
Untersuchungen zur Dehydratation bei Kälbern mit akuter Diarrhoe unter Berücksichtigung ausgewählter klinischer und labordiagnostischer Parameter

Florian Martin Niethammer



München 2007

Aus der Klinik für Wiederkäuer
(Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie der Wiederkäuer: Prof. Dr. W. Klee)
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Untersuchungen zur Dehydratation bei Kälbern mit akuter Diarrhoe unter Berücksichtigung ausgewählter klinischer und labordiagnostischer Parameter

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Florian Martin Niethammer
aus Krumbach (Schwaben)

München 2007

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. E. P. Märtlbauer
Referent: Univ.-Prof. Dr. Klee
Korreferent: Prof. Dr. Goldberg

Tag der Promotion: 20. Juli 2007

**Für meine Eltern,
ohne die die Durchführung dieses Projektes niemals möglich gewesen wäre.**

**Für meine Lehrer,
Dr. med. vet. Ingo Braumiller,
Dr. med. vet. Erhard Erdle,
Dr. med. vet. Wolfgang Zenker,
die mir auch in Zeiten des Zweifels stets die Freude an diesem Beruf zurückgegeben
haben.**

Inhalt:

Abkürzungsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Schrifttum	2
2.1	Durchfall beim neugeborenen Kalb	2
2.1.1	Ätiologie	2
2.1.2	Pathogenese	3
2.2	Dehydratation	4
2.2.1	Die Flüssigkeitskompartimente des Körpers: EZF und IZF	4
2.2.2	Regulation des Wasser- und Elektrolythaushaltes	6
2.2.3	Pathophysiologie der Dehydratation	7
2.2.4	Veränderungen der EZF und IZF bei neonataler Kälberdiarrhoe	9
2.3	Klinische Symptomatik der Dehydratation	13
2.3.1	Bulbusstand	13
2.3.2	Hautturgor	14
2.3.3	Befunde an den Schleimhäuten	15
2.3.4	Körpertemperatur	16
2.3.5	Allgemeinbefinden	17
2.4	Relevante labordiagnostische Parameter bei Dehydratation	18
2.4.1	Haematokrit	18
2.4.2	Haemoglobin	19
2.4.3	Gesamtprotein	19
2.4.4	Harnstoff	20
2.4.5	Kreatinin	21

3	Eigene Untersuchungen	23
3.1	Probanden und Methodik	23
3.1.1	Probanden	23
3.1.2	Ausschlusskriterien	23
3.1.3	Allgemeine Angaben zu den aufgenommenen Probanden	24
3.1.4	Erhebung klinischer Parameter zur Abschätzung des Dehydratationsgrades	25
3.1.4.1	Bulbusstand	25
3.1.4.2	Hautturgor	27
3.1.4.3	Befunde an den Schleimhäuten	30
3.1.4.4	Körpertemperatur	30
3.1.4.5	Allgemeinbefinden	30
3.1.4.6	weitere klinische Parameter	30
3.1.5	Erhebung labordiagnostischer Parameter zur Abschätzung des Dehydratationsgrades	31
3.1.6	Ermittlung des Dehydratations-Referenzwertes und Behandlung	32
3.1.7	Statistische Auswertung	34
3.2	Ergebnisse	37
3.2.1	Ermittelte Werte des Dehydratationsgrades	37
3.2.2	Zusammenhang zwischen erhobenen Parametern und Dehydratationsgrad	39
3.2.3	Prognose des Dehydratationsgrades aus den erhobenen Befunden	47
4	Diskussion	52
5	Zusammenfassung	62
6	Summary	64
7	Anhang	65
7.1	Protokollbogen	65

7.2	Wertetabellen	67
7.2.1	Legende zu den Wertetabellen mit Codierungsschlüssel	73
8	Literaturverzeichnis	74
9	Danksagung	83
10	Lebenslauf	84

Abkürzungsverzeichnis

AB	Allgemeinbefinden
ADH	Antidiuretisches Hormon
ANF	Atrialer Natriuretischer Faktor
ATPase	Adenosintriphosphatase
C	Konzentration
DG	Dehydratationsgrad
E. coli	Escherichia coli
EDTA	Ethylendiamintetraacetat
EKG	Elektrokardiogramm
EN	Enophthalmus
ETEC	enterotoxische E. coli
EZF	Extrazellularflüssigkeit
EZR	Extrazellularraum
GKW	Gesamtkörperwasser
Hkt	Haematokrit
HTA	Haustierarzt
IVR	Intravasalraum
IZF	Intrazellularflüssigkeit
IZR	Intrazellularraum
KM	Körpermasse
lb.	Pfund entspricht 453,6 g
LT	hitzelabiles Enterotoxin von E. coli
NSAID	Nonsteroidal Anti Inflammatory Drug
ORL	Orale Rehydratationslösung
R	ideale Gaskonstante $8,315 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$
SH	Schleimhaut/Schleimhäute
SR	Saugreflex
ST	hitze stabiles Enterotoxin von E. coli
T	absolute Temperatur in °Kelvin
TPP	Gesamtproteingehalt des Plasmas
TZF	Transzellularflüssigkeit
VZ	Verstreichzeit einer Hautfalte

1 Einleitung

Kälberkrankheiten, insbesondere die Neugeborenenendiarrhoe des Milchkalbes, stellen zweifelsohne nach wie vor ein ernstzunehmendes, nicht zuletzt beträchtliche finanzielle Verluste verursachendes Problem dar.

Durchfall führt per se durch den augenscheinlichen Flüssigkeitsverlust je nach Ausprägung und Dauer zu einer mehr oder weniger starken Dehydratation des erkrankten Organismus. Diese Veränderung des Wasser- und Elektrolythaushaltes kann schlussendlich global in die essentiellsten der Vitalsysteme - unter anderem zu nennen sind Blutdruck, Membranphysiologie und vieles mehr - in solchem Ausmaße deregulierend eingreifen, bis ein Zustand erreicht ist, der nicht mehr mit dem Leben vereinbar ist (ROSSOW et al., 1979; JONES et al., 1984; GUYTON und HALL, 2000). Einleuchtend mag nun erscheinen, dass die rechtzeitige und hinlänglich sichere klinische Einschätzung des Grades dieses potentiell lebensbedrohlichen Zustandes nicht nur primär über die zu ergreifenden therapeutischen Maßnahmen und deren unmittelbaren Erfolg entscheidet, sondern auch sekundär, in der Folge adäquater Behandlung den durch den Landwirt aufzuwendenden monetären Beitrag senkt.

Dessen eingedenk haben sich bisher zahlreiche Autoren in ihren Beiträgen der Dehydratation gewidmet, jedoch liegt der Abschätzung des Austrocknungsgrades anhand klinischer Symptome nur in den seltensten Fällen wissenschaftliches Datenmaterial zugrunde (ROUSSEL und KASARI, 1990).

CONSTABLE et al. (1998b) schlagen zur Schließung dieser Lücke in ihrer Schlüsselarbeit zu vorliegender Thematik den experimentellen Weg ein, das heißt, ihre Erhebungen basieren auf Untersuchungen an Kälbern, bei denen die Dehydratation artifiziell durch Überdosierung von Laxantien und Diuretika induziert wurde. Dabei entstehen jedoch Elektrolytverschiebungen, die von denjenigen der an Neugeborenenendiarrhoe erkrankten Kälbern geringfügig differieren (WALKER et al. 1998).

Das Ziel dieser Studie besteht nun darin, den qualitativen und quantitativen Zusammenhang zwischen Dehydratationsgrad und ausgewählten klinischen und labordiagnostischen Parametern bei durchfallkranken Kälbern zu überprüfen. Dem praktizierenden Tierarzt soll nach dieser Arbeit der Rückschluss von klinischen und labordiagnostischen Befunden auf den DG gestützt auf wissenschaftlich fundierte Ergebnisse ermöglicht werden.

2 Schrifttum

2.1 Durchfall beim neugeborenen Kalb

2.1.1 Ätiologie

Nach GLAWISCHNIG et al. (1982) versteht man unter Diarrhoe zusammenfassend die Symptomatik von Magen-Darmerkrankungen unterschiedlicher Ätiologie, welche mit Veränderungen der Faeceskonsistenz im Sinne einer Verflüssigung und unphysiologisch frequentem Kotabsatz einhergehen.

Im Speziellen tritt die neonatale Kälberdiarrhoe in den ersten zwei Lebenswochen der betroffenen Tiere als Folge synergistischer Interaktionen infektiöser und nichtinfektiöser Faktoren in Erscheinung (KASKE, 2002).

Diese ausnahmslos ubiquitär vorkommenden infektiösen Agentien rekrutieren sich aus deren drei großen Gruppen der Viren, der Bakterien und der Protozoen:

Nach RADEMACHER et al. (2002) stellen in diesem Zusammenhang vor allem Rota- und Coronaviren die bedeutendsten Erreger dar.

Komplizierend kommen als Verursacher heftigster Durchfälle Kryptosporidien und enterotoxische E.-coli (ETEC) hinzu (KASKE, 2002; RADEMACHER et al., 2002).

Das Auftreten gehäufter und vor allem verlustreicher Erkrankungen ist in der Regel eng daran gekoppelt, ob mangelhafte Haltungsbedingungen eine Exposition der Kälber gegenüber den verschiedenen Durchfallerregern begünstigen (Hygienemängel, erhöhter Infektionsdruck) (DOLL, 2002).

Als bedeutendster nichtinfektiöser Faktor, welcher die klinische Erkrankung entscheidend fördert, ist die Beeinträchtigung sowohl der spezifischen als auch der unspezifischen Abwehrkraft der neugeborenen Kälber anzuführen (Einflussfaktoren: Stress, Mängel in der Kolostrumversorgung) (DOLL, 2002; KASKE, 2002).

Zusammenfassend erscheint nun klar, dass das neonatale Durchfallsyndrom der Kälber Ausdruck eines multifaktoriellen Geschehens ist, worin diverse Krankheitserreger, allein oder auch synergistisch zusammenwirkend, sekundär vor dem Hintergrund einer verminderten Resistenzlage der Tiere in Erscheinung treten.

2.1.2 Pathogenese

Als Hauptursachen für enterale Flüssigkeits- und Elektrolytverluste im Rahmen des Durchfallgeschehens sind sekretorische und osmotische Prozesse zu postulieren (DOLL, 2002). Die noch von MOON (1978) theoretisch angeführte und von SCHARRER (1986) wiederaufgegriffene Hypermotilität des Darmes als weiterem pathophysiologischem Mechanismus, welcher durch die Beschleunigung der Darmpassage zu Durchfall führen oder bereits bestehenden noch verstärken kann, tritt bei der Diarrhoe des Kalbes in der Regel nicht in Erscheinung. Im Gegenteil liegt hier fast stets Hypomotilität vor (KASKE, 1993).

Verursacher der sekretorischen Diarrhoe sind in erster Linie enterotoxische E.coli (ETEC), welche durch ihre Enterotoxine ST (a und b) und LT über zwei unterschiedliche Rezeptoren und die daran gekoppelten spezifischen second messenger Kaskaden hauptsächlich die Cl⁻ Sekretion in den Zellen der Lieberkühnschen Krypten steigern. Es folgt auf parazellulärem Wege Na⁺ aus Gründen der Elektroneutralität und aus Gründen der Osmose H₂O auf para- und transzellulärem Wege.

Der osmotischen Diarrhoe liegen alimentäre und/oder infektiöse Komponenten zugrunde. Erstere verursachen eine lumenseitige Erhöhung des osmotischen Druckes durch die Überforderung der physiologischen Verdauungskapazität des Kalbes, letztere, darunter Rota- und Coronaviren sowie sekundär Kryptosporidien, erreichen selbiges infolge Herabsetzens der Verdauungskapazität durch Zerstörung der für die Lactosedigestions- und Resorptionsprozesse verantwortlichen Enterozyten der Zottenspitzen (KASKE, 1993).

Allerdings scheinen bei den rota- und coronaviral bedingten Durchfällen auch Sekretionsprozesse eine (wenn nicht die) entscheidende Rolle zu spielen (DANNER, 1983; DOLL, 1992): Die durch die Virenvermehrung zerstörten und desquamierten Enterozyten an den Spitzen der Villi intestinales werden durch noch undifferenzierte Zellen ersetzt, welche aus dem Bereich der Lieberkühnschen Krypten nachgeschoben werden. Selbige undifferenzierten Zellen zeichnen sich wiederum durch ihre überwiegend sekretorische Kapazität aus. Daraus folgt wie oben bereits dargestellt, dass das vermehrt ausgeschiedene Cl⁻ Na⁺ und H₂O in das Darmlumen nach sich zieht (KASKE, 1993).

Desweiteren aggravieren insbesondere Rota-/Coronaviren und Kryptosporidien aber auch E. coli das Phänomen der Hypersekretion durch das Anstoßen der Entzündungskaskade: Produkten des Arachidonsäureabbaus, allen voran den Prostaglandinen, ist hierbei nach momentanem Wissensstand übergeordnete Bedeutung zuzuweisen (KASKE, 1993).

Zusammenfassend mag nun das Postulat von SCHARRER (1986) einleuchtend erscheinen, wonach sich die Diarrhoe durch eine verglichen mit den physiologischen Verhältnissen stark erhöhte Wasserausscheidung über die Faeces auszeichnet.

2.2 Dehydratation

2.2.1 Die Flüssigkeitskompartimente des Körpers: EZF und IZF

Der Aufrechterhaltung eines relativ konstanten Volumens der Flüssigkeitskompartimente und deren ungefähr gleichbleibende Zusammensetzung kommt essentiellste Bedeutung im Rahmen der Homöostase und damit der Lebensfähigkeit eines Individuums zu (HARTMANN, 1991; GUYTON und HALL, 2000). Das Gesamtkörperwasser (GKW), welches in Prozent der Körpermasse angegeben wird, hängt im wesentlichen von Alter, Geschlecht und Fettanteil ab, wobei mit zunehmendem Alter und Verfettungsgrad das GKW abnimmt. Beim Menschen fällt bei weiblichen Individuen interessanterweise der Fettanteil an der Körpermasse geringfügig höher aus als bei männlichen, weswegen das GKW physiologischerweise niedriger ist.

Das GKW verteilt sich dabei hauptsächlich auf zwei Kompartimente: den EZR und den IZR. Die EZF wiederum setzt sich aus interstitieller Flüssigkeit und (Blut-) Plasma zusammen. Zudem kann noch als ein kleiner Bestandteil die transzelluläre Flüssigkeit (TZF) aus der EZF ausgekoppelt werden. Sie wird durch die Synovial-, Peritoneal-, Pericardial-, Intraoculär- und Cerebrospinalflüssigkeit repräsentiert (GUYTON und HALL, 2000). Nach GÄBEL (2000) ist auch unter anderem der Vormageninhalt zum Teil als TZF anzusehen, was beim erwachsenen Rind wiederum ein beträchtliches Volumen umfassen kann.

