ANTEIL DER FÄLLE AUßERHALB DIESES INTERVALLS UND EXTREMA (MAXIMUM, MINIMUM) DER THROMBOZYTEN .....	144
TABELLE 80: ÜBERLEBEN VS. PROGNOSE DES ÜBERLEBENS DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AUF BASIS DER DURCHFÜHRTEEN LOGISTISCHEN REGRESSION ZUR ZIELFUNKTION STERBEN UNTER ANSATZ DES NACH DER ROC-ANALYSE OPTIMALEN TRENNWERTES $C = 0,71$ (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN).....	148
TABELLE 81: ÜBERLEBEN VS. PROGNOSE DES ÜBERLEBENS DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION AUF BASIS DER LOGISTISCHEN REGRESSION ZUR ZIELFUNKTION STERBEN UNTER ANSATZ DES TRENNWERTES $C = 0,5$ (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN).....	150
TABELLE 82: ERGEBNIS DER LOGISTISCHEN REGRESSION ZUR ZIELFUNKTION STERBEN DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION: GEGENÜBERSTELLUNG DER STERBEWAHRSCHEINLICHKEIT ALS PROGNOSEERGEBNIS UND DEN PRÄDIKTOREN REIFEGRAD, BASE EXCESS, ATEMFREQUENZ UND THROMBOZYTEN DER DATENBASIS. DIE NACH DER 1. ENTSCHEIDUNGSREGEL FALSCH PROGNOSTIZIERTEN FÄLLE SIND GELB UNTERLEGT .....	151
TABELLE 83: ÜBERLEBEN VS. PROGNOSE DES ÜBERLEBENS AUF BASIS DER LOGISTISCHEN REGRESSION ZUR ZIELFUNKTION STERBEN DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION UNTER ANSATZ DER 0,4 / 0,6 – ENTSCHEIDUNGSREGEL BEZOGEN AUF DIE FALLZAHLEN DER DATENBASIS (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN) 157	
TABELLE 84: ERGEBNIS DER LOGISTISCHEN REGRESSION ZUR ZIELFUNKTION STERBEN DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION: GEGENÜBERSTELLUNG DER STERBEWAHRSCHEINLICHKEIT ALS PROGNOSEERGEBNIS UND DEN PRÄDIKTOREN REIFEGRAD, BASE EXCESS, ATEMFREQUENZ UND	

THROMBOZYTEN DER DATENBASIS. HIER: ALLE NACH DER 0,5 - REGEL FALSCH PROGNOTIZIERTEN FÄLLE. DIE AUCH NACH DER 0,4 / 0,6 - REGEL FALSCH PROGNOTIZIERTEN FÄLLE SIND GELB UNTERLEGT. ....	158
TABELLE 85: ÜBERLEBEN VS. PROGNOSE DES ÜBERLEBENS AUF BASIS DER LOGISTISCHEN REGRESSION ZUR ZIELFUNKTION STERBEN DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION UNTER ANSATZ DER 0,2 / 0,8 – ENTSCHEIDUNGSREGEL BEZOGEN AUF DIE FALLZAHLEN DER DATENBASIS (ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN)	160
TABELLE 86: ERGEBNIS DER LOGISTISCHEN REGRESSION ZUR ZIELFUNKTION STERBEN DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION: GEGENÜBERSTELLUNG DER STERBEWAHRSCHEINLICHKEIT ALS PROGNOSEERGEBNIS UND DEN PRÄDIKTOREN REIFEGRAD, BASE EXCESS, ATEMFREQUENZ UND THROMBOZYTEN DER DATENBASIS. HIER: ALLE FEHLPROGNOSEN NACH ANWENDUNG DER 0,2 / 0,8 – ENTSCHEIDUNGSREGEL .....	161
TABELLE 87: ERGEBNIS DES 1. SCHRITTES DER LOGISTISCHEN REGRESSIONSANALYSE STATISTISCHE SIGNIFIKANZ DES ZUSAMMENHANGS ZWISCHEN DEN EINZELNEN EINFLUSSGRÖßEN DES ERSTEN BEHANDLUNGSTAGES UND DER ZIELGRÖßE KOLIK IN DEN ROHDATEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION.....	162
TABELLE 88: ERGEBNIS DES 2. VERFAHRENSSCHRITTES DER LOGISTISCHEN REGRESSION: STATISTISCHE SIGNIFIKANZ DES EINFLUSSES VON MERKMALPAAREN (GEBILDET AUS DER GRÖßE PULSFREQUENZ UND JE EINER WEITEREN EINGANGSGRÖßE DES ERSTEN BEHANDLUNGSTAGES) AUF DIE ZIELGRÖßE KOLIK BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG.....	164
TABELLE 89: ERGEBNIS DER LOGISTISCHE REGRESSION ZUR ZIELGRÖßE KOLIK BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION: REGRESSIONSKOEFFIZIENT, ODDS RATIO UND ZUGEHÖRIGES 95 %- KONFIDENZINTERVALL DER ERMITTELTEN RELEVANTEN EINFLUSSGRÖßEN.....	167
TABELLE 90: ABSOLUTE HÄUFIGKEIT (N), MEDIAN, MITTELWERT (X), STANDARDABWEICHUNG (S), INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN UM DEN MITTELWERT, RELATIVER ANTEIL DER FÄLLE AUßERHALB DIESES INTERVALLS SOWIE MAXIMUM UND MINIMUM DER HERZFREQUENZ AM ERSTEN BEHANDLUNGSTAG .....	169
TABELLE 91: ABSOLUTE HÄUFIGKEIT (N), MEDIAN, MITTELWERT (X), STANDARDABWEICHUNG (S), INTERVALL VON ZWEI STANDARDABWEICHUNGEN UM DEN MITTELWERT, RELATIVER ANTEIL DER FÄLLE AUßERHALB DIESES INTERVALLS SOWIE MINIMUM UND MAXIMUM) DES ALTERS DER STUTE.....	171
TABELLE 92: ERGEBNIS DER LOGISTISCHEN REGRESSION ZUR ZIELGRÖßE KOLIK: GEGENÜBERSTELLUNG DER WAHRSCHEINLICHKEIT DES EINTRETENS EINER KOLIK IM ERSTEN LEBENSJAHR BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION ALS PROGNOSEWERT UND DEN PRÄDIKTOREN HERZFREQUENZ UND ALTER DER STUTE DER DATENBASIS.....	173
TABELLE 93: ERGEBNIS DER LOGISTISCHEN REGRESSION: ZIELGRÖßE KOLIK UND WAHRSCHEINLICHKEIT DES EINTRETENS EINER KOLIK IM ERSTEN LEBENSJAHR BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG ALS PROGNOSEWERT AUF DER GRUNDLAGE DER PRÄDIKTOREN HERZFREQUENZ UND ALTER DER STUTE; NUR	

DATENSÄTZE MIT VOLLSTÄNDIGEN DATEN ZU DIESEN MERKMALEN. FÄLLE MIT KOLIK IM ERSTEN LEBENSJAHR SIND GELB UNTERLEGT, EXTREMFÄLLE (SIEHE FOLGENDER ABSCHNITT) SIND GRAU UNTERLEGT.....	179
TABELLE 94: ERGEBNIS DES 1. SCHRITTES DER LOGISTISCHEN REGRESSIONSANALYSE: P-WERTE DER EINFLUSSSTÄRKE DER EINZELNEN EINFLUSSGRÖßEN DES ERSTEN BEHANDLUNGSTAGES AUF DIE ZIELGRÖßE WUNDHEILUNGSSTÖRUNG BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ROHDATEN	182
TABELLE 95: EINGANGSGRÖßEN DES ERSTEN BEHANDLUNGSTAGES MIT $P < 0,05$ NACH DEM 1. SCHRITT DER LOGISTISCHEN REGRESSION NACH AUFSTIEGENDEM P-WERT IHRES EINFLUSSES AUF DIE ZIELGRÖßE STERBEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG IN DEN ROHDATEN .....	185
TABELLE 96: ZUSAMMENHANG DER QUANTITATIVEN EINFLUSSGRÖßEN DER ZIELGRÖßE STERBEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (STICHPROBENGRÖßE N, KORRELATIONSKOEFFIZIENT R UND P-WERT) (TEIL 1) .....	186
TABELLE 97: ZUSAMMENHANG DER QUANTITATIVEN EINFLUSSGRÖßEN DER ZIELGRÖßE STERBEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (STICHPROBENGRÖßE N, KORRELATIONSKOEFFIZIENT R UND P-WERT) (TEIL 2) .....	188
TABELLE 98: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEM STEHVERMÖGEN UND DEN QUANTITATIVEN EINGANGSGRÖßEN ZUR ZIELGRÖßE STERBEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (STICHPROBENGRÖßE N, SPEARMAN'S RANGKORRELATIONSKOEFFIZIENT RHO UND P-WERT).....	189
TABELLE 99: ARITHMETISCHER MITTELWERT $\bar{X}$ UND STANDARDABWEICHUNG S, T-WERT UND P-WERT SOWIE AN DER STANDARDABWEICHUNG RELATIVIERTE MITTELWERTDIFFERENZ DER QUANTITATIVEN VARIABLEN UNTERSCHIEDEN NACH DEN GRUPPEN VORLIEGEN EINER BEGLEITERKRANKUNG JA / NEIN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG. BEI DEN LOGARITHMIERTEN MERKMALEN SIND ZUR LEICHTEREN INTERPRETIERBARKEIT ZUSÄTZLICH DER GEOMETRISCHE MITTELWERT $X_G$ UND DER STREUFAKTOR SF DES ORIGINALMERKMALS ANGEZEIGT.....	191
TABELLE 100: ARITHMETISCHER MITTELWERT $\bar{X}$ UND STANDARDABWEICHUNG S BZW. GEOMETRISCHER MITTELWERT $X_G$ UND STREUFAKTOR SF, T-WERT UND P-WERT SOWIE AN DER STANDARDABWEICHUNG RELATIVIERTE MITTELWERTDIFFERENZ DER QUALITATIVEN VARIABLEN GRUPPIERT NACH DEN REIFEGRADEN PRÄMATUR / MATUR BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG .....	194
TABELLE 101: ARITHMETISCHER MITTELWERT $\bar{X}$ UND STANDARDABWEICHUNG S BZW. GEOMETRISCHER MITTELWERT $X_G$ UND STREUFAKTOR SF, T-WERT UND P-WERT SOWIE AN DER STANDARDABWEICHUNG RELATIVIERTE MITTELWERTDIFFERENZ DER QUANTITATIVEN VARIABLEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION GRUPPIERT NACH GESCHLECHT .....	196
TABELLE 102: STICHPROBENGRÖßE N, P-WERT, Z-WERT UND KORRELATIONSKOEFFIZIENT R DER DREI PAARE AUS DER ORDINALEN UND DEN BINOMIALEN VARIABLEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION .	198