In der Literatur sind unterschiedliche Angaben über das GKW und dessen Aufteilung beim neugeborenen Kalb zu finden:

Tabelle 1: Anteil des Gesamtkörperwassers (GKW) an der Körpermasse sowie Verteilung desselben auf den IZR und EZR beim gesunden, neugeborenen Kalb:

	FAYET (1971)	HARTMANN et al. (1984)	BERCHTOLD (1999)	FÜRLLL (2002)
GKW (kg) x 100 / KM (kg)	76,5 % (± 2,4)	85 %	75 %	80 %
IZR	26,6 % (± 2,3)	42 %	30 %	40 %
EZR	50,2 % (± 2,3)	43 %	45 %	40 %

Die chemische Zusammensetzung der Körperflüssigkeiten stellt sich nach FÜRLLL (2002) folgendermaßen dar:

Tabelle 2: Chemische Zusammensetzung der Körperflüssigkeiten (FÜRLLL, 2002)

Bestandteile	Blutplasma (mval/l)	Interstitielle Flüssig- keit (mval/l)	Intrazelluläre Flüssig- keit (mval/kg Wasser)
Kationen:			
Na ⁺	142	145	10
K ⁺	4	4	160
Ca ⁺⁺	5	5	2
Mg ⁺⁺	2	2	26
gesamt:	153	156	198
Anionen:			
Cl ⁻	101	114	3
HCO ₃ ⁻	27	31	10
HPO ₄ ²⁻	2	2	100
SO ₄ ²⁻	1	1	20
organ. Säuren:	6	7	-
Proteine:	16	1	65
gesamt:	153	156	198
Kat- und Anio- nen:	306	312	496

Dabei werden die unterschiedlichen Ionenkonzentrationen im IZR und EZR in der Hauptsache durch Ionenpumpen, allen voran der Na⁺/K⁺-ATPase, und durch intrazelluläre Proteine,

für die die Zellmembran selektiv impermeabel ist (Gibbs-Donnan-Equilibrium), aufrechterhalten (GÄBEL, 2000).

2.2.2 Regulation des Wasser- und Elektrolythaushaltes

Nach GUYTON und HALL (2000) ist es bemerkenswert, angesichts der ständigen Aufnahme und Abgabe von Flüssigkeit und Elektrolyten, sowie des ständigen Austausches derselben zwischen den Kompartimenten, dass trotzdem eine annähernd konstante Zusammensetzung der Körperflüssigkeiten aufrechterhalten werden kann.

Die Aufnahme von Wasser in den Organismus erfolgt zum Einen durch orale Aufnahme beim Trinken und in Form des Flüssigkeitsgehaltes des Futters, zum Andern entsteht H₂O bei der Oxidation von Kohlenhydraten (GÄBEL, 2000).

Die Abgabe von Wasser erfolgt laut GUYTON und HALL (2000) auf mehreren Wegen:

1. insensible Verluste infolge Diffusion durch und Verdunstung auf der Haut: abhängig unter anderem von der Außentemperatur, Luftfeuchtigkeit, Bewegung und Körpertemperatur;
2. insensible Verluste infolge Diffusion durch und Verdunstung auf den respiratorischen Schleimhäuten: abhängig unter anderem von der Atemarbeit;
3. Perspiratio sensibilis (Schwitzen): abhängig unter anderem vom Grad der Anstrengung, Außentemperatur;
4. Faeces: normalerweise nur für einen geringen Anteil des Wasserverlustes verantwortlich; kann jedoch beim Kalb aufgrund sehr schwerer Diarrhoe bis zu circa 18 % der KM pro Tag betragen (DOLL, 1992);
5. Urin: Der größte Teil des ausgeschiedenen Wassers wird über die Niere eliminiert, wobei sie durchaus als wichtigstes Organ der Flüssigkeits- als auch der Elektrolythomöostase anzusehen ist. Zur adäquaten Erfüllung dieser, höchsten Ansprüche zu genügenden regulativen Funktionen, ist die Niere in ein komplexes System hormoneller Regelkreise eingebunden. An dieser Stelle seien das Antidiuretische Hormon (ADH), Aldosteron und der Atriale Natriuretische Faktor genannt. Diese Mechanismen sind wiederum von der Plasmaosmolarität, der Na⁺-Konzentration und dem Plasmavolumen abhängig (GÄBEL, 2000). Die Ausscheidungskapazität der Nieren ist beträchtlich: DALTON (1968) gibt maximale Harnflussraten bei neugeborenen Kälbern nach Belastung mit 1,5 l Wasser mit $8,9 \pm 3,4$ ml/min an.

Als nächstes bedarf in obigem Zusammenhang folgendes Phänomen der Klärung: Wie geht der Wasseraustausch zwischen den Kompartimenten IZR und EZR vonstatten?

Die treibende Kraft der Flüssigkeitsverteilung ist die Osmose, welche als Nettodiffusion von Wasser durch eine selektiv permeable Membran von einem Ort niedriger Konzentration osmotisch aktiver Substanzen zu einem Ort hoher Konzentration osmotisch aktiver Substanzen definiert ist (GUYTON und HALL, 2000). Wichtig hierbei ist zu wissen, dass schon kleine Veränderungen der Elektrolytkonzentrationen in der EZF oder IZF große Schwankungen des osmotischen Druckes, also des Druckes, der theoretisch aufzuwenden wäre, der Diffusion von Wassermolekülen in obigem Sinne entgegenzuwirken, nach sich zieht. Nach dem Gesetz von van't Hoff ($\pi = C * R * T$) entspricht ein Konzentrationsgradient eines Solutes über die Zellmembran von 1 mOsm/l einem Druck von ungefähr 19,4 mmHg. Dies gilt für den Fall, dass man der Berechnung eine mittlere Körpertemperatur von 38,5 °C zugrundelegt. Es ist nun leicht vorstellbar, eingedenk der oben angeführten Definition, dass bei diesen potentiellen osmotischen Kräften beträchtliche Volumina an Wasser zwischen dem EZR und IZR verschoben werden können (GUYTON und HALL, 2000).

2.2.3 Pathophysiologie der Dehydratation

Unter Dehydratation versteht man die Verminderung des Körperwassers. Sie geht in der Regel mit Hypovolämie, das heißt mit einer Reduktion des Blutvolumens einher (FÜRL, 2002).

Es werden nach den unterschiedlichen osmotischen Druckverhältnissen in der EZF zwischen hypotonen, hypertonen und isotonen Formen der Dehydratation unterschieden.

Hypotone Dehydratation entsteht, wenn der Organismus vermehrt Flüssigkeit verliert, welche sich zur physiologischen Osmolarität der EZF hyperton verhält. Folglich sinkt die Osmolarität in der verbleibenden EZF unter ihr physiologisches Niveau. Sie gilt als besonders gefährlich, da die Verkleinerung des EZR beziehungsweise des IVR durch Wassereinwanderung in den IZR (Zellödem) noch verstärkt wird. Dieser Zustand ist zu erwarten, wenn an Durchfall erkrankte Kälber lediglich mit hypotonen Diättränken (ROSSOW et al., 1979) oder Wasser (FÜRL, 2002) behandelt werden und kann bei einem Körperwasserverlust von 15-20 % zu Hirnzellödem bedingten Krämpfen, zu Koma und Tod führen.

Hypertone Dehydratation entsteht, wenn der Organismus vermehrt Flüssigkeit verliert, welche sich zur physiologischen Osmolarität der EZF hypoton verhält. Folglich steigt die Osmolarität in der verbleibenden EZF über ihr physiologisches Niveau. An Diarrhoe erkrankte Kälber, die keine Flüssigkeit aufnehmen oder erhalten, verlieren mit dem Kot und infolge Verdunstung über die Atmungsorgane in der Regel mehr Wasser als Salz im Verhältnis zur physiologischen Zusammensetzung der EZF. Die Volumenverluste entstehen zunächst im EZR, zum

größten Teil sogar im IVR. Infolge der hier herrschenden Hyperosmolarität bewegt sich Wasser aus dem IZR in den EZR (ROSSOW et al., 1979). Diese Form tritt nach FÜRLI (2002) typischerweise bei fortgeschrittener Diarrhoe auf.

Isotone Dehydratation entsteht, wenn der Organismus vermehrt Flüssigkeit verliert, welche sich zur physiologischen Osmolarität der EZF isoton verhält. Bei der isotonen Dehydratation ist theoretisch nur der EZR betroffen, da keine osmolare Differenz zum IZR besteht und deswegen auch keine Flüssigkeitsverschiebungen zwischen den Kompartimenten vonstatten gehen. Die intravasale Hypovolämie führt zusammen mit der Viskositätserhöhung des Blutes zur Verschlechterung des Stromzeitvolumens und zur Herzbelastung (ROSSOW et al., 1979). Nach FISCHER und BUTTE (1974) kann der durch die Dehydratation hervorgerufene Flüssigkeitsmangel in den hypovolämischen Schock münden. Die daraus resultierende Unterversorgung verschiedener Gewebe mit Sauerstoff führt dann zur Anhäufung von Produkten aus dem anaeroben Zellstoffwechsel (zum Beispiel (L)-Lactat). Konsekutiv führt dies zu einer hypoxisch bedingten metabolischen Acidose.

Auch die beim neonatalen Kalb noch nicht zu voller regulativer Leistungsfähigkeit herangereifte und damit stör anfällige Niere kann infolge der dehydratationsbedingten Hypovolämie und der daraus resultierenden Verschlechterung der Durchblutung Schädigungen erfahren und Oligurie/Anurie verursachen (ROSSOW et al., 1979).

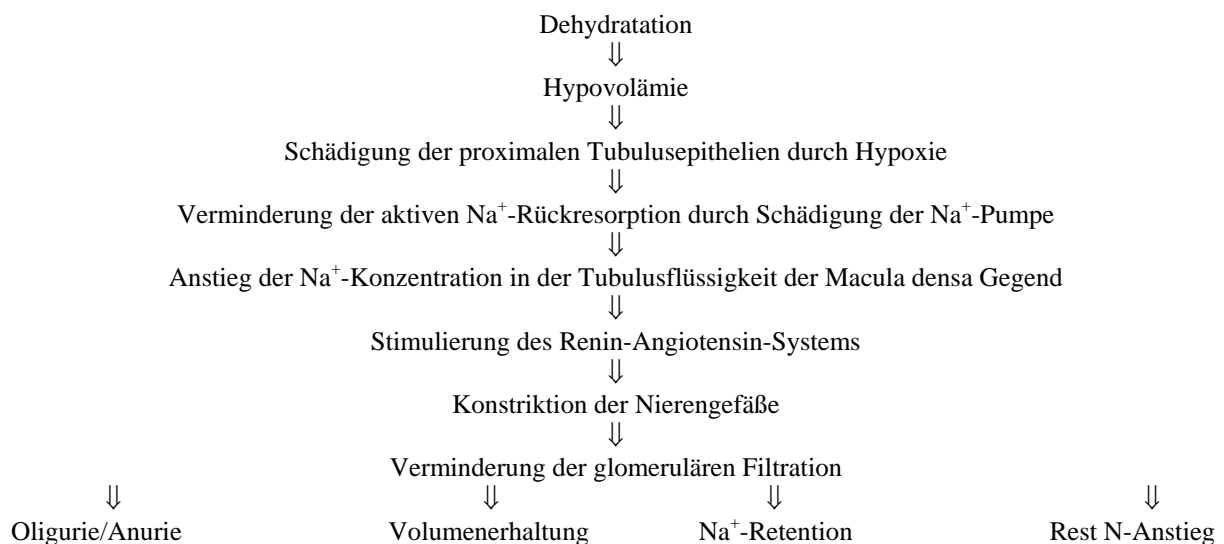


Abbildung 1: Möglicher Mechanismus der Oligurie/Anurie bei akuter Niereninsuffizienz (nach KOKOT, 1978)

Abschließend sei noch von Interesse, dass Neugeborene und Säuglinge gegenüber einer Dehydratation besonders empfindlich sind. Obschon sie nämlich über einen höheren prozentualen Anteil von Wasser an der Körpermasse verfügen, besitzen sie eine geringere Wasserreserve. Dies wiederum sei zurückzuführen auf die je Einheit Körpermasse größere Körperoberfläche, die höhere Wasserausscheidung und den höheren Wasserumsatz. Demzufolge sei bei jüngeren Individuen das im EZR vorhandene Flüssigkeitsvolumen wesentlich schneller verbraucht als bei älteren (ROSSOW et al., 1979). Nach HARTMANN et al. (1984) kann jedoch ein der Körperoberfläche proportionaler Wasserumsatz nicht maßgeblich für die erhöhte Empfindlichkeit Neugeborener gegenüber Dehydratation verantwortlich sein. Vielmehr müssen andere Faktoren entscheidenden Einfluss auf die besondere Anfälligkeit des Neonaten gegenüber Wasserverlusten nehmen (zum Beispiel noch „unreife“ Regulation des Wasserhaushaltes, Veränderung der Nierenfunktion). HARTMANN et al. (1988) konnten nachweisen, dass neugeborene Kälber einen langsameren Wasserumsatz haben als ältere und gerade deswegen, so die Argumentation, zur effektiven Kompensation bei Wasserverlusten weniger gut in der Lage seien.

2.2.4 Veränderungen der EZF und IZF bei neonataler Kälberdiarrhoe

Die neonatale Kälberdiarrhoe geht charakteristischerweise mit Körpermasseverlust infolge Dehydratation und Katabolismus (DALTON, 1964), negativer Natrium- und Kaliumbilanz, Hyponatriaemie, Hypochloraemie, Hyperkaliaemie (trotzdem negative Kaliumbilanz: Translokation von K^+ vom IZR (K^+ Depletion des IZR) in den EZR und damit IVR (Hyperkaliaemie), von dort erhöhter Verlust über die Faeces), Azotaemie und metabolischer Acidose in der EZF einher (FAYET, 1971; HARTMANN et al., 1983). Abweichend hiervon postulieren noch DALTON et al. (1965) in diesem Zusammenhang eine Serumhypokaliaemie. FISHER und MCEWAN (1967) sprechen die sekundär zur metabolischen Acidose (KASKE, 2002) entstehende Hyperkaliaemie als eine Hauptursache für letalen Ausgang infolge von Herzstillstand bei diesem Krankheitsbild an. Diese entsteht durch Aufnahme von überschüssigem H^+ aus der EZF in die Zelle und Translokation von K^+ aus der Zelle in die EZF. Dem zu Grunde liegt wahrscheinlich der verminderte Rücktransport von K^+ durch die bei sinkendem pH zunehmend gehemmte Na^+/K^+ -ATPase von extra- nach intrazellulär (TURNHEIM, 2005). Verstärkt wird selbige noch durch verminderte renale Elimination von K^+ bei Oligurie/Anurie (ROSSOW et al., 1979).

ROY et al. (1959) und LEWIS und PHILLIPS (1973) sind ebenso in der Lage, den deletären Effekt einer im Rahmen des Durchfallgeschehens ansteigenden K^+ -Konzentration nachzuwei-

sen. Dabei treten erste Anzeichen der Cardiotoxizität im EKG in Form des Fehlens der P Welle ab einer K^+ -Konzentration von 6,5 mmol/l zutage. Praefinal sind ab einer Plasma- K^+ -Konzentration von 9,2 mmol/l schwere Arrhythmien zu beobachten. Als wichtigste klinische Ausprägung einer Hyperkaliaemie sei auf die Entwicklung einer Bradycardie verwiesen, wobei im Allgemeinen die Herzfrequenz reziprok zum Anstieg der K^+ -Konzentration im Plasma um 1 mmol/l um 8 ± 2 Schläge pro Minute sinkt (LEWIS und PHILLIPS, 1973). Die Anzeichen einer hyperkaliaemischen Cardiotoxizität werden sowohl durch manifeste Acidose als auch durch Hyponatriaemie verstärkt (WEINER und EPSTEIN, 1970). In diesem Kontext sei daran erinnert dass die Elektrolytverluste - unter ihnen auch Cl^- - neben den Wasserverlusten bei Diarrhoe erhebliche Ausmaße annehmen können (FISCHER und BUTTE, 1974; DOLL, 1992).

Die zum Teil differierenden Ergebnisse verschiedener Autoren zu den Veränderungen in den Kompartimenten EZR und IZR und die vom gesunden Tier abweichende Wasserkinetik sollen in folgenden Tabellen zur Darstellung kommen.

Tabelle 3: Veränderungen des EZR und IZR bei Diarrhoe (nach FAYET, 1971):

	GKW %	EZF %	IZF %	Transferrate von 3H_2O zwischen EZR und IZR (ml h ⁻¹ kg ⁻¹ KM)	T1/2 (biologisch) 3H_2O (Tage)
Kälber gesund	76,5 ± 2,4	50,2 ± 2,3	26,6 ± 2,3	6,17 ± 5,28	5,0 ± 3,1
Kälber mit Diarrhoe	74,0 ± 2,8	35,0 ± 2,0	39,0 ± 3,7	7,23 ± 3,11	3,9 ± 1,2

Tabelle 4: Veränderungen des EZR und IZR bei Diarrhoe (nach PHILLIPS und LEWIS, 1973):

	GKW %	EZF %	IZF %
Kälber gesund	85,8 ± 1,8	23,8 ± 0,9	62,0 ± 1,0
Kälber mit Diarrhoe	79,7 ± 2,0	14,4 ± 1,0	64,0 ± 2,3

Tabelle 5: Veränderungen des EZR bei Diarrhoe (nach PHILLIPS und KNOX, 1968):

	GKW %	Transferrate von $^3\text{H}_2\text{O}$ zwischen EZR und IZR ($\text{ml h}^{-1} \text{kg}^{-1} \text{KM}$)	T1/2 (biologisch) $^3\text{H}_2\text{O}$ (Tage)
Kälber gesund	$87,5 \pm 2,1$	$3,55 \pm 1,0$	$7,69 \pm 2,58$
Kälber mit suppiger Diarrhoe	$76,6 \pm 4,4$	$4,54 \pm 0,29$	$4,86 \pm 0,44$
Kälber mit wässriger Diarrhoe	75,7	9,35	2,34

Wie aus den Tabellen 3, 4 und 5 zu entnehmen ist nimmt das GWK bei Durchfallkälbern ab. Aus den in Tabelle 3 und 4 ablesbaren Veränderungen der EZR und IZR lässt sich weiterhin auf eine hypotone Dehydratation der Probanden schließen. HARTMANN et al. (1983) finden am Anfang des Krankheitsgeschehens hauptsächlich isotone Austrocknungszustände. Bei andauerndem Durchfall kommt es aber auch bei den Kälbern dieser Untersuchungen zu hypotoner Dehydratation. Die Autoren stimmen darin überein, dass bei Tieren, welche die Erkrankung nicht überleben, im praefinalen Stadium die Plasmaosmolarität auf Werte über 300 mosmol/kg (HARTMANN et al. 1983) beziehungsweise bis zu 340 mosmol/l (FAYET, 1971) ansteigt (hypertone Dehydratation). Diesem Phänomen liegt nach HARTMANN et al. (1983) zugrunde, dass praefinal, vermutlich als Folge der progredienten Kreislaufinsuffizienz, in zunehmendem Maße Stoffwechselprodukte, die normalerweise über die Niere ausgeschieden werden (zum Beispiel Harnstoff, Kreatinin), Einfluss auf die Osmolarität des Extrazellularraumes gewinnen. Weiterhin verdient Beachtung, dass der Anstieg der K^+ Konzentration im Verlauf des Durchfallgeschehens nicht für die Erhöhung der Plasmaosmolarität verantwortlich gemacht werden kann, da diese durch den gleichzeitigen Verlust von Na^+ und Cl^- als wichtigsten Determinanten des osmotischen Druckes der EZF eigentlich sinken müsste (HARTMANN et al., 1983).

Abschließend sei bemerkt, dass bei der Interpretation der die Volumina der Körperflüssigkeitskompartimente als prozentualen Anteil der Körpermasse angegebenden Werte Vorsicht geboten ist (FAYET, 1971): Nach DALTON (1964) kann für den Verlust der Körpermasse während der Diarrhoe sowohl der Verlust an Wasser, als auch der katabole Abbau von Gewebe verantwortlich zeichnen. In welchem variablen Verhältnis diese beiden Faktoren nunmehr die Gewichtsabnahme bedingen, mag im Allgemeinen als unbekannt vorausgesetzt werden. Dies kann durch folgende drei kleine Rechenbeispiele (DALTON, 1964) veranschaulicht werden, wobei aus Gründen der Anschaulichkeit (Gewichtszahlen entsprechen in diesem Fal-

le den Prozentzahlen) und der gegebenen Realitätsnähe der Werte (100 lb. = 50 kg) die veraltete Masseinheit lb. nicht in die SI Einheit kg umgerechnet wird: Angenommen, ein Kalb wiegt 100 lb. Im gesunden Zustand entfallen 75 % der KM auf seinen Wasseranteil. Nachdem es nun an Diarrhoe erkrankt ist verliert es 10 lb. an KM was sich aus dem Wasseranteil sowie dem katabolen Abbau von Gewebe zusammensetzt.

a) Wenn nun von diesen 10 lb. KM-Verlust 9 lb. auf Wasser- und 1 lb. auf Gewebeabnahme entfallen dann errechnet sich das GWK wie folgt:

$$\frac{\text{Körperwasser (75 - 9 lb.)}}{\text{KM (100 - 10 lb.)}} * 100 = 73,3 \%$$

b) Wenn nun von diesen 10 lb. KM-Verlust 7,5 lb. auf Wasser- und 2,5 lb. auf Gewebeabnahme entfallen dann errechnet sich das GWK wie folgt:

$$\frac{\text{Körperwasser (75 - 7,5 lb.)}}{\text{KM (100 - 10 lb.)}} * 100 = 75 \%$$

c) Wenn nun von diesen 10 lb. KM-Verlust 5 lb. auf Wasser- und 5 lb. auf Gewebeabnahme entfallen dann errechnet sich das GWK wie folgt:

$$\frac{\text{Körperwasser (75 - 5 lb.)}}{\text{KM (100 - 10 lb.)}} * 100 = 77,7 \%$$

Wie hieraus unschwer ersichtlich wird, besteht also die Möglichkeit, dass eine Dehydratation vorliegt, diese aber im GWK (in Prozent der KM) nicht zu erkennen ist (DALTON, 1964).

Auch der umgekehrte Fall - die anabole Körpermassenzunahme während des Durchfall- und Dehydratationsgeschehens - erscheint von Interesse, da auch diese zu Verzerrungen des DG führen kann insbesondere wenn dieser über die Veränderung der KM geschätzt wird. HEATH et al. (1989) ermitteln bei Weiterführung der Milchtränkung von Durchfallkälbern eine mittlere anabole KM-Zunahme von 1 % der KM pro Tag. In der Arbeit von HINDERER et al. (1999) werden Tageszunahmen von 0,581 kg (Median) veröffentlicht.

Allerdings konstatieren sie, dass die KM-Zunahme während der ersten zwei Tage im wesentlichen auf die Rehydratationstherapie, diejenige ab Tag drei vornehmlich auf die aufgenommene Milchmenge zurückzuführen ist.

2.3 Klinische Symptomatik der Dehydratation

2.3.1 Bulbusstand

Der Einsinkungsgrad des Bulbus ist einer der verlässlichsten Indikatoren für das bestehende Flüssigkeitsdefizit beim Kalb (ROUSSEL, 1999). Dessen eingedenk versuchen CONSTABLE et al. (1998b) die Abschätzung des Ausmaßes des Enophthalmus soweit als möglich zu objektivieren. Sie bedienen sich dabei folgender standardisierter Technik: Nach sanftem Zug des Unterlides in seine vermeintlich physiologische Position wird mit Hilfe einer Millimeterskala, die auf den Daumnagel des Untersuchers aufgebracht ist, der Abstand vom Bulbus zur Conjunctiva palpebrae inferioris gemessen. In ihrer Studie gelangen sie zu dem Schluss, dass der Grad des Enophthalmus enger mit dem aktuellen Flüssigkeitsdefizit korreliert ist als die Abschätzung des Hautturgors gemessen seitlich am Hals oder Thorax.

Aus den Ergebnissen der Untersuchung deduzieren sie folgenden mathematischen Zusammenhang:

$$\text{DG in \%} = (1,71 * \text{EN in mm}) + 0,38$$

Das Einsinken des Bulbus in die Orbita um drei mm entspricht hiernach also einem Dehydratationsgrad von 5,5 %.

Desweiteren weisen WALKER et al. (1998) einem Enophthalmus mit 7,7 mm Abstand zum Referenzpunkt einen Dehydratationsgrad von 13,6 % zu.

Nur als groben Anhaltspunkt zur rein subjektiven Schätzung, ohne Messung oder Versuch der Objektivierung des Enophthalmusgrades, verwenden RADEMACHER et al. (2002) dieses Phänomen. Bei eingesunkenen Bulbi gehen sie von 8-10 % DG aus, bei tiefliegenden Bulbi von > 10 %.

Als letztes seien an dieser Stelle noch die Werte von GARCIA (1999) aufgeführt, welcher die Einsinktiefe zwischen Bulbus und Orbita ausmisst: Dabei entsprechen 2 mm, 4 mm und 7 mm einem Flüssigkeitsverlust von 4 %, 8 % beziehungsweise 12 %.

Jedoch sollte dieser scheinbar so verlässliche Parameter mit der gebotenen Vorsicht interpretiert werden, da ein manifester Enophthalmus neben der Möglichkeit der Dehydratation auch die Schrumpfung des retrobulbären Fettkörpers bei kachektischen Individuen als Ursache haben kann (HEATH et al., 1989; ROUSSEL, 1999).

Bei primär kachektischen oder an chronischer Diarrhoe und konsekutiver Kachexie leidenden Kälbern mag deshalb die Befundung des Hautturgors seitlich am Hals bessere Dienste zur Abschätzung des Dehydratationsgrades leisten (CONSTABLE et al., 1998b).

2.3.2 Hautturgor

Das Phänomen Hautturgor lässt sich höchstwahrscheinlicherweise auf kinetisch amorphe Eigenschaften der dermalen elastischen Fasern zurückführen. Dies bedeutet, dass sich die im physiologischen Zustand zufällig ausgerichteten Bindungen der Fasern, genau wie bei flexiblen Polymerketten (Gummi), unter Zug in einer Richtung anordnen und aufgrund des Bestrebens nach Zunahme der Entropie (2. Hauptsatz der Thermodynamik) wieder in ihren ungeordneten Ausgangszustand zurückstreben. Das Maß der Elastizität hängt dabei von der Temperatur (bewegt sich beim lebenden Individuum in engen Grenzen) und dem Wassergehalt (Variable) ab (DORRINGTON, 1981). Seit WATT (1965) das erste Mal in der Tiermedizin Richtlinien zur Abschätzung des Dehydratationsstatus bei Kälbern publizierte, wird die Befundung der Hautelastizität von allen späteren Autoren, die sich ähnlicher Thematik angenommen haben, als wichtiges Kriterium zur Erfassung des Flüssigkeitsdefizits herangezogen. CONSTABLE et al. (1998b) bestimmen den Hautturgor bei 15 durch pharmakologisch induzierte Diarrhoe und Diurese exsikkotischen Kälbern an drei verschiedenen Körperstellen:

- seitlich am Hals
- seitlich am Thorax über der sechsten bis neunten Rippe
- am oberen und unteren Augenlid

Zur Überprüfung der Hautelastizität ist eine Hautfalte an oben genannten Stellen aufzuziehen und diese für 1 Sekunde um 90° zu verdrehen. Gemessen wird nun die Zeit bis die Haut in ihre ursprüngliche Position zurückkehrt. Der maximal zugewiesene Zeitwert liegt bei 10 Sekunden, auch wenn mehr Zeit bis zum Verstreichen der Falte vergeht.

Aus den Ergebnissen der Untersuchung deduzieren sie folgenden mathematischen Zusammenhang:

$$\text{DG in \%} = (1,77 * \text{VZ in Sekunden}) - 3,16$$

Eine am seitlichen Hals aufgezo­gene Hautfalte die nach fünf Sekunden verstreicht entspricht hiernach also einem Dehydratationsgrad von 5,7 %.

Desweiteren konstatieren sie, dass die Messung am seitlichen Hals oder Thorax derjenigen am Augenlid überlegen ist. Ihre Limitierung erfährt diese Methodik in der Abhängigkeit der Hautelastizität von weiteren Faktoren, wie alters- und individuen­spezifische Zusammensetzung und feinstruktureller Aufbau des Interstitiums, sowie Fettgehalt der Cutis und Subcutis. Konsektiv hieraus ergibt sich somit, dass das weniger elastische Tegument bei kachektischen und alten Tieren, sich in einer Reduktion des Hautturgors trotz Euhydratation manifestieren mag. Weiterhin zeigen adipöse Tiere noch bei ausgeprägter Exsikkose eine nahezu unveränderte Elastizität der Haut (HARTMANN, 1991).

WALKER et al. (1998) zeigen bei ebenfalls experimentell induzierter Dehydratation, dass die Verstreichzeit der Hautfalte an der seitlichen Brustwand 8,9 Sekunden beträgt, bei einem durch Wiegen ermittelten KM- und damit Flüssigkeitsverlust von 13,6 % (zur Interpretation rufe man sich Punkt 2.2.4 in Erinnerung). GARCIA (1999) weist bei einer seitlich am Hals aufgezo­genen Hautfalte der VZ von < 2 Sekunden das Attribut physiologisch, der VZ 6 Sekunden 8 % DG und der VZ > 8 Sekunden 12 % DG zu. Weiter gefasst sprechen RADEMACHER et al. (2002) von einem Flüssigkeitsverlust von mindestens 6-7 % der KM in dem Falle, in welchem eine aufgezo­gene Hautfalte verzögert verstreicht oder stehen bleibt.

2.3.3 Befunde an den Schleimhäuten

Als weitere Erhebungen zur Abklärung der peripheren Kreislaufsituation und damit auch des Dehydratationsgrades stehen dem Untersucher die Befundung von Farbe und Feuchtigkeit der Schleimhäute zur Verfügung. CONSTABLE et al. (1998b) bestimmen diese Parameter an der Gingiva ventral der dentes incisivi. Der mittlere DG liegt für blasse SH bei $12,3 \pm 5,1$ % und für weiße SH bei $17,3 \pm 2,8$ %. Der mittlere DG für trockene SH ist bei $11,7 \pm 5,3$ % anzusiedeln. Dagegen beschreiben BUNTAIN und SELMAN (1980) Trockenheit der Maulschleimhäute schon ab einem DG von 4-6 %, und HARTMANN (1991) findet diese Ausprägung wieder erst ab 8-10 % Flüssigkeitsverlust.

Nach FÜRLI (2002) entsprechen einem Flüssigkeitsdefizit von 5-7 % der KM feuchte und rosarote SH, von 8–10 % trockene und blasse SH und einem Defizit von > 10 % trockene und zyanotische SH. Eine blass-zyanotische Schleimhautfärbung tritt laut DOLL (2002) ab 12 % Dehydratation auf.

2.3.4 Körpertemperatur

Durchfall führt bei Kälbern regelmäßig aufgrund von Malabsorption, Inappetenz oder Fehlbeziehungsweise Unterernährung infolge Milchentzugs als sogenannter diätetischer Maßnahme zu negativer Energiebilanz. Dies wiederum mag sich als Grundlage der Hypoglycaemie erweisen (ROUSSEL und KASARI, 1990). KASKE (2002) sieht bei Durchfallkälbern die potentielle Hypothermie als direkte Folge der Hypoglycaemie an.