TABELLE 103: KREUZTABELLE DER ABSOLUTEN HÄUFIGKEITEN STEHVERMÖGEN VS. VORLIEGEN EINER BEGLEITERKRANKUNG BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG .....	199
TABELLE 104: KREUZTABELLE DER ABSOLUTEN HÄUFIGKEITEN STEHVERMÖGEN VS. REIFEGRAD BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG .....	199
TABELLE 105: KREUZTABELLE DER ABSOLUTEN HÄUFIGKEITEN STEHVERMÖGEN VS. GESCHLECHT BEI FOHLEN MIT MEKONIUMVERHALTUNG .....	200
TABELLE 106: FALLZAHL N, ZUSAMMENHANGSMAßE PEARSON $\chi^2$ UND RELATIV-PHI SOWIE DER P-WERT DES ZUSAMMENHANGS DER BINOMIALEN VARIABLENPAARE BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION ..	201
TABELLE 107: FALLZAHL N, ZUSAMMENHANGSMAßE T-WERT UND PEARSON'S KORRELATIONSKOEFFIZIENT R SOWIE P-WERT DES ZUSAMMENHANGS DER DREI QUANTITATIVEN EINFLUSSGRÖßENPAARE ZUR ZIELGRÖßE STERBEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION .....	202
TABELLE 108: FALLZAHL N, MITTELWERTE $\bar{x}$ , STANDARDABWEICHUNGEN S, T-WERT, P-WERT UND COHEN'S D BZW. D* DES MITTELWERTVERGLEICHS DER BEIDEN GRUPPEN DER MATUREN UND PRÄMATUREN FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION VERMÖGE T-TEST BEZOGEN AUF EINE DER QUANTITATIVEN EINFLUSSGRÖßEN BASE EXCESS (ABE) , ATEMFREQUENZ (AF) UND BLUTTHROMBOZYTENKONZENTRATION (PLT) ZUR ZIELGRÖßE STERBEN .....	203
TABELLE 109: FALLZAHL N, ZUSAMMENHANGSMAßE PEARSON $\chi^2$ UND RELATIV-PHI SOWIE DER P-WERT DES ZUSAMMENHANGS DER MERKMALE STERBEN – REIFE BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION.....	204
TABELLE 110: FALLZAHL N, MITTELWERTE $\bar{x}$ , STANDARDABWEICHUNGEN S, T-WERT, P-WERT UND COHEN'S D BZW. D* DES MITTELWERTVERGLEICHS DER BEIDEN GRUPPEN DER ÜBERLEBTEN UND VERSTORBENEN FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION BEZOGEN AUF DIE QUANTITATIVEN EINFLUSSGRÖßEN BASE EXCESS (ABE) , ATEMFREQUENZ (AF) UND BLUTTHROMBOZYTENKONZENTRATION (PLT) ZUR ZIELGRÖßE STERBEN .....	204
TABELLE 111: FALLZAHL N, MITTELWERTE $\bar{x}$ , STANDARDABWEICHUNGEN S, T-WERT, P-WERT UND COHEN'S D BZW. D* DES MITTELWERTVERGLEICHS DER BEIDEN GRUPPEN VON FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION MIT UND OHNE KOLIKSYMPTOME NACH ENTLASSUNG BEZOGEN AUF DIE QUANTITATIVEN EINFLUSSGRÖßEN HERZFREQUENZ [PULS] UND ALTER DER STUTE [STUT] .....	205
TABELLE 112: FALLZAHL N, ZUSAMMENHANGSMAßE T-WERT UND PEARSON'S KORRELATIONSKOEFFIZIENT R SOWIE P-WERT DES ZUSAMMENHANGS DER EINFLUSSGRÖßEN HERZFREQUENZ [PULS] UND ALTER DER STUTE [STUT] ZUR ZIELGRÖßE KOLIK NACH ENTLASSUNG DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION .	206
TABELLE 113: QUADRIERTER MULTIPLER KORRELATIONSKOEFFIZIENT $R^2$ UND TOLERANZ T ZUR ÜBERPRÜFUNG DER MULTIKOLLINEARITÄT DER EINFLUSSGRÖßEN ZUR ZIELGRÖßE STERBEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION .....	207

TABELLE 114: AUSPRÄGUNGEN UND FALLZAHLEN DER QUALITATIVEN VARIABLEN .....	293
TABELLE 115: AUSPRÄGUNGEN UND FALLZAHLEN DER QUANTITATIVEN VARIABLEN .....	295
TABELLE 116: STERBEWAHRSCHEINLICHKEITEN IN ABHÄNGIGKEIT DER GRÖßEN REIFEGRAD, BASE EXCESS, ATEMFREQUENZ UND BLUTTHROMBOZYTENKONZENTRATION.....	297
TABELLE 117: EINTRITTSWAHRSCHEINLICHKEITEN EINER KOLIK NACH ENTLASSUNG IN ABHÄNGIGKEIT DER EINFLUSSGRÖßEN HERZFREQUENZ UND ALTER DER STUTE .....	309

## 10      **Abbildungsverzeichnis**

ABBILDUNG 1: LOGISTISCHER FUNKTIONSGRAPH	36
ABBILDUNG 2: BEISPIELGRAPH EINER EINDIMENSIONALEN PROJEKTION EINER LOGISTISCHEN FUNKTION	43
ABBILDUNG 3: ALTER IN STUNDEN (STD.) IM VERLAUF DES ERSTEN LEBENSTAGES BEI AUFTRETEN ERSTER SYMPTOME BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 92)	51
ABBILDUNG 4: ALTER IN LEBENSSTUNDEN BEI EINLIEFERUNG IN DIE KLINIK DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 86)	52
ABBILDUNG 5: ABSOLUTE HÄUFIGKEITEN DER KOLIKSYMPTOME DER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION (N = 120; MEHRFACHNENNUNGEN MÖGLICH)	53
ABBILDUNG 6: ARITHMETISCHER MITTELWERT SOWIE STANDARDABWEICHUNG DES PH-WERTES BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI ACHT BIS 129 TIEREN DOKUMENTIERT.	75
ABBILDUNG 7: ARITHMETISCHER MITTELWERT SOWIE STANDARDABWEICHUNG DES $PCO_2$ BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI ACHT BIS 129 TIEREN DOKUMENTIERT.	76
ABBILDUNG 8: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DES $PO_2$ BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI ACHT BIS 127 TIEREN DOKUMENTIERT.	78
ABBILDUNG 9: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DES BASE EXCESS BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. JE NACH BEHANDLUNGSTAG IST DAS MERKMAL BEI ACHT BIS 130 TIEREN DOKUMENTIERT.	79
ABBILDUNG 10: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER HYDROGENCARBONATKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI SIEBEN BIS 80 TIEREN DOKUMENTIERT.	80
ABBILDUNG 11: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER GLUKOSEKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. JE NACH BEHANDLUNGSTAG IST DAS MERKMAL BEI SIEBEN BIS 132 TIEREN DOKUMENTIERT.	82
ABBILDUNG 12: GEOMETRISCHER MITTELWERT UND STREUFAKTOR DER LAKTATKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI SIEBEN BIS 131 TIEREN DOKUMENTIERT.	83