Schon PHILLIPS und LEWIS (1973) erkennen, dass bei peripherer Vasokonstriktion (zum Beispiel bei Hypovolämie infolge Dehydratation) die periphere Körpertemperatur gemessen am Sprung- und Fesselgelenk sinkt. Die Differenz zwischen Rektaltemperatur und peripherer Körpertemperatur steht also im Zusammenhang mit der momentanen Kreislaufsituation der Probanden, welche unter anderem durch Dehydratation beeinflusst werden kann (JONES et al., 1984).

Da dehydrierte Durchfallkälber an Hypothermie oder Hyperthermie (WALKER et al., 1998) leiden können, ist die Differenz zwischen Rektal- und Periphertemperatur aussagekräftiger als die periphere Hauttemperatur allein (CONSTABLE et al., 1998a).

Die Erhebung dieser Temperaturdifferenz nutzen DUPE et al. (1989) in ihrer Vergleichsstudie zwischen zwei ORLs als Indikator für das Ausmaß der peripheren Gewebsperfusion. Bei euhydrierten Tieren sei dabei diese Temperaturdifferenz 2-3 °C, bei dehydrierten steigt dieser Wert auf 8-10 °C, beziehungsweise nach neueren Untersuchungen von DUPE et al. (1993) auf 9-13 °C (DUPE et al., 1993) an. Bei WALKER et al. (1998) beträgt bei gesunden Kälbern in thermoneutraler Umgebung (20-22 °C) die Rektal- Fesselgelenkstemperaturdifferenz 4-5 °C, bei stark dehydrierten Individuen bis knapp über 13 °C. Dabei ist die Erhebung dieses leicht zugänglichen klinischen Parameters nur bei thermoneutraler Umgebung aussagekräftig, da bei niedriger Umgebungstemperatur die Temperaturdifferenz signifikant größer ist (CONSTABLE et al., 1998a). Abschließend sei bemerkt, gestützt auf die Ergebnisse von CONSTABLE et al. (1998b), dass die Differenz zwischen Rektal- und Periphertemperatur eine nicht annähernd so gute Korrelation zum Flüssigkeitsstatus aufweist wie das Ausmaß des Enophthalmus oder die Bestimmung der Hautelastizität.

2.3.5 Allgemeinbefinden

Störungen des Allgemeinbefindens, dazu zählen Schwäche, Depression, Apathie, Koma und Verlust des Stehvermögens, können im Rahmen gravierender Exsikkose auftreten, sind aber wohl zum größeren Teil durch die metabolische Acidose bedingt (RADEMACHER et al., 2002). Nach neueren Untersuchungen von LORENZ (2004) sind Haltungsänderungen, Verhaltensänderungen und vor allem Störungen des Lidreflexes fast ausschließlich auf die Höhe des (D)-Lactat-Spiegels im Blut zurückzuführen. In erster Linie die Haltungsänderungen, das heißt das Verharren in unphysiologischen Stellungen, erklärt WATT (1965) noch durch Kaliumdefizit.

Nach RADEMACHER et al. (2002) besteht kein verlässlicher Zusammenhang zwischen Dehydratation und Acidose.

WALKER et al. (1998) studieren an Kälbern mit pharmakologisch induzierter Diarrhoe unter anderem die Beziehung zwischen Dehydratation und dem Grad der Störung des Allgemeinbefindens und kommen zu überraschenden Ergebnissen. Dabei kodieren sie das AB wie folgt:

- 0 = normal
- 1 = leichte Störung des AB
- 2 = mäßige Störung des AB, Kalb steht noch, SR schwach oder gestört
- 3 = starke Störung des AB, Kalb steht nicht mehr, kein SR

Nach 24 h können die Autoren bei dieser Untersuchung 9,8 % Dehydratation nachweisen, die durchschnittliche Störung des AB beziffern sie hierbei mit 0,3. Nach 48 h wird einem Dehydratationsgrad von 13,6 % entsprechend die AB Beeinträchtigung mit 1,2 bewertet.

In einer weiteren Studie kommen CONSTABLE et al. (2001) zu der Erkenntnis, dass ein Flüssigkeitsdefizit von 9,5 % der KM nur eine leichte Störung des AB zur Folge hat

Demgegenüber proklamiert FÜRLL (2002) ein meist ungestörtes AB bei 5-7 % Dehydratationsgrad, ein gestörtes bei 8-10 % und ein stark gestörtes AB bei mehr als 10 % Flüssigkeitsverlust.

Zusammenfassend stellt sich vor allem durch die Überschneidungen in der klinischen Ausprägung mit dem Symptomenkomplex der metabolischen Acidose und des erhöhten (D)-Lactat-Spiegels das AB als eher insuffizienter Indikator des Dehydratationsgrades dar.

2.4 Relevante labordiagnostische Parameter bei Dehydratation

2.4.1 Haematokrit

Der Haematokritwert gibt den prozentualen Anteil der Erythrozytenmasse am Gesamtblut wieder und hängt dabei von Zahl und Volumen der Erythrozyten sowie dem Plasmavolumen ab (KRAFT et al., 1999a).

WATT (1965) beschreibt, dass der Hydratationsstatus eines Kalbes direkt durch Messung des Haematokrits bestimmt werden kann. Untersuchungen an gesunden Kälbern haben die spezifische Ausprägung der Haematokritverlaufskurve in den ersten Lebenstagen gezeigt. Der Hkt neugeborener Tiere ist zwischen 32 % (0,32 l/l) und 40 % (0,4 l/l) anzusiedeln. Anschließend steigt er in den ersten 24 Lebensstunden um ca. 5 % Punkte (0,05 l/l) an und fällt dann bis zum siebten beziehungsweise achten Lebenstag wieder auf den nach der Geburt messbaren Ausgangswert zurück. In den folgenden vier Wochen sinkt der Wert noch allmählich um 3-4 % Punkte (0,03-0,04 l/l). Da, wahrscheinlich durch Klima und Haltungsbedingungen verursacht, periodische Schwankungen im Haematokrit der Herdentiere auftreten, sollte bei Bestimmung des DG mit Hilfe dieses Parameters als Referenzwert der Haematokrit eines gesunden, dem kranken Individuum an Alter gleichenden Kalbes herangezogen werden. Dieser Vorschlag erscheint jedoch klinisch-praktisch als nicht sehr realistisch.

Demgegenüber ist GARCIA (1999) von der Verlässlichkeit der Haematokritbestimmung zur Festlegung des DG nicht überzeugt, da durch Kontraktion der Speichermilz der Hkt unabhängig vom Flüssigkeitsstatus verändert wird.

Auch KASKE (2002) rät davon ab, die Haemokonzentration dehydrierter Kälber allein anhand des Hkt festzulegen, da viele Kälber unter einer latenten Eisenmangelanaemie leiden und anaemische Zustände generell die Aussagekraft dieses Parameters in Bezug auf den DG herabsetzen (KLEE et al., 1979). Wie sich der Hkt bei neonatalen Kälbern mit experimentell induzierter Diarrhoe und Dehydratation verhält, zeigen CONSTABLE et al. (2001) in ihrer Studie. Dabei lässt sich zum Beispiel einem Hkt von 32 % (0,32 l/l) ein DG von 3,9 %, einem Hkt von 39 % (0,39 l/l) ein DG von 7,8 % zuweisen.

DALTON et al. (1965) finden keine Veränderung des Haematokrit bei infolge Diarrhoe dehydrierten Kälbern.

CONSTABLE et al. (1998b) und GARCIA (1999) kommen außerdem zu dem Schluss, dass sich die Plasmaproteinkonzentration besser als der Hkt eignet, den DG eines Patienten abzuschätzen.

2.4.2 Haemoglobin

Gemäß KRAFT et al. (1999a) ist die Bestimmung des Haemoglobins erforderlich, wenn nicht nur die Gesamt-Erythrozytenmasse und/oder deren Zahl diagnostisch von Interesse ist, sondern auch deren Beladung mit dem Blutfarbstoff. Daraus lassen sich gegebenenfalls Rückschlüsse auf die Art einer vorliegenden Anaemie ziehen. Da Haemoglobin im Inneren der Erythrozyten vorkommt, verhält sich dessen Konzentration ähnlich der des Haematokrit.

Die Korrelation der Haemoglobinkonzentration mit dem DG ist interessanterweise ausgeprägter als die des Haematokrit (CONSTABLE et al., 1998b). Dies könnte daran liegen, dass Veränderungen der Osmolarität der EZF Einfluss auf das Volumen der Erythrozyten als wichtiger Determinante des Haematokrit haben, nicht jedoch auf die Haemoglobinkonzentration.

FISCHER und BUTTE (1974) ermitteln bei gesunden Kälbern $11,49 \pm 1,48$ g/dl ($7,13 \pm 0,92$ mmol/l), bei geringgradig an Diarrhoe erkrankten Probanden $11,68 \pm 2,24$ g/dl ($7,25 \pm 1,40$ mmol/l) und bei mittel- bis hochgradig erkrankten Individuen $12,82 \pm 2,95$ g/dl ($8,00 \pm 1,83$ mmol/l).

KRAFT et al. (1999a) geben als Referenzbereich der Haemoglobinkonzentration beim Rind 9-14 g/dl (5,6-8,7 mmol/l) an.

2.4.3 Gesamtprotein

KRAFT et al. (1999b) geben für die Bestimmung des Gesamtproteins folgende Indikationen an: Dehydratation, Hyperhydratation, Durchfall, Erbrechen, Gewichtsverlust, Nephropathien, Hepatopathien, sicherere Interpretation von Haematokritwerten.

Übereinstimmend hierzu sehen CONSTABLE et al. (1998b) die Erfassung der Plasmaproteinkonzentration als Labormethode der Wahl an, auf den Dehydratationsgrad durchfallkranker Kälber zu schließen. Aus ihren Untersuchungen ergibt sich folgende mathematische Beziehung:

$$\text{DG in \%} = (5,46 * \text{TPP in g/dl}) - 31,5$$

Eine Plasmaproteinkonzentration von beispielsweise 6,5 g/dl (65 g/l) entspricht hiernach also einem Dehydratationsgrad von 4,0 %.

GARCIA (1999) postuliert in gleichem Sinne, dass sich der Gesamtproteingehalt des Plasmas besser als der Hkt dazu eignet den Hydratationsstatus eines Kalbes abzuschätzen. Bei Individuen, die ausreichend Kolostrum erhalten haben, liegt der normale TPP-Wert bei 6 g/dl

(60 g/l). Hat das Kalb 7 % der KM an Flüssigkeit verloren, steigt der Gesamteiweißgehalt auf 7 g/dl (70 g/l), bei 12 % Verlust sogar auf Werte bis zu 8 g/dl (80 g/l).

Die Genauigkeit der Bestimmung des DG bei Kälbern mittels TPP erfährt in der Abhängigkeit vom Immunglobulintransfer via Kolostrum auf das Neugeborene seine Limitierung. Fehlende oder mangelhafte Kolostrumaufnahme und damit insuffiziente Ausstattung des Neugeborenen mit maternalen Immunglobulinen resultiert in TPP-Konzentrationen, die sich trotz ausgeprägter Austrocknung innerhalb oder sogar unterhalb der Referenzwerte befinden können (THORNTON et al., 1972, ROUSSEL und KASARI, 1990).

Desweiteren sei noch eine katabole Stoffwechsellage mit negativer Stickstoffbilanz als direkte Folge der Erkrankung oder der Eiweißverlust über die entzündete Darmschleimhaut dafür verantwortlich zu machen, dass der Gesamteiweißgehalt bei an neonataler Kälberdiarrhoe leidenden Patienten erniedrigt sein kann (FISCHER und BUTTE, 1974).

Jene Erniedrigung im Rahmen dieses Krankheitskomplexes ist jedoch durch LAUTENSCHLAGER (2001) nicht nachzuvollziehen. In ihrer Arbeit liegen die Werte im oberen Referenzbereich.

2.4.4 Harnstoff

Harnstoff wird im Harnstoffzyklus der Leber aus Ammoniak synthetisiert. Er kann als das entgiftete Stoffwechselendprodukt der Proteinverdauung betrachtet werden, das normalerweise über die Nieren ausgeschieden wird. Er entsteht sowohl beim Abbau von endogenem Protein als auch aus dem mit der Nahrung zugeführten Eiweiß (KRAFT et al., 1999c). Die Ausscheidung erfolgt durch glomeruläre Filtration, wobei, indirekt proportional zum Harnfluss, ein großer Teil des filtrierte Harnstoffs wieder ins peritubuläre Interstitium zurückdiffundiert und dem Aufbau des medullären osmotischen Gradienten dient, welcher zur Flüssigkeitsrückresorption essentiell ist (GUYTON und HALL, 2000).

Der physiologische Harnstoffspiegel im Blut bei Kälbern liegt bei $4,4 \pm 1,9$ mmol/l ($26,3 \pm 11,4$ mg/dl) (HARTMANN und REDER, 1995) beziehungsweise bei 20 mg/dl ($3,3$ mmol/l) nach Angabe von WATT (1965). Sind die Probanden geringgradig oder mittelgradig an Durchfall erkrankt oder daran verendet, finden HARTMANN und REDER (1995) folgende Werte: $7,4 \pm 3,7$ mmol/l, $14,4 \pm 5,7$ mmol/l und $38,2 \pm 19,4$ mmol/l.

KLEE et al. (1979) messen bei 61 % der untersuchten, durchfallkranken Kälber einen über die Norm erhöhten Harnstoffspiegel. Aus den Erhebungen zu diesem Parameter nach der Einstellung der Probanden ergibt sich eine sogenannte rechtsschiefe Häufigkeitsverteilung der Blutharnstoffkonzentration. Desweiteren besteht zwischen Hkt und Harnstoffkonzentration eine

signifikante Korrelation (Korrelationskoeffizient 0,46 ($p < 0,01$)). Dies wird durch die Studie von WIEST (1997) untermauert (Korrelationskoeffizient 0,32 ($p < 0,05$)).

Der Harnstoffwert ändert sich im Durchschnitt um 1,89 Einheiten (mg/dl) beziehungsweise um 0,31 Einheiten (mmol/l), wenn sich der Hkt um eine Einheit (%) oder um 0,01 l/l verschiebt (KLEE et al., 1979).

Wiederum KLEE (1985) postuliert die Eignung des Harnstoffwertes in Verbindung mit dem Haematokrit zur Beurteilung des DG.

Der Blutharnstoffgehalt erhöht sich nach HARTMANN und REDER (1995) bei Durchfallkälbern auf das Dreifache, bei Tieren ante mortem sogar auf das Neunfache, wobei nicht nur die Dehydratation sondern auch der Proteinkatabolismus infolge der Erkrankung hierzu beitragen. Vor der Behandlung stellen ZEPPERITZ und SEIDEL (1983) ebenfalls erhöhte Werte fest. Sie sind mit 76-120 mg/dl (12,7-20,0 mmol/l) zu beziffern.

Außerdem findet KLEE (1985) keine altersabhängige Veränderung der Harnstoffkonzentration bei gesunden Kälbern. Demgegenüber messen HARTMANN et al. (1987) einen Abfall selbiger Konzentration von 5 auf 2,5 mmol/l in der ersten Lebenswoche.

Nach DOSSETOR (1966) soll auch die Kreatininkonzentration (siehe Punkt 2.4.5) bestimmt werden, da die Plasmaharnstoffkonzentration im Verhältnis zur Plasmakreatininkonzentration wertvolle Schlüsse auf bestimmte pathophysiologische Prozesse zulässt. Bei praerenaler Azotaemie, welche bei Dehydratation vorliegt, ist dieser Quotient erhöht. KLEE (1985) gibt den Wert des dimensionslosen Harnstoff/Kreatinin-Quotienten, der noch als normal anzusprechen ist mit 54 (mmol/l / mmol/l) beziehungsweise 25 (mg/dl / mg/dl) an. Eine hochgradig katabole Stoffwechsellage oder auch hochgradige Eiweißzufuhr bei bestehender Niereninsuffizienz kann ebenso zu einer Erhöhung des Harnstoff/Kreatinin-Quotienten führen (DOSSETOR, 1966).

2.4.5 Kreatinin

Kreatinin ist ein Produkt des endogenen Muskelstoffwechsels. Es wird gebildet aus Kreatin und Phosphokreatin. Sein Hauptteil wird in den Glomerula filtriert und ein kleiner, zu vernachlässigender Teil in den Tubuli aktiv sezerniert (KRAFT et al., 1999c). Bei verminderter Nierenfunktion ist laut KETZ (1960) die Kreatininclearance größer als die Inulinclearance (Goldstandard zur Bestimmung der glomerulären Filtrationsrate). Daraus kann man schließen, dass bei eingeschränkter Nierenfunktion, also auch bei Dehydratation, der Anteil an aktiv sezerniertem Kreatinin am gesamten eliminierten Kreatinin zunimmt. Die Serumkreatininkonzentration steht in einer gewissen Beziehung zur Muskelmasse (KRAFT et al., 1999c).

Die täglich produzierte Menge an Kreatinin, welche über die Nieren zu eliminieren ist, ist also individuell spezifisch annähernd konstant (DOSSETOR, 1966).

Der physiologische Kreatininspiegel wird nach HARTMANN und REDER (1995) bei klinisch gesunden, neugeborenen Kälbern mit $85 \pm 12,3 \mu\text{mol/l}$ beziffert. Sind die Probanden geringgradig oder mittelgradig an Durchfall erkrankt oder daran verendet, finden sie folgende Werte: $98,9 \pm 31,0 \mu\text{mol/l}$, $155,6 \pm 64,8 \mu\text{mol/l}$ und $395,3 \pm 42,2 \mu\text{mol/l}$.

Auch hierbei werden also ante mortem deutlich erhöhte Konzentrationen gemessen.

Obige Ergebnisse bestätigen die bereits von KLEE (1985) an Kälbern gezeigten deutlich erhöhten Kreatininkonzentrationen von an Durchfall erkrankten Individuen gegenüber gesunden ($176,8 \pm 136,1 \mu\text{mol/l}$ und $107,0 \pm 19,5 \mu\text{mol/l}$).

Desweiteren beschreibt KLEE (1985), dass unmittelbar post natum bei Kälbern erhöhte Kreatininspiegel vorliegen ($257,2 \pm 104,3 \mu\text{mol/l}$), welche sich im Laufe der ersten vier bis 14 Lebenstage normalisieren. In seiner Habilitationsschrift gibt er der Vermutung, dass dieses Phänomen in einer Anhäufung des Stoffwechselendprodukts im Fetus-Allantoiskreislauf begründet liegt, den Vorzug gegenüber der These, dass Kälber mit einer im Bezug auf die glomeruläre Filtration nicht voll ausgereiften Niere zur Welt kommen (HARTMANN et al., 1987).

Unabhängig von der Ursache bedeutet die Erhöhung der Kreatininkonzentration bei neugeborenen Kälbern eine Einschränkung der Brauchbarkeit dieses Parameters zur Einschätzung des DG in den ersten Lebenstagen.

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Probanden und Methodik

3.1.1 Probanden

In die Erhebung werden aus dem laufenden Patientengut der Klinik für Wiederkäuer zwischen 01.09.06 und 01.02.07 20 sowohl männliche als auch weibliche Kälber ohne Berücksichtigung der Rassezugehörigkeit, die unter 21 Tage alt sind und an Neugeborenenendiarrhoe leiden, aufgenommen. Das Gewicht der Tiere darf 70 kg nicht übersteigen. Die Auswahl der Probanden erfolgt nach Verfügbarkeit und Erfüllung der oben genannten Einschlusskriterien.

Die Kälber sind in Einzelboxen und auf Stroheinstreu untergebracht. Als artgemäße Ernährung erhalten sie Vollmilch in der Menge von 12 % der KM des Individuums am Tag auf drei Mahlzeiten verteilt via Nippeltränkeimer. Zusätzlich, zum Ausgleich der Flüssigkeitsverluste, erhalten sie ORL (Zusammensetzung: 4 g NaCl, 20 g Glukose, 3 g KHCO₃, 2 g Na-Propionat auf 1 l Wasser) in der Menge von 8-10 % der KM des Individuums am Tag, ebenfalls verteilt auf drei Einzelgaben am Tag, jedoch mit mindestens zwei Stunden Abstand zu den Milchtränken. Auch die ORL wird über einen Nippeltränkeimer angeboten. Schließlich stehen ihnen noch Heu, Kälberkorn, Wasser und ein Salzleckstein ad libitum zur Verfügung.

3.1.2 Ausschlusskriterien

- Rehydratation nicht erfolgreich (zugeteiltes Infusionsvolumen in 24 h nicht erhalten)
- Operation der Tiere in den ersten 24 h nach Aufnahme
- schwerwiegende, interkurrierende Begleiterkrankungen (wenn es aufgrund dessen als zu belastend für den Gesamtorganismus erscheint solch ein großes Infusionsvolumen zu verabfolgen)
- Hypoglycaemie (Blutglukosewert < 2,5 mmol/l; Patienten bedürfen einer an diesen Status angepassten Infusionstherapie)
- KM > 70 kg
- keine Gesundheitsmessung möglich (Tod während des Klinikaufenthaltes)
- von Geburt an reduzierte oder nie erfolgte Tränkeaufnahme

3.1.3 Allgemeine Angaben zu den aufgenommenen Probanden

Alter:

Am Tage der Einlieferung beträgt das arithmetische Mittel \pm die Standardabweichung des Alters aller zur Auswertung zugelassener Kälber $9,0 \pm 5,6$ Tage. Das jüngste Kalb ist einen Tag, das älteste 20 Tage alt.

Rasse:

Alle Probanden gehören der Rasse Deutsches Fleckvieh an.

Geschlecht:

Es finden zehn weibliche und zehn männliche Tiere in die Studie Eingang. Die Geschlechterverteilung ergab sich zufällig.

Krankheitsdauer zum Zeitpunkt der Einlieferung und Klinikaufenthalt:

Zum Zeitpunkt der Einlieferung beträgt das arithmetische Mittel \pm die Standardabweichung der Krankheitsdauer $2,8 \pm 1,5$ Tage. Der kleinste Wert ist dabei mit einem Tag, der größte mit fünf Tagen anzugeben.

Der Klinikaufenthalt bis zur Entlassung als gesund ist mit $7,3 \pm 4,5$ Tagen zu beziffern, wobei der kürzeste Aufenthalt zwei Tage, der längste 17 Tage dauert.

Sonstiges:

Es wurden 22 Kälber untersucht, wobei Kalb 2 nach wenigen Tagen und Kalb 6 in der ersten Nacht in der Klinik verstarb. Beide werden deswegen gemäß den vorher festgelegten Ausschlusskriterien in dieser Studie nicht berücksichtigt.

Kalb 7 entwickelte nach der Gesundheitsmessung eine massive Pasteurellensepsis und musste daraufhin euthanasiert werden.

3.1.4 Erhebung klinischer Parameter zur Abschätzung des Dehydratationsgrades

Diesem vorangestellt werden bei jedem Probanden folgende Patientendaten zur genauen Identifikation der Tiere und zur exakten Wertezuordnung bei der Auswertung festgehalten: Tag der Aufnahme, Alter, Rasse, Geschlecht, ungefähre Dauer der Erkrankung.

Alle klinischen Parameter werden zum Zeitpunkt 0 (Einlieferung in die Klinik), 24 (nach 24 h) und S (Tag der Entlassung, beziehungsweise wenn Kalb an zwei aufeinanderfolgenden Tagen mittelbreiigen oder dickbreiigen Kot absetzt = Kalb gesund) befundet. Die zum Zeitpunkt S erhobenen Werte dienen als Vergleichswerte zu denjenigen zum Zeitpunkt 24 erhobenen Werten, das heißt ob die nach Infusion ermittelten Messwerte denen des Kalbes in gesundem Zustand ähneln.

3.1.4.1 Bulbusstand

Die Messung findet in rechter Seitenlage des Kalbes statt. Dabei werden Unter- und Oberlid sanft mit den Fingern in ihrer physiologischen Position bei geöffnetem Auge fixiert. Mit Hilfe einer Millimeterskala ist nun das Ausmaß des Enophthalmus (siehe Abbildung 2) mit hinreichender Genauigkeit objektiv bestimmbar. Diese wird wie folgt angelegt: Den Nullpunkt bilden die beiden in ihrer Commissura palpebrarum medialis zusammenlaufenden Lidränder an ihrem jeweiligen Vereinigungspunkt mit der Caruncula lacrimalis. Dieser liegt für das Oberlid leicht über und für das Unterlid (in dieser Untersuchung verwendet) leicht unter der Spitze des Angulus oculi medialis. Die Skala erfährt ihre Ausrichtung in dorso-ventraler Richtung auf einer durch besagten Ansatzpunkt laufenden Parallelebene zur gedachten Horizontalebene zwischen Angulus oculi medialis et lateralis, sowie in latero-lateraler Richtung auf einer gedachten Sagittalebene, auf welcher der oben beschriebene Ansatzpunkt zu liegen kommt. Den Endpunkt bildet der Bulbus oculi, welcher bei obiger Messtechnik immer an einer ähnlichen Stelle getroffen werden sollte. Die Angabe des ermittelten Abstandes erfolgt in mm (siehe Abbildung 3).

Die Cornea darf dabei jedoch nicht berührt werden. Dies verursacht zum Einen unzumutbare (unnötige) Schmerzen bei den Patienten und zum Anderen würde durch den Berührungsreiz der Bulbus oculi durch den Musculus retractor bulbi reflektorisch in die Orbita zurückgezogen werden, welches wiederum den gemessenen Grad des Enophthalmus verfälscht (siehe Abbildung 3).



Abbildung 2: Auf dieser Photographie ist ein hochgradig eingesunkener Bulbus eines dehydrierten Kalbes zu sehen. Man beachte den Spalt zwischen Bulbus und der daran anliegenden Membrana nicticans und der Caruncula lacrymalis. Diese und alle folgenden Aufnahmen stammen von Kalb 16.

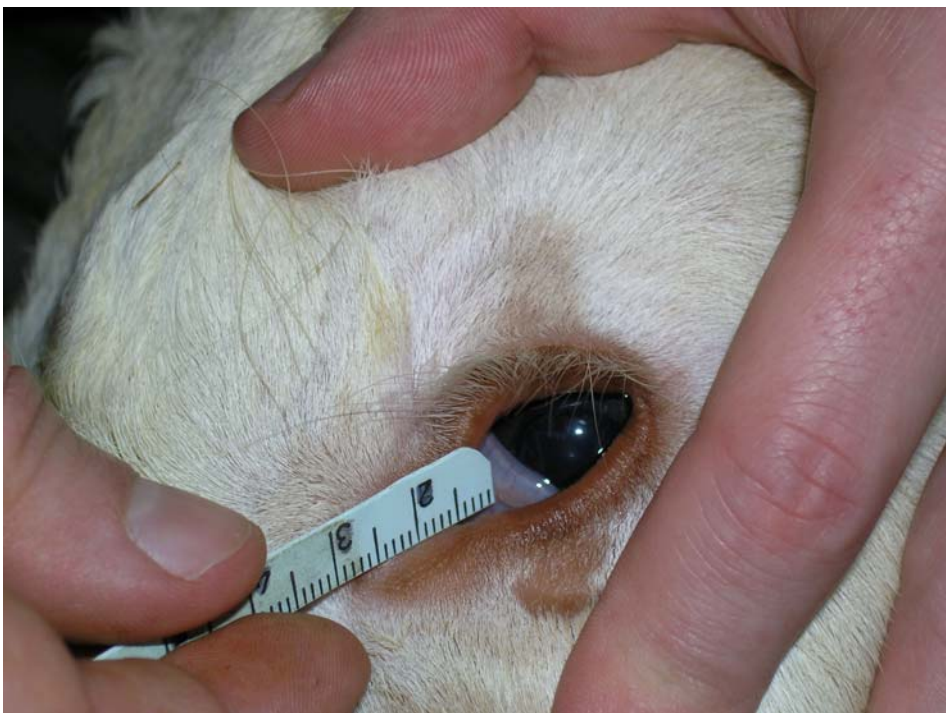


Abbildung 3: Auf dieser Photographie ist das Anlegen der Milimeterskala zu sehen. Gut zu erkennen ist die scharfe Begrenzung des Ansatzpunktes. Ebenso ist das Anlegen der Skala auf der durch den Ansatzpunkt am Lid verlaufenden Schnittlinie der gedachten Sagittalebene und der gedachten Horizontalebene,

welche parallel zu der durch den *Angulus oculi medialis et lateralis* verlaufenden Horizontalebene liegt, zu errahnen. Die Sagittalebene begrenzt die Laterolateraldeviation, die Horizontalebene die Dorsoventraldeviation. Auf diesem Bild wird der Bulbus durch den *Musculus retractor bulbi* reflektorisch in die Orbita zurückgezogen, was durch die vorgefallene *Membrana nicticans* dokumentiert wird. Dies kann die Messung verfälschen und ist deshalb durch möglichst berührungsfreies und zügiges Messen zu vermeiden.

3.1.4.2 Hautturgor

Die Messung findet in rechter Seitenlage des Kalbes statt. Der Hautturgor wird am oberen Augenlid, seitlich am Hals (ausgeschoren) und seitlich am Thorax (6.-9. Rippe, ausgeschoren) durch Aufziehen und Drehen einer Hautfalte um 90° für insgesamt 1 s überprüft (siehe Abbildung 4). Die Verstreichzeit der Hautfalte wird durch Messung der Zeit mit Hilfe einer handelsüblichen Stoppuhr ab abgeschlossenem Aufziehen und Verdrehen der Hautfalte bis zur vollständigen Rückkehr der Haut in ihre Ausgangsposition bestimmt (siehe Abbildungen 4 bis 7). Weiterhin wird noch die Rückdrehzeit bestimmt ab abgeschlossenem Aufziehen und Verdrehen der Hautfalte bis zur Rückkehr der 90° Verdrehung (siehe Abbildungen 4 bis 6). Als Maximum der Verstreichzeit/Rückdrehzeit wird 10 s festgesetzt, wobei dann alle länger dauernden Verstreichzeiten/Rückdrehzeiten als 10 s in die Studie Eingang finden (angelehnt an CONSTABLE et al., 1998b). Dies liegt darin begründet, dass bei hochgradig dehydrierten Tieren die Hautfalte manchmal gar nicht mehr verstreicht, oder erst dann, wenn das Tier sich bewegt.