ABBILDUNG 13: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER NATRIUMKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI ACHT BIS 131 TIEREN DOKUMENTIERT.	85
ABBILDUNG 14: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER KALIUMKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG FÜR ACHT BIS 131 TIERE DOKUMENTIERT.	86
ABBILDUNG 15: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER CHLORIDKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. JE NACH BEHANDLUNGSTAG IST DAS MERKMAL FÜR SECHS BIS 62 TIERE DOKUMENTIERT.	88
ABBILDUNG 16: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER KONZENTRATION DES IONISIERTEN KALZIUMS BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI ACHT BIS 131 TIEREN DOKUMENTIERT.	89
ABBILDUNG 17: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER ERYTHROZYTENKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. JE NACH BEHANDLUNGSTAG IST DAS MERKMAL BEI 13 BIS 130 TIEREN DOKUMENTIERT.	91
ABBILDUNG 18: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER HÄMOGLOBINKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI 13 BIS 132 TIEREN DOKUMENTIERT.	92
ABBILDUNG 19: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DES HÄMATOKRITS BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI 13 BIS 133 TIEREN DOKUMENTIERT.	94
ABBILDUNG 20: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER LEUKOZYTENKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI 13 BIS 133 FOHLEN DOKUMENTIERT.	96
ABBILDUNG 21: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER KONZENTRATION DER BASOPHILEN GRANULOZYTEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI ZWÖLF BIS 130 TIEREN DOKUMENTIERT.	97
ABBILDUNG 22: GEOMETRISCHER MITTELWERT UND STREUFAKTOR DER KONZENTRATION DER EOSINOPHILEN GRANULOZYTEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI 13 BIS 130 FOHLEN DOKUMENTIERT.	99

ABBILDUNG 23: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER NEUTROPHILEN GRANULOZYTENKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI 13 BIS 131 NEONATEN DOKUMENTIERT.	100
ABBILDUNG 24: GEOMETRISCHER MITTELWERT UND STREUFAKTOR DER KONZENTRATION DER LYMPHOZYTEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI 13 BIS 131 FOHLEN DOKUMENTIERT.	102
ABBILDUNG 25: GEOMETRISCHER MITTELWERT UND STREUFAKTOR DER KONZENTRATION DER MONOZYTEN BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI 13 BIS 130 TIEREN DOKUMENTIERT.	103
ABBILDUNG 26: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER THROMBOZYTENKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI 13 BIS 131 FOHLEN DOKUMENTIERT.	105
ABBILDUNG 27: GEOMETRISCHER MITTELWERT UND STREUFAKTOR DER HARNSTOFFKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI SECHS BIS 75 NEONATEN DOKUMENTIERT.	106
ABBILDUNG 28: GEOMETRISCHER MITTELWERT UND STREUFAKTOR DER KREATININKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI SECHS BIS 82 TIEREN DOKUMENTIERT.	108
ABBILDUNG 29: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER IMMUNGLOBULIN G-KONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI VIER BIS 86 TIEREN DOKUMENTIERT.	109
ABBILDUNG 30: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER TOTALPROTEINKONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI FÜNF BIS 52 FOHLEN DOKUMENTIERT.	111
ABBILDUNG 31: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER GESAMTBILIRUBIN-KONZENTRATION BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI SIEBEN BIS 31 NEONATEN DOKUMENTIERT.	112
ABBILDUNG 32: GEOMETRISCHER MITTELWERT UND STREUFAKTOR DER AKTIVITÄT DER GLUTAMATDEHYDROGENASE BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF	

BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI VIER BIS 20 TIEREN DOKUMENTIERT.	114
ABBILDUNG 33: ARITHMETISCHER MITTELWERT UND STANDARDABWEICHUNG DER AKTIVITÄT DER GAMMAGLUTAMYLTRANSFERASE BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI DREI BIS ZWÖLF FOHLEN DOKUMENTIERT.	115
ABBILDUNG 34: GEOMETRISCHER MITTELWERT UND STREUFAKTOR DER AKTIVITÄT DER KREATINKINASE BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION IN DEN ERSTEN FÜNF BEHANDLUNGSTAGEN. DAS MERKMAL IST JE NACH BEHANDLUNGSTAG BEI EINEM BIS 15 TIEREN DOKUMENTIERT.	117
ABBILDUNG 35: FUNKTIONSGRAPH ZUR DARSTELLUNG DES EINFLUSSES DES BASE EXCESS AUF DIE STERBEWAHRSCHEINLICHKEIT MATURER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION	140
ABBILDUNG 36: FUNKTIONSGRAPH ZUR DARSTELLUNG DES EINFLUSSES DES BASE EXCESS AUF DIE STERBEWAHRSCHEINLICHKEIT PRÄMATURER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION	141
ABBILDUNG 37: FUNKTIONSGRAPH ZUR DARSTELLUNG DES EINFLUSSES DER ATEMFREQUENZ AUF DIE STERBEWAHRSCHEINLICHKEIT MATURER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION	142
ABBILDUNG 38: FUNKTIONSGRAPH ZUR DARSTELLUNG DES EINFLUSSES DER ATEMFREQUENZ AUF DIE STERBEWAHRSCHEINLICHKEIT PRÄMATURER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION	143
ABBILDUNG 39: FUNKTIONSGRAPH ZUR DARSTELLUNG DES EINFLUSSES DER THROMBOZYTENZAHLE AUF DIE STERBEWAHRSCHEINLICHKEIT MATURER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION	145
ABBILDUNG 40: FUNKTIONSGRAPH ZUR DARSTELLUNG DES EINFLUSSES DER THROMBOZYTENZAHLE AUF DIE STERBEWAHRSCHEINLICHKEIT PRÄMATURER FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION	146
ABBILDUNG 41: FUNKTIONSGRAPH ZUR DARSTELLUNG DES EINFLUSSES DER HERZFREQUENZ AUF DIE WAHRSCHEINLICHKEIT DES EINTRETENS EINER KOLIK BEI FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION BEI EINEM "FESTGEHALTENEN" ALTER DER STUTE VON ETWA ZWÖLF JAHREN	170
ABBILDUNG 42: FUNKTIONSGRAPH ZUR DARSTELLUNG DES EINFLUSSES DES ALTERS DER STUTE AUF DIE EINTRITTSWAHRSCHEINLICHKEIT EINER KOLIK FÜR FOHLEN MIT MEKONIUMOBSTIPATION BEI EINER "FESTGEHALTENEN" HERZFREQUENZ VON 118 SCHLÄGEN / MIN	172

## 11 Anhang

### 11.1 Ausprägungen und Fallzahlen aller Merkmale

#### 11.1.1 Qualitative Variablen

Tabelle 114: Ausprägungen und Fallzahlen der qualitativen Variablen

Abkürzung	Variable	Merkmalsausprägungen	n
Sex	Geschlecht	1: männlich 2: weiblich	134
Dys	Dystokie	1: ja 2: nein	123
Reife	Reifegrad	1: matur 2: prä matur	124
Abgang	Mekoniumabgang von Besitzer beobachtet	1: ja 2: nein	115
Steh	Stehvermögen	1: erhalten 2: nur mit Hilfe 3: festliegend 4: in Seitenlage	127
Palp	Mekonium rektal palpierbar	1: ja 2: nein	125
Begleit	Begleiterkrankung	1: nein 2: ja	128
Thep	Therapie	0: keine 1: ausschließlich konservativ 2: operativ ohne Enterotomie 3: operativ mit Enterotomie 4: erst konservativ, dann operativ mit Enterotomie 5: wie 4 ohne Enterotomie	134

Komp	Komplikation	1: nein 2: ja	130
Wund	Wundheilungsstörung	1: nein 2: ja	130
Leben	Schicksal	1: überlebt bis Entlassung 2: nicht überlebt	133
Besitz	Tier noch in Besitz zum Zeitpunkt des Anrufs	1: noch in Besitz 2: nicht mehr in Besitz 3: tot	52
Nutz	Nutzung des Fohlens zum Zeitpunkt des Anrufs	1: Freizeit 2: Turniersport 3: Zucht 4: noch keine Nutzung	43
Verlauf	Erkrankungen im 1. Lebensjahr	1: nein 2: Fohlenlähme 3: weitere Kolik	51
Kolik	Kolik im 1. Lebensjahr	1: nein 2: ja	51
3LJ	3. Lebensjahr erreicht? bzw. lebend zum Zeitpunkt des Anrufs	1: ja 2: nein	37
Fohl	Hat Stute weitere Fohlen bekommen?	1: ja 2: nein	51
FohlMO	Weitere Fohlen gleiche Erkrankung?	1: nein 2: ja	24