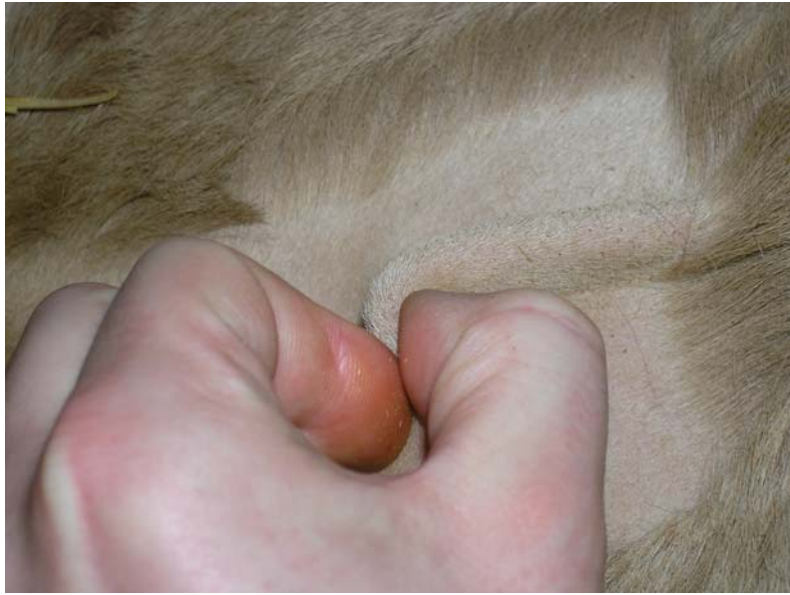


Abbildung 4: Auf dieser Photographie ist das Aufziehen und die Verdrehung einer Hautfalte an der ausgeschorenen, seitlichen Brustwand zu sehen. Analog ist an den anderen beschriebenen Stellen vorzugehen. Dies markiert gleichzeitig den Ausgangspunkt für die Verstreichzeit- und Rückdrehungsmessungen.



Abbildung 5: Auf dieser Photographie ist ein Zwischenstadium der Hautfaltenrückdrehung zu sehen.



Abbildung 6: Auf dieser Photographie ist eine ideal in den geradlinigen Zustand zurückgekehrte Hautfalte zu sehen. Dies markiert gleichzeitig den Endpunkt der Hautfaltenrückdrehmessung. Solch eine Idealform, welche die Bestimmung des Messungsendes als vergleichsweise einfach gestaltet, ist nicht immer gegeben.



Abbildung 7: Auf dieser Photographie ist eine Hautfalte wieder komplett verstrichen. Dies markiert wiederum den Endpunkt der Hautfaltenverstreichzeitmessung. Zur zeitlich präzisen Auflösung des morphologischen Substrates des Messungsendes ist einige Übung und konzentriertes Beobachten vonnöten.

3.1.4.3 Befunde an den Schleimhäuten

Die Schleimhautfarbe wird an der Gingiva ventral der Dentes incisivi mittels Adspektion als gerötet, rosa, blassrosa, blass oder weiß bewertet. Zusätzlich wird an selbiger Lokalisation die Schleimhautfeuchtigkeit mittels digitaler Palpation als feucht oder trocken beurteilt.

3.1.4.4 Körpertemperatur

Die Bestimmung der Rektaltemperatur in °C (T) erfolgt mit Hilfe eines digitalen Thermometers.

Die periphere Temperatur (Tp) wird vom Untersucher am Fesselkopf der Vordergliedmassen beidseits mittels Palpation subjektiv als warm, kühl oder kalt geschätzt.

3.1.4.5 Allgemeinbefinden

Das Allgemeinbefinden wird folgendermaßen beurteilt:

- 0 ungestörtes Allgemeinbefinden, das Tier ist ruhig oder munter und aufmerksam
- 1 geringgradig gestörtes Allgemeinbefinden, das Tier ist sehr ruhig und aufmerksam
- 2 mittelgradig gestörtes Allgemeinbefinden, das Tier kann noch stehen
- 3 hochgradig gestörtes Allgemeinbefinden, das Tier ist festliegend

3.1.4.6 weitere klinische Parameter

Herzfrequenz (HF): Bestimmung durch Auskultation mit Hilfe eines Phonendoskopes für die Dauer von 30 s. Angabe in Schläge/min. Zusätzlich werden Intensität, Rhythmus, Abgesetztheit und gegebenenfalls pathologische Herzgeräusche dokumentiert.

Saugreflex (SR): Provokation des SR durch Einführen zweier unbehandschuhter Finger in die Maulhöhle des Kalbes. Die Bewertung erfolgt nach folgendem Schema:

- nicht vorhanden
- (+) stark reduziert vorhanden
- + bis +++ vorhanden

Kotkonsistenz und -menge: Die Kotmenge nach spontaner oder nach provozierter Defäkation wird semiquantitativ als -, +, ++, +++ vom Untersucher geschätzt.

Die Konsistenz wird nach folgendem Schema notiert:

- wässrig: wie Wasser
- suppig: wie Erbsensuppe
- dünnbreiig: breiiger Kot, der durch die gespreizten Finger fällt
- mittelbreiig: bleibt auf den gespreizten Fingern der Hand liegen
- dickbreiig: fest und knetbar.

Ernährungszustand: Dieser wird vom Untersucher subjektiv geschätzt und als adipös, gut, mäßig, schlecht oder kachektisch notiert.

3.1.5 Erhebung labordiagnostischer Parameter zur Abschätzung des Dehydrationsgrades

Die folgenden interessierenden Parameter (siehe Tabelle 6) werden aus Blut jedes einzelnen Probanden, welches aus der Vena jugularis zu gewinnen ist, ermittelt.

Die Werte aller labordiagnostischer Parameter werden zum Zeitpunkt 0 (Einlieferung in die Klinik), 24 (nach 24 h) und S (Tag der Entlassung, beziehungsweise wenn Kalb an zwei aufeinanderfolgenden Tagen mittelbreiigen oder dickbreiigen Kot absetzt = Kalb gesund) jeweils unmittelbar nach der Blutentnahme ermittelt. Die zum Zeitpunkt S erhobenen Werte dienen als Vergleichswerte zu denjenigen zum Zeitpunkt 24 erhobenen Werten, das heißt ob die nach Infusion ermittelten Messwerte denen des Kalbes in gesundem Zustand ähneln.

Tabelle 6: Untersuchte labordiagnostische Parameter mit Angabe der jeweiligen, zugrundeliegenden Bestimmungsmethode

Haematokrit	Die Bestimmung erfolgt aus EDTA Blut mittels Mikrozentrifugation. Als Zentrifuge dient das Modell Haematokrit 24 der Firma Hettich.
Haemoglobin	Die Bestimmung erfolgt aus EDTA Blut auf nasschemischem Wege automatisch durch das Gerät 911E der Firma Hitachi nach der Cyanhaemoglobinmethode.
Gesamtprotein	Die Bestimmung erfolgt aus Blutserum automatisch durch das Gerät 911E der Firma Hitachi nach dem Prinzip der Biuretmethode nach Weichselbaum.
Harnstoff	Die Bestimmung erfolgt aus EDTA Blut auf nasschemischem Wege automatisch durch das Gerät 911E der Firma Hitachi nach dem Prinzip des kinetischen UV-Tests nach Talke und Schubert.
Kreatinin	Die Bestimmung erfolgt aus EDTA Blut auf nasschemischem Wege automatisch durch das Gerät 911E der Firma Hitachi nach der Jaffé-Methode, modifiziert von Bartels.

3.1.6 Ermittlung des Dehydratations-Referenzwertes und Behandlung

Die Ermittlung des DG stellt den zentralen Punkt dieser Arbeit dar: Das dehydrierte Kalb wird bei Einlieferung in die Klinik (Zeitpunkt 0) nach Provokation von Kot- und Harnabsatz und vor der nächsten, anstehenden Tränkung (in praxi vor der Mittagmilchtränkung und circa eine Stunde nach der vorhergehenden Elektrolytränkung, sowie vor der Abendmilchtränkung und circa eine Stunde nach der vorhergehenden Elektrolytränkung) mittels einer digitalen Personenwaage Soehnle 7701 (Eichklasse III, Genauigkeit bis 150 kg 50 g, von 150 kg bis 250 kg 100 g) gewogen. Dabei wird das Kalb vom Untersucher getragen und die KM des Untersuchers hernach vom Gesamtgewicht abgezogen.

Im Anschluss an die klinische Untersuchung und Wägung werden die Patienten über eine Ohrvene (gegebenenfalls auch über einen Jugularvenenkatheter), mit einem Volumen welches 30 % der Körpermasse entspricht, über einen Zeitraum von 23 h infundiert. Zur Anwendung kommen weitestgehend isotone kristalloide Lösungen: Natriumbicarbonat nur in 1,4 %iger Konzentration, Glukose in 5 %iger Konzentration, sowie NaCl in 0,9 %iger Konzentration nach Bedarf. Initialbehandlungen zum Acidoseausgleich mit hypertonen Zubereitungen sind

zulässig. Ergänzend hierzu erhalten sie auch noch, wie unter Punkt 3.1.1 beschrieben, ORL zur weiteren Rehydratation angeboten. Warum wird das Infusionsvolumen gerade mit 30 % der KM veranschlagt? Angenommen ein Kalb ist hochgradig ausgetrocknet bei einem Flüssigkeitsverlust von 12 % der KM (RADEMACHER et al., 2002), zuzüglich des laufenden Flüssigkeitsverlustes in 24 Stunden bei anhaltender wässriger Diarrhoe, welcher nach DOLL (1992) im Mittel 9 % der KM beträgt und schließlich des Erhaltungsbedarfes von 8 % der KM (FÜRL, 2002), ergibt dies ein in 23 Stunden zu applizierendes Gesamtvolumen, welches 29 % der KM entspricht. Ein Volumen von 30 % der KM darf also als ausreichend bemessen betrachtet werden, ein Durchfallkalb in 23 h mit einem größeren Flüssigkeitsvolumen zu versorgen, als ihm zum Zeitpunkt der Einlieferung gefehlt haben kann, zuzüglich der laufenden Verluste, welche während des Zeitraumes der Infusion auftreten. Das Kalb nimmt zudem zusätzlich noch Flüssigkeit über die Milch, die ORL und das frei zugängliche Wasser auf. Nach 24 h sollte der Patient demnach euhydriert sein. Als Prämisse gilt hierbei, dass dasjenige applizierte Volumen, welches über den physiologischen Zustand der Euhydratation hinausgeht, annähernd zeitgleich über die Nieren eliminiert wird. Durch die Rehydratation über 23 h und die Messung nach 24 h entsteht dem Organismus ein Zeitpuffer von 1 h zur weitergehenden Elimination des über den Bedarf hinausgehend verabfolgten Infusionsvolumens. Nun wird der euhydrierte Patient zum Zeitpunkt 24 in gleicher Art und Weise wie zum Zeitpunkt 0 wieder gewogen. Die Differenz zwischen den ermittelten Körpermassen zu den Zeitpunkten 24 und 0 entspricht dann dem Flüssigkeitsdefizit zum Zeitpunkt 0. Dieser errechnete Wert wiederum ergibt, bezogen auf die KM zum Zeitpunkt 24, den DG in % der KM. Zur Veranschaulichung dient folgende Modellrechnung:

Gleichung 1: $[KM \text{ Zeitpunkt } 24] - [KM \text{ Zeitpunkt } 0] = [\text{Flüssigkeitsdefizit Zeitpunkt } 0]$

Gleichung 2: $DG \% \text{ der KM} = [\text{Flüssigkeitsdefizit Zeitpunkt } 0] / [KM \text{ Zeitpunkt } 24] * 100$

Beispiel: $50 \text{ kg} - 45 \text{ kg} = 5 \text{ kg}$

$10 \% = 5 \text{ kg} / 50 \text{ kg} * 100$

Die KM wird am Entlassungstermin nicht mehr gemessen, da das Ergebnis dann durch die bis dahin erfolgte anabole Gewichtszunahme aufgrund der Milchtränkung verzerrt wird und deswegen nicht mehr aussagekräftig ist. Der DG wird dann als 0 angenommen.

Die potentielle, die Messwerte verfälschende anabole Körpermassezunahme aufgrund der Milchtränke, wird mit im Mittel 1 % der KM/Tag (HEATH et al., 1989) zwischen den Messungen 0 und 24 als vernachlässigbar angesehen.

Falls nötig, werden die Patienten zusätzlich auch mit einem NSAID und/oder einem Antibiotikum behandelt. Desweiteren erhalten alle Patienten - sofern nicht bereits durch den Haustierarzt geschehen - ein Vitamin E/Selen-Präparat subcutan verabreicht.

3.1.7 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgt mittels linearer Regressionsanalyse. Zur Modellierung interindividueller Unterschiede (Zwischensubjekteffekte) zwischen den Probanden, wird in die Regressionsgleichung zusätzlich eine Variable (Dummy Variable C) mit Effekt Codierung eingeführt. Zu diesem Zwecke wiederum sind Messungen auch am gesunden Kalb vonnöten (Messungen zum Zeitpunkt 24 (Kalb nach Rehydratation, DG wird als 0 angenommen)). Dabei sei immer $C_i = 0$ für Kalb $i = 20$ und $C_i = 1$ für Kalb $i < 20$, wobei letzteres nur gilt bei dem jeweiligen interessierenden Kalb i . Bei den jeweiligen nicht interessierenden Kälbern i sei dann ebenfalls $C_i = 0$. Der Koeffizient β_i entspricht dem Unterschied zwischen dem geschätzten Achsenabschnitt von Kalb $i = 20$ und dem geschätzten Achsenabschnitt des jeweiligen interessierenden Kalbes $i < 20$.

Folgende Regressionsgleichung soll zur Untersuchung der Beziehung zwischen der abhängigen Variable y (klinische/labordiagnostische Parameter) und der unabhängigen Variable DG (in % der KM) dienen:

$$\text{Gleichung 3:} \quad Y = \beta_0 + \sum \beta_i C_i + \beta_{\text{dehyd}} DG + \varepsilon_y$$

Dabei sei β_0 der Achsenabschnitt, β_i der Koeffizient für jedes Kalb i , C_i die Dummy Variable für jedes Kalb i , β_{dehyd} der Regressionskoeffizient und ε_y der Zufallsfehler von y .

Zur Ermöglichung des Rückschlusses von einem gemessenen klinischen oder labordiagnostischen Parameter auf den DG wird obige Gleichung in folgende umformuliert:

$$\text{Gleichung 4:} \quad DG = \beta_0 + \sum \beta_{iDG} C_i + \beta_{\text{klin}Y} + \varepsilon_{DG}$$

$$\text{Gleichung 5:} \quad DG = \beta_0 + \beta_{\text{klin}Y} + \varepsilon_i + \varepsilon_{DG}$$

Dabei sei β_0 der Achsenabschnitt, β_{iDG} der Koeffizient für jedes Kalb i , C_i die Dummy Variable für jedes Kalb i , β_{klin} der Regressionskoeffizient, ε_i der zusätzliche Fehler für jedes Kalb i und ε_{DG} der Zufallsfehler von DG.

Zum qualitativen Vergleich zwischen den Praediktoren (klinische/labordiagnostische Parameter) fungiert das Bestimmtheitsmaß R^2 . Die interindividuellen Unterschiede sind bei einem p-Wert $< 0,05$ von β_i (Gleichung 3) sowie β_{iDG} (Gleichung 4) als signifikant anzusehen. Ebenso ist der Zusammenhang zwischen DG und y bei einem p-Wert $< 0,05$ von β_{dehyd} (Gleichung 3) sowie β_{klin} (Gleichung 4 und 5) signifikant. Hierbei kommt der t-Test nach Student zur Anwendung.