## 11.1.2 Quantitative Variablen

Tabelle 115: Ausprägungen und Fallzahlen der quantitativen Variablen

Abkürzung	Variable	Einheit	n
IgStart	Beginn der Symptome in Lebensstunden	Stunden	108
Einlief	Alter bei Einlieferung in die Klinik	Stunden	132
Puls	Herzfrequenz	Schläge / Minute	127
AF	Atemfrequenz	Züge / Minute	122
Temp	Körperinnentemperatur	Rektal gemessen in ° Celcius	126
Dauer	Aufenthaltsdauer	Tage	133
Stut	Alter der Stute	Jahre	133
IgPari	Parität der Stute		113
pH1	pH-Wert		130
pCO <sub>2</sub> 1	Kohlendioxidpartialdruck	kPa	129
pO <sub>2</sub> 1	Sauerstoffpartialdruck	kPa	127
ABE1	Base Excess	mmol / L	130
HCO <sub>3</sub> 1	Bikarbonat	mmol / L	80
Glu1	Glukose	mmol / L	132
LgLac1	Laktat	mmol / L	131
Nat1	Natrium	mmol / L	131
Kal1	Kalium	mmol / L	131
Chlo1	Chlorid	mmol / L	62
Calc1	Ionisiertes Kalzium	mmol / L	130
RBC1	Erythrozyten	T / L	130
Hb1	Hämoglobin	mmol / L	132
Hkt1	Hämatokrit	l / l	133
WBC1	Leukozyten	G / l	133

Baso1	Basophile Granulozyten	%	130
Eos1	Eosinophile Granulozyten	%	130
Neut1	Neutrophile Granulozyten	%	131
Lymph1	Lymphozyten	%	131
Mono1	Monozyten	%	130
PLT1	Thrombozyten	G / L	131
Urea1	Harnstoff	mmol / L	75
Crea1	Kreatinin	mmol / L	82
IgG1	Immunglobulin G	mg / dl	86
TP1	Gesamtprotein	g / l	52
Bili1	Gesamtbilirubin	μmol / l	31
GLDH1	Glutamatdehydrogenase	U / l	20
GGT1	Gamma-Glutamyltransferase	U / l	12
CK1	Kreatinkinase	U / l	15

11.2 Prognosetabellen zur Zielgröße Sterben bei Fohlen mit Mekoniumobstipation

Tabelle 116: Sterbewahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit der Größen Reifegrad, Base Excess, Atemfrequenz und Blutthrombozytenkonzentration

<b>unreif</b>														
		<b>Thrombozyten [G / l]</b>												
<b>-2,5</b>	<b>Base Excess [ mmol / l]</b>	<b>AF</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>	<b>360</b>	<b>390</b>	<b>420</b>	<b>450</b>	<b>480</b>
		<b>25</b>	0,990	0,986	0,982	0,976	0,969	0,959	0,947	0,931	0,910	0,885	0,854	0,815
		<b>30</b>	0,986	0,982	0,977	0,969	0,960	0,947	0,932	0,912	0,887	0,855	0,818	0,772
		<b>35</b>	0,982	0,977	0,970	0,960	0,948	0,933	0,913	0,888	0,857	0,820	0,775	0,723
		<b>40</b>	0,977	0,970	0,961	0,949	0,934	0,914	0,890	0,859	0,822	0,778	0,726	0,667
		<b>45</b>	0,971	0,962	0,950	0,935	0,916	0,891	0,861	0,825	0,781	0,729	0,671	0,607
		<b>50</b>	0,962	0,951	0,936	0,917	0,893	0,863	0,827	0,783	0,732	0,674	0,611	0,543
		<b>55</b>	0,951	0,937	0,918	0,894	0,865	0,829	0,786	0,735	0,678	0,614	0,547	0,477
		<b>60</b>	0,938	0,919	0,896	0,867	0,831	0,789	0,739	0,681	0,618	0,551	0,481	0,413
		<b>65</b>	0,920	0,897	0,869	0,834	0,791	0,742	0,685	0,622	0,555	0,485	0,416	0,351
		<b>70</b>	0,899	0,871	0,836	0,794	0,745	0,688	0,626	0,559	0,489	0,420	0,354	0,294
		<b>75</b>	0,872	0,838	0,797	0,748	0,692	0,629	0,562	0,493	0,424	0,358	0,297	0,242

		<b>Thrombozyten [G / l]</b>												
<b>-1,5</b>	<b>Base Excess [ mmol / l]</b>	<b>AF</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>	<b>360</b>	<b>390</b>	<b>420</b>	<b>450</b>	<b>480</b>
		<b>25</b>	0,988	0,984	0,979	0,973	0,964	0,953	0,939	0,921	0,898	0,870	0,835	0,793
		<b>30</b>	0,984	0,979	0,973	0,965	0,954	0,940	0,922	0,899	0,871	0,837	0,795	0,746
		<b>35</b>	0,980	0,973	0,965	0,954	0,941	0,923	0,901	0,873	0,839	0,798	0,749	0,693
		<b>40</b>	0,974	0,966	0,955	0,942	0,924	0,902	0,875	0,841	0,800	0,752	0,697	0,635
		<b>45</b>	0,966	0,956	0,942	0,925	0,904	0,877	0,843	0,803	0,755	0,700	0,638	0,572
		<b>50</b>	0,956	0,943	0,926	0,905	0,878	0,845	0,805	0,758	0,703	0,642	0,576	0,507
		<b>55</b>	0,944	0,928	0,906	0,880	0,847	0,808	0,761	0,707	0,646	0,580	0,511	0,442
		<b>60</b>	0,929	0,908	0,882	0,849	0,810	0,764	0,710	0,649	0,584	0,515	0,445	0,378
		<b>65</b>	0,909	0,883	0,851	0,813	0,767	0,713	0,653	0,588	0,519	0,449	0,382	0,319
		<b>70</b>	0,885	0,853	0,815	0,769	0,716	0,657	0,591	0,523	0,453	0,386	0,322	0,265
		<b>75</b>	0,855	0,817	0,772	0,720	0,660	0,595	0,527	0,457	0,389	0,326	0,268	0,217

**unreif****Thrombozyten [G / l]**

<b>-0,5</b>	<b>Base Excess [ mmol / l]</b>	<b>AF</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>	<b>360</b>	<b>390</b>	<b>420</b>	<b>450</b>	<b>480</b>
		<b>25</b>	0,986	0,982	0,976	0,968	0,959	0,946	0,930	0,910	0,884	0,852	0,814	0,768
		<b>30</b>	0,982	0,976	0,969	0,959	0,947	0,931	0,911	0,886	0,854	0,816	0,771	0,718
		<b>35</b>	0,977	0,969	0,960	0,948	0,932	0,912	0,887	0,856	0,819	0,773	0,721	0,662
		<b>40</b>	0,970	0,961	0,949	0,933	0,914	0,889	0,858	0,821	0,776	0,724	0,665	0,601
		<b>45</b>	0,961	0,949	0,934	0,915	0,890	0,860	0,823	0,779	0,727	0,669	0,605	0,536
		<b>50</b>	0,950	0,935	0,916	0,892	0,862	0,825	0,782	0,731	0,672	0,608	0,540	0,471
		<b>55</b>	0,936	0,917	0,893	0,864	0,828	0,784	0,734	0,676	0,612	0,544	0,475	0,406
		<b>60</b>	0,918	0,895	0,866	0,830	0,787	0,737	0,679	0,616	0,548	0,479	0,410	0,345
		<b>65</b>	0,896	0,868	0,832	0,790	0,740	0,683	0,620	0,552	0,483	0,414	0,349	0,288
		<b>70</b>	0,869	0,834	0,792	0,743	0,686	0,623	0,556	0,487	0,418	0,352	0,292	0,238
		<b>75</b>	0,837	0,795	0,746	0,690	0,627	0,560	0,491	0,422	0,356	0,295	0,240	0,193

**Thrombozyten [G / l]**

<b>0,5</b>	<b>Base Excess [ mmol / l]</b>	<b>AF</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>	<b>360</b>	<b>390</b>	<b>420</b>	<b>450</b>	<b>480</b>
		<b>25</b>	0,984	0,979	0,972	0,964	0,953	0,938	0,920	0,897	0,868	0,833	0,791	0,741
		<b>30</b>	0,979	0,973	0,964	0,953	0,939	0,921	0,899	0,870	0,835	0,794	0,744	0,688
		<b>35</b>	0,973	0,965	0,954	0,940	0,922	0,900	0,872	0,838	0,796	0,747	0,691	0,629
		<b>40</b>	0,965	0,955	0,941	0,924	0,901	0,874	0,840	0,799	0,750	0,695	0,633	0,566
		<b>45</b>	0,955	0,942	0,925	0,903	0,876	0,842	0,801	0,753	0,698	0,636	0,570	0,501
		<b>50</b>	0,943	0,926	0,904	0,877	0,844	0,804	0,756	0,701	0,640	0,574	0,504	0,435
		<b>55</b>	0,927	0,906	0,879	0,846	0,806	0,759	0,705	0,644	0,577	0,508	0,439	0,372
		<b>60</b>	0,907	0,881	0,848	0,809	0,762	0,708	0,647	0,581	0,512	0,443	0,376	0,313
		<b>65</b>	0,882	0,850	0,811	0,765	0,711	0,651	0,585	0,516	0,447	0,380	0,317	0,260
		<b>70</b>	0,852	0,814	0,768	0,714	0,654	0,589	0,520	0,451	0,383	0,320	0,263	0,212
		<b>75</b>	0,816	0,770	0,718	0,658	0,593	0,524	0,455	0,387	0,324	0,266	0,215	0,172

<b>unreif</b>															
		<b>Thrombozyten [G / l]</b>													
<b>1,5</b>	<b>Base Excess [ mmol / l]</b>	<b>AF</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>	<b>360</b>	<b>390</b>	<b>420</b>	<b>450</b>	<b>480</b>	
		<b>25</b>	0,981	0,976	0,968	0,958	0,946	0,929	0,909	0,883	0,851	0,812	0,766	0,713	
		<b>30</b>	0,976	0,969	0,959	0,946	0,931	0,910	0,885	0,853	0,815	0,769	0,716	0,656	
		<b>35</b>	0,969	0,960	0,947	0,932	0,911	0,886	0,855	0,817	0,772	0,719	0,660	0,595	
		<b>40</b>	0,960	0,948	0,933	0,913	0,888	0,857	0,819	0,775	0,722	0,663	0,598	0,530	
		<b>45</b>	0,949	0,934	0,914	0,889	0,859	0,822	0,777	0,725	0,667	0,602	0,534	0,465	
		<b>50</b>	0,935	0,915	0,891	0,861	0,824	0,780	0,729	0,670	0,606	0,538	0,469	0,400	
		<b>55</b>	0,916	0,893	0,863	0,826	0,783	0,732	0,674	0,610	0,542	0,473	0,404	0,339	
		<b>60</b>	0,894	0,865	0,829	0,785	0,735	0,677	0,614	0,546	0,476	0,408	0,343	0,283	
		<b>65</b>	0,867	0,831	0,788	0,738	0,681	0,617	0,550	0,480	0,412	0,346	0,286	0,233	
		<b>70</b>	0,833	0,791	0,741	0,684	0,621	0,554	0,484	0,416	0,350	0,290	0,236	0,189	
		<b>75</b>	0,793	0,744	0,688	0,625	0,558	0,488	0,419	0,354	0,293	0,239	0,192	0,152	

		<b>Thrombozyten [G / l]</b>													
<b>2,5</b>	<b>Base Excess [ mmol / l]</b>	<b>AF</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>	<b>360</b>	<b>390</b>	<b>420</b>	<b>450</b>	<b>480</b>	
		<b>25</b>	0,979	0,972	0,963	0,952	0,938	0,919	0,896	0,867	0,832	0,789	0,739	0,682	
		<b>30</b>	0,972	0,964	0,953	0,939	0,921	0,898	0,869	0,834	0,792	0,742	0,686	0,623	
		<b>35</b>	0,964	0,954	0,940	0,922	0,899	0,871	0,836	0,795	0,745	0,689	0,627	0,559	
		<b>40</b>	0,954	0,941	0,923	0,901	0,873	0,838	0,797	0,748	0,692	0,630	0,563	0,494	
		<b>45</b>	0,941	0,924	0,902	0,874	0,841	0,800	0,751	0,696	0,634	0,567	0,498	0,429	
		<b>50</b>	0,925	0,903	0,876	0,843	0,802	0,754	0,699	0,638	0,571	0,502	0,433	0,366	
		<b>55</b>	0,905	0,878	0,845	0,805	0,757	0,703	0,641	0,575	0,506	0,437	0,370	0,308	
		<b>60</b>	0,880	0,847	0,807	0,760	0,706	0,645	0,579	0,510	0,441	0,374	0,311	0,255	
		<b>65</b>	0,849	0,810	0,763	0,709	0,649	0,583	0,514	0,445	0,377	0,315	0,258	0,208	
		<b>70</b>	0,812	0,766	0,712	0,652	0,587	0,518	0,449	0,381	0,318	0,261	0,211	0,168	
		<b>75</b>	0,769	0,716	0,656	0,591	0,522	0,453	0,385	0,321	0,264	0,213	0,170	0,135	

unreif

Thrombozyten [G / l]

3,5	Base Excess [ mmol / l]	AF	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
		25	0,975	0,968	0,958	0,945	0,929	0,908	0,882	0,850	0,811	0,764	0,711	0,650
		30	0,968	0,959	0,946	0,930	0,909	0,884	0,852	0,813	0,767	0,714	0,654	0,588
		35	0,959	0,947	0,931	0,911	0,885	0,854	0,816	0,770	0,717	0,657	0,592	0,524
		40	0,948	0,932	0,912	0,887	0,856	0,818	0,773	0,720	0,661	0,596	0,528	0,458
		45	0,933	0,913	0,889	0,858	0,820	0,776	0,724	0,665	0,600	0,532	0,462	0,394
		50	0,915	0,890	0,860	0,823	0,778	0,727	0,668	0,604	0,536	0,466	0,398	0,333
		55	0,892	0,862	0,825	0,781	0,730	0,672	0,608	0,540	0,470	0,402	0,337	0,278
		60	0,864	0,827	0,784	0,733	0,675	0,611	0,544	0,474	0,406	0,341	0,281	0,228
		65	0,830	0,787	0,736	0,679	0,615	0,547	0,478	0,409	0,344	0,284	0,231	0,185
		70	0,789	0,739	0,682	0,619	0,551	0,482	0,413	0,348	0,288	0,234	0,188	0,149
		75	0,742	0,685	0,623	0,555	0,486	0,417	0,351	0,291	0,237	0,190	0,151	0,119

Thrombozyten [G / l]

4,5	Base Excess [ mmol / l]	AF	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
		25	0,972	0,963	0,952	0,937	0,919	0,895	0,866	0,831	0,788	0,737	0,680	0,617
		30	0,964	0,952	0,938	0,920	0,897	0,868	0,833	0,790	0,741	0,684	0,621	0,553
		35	0,953	0,939	0,921	0,898	0,870	0,835	0,793	0,744	0,687	0,624	0,557	0,488
		40	0,940	0,922	0,900	0,872	0,837	0,796	0,747	0,690	0,628	0,561	0,492	0,423
		45	0,923	0,901	0,873	0,839	0,798	0,750	0,694	0,632	0,565	0,496	0,427	0,360
		50	0,903	0,875	0,841	0,801	0,753	0,697	0,635	0,569	0,500	0,431	0,364	0,302
		55	0,877	0,844	0,803	0,756	0,701	0,639	0,573	0,504	0,434	0,368	0,306	0,250
		60	0,846	0,806	0,758	0,704	0,643	0,577	0,508	0,438	0,371	0,309	0,253	0,204
		65	0,808	0,761	0,707	0,646	0,581	0,512	0,442	0,375	0,312	0,256	0,207	0,165
		70	0,764	0,710	0,650	0,584	0,516	0,446	0,379	0,316	0,259	0,209	0,167	0,132
		75	0,714	0,654	0,588	0,520	0,450	0,383	0,319	0,262	0,212	0,169	0,133	0,104

unreif		Thrombozyten [G / l]												
5,5	Base Excess [ mmol / l]	AF	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
		25	0,968	0,958	0,945	0,928	0,907	0,881	0,849	0,809	0,763	0,709	0,648	0,582
		30	0,958	0,946	0,929	0,909	0,883	0,851	0,812	0,766	0,712	0,652	0,586	0,517
		35	0,946	0,930	0,910	0,884	0,853	0,814	0,768	0,715	0,655	0,590	0,521	0,452
		40	0,931	0,911	0,886	0,855	0,817	0,771	0,718	0,659	0,594	0,525	0,456	0,388
		45	0,912	0,888	0,857	0,819	0,774	0,722	0,662	0,598	0,529	0,460	0,392	0,328
		50	0,889	0,859	0,821	0,777	0,725	0,666	0,601	0,533	0,464	0,396	0,331	0,273
		55	0,861	0,824	0,779	0,728	0,669	0,605	0,537	0,468	0,399	0,335	0,276	0,224
		60	0,826	0,782	0,731	0,673	0,609	0,541	0,472	0,403	0,338	0,279	0,227	0,182
		65	0,785	0,734	0,676	0,613	0,545	0,476	0,407	0,342	0,282	0,230	0,184	0,146
		70	0,737	0,680	0,617	0,549	0,480	0,411	0,346	0,286	0,232	0,186	0,148	0,116
		75	0,683	0,620	0,553	0,484	0,415	0,349	0,289	0,235	0,189	0,150	0,118	0,092