Diejenige Analyse, welcher Gleichung 5 zugrunde liegt, liefert die praktisch relevanten Ergebnisse, anhand derer der praktizierende Tierarzt Orientierungspunkte zur Abschätzung der Flüssigkeitsverluste bei dehydrierten Kälbern erhält. Für die Prognose des Dehydratationsgrades ist ein gemischtes Regressionsmodell (Gleichung 5) dem hier als Basis verwendeten univariaten Modell (Gleichung 4) vorzuziehen. Das univariate Modell mit Dummy Variable liefert für jedes untersuchte Kalb eine spezifische Regressionsgerade. Dies ist möglich, da für jedes Kalb zwei Messpunkte (0 und 24) zur Verfügung stehen. Wir erhalten also in diesem Fall 20 parallele Geraden. Aus diesem Grunde ist selbiges Regressionsmodell hervorragend dazu geeignet den Nachweis des Zusammenhangs zwischen abhängiger und unabhängiger Variable zu führen, unter Berücksichtigung der interindividuellen Unterschiede (feste Effekte). Zur Prognose des DG ist hingegen eine einzelne allgemeingültige Regressionsgerade vonnöten, da in praxi nur ein Messpunkt (krankes Kalb) eines beliebigen Kalbes zur Verfügung steht und dieser nicht willkürlich einer der 20 kälberspezifischen Regressionsgeraden des univariaten Modells zugewiesen werden darf. Diese Gerade lässt sich nun im gemischten Modell entwickeln, wobei die Zwischensubjekteffekte zur Erhöhung der Genauigkeit der Schätzgerade hier ebenfalls berücksichtigt werden, jedoch in den zusätzlichen Fehler ε_i Eingang finden (zufällige Effekte).

Schließlich erfolgt die Berechnung des 95 % Konfidenzintervalls und die Angabe des Achsenabschnittes. Hierbei ist zu beachten, dass aufgrund des kleinen, der aufwendigen Messmethode geschuldeten, Stichprobenumfanges keine Normalverteilung des Dehydratationsgrades zu erwarten ist, weswegen die Interpretation der Konfidenzintervalle mit der gebotenen Vorsicht erfolgen soll. Die Darstellung in Tabellenform und bei ausgewählten Parametern als Streudiagramm mit Regressionsgerade ist zur Veranschaulichung der Ergebnisse gedacht. Weiterhin werden nach den Einzelanalysen zusätzlich mehrere klinische und/oder labordiagnostische Parameter zur Regressionsanalyse (zum direkten Vergleich derselben) zusammen-

gefasst. Schließlich erfolgt auch noch die Untersuchung auf Unterschied zwischen den Werten der 24 und S Messungen. Sei die Normalverteilung der einzelnen Befunde angenommen, kommt der t-Test nach Student für verbundene Stichproben zur Anwendung, sei die Normalverteilung für einzelne Befunde abgelehnt, kommt der nonparametrische Vorzeichen Rang Test nach Wilcoxon zur Anwendung.

Die statistische Auswertung erfolgt computergestützt mittels SPSS (SPSS Incorporation, V14.0.1, deutsch) nach elektronischer Erfassung der Protokollbögen.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Ermittelte Werte des Dehydratationsgrades

Tabelle 7: Aus den gemessenen Körpermassen zum Zeitpunkt 0 und 24 (siehe Punkt 3.1.6: Gleichung 1 und 2) ermittelte Dehydratationsgrade in % der KM für jedes untersuchte Kalb. Das arithmetische Mittel \pm die Standardabweichung der Werte des Dehydratationsgrades beträgt 10,00 % \pm 3,80 %. Der Median liegt bei 10,05 %. Das Minimum ist 1,70 %, das Maximum 19,94 %. Die Rundung der Werte erfolgte unverzerrt auf zwei Nachkommastellen.

KM in kg zum Zeitpunkt 0	KM in kg zum Zeitpunkt 24	KM-Differenz in kg zwischen 24 und 0	Dehydratationsgrad in % der KM	Kalb
52,10	53,00	0,90	1,70	13
30,65	32,15	1,50	4,67	12
43,15	45,75	2,60	5,68	7
37,20	39,90	2,70	6,77	4
36,00	39,05	3,05	7,81	20
52,80	57,55	4,75	8,25	9
55,85	60,90	5,05	8,29	16
41,45	46,05	4,60	9,99	21
41,20	45,80	4,60	10,04	3
34,00	37,80	3,80	10,05	1
45,90	51,30	5,40	10,53	17
51,15	57,40	6,25	10,89	8
43,55	48,95	5,40	11,03	14
34,60	39,15	4,55	11,62	10
42,05	47,75	5,70	11,94	11
40,90	46,70	5,80	12,42	15
53,75	61,45	7,70	12,53	22
31,85	36,45	4,60	12,62	19
38,00	43,85	5,85	13,34	5
37,55	46,90	9,35	19,94	18

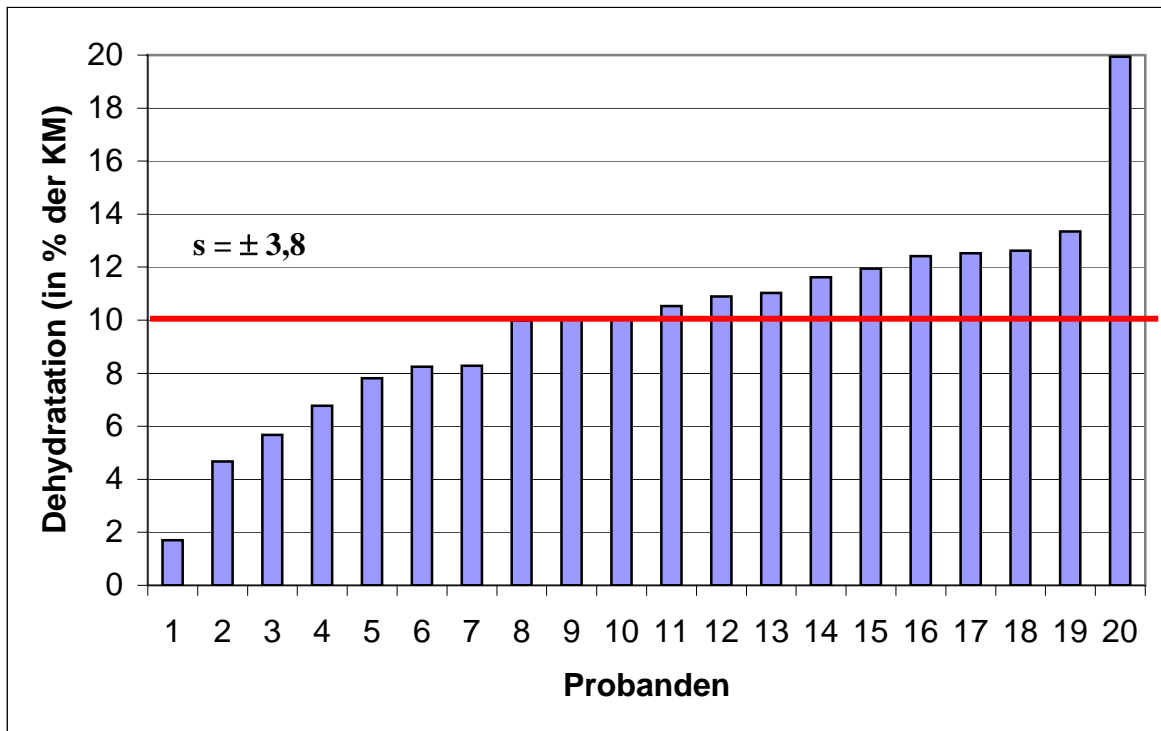


Abbildung 8: Säulendiagramm zur Illustration der Dehydratationsgrade für jedes untersuchte Kalb. Die rote Linie entspricht dem arithmetischen Mittel der Dehydratationsgrade. S ist die dazugehörige Standardabweichung.

3.2.2 Zusammenhang zwischen erhobenen Parametern und Dehydratationsgrad

Das Bestimmtheitsmaß R^2 gibt den Anteil an der Gesamtstreuung der abhängigen Variable, der durch die Regression von Y auf X, also der abhängigen auf die unabhängige Variable, erklärt wird, wieder. Folglich mag es nunmehr adäquat als Vergleichsgröße des Zusammenhangs zwischen zwei Größen fungieren.

Bei den untersuchten klinischen Parametern, welche als kardinalskaliert zu betrachten sind (siehe Tabelle 8), scheint nun die Hautfaltenverstreichzeit Lid am engsten mit dem DG in % der KM zu korrelieren. In absteigender Reihenfolge schließen sich Hautfaltenverstreichzeit Brust (siehe Abbildung 10), Enophthalmus (siehe Abbildung 9), Hautfaltenrückdrehzeit Hals und Hautfaltenrückdrehzeit Brust (siehe Abbildung 11) an. Rektaltemperatur, Hautfaltenrückdrehzeit Lid und Herzfrequenz setzen das Feld in eben dieser Reihenfolge nach unten fort.

Gesondert zu erwähnen muten die Beobachtungen zur Hautfaltenverstreichzeit Hals an. Die an dieser Stelle aufgezogene Hautfalte bleibt immer stehen, egal ob das betreffende Tier nun dehydriert oder vollkommen gesund ist. Sie verstreicht in der Regel erst, wenn das Kalb sich bewegt.

In gleicher Art und Weise reihen sich bei den untersuchten labordiagnostischen Parametern nach der Größe des Bestimmtheitsmaßes absteigend Haemoglobinkonzentration, Haematokrit (siehe Abbildung 12), Gesamtprotein (siehe Abbildung 13), Harnstoff (siehe Abbildung 14) und Kreatinin (siehe Abbildung 15) aneinander. Eingehend betrachtet erscheint nach sorgfältigem Studium der Punktwolken bei Haematokrit und Gesamtprotein die weite Wertestreuung gesunder Probanden (DG = 0 % der KM) als auffällig.

Alle Werte, die dem Nachweis des Zusammenhangs der einzelnen Variablen mit dem Dehydratationsgrad dienen, basieren auf der Berechnung des univariaten Regressionsmodells.

Tabelle 8: Resultate der univariaten, linearen Regressionsanalyse mit Dehydratationsgrad in % der KM als Regressor. Alle angegebenen Werte, außer den gesondert gekennzeichneten, sind statistisch signifikant. Der Standardfehler der jeweiligen Schätzer ist in Klammern angegeben.

Faktor	Regressionskoeffizient β_{dehyd} (Standardfehler)	Achsenabschnitt β_0 (Standardfehler)	R^2
Haemoglobinkonzentration (in g/dl)	0,293 (0,024)	13,917 (0,603)	0,956
Haematokrit (in Volumen %)	0,932 (0,91)	42,159 (2,253)	0,941
Gesamtprotein (in g/l)	1,283 (0,119)	36,714 (2,931)	0,941
Hautfaltenverstreichzeit Lid (in s)	0,548 (0,053)	2,769 (1,318)	0,868
Harnstoff (in mmol/l)	1,272 (0,157)	13,231 (3,869)	0,868
Hautfaltenverstreichzeit Brust (in s)	0,55 (0,059)	1,367 (1,448) *	0,862
Enophthalmus (in mm)	0,186 (0,033)	2,832 (0,803)	0,813
Hautfaltenrückdrehzeit Hals (in s)	0,334 (0,067)	-0,08 (1,655) *	0,765
Kreatinin (in $\mu\text{mol/l}$)	13,973 (3,281)	52,588 (80,942) *	0,765
Hautfaltenrückdrehzeit Brust (in s)	0,115 (0,019)	-0,158 (0,466) *	0,76
Rektaltemperatur (in $^{\circ}\text{C}$)	-0,083 (0,022)	39,972 (0,535)	0,704
Hautfaltenrückdrehzeit Lid (in s)	0,249 (0,049)	2,984 (1,203)	0,702
Herzfrequenz (bpm)	-0,878 (0,476) *	105,502 (11,741)	0,701
Hautfaltenverstreichzeit Hals (in s)**	--	10,0 (0,0)	--

* nicht signifikant ** Hautfalte bleibt immer länger als zehn s stehen

Auch die erhobenen klinischen Befunde, welche für die Regressionsanalyse ordinalskaliert codiert wurden, weisen zum Teil hohe Bestimmtheitsmaße auf (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Resultate der univariaten, linearen Regressionsanalyse mit Dehydratationsgrad in % der KM als Regressor. Bei den unten aufgeführten Faktoren handelt es sich ausschließlich um ordinalskalierte, vom Untersucher subjektiv erfasste Befunde.

Faktor	R ²
Allgemeinbefinden (0 = ungestört, 1 = ggrd. gestört, 2 = mgrd. gestört, 3 = hgrd. gestört)	0,864
Kot (0 = dickbreiig, 1 = mittelbreiig, 2 = dünnbreiig, 3 = suppig, 4 = wässrig)	0,846
Periphere Temperatur (0 = warm, 1 = kühl, 2 = kalt)	0,828
Schleimhautfarbe (0 = gerötet, 1 = rosa, 2 = blassrosa, 3 = blass, 4 = weiß)	0,768
Saugreflex (0 = +++, 1 = ++, 2 = +, 3 = (+), 4 = -)	0,652
Schleimhautfeuchtigkeit (0 = feucht, 1 = trocken)	0,446

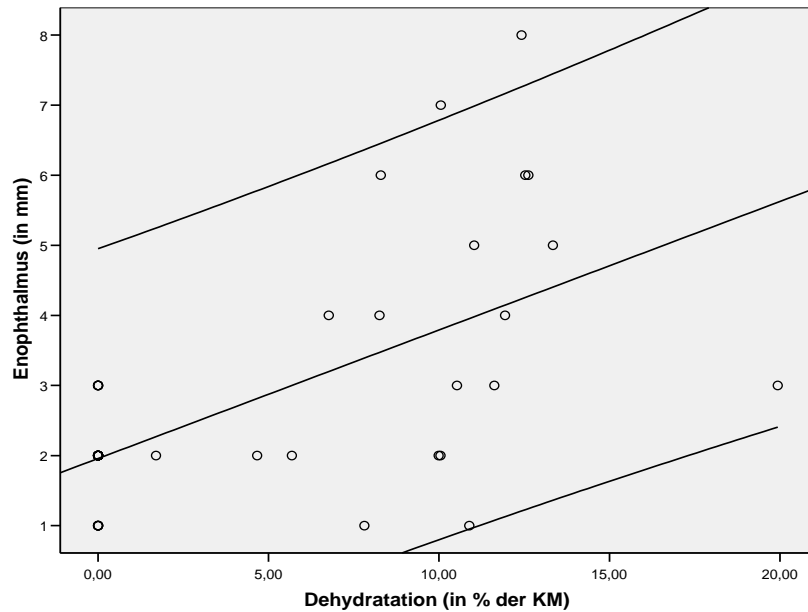


Abbildung 9: Streudiagramm zur Illustration der Beziehung zwischen Grad des Enophthalmus und Dehydratation in % der KM. Zur Erstellung dieses Diagrammes diente eine einfache lineare Regressionsgleichung ohne Dummy Variable. Die mittlere Linie repräsentiert die Regressionsgerade, die beiden äußeren umschließen das 95 % Konfidenzintervall.