		Thrombozyten [G / l]												
6,5	Base Excess [ mmol / l]	AF	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
		25	0,963	0,951	0,937	0,918	0,894	0,865	0,829	0,786	0,736	0,678	0,615	0,547
		30	0,952	0,938	0,919	0,896	0,867	0,831	0,789	0,739	0,682	0,618	0,551	0,481
		35	0,939	0,920	0,897	0,869	0,834	0,791	0,742	0,685	0,622	0,555	0,485	0,417
		40	0,922	0,899	0,871	0,836	0,794	0,745	0,688	0,626	0,559	0,489	0,420	0,354
		45	0,900	0,872	0,838	0,797	0,748	0,692	0,630	0,563	0,493	0,424	0,358	0,297
		50	0,874	0,840	0,799	0,751	0,695	0,633	0,567	0,497	0,428	0,362	0,300	0,245
		55	0,842	0,802	0,754	0,699	0,637	0,570	0,501	0,432	0,365	0,304	0,248	0,200
		60	0,804	0,757	0,702	0,641	0,574	0,505	0,436	0,369	0,307	0,251	0,202	0,161
		65	0,760	0,705	0,644	0,578	0,509	0,440	0,373	0,310	0,254	0,205	0,163	0,129
		70	0,708	0,648	0,582	0,513	0,444	0,377	0,314	0,257	0,208	0,166	0,131	0,102
		75	0,651	0,586	0,517	0,448	0,380	0,317	0,260	0,210	0,168	0,132	0,104	0,080

unreif

Thrombozyten [G / l]

7,5	Base Excess [ mmol / l]	AF	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
		25	0,957	0,944	0,928	0,906	0,880	0,847	0,808	0,761	0,707	0,646	0,580	0,511
30	0,945	0,929	0,908	0,882	0,849	0,810	0,764	0,710	0,649	0,584	0,515	0,446		
35	0,930	0,909	0,883	0,851	0,813	0,767	0,713	0,653	0,588	0,519	0,450	0,382		
40	0,910	0,885	0,853	0,815	0,769	0,716	0,657	0,592	0,523	0,453	0,386	0,322		
45	0,887	0,855	0,818	0,772	0,720	0,660	0,595	0,527	0,457	0,390	0,326	0,268		
50	0,857	0,820	0,775	0,723	0,664	0,599	0,531	0,461	0,393	0,329	0,271	0,220		
55	0,822	0,778	0,726	0,667	0,603	0,535	0,465	0,397	0,333	0,274	0,222	0,178		
60	0,781	0,729	0,671	0,607	0,539	0,469	0,401	0,336	0,277	0,225	0,180	0,143		
65	0,732	0,674	0,611	0,543	0,473	0,405	0,340	0,280	0,228	0,183	0,145	0,113		
70	0,678	0,614	0,547	0,477	0,409	0,343	0,284	0,231	0,185	0,147	0,115	0,090		
75	0,618	0,551	0,481	0,412	0,347	0,287	0,233	0,187	0,149	0,117	0,091	0,070		

reif		Thrombozyten [G / l]												
-2,5	Base Excess [ mmol / l]	AF	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
		25	0,928	0,908	0,881	0,849	0,810	0,763	0,710	0,649	0,583	0,514	0,445	0,378
		30	0,909	0,883	0,851	0,812	0,766	0,713	0,653	0,587	0,518	0,449	0,382	0,318
		35	0,885	0,853	0,815	0,769	0,716	0,656	0,591	0,522	0,453	0,385	0,322	0,264
		40	0,855	0,817	0,772	0,719	0,660	0,595	0,526	0,457	0,389	0,325	0,267	0,216
		45	0,820	0,775	0,722	0,663	0,599	0,530	0,461	0,393	0,329	0,270	0,219	0,175
		50	0,777	0,726	0,667	0,602	0,534	0,465	0,397	0,332	0,274	0,222	0,178	0,140
		55	0,729	0,670	0,606	0,538	0,469	0,400	0,336	0,277	0,225	0,180	0,142	0,112
		60	0,674	0,610	0,542	0,473	0,404	0,339	0,280	0,227	0,182	0,144	0,113	0,088
		65	0,614	0,546	0,477	0,408	0,343	0,283	0,230	0,185	0,146	0,115	0,089	0,069
		70	0,550	0,481	0,412	0,347	0,286	0,233	0,187	0,148	0,116	0,091	0,070	0,054
		75	0,485	0,416	0,350	0,290	0,236	0,189	0,150	0,118	0,092	0,071	0,055	0,042

		Thrombozyten [G / l]												
-1,5	Base Excess [ mmol / l]	AF	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
		25	0,918	0,895	0,866	0,830	0,787	0,736	0,679	0,616	0,548	0,478	0,410	0,345
		30	0,896	0,867	0,832	0,789	0,740	0,682	0,619	0,552	0,482	0,414	0,348	0,288
		35	0,869	0,834	0,792	0,743	0,686	0,623	0,556	0,486	0,418	0,352	0,291	0,237
		40	0,836	0,795	0,746	0,689	0,627	0,560	0,490	0,421	0,355	0,295	0,240	0,193
		45	0,797	0,749	0,693	0,630	0,564	0,494	0,425	0,359	0,298	0,243	0,196	0,155
		50	0,752	0,696	0,634	0,568	0,498	0,429	0,363	0,301	0,246	0,198	0,157	0,124
		55	0,699	0,638	0,571	0,502	0,433	0,366	0,305	0,249	0,201	0,160	0,126	0,098
		60	0,642	0,575	0,506	0,437	0,370	0,308	0,252	0,203	0,162	0,127	0,100	0,077
		65	0,579	0,510	0,441	0,374	0,311	0,255	0,206	0,164	0,129	0,101	0,078	0,060
		70	0,514	0,445	0,378	0,315	0,258	0,208	0,166	0,131	0,102	0,080	0,061	0,047
		75	0,449	0,381	0,318	0,261	0,211	0,168	0,133	0,104	0,081	0,062	0,048	0,037

reif

Thrombozyten [G / l]

-0,5	Base Excess [ mmol / l ]	AF	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
		25	0,907	0,880	0,848	0,809	0,762	0,708	0,647	0,581	0,512	0,443	0,376	0,313
		30	0,882	0,850	0,811	0,765	0,711	0,650	0,585	0,516	0,447	0,379	0,316	0,259
		35	0,852	0,813	0,767	0,714	0,654	0,589	0,520	0,451	0,383	0,320	0,262	0,212
		40	0,816	0,770	0,717	0,658	0,593	0,524	0,455	0,387	0,323	0,265	0,215	0,172
		45	0,773	0,721	0,661	0,596	0,528	0,458	0,391	0,327	0,269	0,218	0,174	0,137
		50	0,724	0,665	0,600	0,532	0,462	0,394	0,330	0,272	0,220	0,176	0,139	0,109
		55	0,668	0,604	0,536	0,466	0,398	0,334	0,275	0,223	0,178	0,141	0,111	0,086
		60	0,608	0,540	0,470	0,402	0,337	0,278	0,226	0,181	0,143	0,112	0,087	0,068
		65	0,544	0,474	0,406	0,341	0,281	0,229	0,183	0,145	0,114	0,089	0,069	0,053
		70	0,478	0,410	0,344	0,285	0,231	0,186	0,147	0,115	0,090	0,070	0,054	0,041
		75	0,414	0,348	0,288	0,234	0,188	0,149	0,117	0,091	0,071	0,054	0,042	0,032

Thrombozyten [G / l]

0,5	Base Excess [ mmol / l ]	AF	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
		25	0,894	0,864	0,828	0,785	0,735	0,677	0,613	0,546	0,476	0,408	0,342	0,283
		30	0,866	0,831	0,788	0,738	0,680	0,617	0,549	0,480	0,411	0,346	0,286	0,233
		35	0,833	0,791	0,741	0,684	0,621	0,553	0,484	0,415	0,350	0,289	0,236	0,189
		40	0,793	0,744	0,687	0,625	0,557	0,488	0,419	0,353	0,293	0,238	0,192	0,152
		45	0,747	0,691	0,628	0,561	0,492	0,423	0,357	0,296	0,241	0,194	0,154	0,121
		50	0,694	0,632	0,565	0,496	0,427	0,361	0,299	0,244	0,197	0,156	0,123	0,096
		55	0,636	0,569	0,500	0,431	0,364	0,302	0,247	0,199	0,158	0,125	0,097	0,075
		60	0,573	0,504	0,435	0,368	0,306	0,250	0,202	0,160	0,126	0,099	0,077	0,059
		65	0,508	0,439	0,372	0,309	0,253	0,204	0,163	0,128	0,100	0,078	0,060	0,046
		70	0,443	0,375	0,313	0,256	0,207	0,165	0,130	0,102	0,079	0,061	0,047	0,036
		75	0,379	0,316	0,259	0,209	0,167	0,132	0,103	0,080	0,062	0,047	0,036	0,028

<b>reif</b>	
-------------	--

**Thrombozyten [G / l]**

<b>1,5</b>	<b>Base Excess [ mmol / l]</b>	<b>AF</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>	<b>360</b>	<b>390</b>	<b>420</b>	<b>450</b>	<b>480</b>
		<b>25</b>	0,879	0,847	0,807	0,760	0,706	0,645	0,579	0,510	0,440	0,373	0,311	0,254
		<b>30</b>	0,849	0,809	0,763	0,709	0,648	0,582	0,514	0,444	0,377	0,314	0,258	0,208
		<b>35</b>	0,812	0,766	0,712	0,652	0,586	0,518	0,448	0,381	0,318	0,261	0,211	0,168
		<b>40</b>	0,769	0,715	0,655	0,590	0,522	0,452	0,385	0,321	0,264	0,213	0,170	0,134
		<b>45</b>	0,719	0,659	0,594	0,526	0,456	0,388	0,325	0,267	0,216	0,172	0,136	0,107
		<b>50</b>	0,663	0,598	0,530	0,460	0,392	0,328	0,270	0,219	0,175	0,138	0,108	0,084
		<b>55</b>	0,602	0,533	0,464	0,396	0,332	0,273	0,221	0,177	0,140	0,110	0,085	0,066
		<b>60</b>	0,537	0,468	0,400	0,335	0,276	0,224	0,179	0,142	0,111	0,087	0,067	0,052
		<b>65</b>	0,472	0,404	0,339	0,279	0,227	0,182	0,144	0,113	0,088	0,068	0,052	0,040
		<b>70</b>	0,407	0,342	0,283	0,230	0,184	0,146	0,115	0,089	0,069	0,053	0,041	0,031
		<b>75</b>	0,346	0,286	0,232	0,187	0,148	0,116	0,090	0,070	0,054	0,041	0,032	0,024

**Thrombozyten [G / l]**

<b>2,5</b>	<b>Base Excess [ mmol / l]</b>	<b>AF</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>	<b>360</b>	<b>390</b>	<b>420</b>	<b>450</b>	<b>480</b>
		<b>25</b>	0,863	0,827	0,784	0,733	0,675	0,611	0,543	0,474	0,405	0,340	0,281	0,228
		<b>30</b>	0,829	0,786	0,736	0,678	0,615	0,547	0,478	0,409	0,344	0,284	0,231	0,185
		<b>35</b>	0,789	0,739	0,682	0,619	0,551	0,482	0,413	0,347	0,287	0,234	0,188	0,149
		<b>40</b>	0,742	0,685	0,622	0,555	0,486	0,417	0,351	0,291	0,237	0,190	0,151	0,119
		<b>45</b>	0,689	0,626	0,559	0,490	0,421	0,355	0,294	0,240	0,193	0,153	0,120	0,094
		<b>50</b>	0,630	0,563	0,494	0,425	0,358	0,297	0,242	0,195	0,155	0,122	0,095	0,074
		<b>55</b>	0,567	0,498	0,428	0,362	0,300	0,245	0,198	0,157	0,124	0,096	0,075	0,058
		<b>60</b>	0,501	0,432	0,366	0,304	0,248	0,200	0,159	0,125	0,098	0,076	0,059	0,045
		<b>65</b>	0,436	0,369	0,307	0,251	0,203	0,161	0,127	0,099	0,077	0,059	0,046	0,035
		<b>70</b>	0,373	0,311	0,254	0,205	0,163	0,129	0,101	0,078	0,060	0,046	0,035	0,027
		<b>75</b>	0,314	0,257	0,208	0,166	0,131	0,102	0,079	0,061	0,047	0,036	0,028	0,021

reif

Thrombozyten [G / l]

3,5	Base Excess [ mmol / l ]	AF	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
		25	0,845	0,806	0,758	0,704	0,642	0,576	0,507	0,438	0,371	0,309	0,253	0,204
		30	0,808	0,761	0,707	0,646	0,580	0,511	0,442	0,375	0,312	0,256	0,206	0,164
		35	0,764	0,710	0,650	0,584	0,515	0,446	0,379	0,316	0,259	0,209	0,167	0,131
		40	0,713	0,653	0,588	0,519	0,450	0,382	0,319	0,262	0,212	0,169	0,133	0,104
		45	0,657	0,592	0,523	0,454	0,386	0,322	0,265	0,214	0,171	0,135	0,106	0,082
		50	0,596	0,527	0,458	0,390	0,326	0,268	0,217	0,173	0,137	0,107	0,083	0,064
		55	0,531	0,462	0,394	0,329	0,271	0,220	0,176	0,139	0,109	0,085	0,065	0,050
		60	0,466	0,397	0,333	0,274	0,222	0,178	0,141	0,110	0,086	0,066	0,051	0,039
		65	0,401	0,337	0,277	0,225	0,180	0,143	0,112	0,087	0,067	0,052	0,040	0,030
		70	0,340	0,281	0,228	0,183	0,145	0,114	0,088	0,068	0,053	0,040	0,031	0,024
		75	0,284	0,231	0,185	0,147	0,115	0,090	0,069	0,053	0,041	0,031	0,024	0,018

Thrombozyten [G / l]

4,5	Base Excess [ mmol / l ]	AF	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
		25	0,826	0,782	0,731	0,673	0,609	0,541	0,471	0,403	0,338	0,279	0,226	0,181
		30	0,785	0,734	0,676	0,612	0,545	0,475	0,407	0,342	0,282	0,229	0,184	0,146
		35	0,737	0,680	0,616	0,549	0,479	0,411	0,345	0,285	0,232	0,186	0,148	0,116
		40	0,683	0,620	0,553	0,483	0,414	0,349	0,289	0,235	0,189	0,150	0,118	0,092
		45	0,624	0,557	0,487	0,418	0,352	0,292	0,238	0,191	0,152	0,119	0,093	0,072
		50	0,560	0,491	0,422	0,356	0,295	0,241	0,194	0,154	0,121	0,094	0,073	0,056
		55	0,495	0,426	0,360	0,298	0,244	0,196	0,156	0,123	0,096	0,074	0,057	0,044
		60	0,430	0,363	0,302	0,247	0,199	0,158	0,124	0,097	0,075	0,058	0,045	0,034
		65	0,367	0,305	0,249	0,201	0,160	0,126	0,098	0,076	0,059	0,045	0,035	0,026
		70	0,309	0,252	0,204	0,162	0,128	0,100	0,077	0,060	0,046	0,035	0,027	0,020
		75	0,255	0,206	0,164	0,130	0,101	0,079	0,061	0,047	0,036	0,027	0,021	0,016

<b>reif</b>	
-------------	--

**Thrombozyten [G / l]**

<b>5,5</b>	<b>Base Excess [ mmol / l]</b>	<b>AF</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>	<b>360</b>	<b>390</b>	<b>420</b>	<b>450</b>	<b>480</b>
		<b>25</b>	0,804	0,756	0,702	0,640	0,574	0,505	0,436	0,369	0,307	0,251	0,202	0,161
		<b>30</b>	0,759	0,705	0,644	0,578	0,509	0,440	0,373	0,310	0,254	0,205	0,163	0,129
		<b>35</b>	0,708	0,648	0,582	0,513	0,443	0,376	0,313	0,257	0,207	0,165	0,130	0,102
		<b>40</b>	0,651	0,586	0,517	0,447	0,380	0,317	0,260	0,210	0,168	0,132	0,103	0,080
		<b>45</b>	0,589	0,521	0,451	0,384	0,320	0,263	0,213	0,170	0,134	0,105	0,081	0,063
		<b>50</b>	0,525	0,455	0,388	0,324	0,266	0,215	0,172	0,136	0,106	0,083	0,064	0,049
		<b>55</b>	0,459	0,391	0,327	0,269	0,218	0,174	0,138	0,108	0,084	0,065	0,050	0,038
		<b>60</b>	0,395	0,331	0,272	0,221	0,177	0,140	0,109	0,085	0,066	0,051	0,039	0,030
		<b>65</b>	0,334	0,275	0,224	0,179	0,142	0,111	0,086	0,067	0,051	0,039	0,030	0,023
		<b>70</b>	0,279	0,226	0,181	0,144	0,113	0,088	0,068	0,052	0,040	0,031	0,023	0,018
		<b>75</b>	0,229	0,184	0,146	0,114	0,089	0,069	0,053	0,041	0,031	0,024	0,018	0,014

**Thrombozyten [G / l]**

<b>6,5</b>	<b>Base Excess [ mmol / l]</b>	<b>AF</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>210</b>	<b>240</b>	<b>270</b>	<b>300</b>	<b>330</b>	<b>360</b>	<b>390</b>	<b>420</b>	<b>450</b>	<b>480</b>
		<b>25</b>	0,780	0,729	0,671	0,606	0,538	0,469	0,401	0,336	0,277	0,225	0,180	0,142
		<b>30</b>	0,732	0,674	0,610	0,542	0,473	0,404	0,340	0,280	0,228	0,182	0,144	0,113
		<b>35</b>	0,678	0,614	0,546	0,477	0,408	0,343	0,283	0,230	0,185	0,146	0,115	0,089
		<b>40</b>	0,618	0,550	0,481	0,412	0,347	0,287	0,233	0,187	0,148	0,117	0,091	0,070
		<b>45</b>	0,554	0,485	0,416	0,350	0,290	0,236	0,190	0,150	0,118	0,092	0,071	0,055
		<b>50</b>	0,489	0,420	0,354	0,293	0,239	0,192	0,152	0,120	0,093	0,072	0,056	0,043
		<b>55</b>	0,424	0,358	0,296	0,242	0,194	0,155	0,122	0,095	0,073	0,057	0,043	0,033
		<b>60</b>	0,361	0,300	0,245	0,197	0,157	0,123	0,096	0,075	0,057	0,044	0,034	0,026
		<b>65</b>	0,303	0,248	0,200	0,159	0,125	0,098	0,076	0,058	0,045	0,034	0,026	0,020
		<b>70</b>	0,251	0,202	0,161	0,127	0,099	0,077	0,059	0,045	0,035	0,027	0,020	0,015
		<b>75</b>	0,205	0,163	0,128	0,100	0,078	0,060	0,046	0,035	0,027	0,021	0,016	0,012

reif

Thrombozyten [G / l]

7,5	Base Excess [ mmol / l]	AF	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480
		25	0,755	0,700	0,638	0,572	0,502	0,433	0,367	0,305	0,249	0,201	0,160	0,126
		30	0,703	0,642	0,575	0,506	0,437	0,370	0,308	0,252	0,203	0,162	0,128	0,100
		35	0,645	0,579	0,510	0,441	0,374	0,311	0,255	0,206	0,164	0,129	0,101	0,078
		40	0,583	0,514	0,445	0,378	0,315	0,258	0,208	0,166	0,131	0,103	0,080	0,061
		45	0,518	0,449	0,381	0,318	0,261	0,211	0,168	0,133	0,104	0,081	0,062	0,048
		50	0,453	0,385	0,322	0,264	0,214	0,171	0,135	0,105	0,082	0,063	0,049	0,037
		55	0,389	0,325	0,267	0,216	0,173	0,137	0,107	0,083	0,064	0,049	0,038	0,029
		60	0,329	0,270	0,219	0,175	0,139	0,109	0,084	0,065	0,050	0,038	0,029	0,022
		65	0,274	0,222	0,178	0,140	0,110	0,086	0,066	0,051	0,039	0,030	0,023	0,017
		70	0,225	0,180	0,142	0,112	0,087	0,067	0,052	0,040	0,030	0,023	0,018	0,013
		75	0,182	0,144	0,113	0,088	0,068	0,052	0,040	0,031	0,023	0,018	0,014	0,010

11.3 Prognosetabellen zur Zielgröße Koliksymptome nach Entlassung bei Fohlen mit Mekoniumobstipation

Tabelle 117: Eintrittswahrscheinlichkeiten einer Kolik nach Entlassung in Abhängigkeit der Einflussgrößen Herzfrequenz und Alter der Stute

		Herzfrequenz [Schläge / min]											
		60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
Alter der Stute [Jahre]	4	0,005	0,007	0,010	0,014	0,020	0,028	0,040	0,056	0,077	0,106	0,145	0,194
	5	0,004	0,005	0,008	0,011	0,015	0,021	0,030	0,042	0,059	0,082	0,112	0,152
	6	0,003	0,004	0,006	0,008	0,011	0,016	0,023	0,032	0,045	0,062	0,086	0,118
	7	0,002	0,003	0,004	0,006	0,008	0,012	0,017	0,024	0,034	0,047	0,066	0,091
	8	0,002	0,002	0,003	0,004	0,006	0,009	0,013	0,018	0,025	0,036	0,050	0,069
	9	0,001	0,002	0,002	0,003	0,005	0,007	0,010	0,013	0,019	0,027	0,038	0,053
	10	0,001	0,001	0,002	0,002	0,004	0,005	0,007	0,010	0,014	0,020	0,028	0,040
	11	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,008	0,011	0,015	0,021	0,030
	12	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,008	0,011	0,016	0,023
	13	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,008	0,012	0,017
	14	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,004	0,006	0,009	0,013
	15	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,005	0,007	0,010
	16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,004	0,005	0,007
	17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005
	18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004
	19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003
	20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
	21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002
	22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001

Herzfrequenz [Schläge / min]

Alter der Stute [Jahre]	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	
	4	0,255	0,327	0,408	0,495	0,582	0,664	0,737	0,799	0,850	0,889	0,919	0,942
	5	0,203	0,266	0,340	0,422	0,509	0,596	0,677	0,748	0,809	0,857	0,895	0,924
	6	0,160	0,213	0,277	0,353	0,436	0,524	0,610	0,689	0,759	0,817	0,864	0,900
	7	0,124	0,168	0,223	0,289	0,366	0,451	0,538	0,623	0,702	0,770	0,826	0,871
	8	0,096	0,131	0,176	0,233	0,301	0,380	0,465	0,553	0,637	0,714	0,780	0,834
	9	0,073	0,101	0,138	0,185	0,243	0,314	0,394	0,480	0,567	0,650	0,725	0,790
	10	0,056	0,077	0,106	0,145	0,194	0,254	0,326	0,408	0,494	0,581	0,664	0,737
	11	0,042	0,059	0,082	0,112	0,152	0,203	0,266	0,339	0,422	0,509	0,595	0,676
	12	0,032	0,045	0,062	0,086	0,118	0,160	0,212	0,277	0,352	0,436	0,523	0,609
	13	0,024	0,034	0,047	0,066	0,091	0,124	0,168	0,222	0,289	0,366	0,450	0,538
	14	0,018	0,025	0,036	0,050	0,069	0,096	0,131	0,176	0,233	0,301	0,380	0,465
	15	0,013	0,019	0,027	0,038	0,053	0,073	0,101	0,137	0,184	0,243	0,313	0,393
	16	0,010	0,014	0,020	0,028	0,040	0,056	0,077	0,106	0,144	0,193	0,254	0,326
	17	0,008	0,011	0,015	0,021	0,030	0,042	0,059	0,081	0,112	0,152	0,203	0,265
	18	0,006	0,008	0,011	0,016	0,023	0,032	0,045	0,062	0,086	0,118	0,159	0,212
	19	0,004	0,006	0,008	0,012	0,017	0,024	0,034	0,047	0,066	0,091	0,124	0,167
	20	0,003	0,004	0,006	0,009	0,013	0,018	0,025	0,036	0,050	0,069	0,096	0,130
	21	0,002	0,003	0,005	0,007	0,010	0,013	0,019	0,027	0,038	0,053	0,073	0,101
	22	0,002	0,002	0,004	0,005	0,007	0,010	0,014	0,020	0,028	0,040	0,056	0,077

## 12 Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei all denen bedanken, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit zur Seite gestanden haben und ohne die meine Arbeit wahrscheinlich noch immer nicht fertig wäre.

Mein erster Dank gilt Herrn Prof. Dr. A. Wehrend für die Möglichkeit, eine Dissertation auf dem Gebiet der Neonatologie anfertigen zu dürfen sowie die damit verbundene Betreuung und schnelle Durchsicht und Korrektur der eingereichten Manuskripte.

Herrn Dr. Failing und seinen beiden Mitarbeitern von der AG Biomathematik und Datenverarbeitung danke ich für die Hilfe bei den statistischen Auswertungen.

Ich danke meiner Familie für die finanzielle und mentale Unterstützung während meines Studiums und der Zeit danach. Meinem Bruder Dominik danke ich für seine Vorschläge zur Übersetzung der Summary. Meinem Bruder Simon gilt mein Dank für seine investierte Zeit in das Korrekturlesen. Auch seiner Frau Simone bin ich dankbar für die intensiven Gespräche, die essentiell zum Abschluss dieser Arbeit beigetragen haben. Danke, dass ihr mir den Endspurt so angenehm gestaltet habt.

Meinen Freunden, allen voran meiner liebsten Sara, gebührt mein herzlichster Dank für eure offenen Ohren, eure Warmherzigkeit, euer Verständnis, euren Ansporn, eure Antworten und konstruktiven Fragen und euren Beistand in schwierigen Phasen. Ihr seid die Besten, die ich mir wünschen kann. Meinem Hund Bolle danke ich für die vielen wunderschönen Spaziergänge, die halfen den Geist zu klären.

Ich danke Ann-Kristin, von der ich so viel lernen durfte und die meinen beruflichen Weg entscheidend geprägt hat. Außerdem danke ich Henni und Ute, die meinen Horizont erweiterten und mich lehrten meine Sinne zu schulen. Meinen Patienten danke ich für ihre Geduld mit meinen zeitweise durch den Fortschritt meiner Arbeit beeinflussten Gemütszuständen. Und ihren Besitzern danke ich für ihr beständiges Fragen nach dem aktuellen Stand meiner Arbeit und ihre Motivation.

Ferdi, dir gilt mein besonderer Dank. Deine Unterstützung war auf vielen Ebenen unerlässlich für mich.

Ich erkläre:

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.

Isabel Raabe



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

VVB LAUFERSWEILER VERLAG  
STAUFENBERGRING 15  
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890  
redaktion@doktorverlag.de  
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-6690-1



9 783835 196690 1