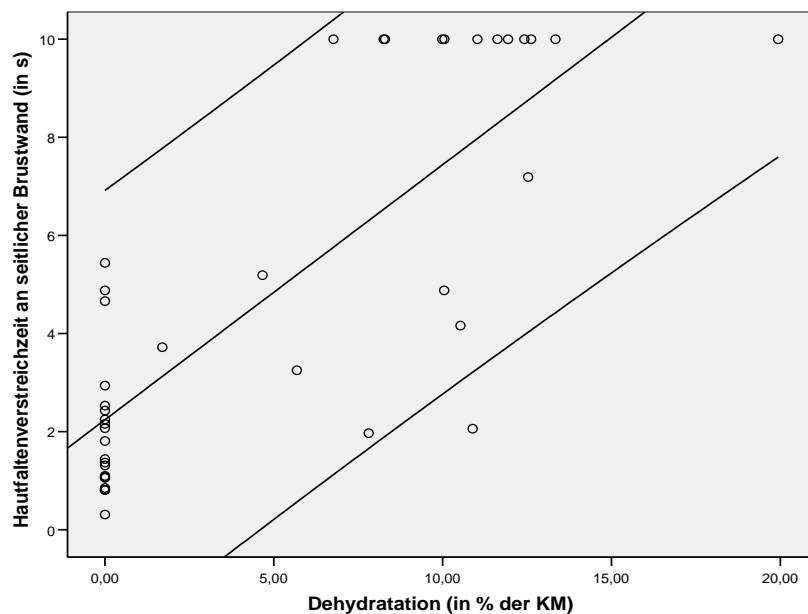


Abbildung 10: Streudiagramm zur Illustration der Beziehung zwischen Hautfaltenverstreichzeit an der seitlichen Brustwand (genaue Definition siehe Punkt 3.1.4.2) und Dehydratation in % der KM. Hierbei ist der maximal zugewiesene Zeitwert 10 s. Alle Werte, welche darüber liegen, finden als 10 s in die Auswertung Eingang. Zur Erstellung dieses Diagrammes diente eine einfache lineare Regressionsgleichung ohne Dummy Variable. Die mittlere Linie repräsentiert die Regressionsgerade, die beiden äußeren umschließen das 95 % Konfidenzintervall.

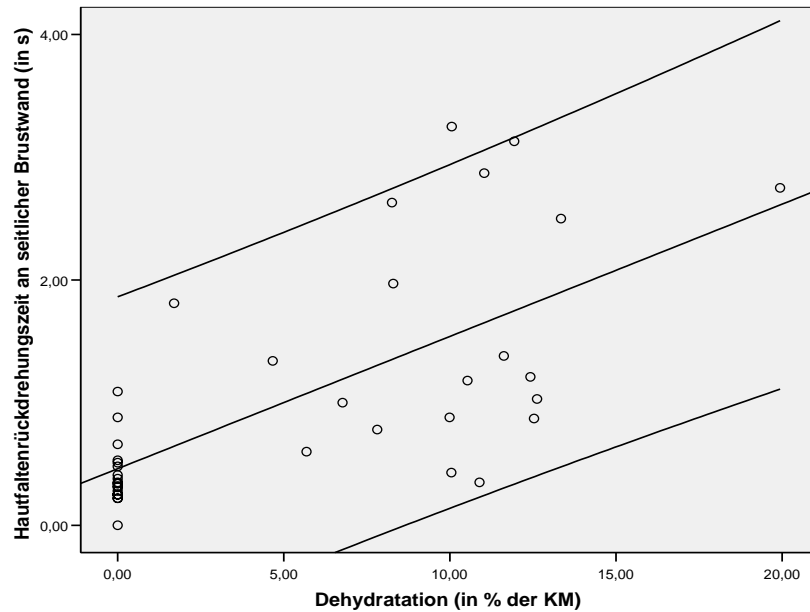


Abbildung 11: Streudiagramm zur Illustration der Beziehung zwischen Hautfaltenrückdrehungszeit an der seitlichen Brustwand (genaue Definition siehe Punkt 3.1.4.2) und Dehydratation in % der KM. Zur Erstellung dieses Diagrammes diente eine einfache lineare Regressionsgleichung ohne Dummy Variable. Die mittlere Linie repräsentiert die Regressionsgerade, die beiden äußeren umschließen das 95 % Konfidenzintervall.

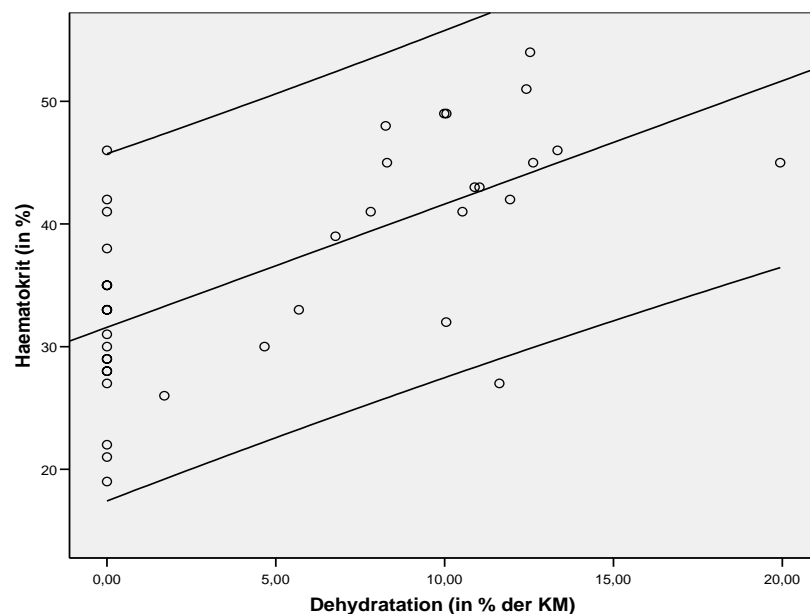


Abbildung 12: Streudiagramm zur Illustration der Beziehung zwischen Haematokrit in Volumen % und Dehydratation in % der KM. Man beachte die große Streuung bei gesunden Individuen (Dehydratation 0 % der KM). Zur Erstellung dieses Diagrammes diente eine einfache lineare Regressionsgleichung ohne Dummy Variable. Die mittlere Linie repräsentiert die Regressionsgerade, die beiden äußeren umschließen das 95 % Konfidenzintervall.

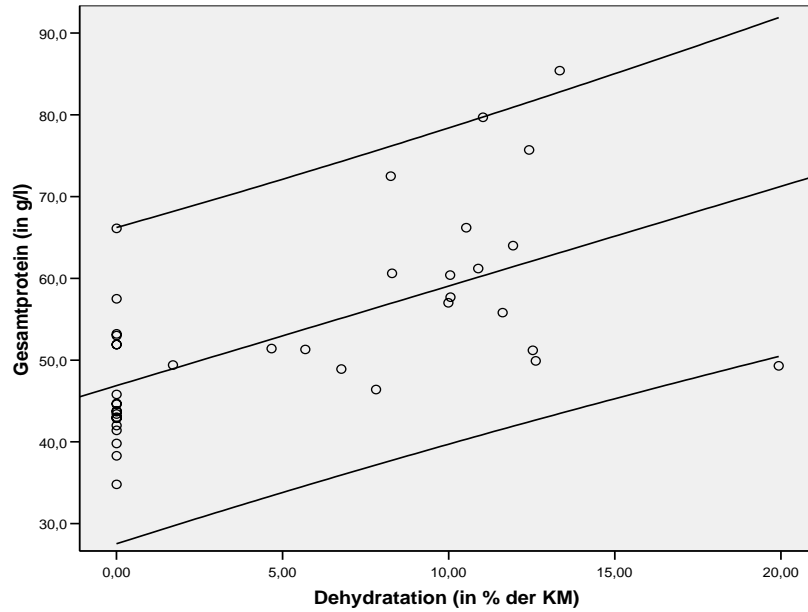


Abbildung 13: Streudiagramm zur Illustration der Beziehung zwischen Gesamtproteinkonzentration in g/l und Dehydratation in % der KM. Man beachte die große Streuung bei gesunden Individuen (Dehydratation 0 % der KM). Zur Erstellung dieses Diagrammes diente eine einfache lineare Regressionsgleichung ohne Dummy Variable. Die mittlere Linie repräsentiert die Regressionsgerade, die beiden äußeren umschließen das 95 % Konfidenzintervall.

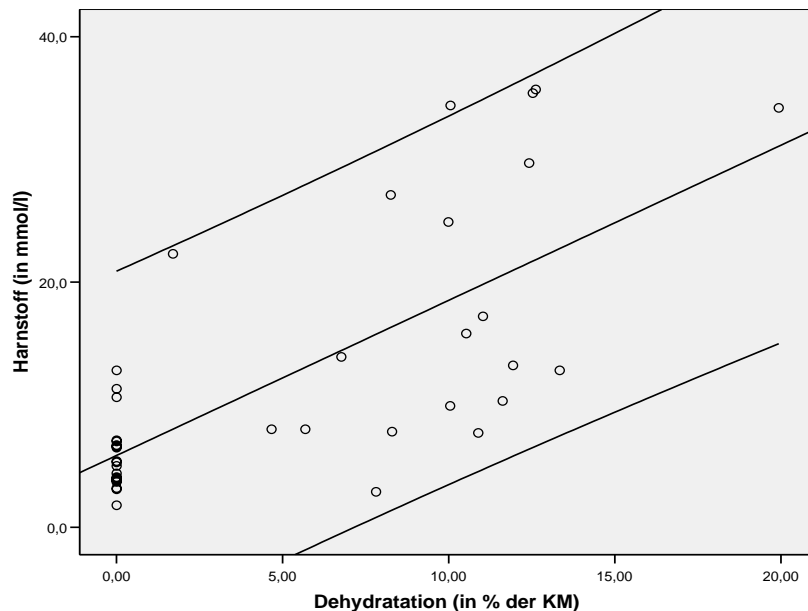


Abbildung 14: Streudiagramm zur Illustration der Beziehung zwischen Harnstoffkonzentration in mmol/l und Dehydratation in % der KM. Zur Erstellung dieses Diagrammes diente eine einfache lineare Regressionsgleichung ohne Dummy Variable. Die mittlere Linie repräsentiert die Regressionsgerade, die beiden äußeren umschließen das 95 % Konfidenzintervall.

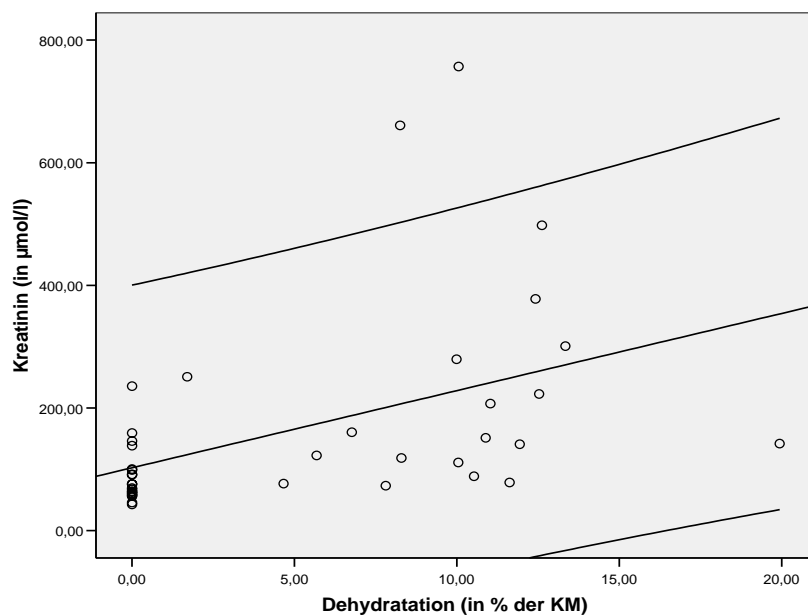


Abbildung 15: Streudiagramm zur Illustration der Beziehung zwischen Kreatininkonzentration in $\mu\text{mol/l}$ und Dehydratation in % der KM. Die korrespondierenden Punkte der beiden Werte welche über der oberen Grenze des Konfidenzintervalles liegen befinden sich auch bei 0 % Dehydratation bei den höchsten Konzentrationswerten. Zur Erstellung dieses Diagrammes diente eine einfache lineare Regressionsgleichung ohne Dummy Variable. Die mittlere Linie repräsentiert die Regressionsgerade, die beiden äußeren umschließen das 95 % Konfidenzintervall.

Der Unterschied zwischen den zum Zeitpunkt 24 und S gemessenen Werten stellte sich nach statistischer Testung als nicht signifikant heraus. Die Ausnahme hiervon wird repräsentiert durch folgende Parameter: Gesamtprotein, Harnstoff, Allgemeinbefinden, Herzfrequenz, Schleimhautfarbe und Kot. Die Werte der 24 und S Messung von Kreatinin müssen bei dem ermittelten p-Wert von 0,051 zum vorher festgelegten Signifikanzniveau von 0,05 ebenso als nicht voneinander verschieden betrachtet werden (siehe Tabelle 11). Trotz der statistischen Nichtnachweisbarkeit eines Unterschiedes zwischen den Messwerten zum Zeitpunkt 24 und S fallen im Vorzeichen-Rang-Test nach Wilcoxon bei Enophthalmus drei positive gegenüber null negativen Rängen auf. Das heißt, dass der Bulbus bei drei Probanden zum Zeitpunkt S wieder tiefer liegt als zum Zeitpunkt 24. Von den statistisch signifikant als ungleich ausgewiesenen Gesamtprotein- und Harnstoffmessungen zum Zeitpunkt 24 und S lassen sich erstere deutlich mehr positive, letztere deutlich mehr negative Ränge zuordnen (siehe Tabelle 10). Dies bedeutet wiederum, dass die Gesamtproteinkonzentration zum Zeitpunkt S bei etlichen Individuen höher ausfällt als zum Zeitpunkt 24 und umgekehrt die Harnstoffkonzentration bei etlichen Individuen zum Zeitpunkt S niedriger ist als zum Zeitpunkt 24.

Tabelle 10: Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zwischen den parameterspezifischen Wertepaaren der 24 und S Messung; Bindungen entsprechen gleichen Werten zum Zeitpunkt 24 und S, positive Ränge entsprechen höheren Werten zum Zeitpunkt S und negative Ränge niedrigeren Werten zum Zeitpunkt S im Vergleich zu den Messwerten zum Zeitpunkt 24. Die Zahlen entsprechen der Anzahl der untersuchten Probanden, deren Messwerte den jeweiligen Rängen und Bindungen zugeordnet werden können.

	Enophthalmus 24 - S	Gesamtprotein 24 - S	Harnstoff 24 - S
Negative Ränge	0	4	19
Positive Ränge	3	16	1
Bindungen	17	0	0
Gesamt	20	20	20

Tabelle 11: Arithmetisches Mittel \pm Standardabweichung ausgewählter labordiagnostischer Parameter und Harnstoff/Kreatinin-Quotient. Die dessen Berechnung zugrundeliegende Einheit ist sowohl für Harnstoff als auch für Kreatinin mmol/l. Mit * gekennzeichnete Wertepaare der 24 und S Messung unterscheiden sich nach statistischer Testung (t-Test nach Student) bei $p < 0,05$ signifikant.

	Messung zum Zeitpunkt 0	Messung zum Zeitpunkt 24	Messung zum Zeitpunkt S
Gesamtprotein (in g/l)	59,70 \pm 11,21	46,24 \pm 7,31 *	49,80 \pm 7,02 *
Harnstoff (in mmol/l)	18,56 \pm 10,91	5,82 \pm 2,89 *	2,92 \pm 0,96 *
Kreatinin (in μ mol/l)	240,88 \pm 194,53	89,95 \pm 47,32	68,61 \pm 13,11
Harnstoff/Kreatinin-Quotient	92	68	45

3.2.3 Prognose des Dehydratationsgrades aus den erhobenen Befunden

Folgende Gleichungen konnten aus dem erhobenen Datenmaterial entwickelt werden und dienen zur quantitativen Prognose des Dehydratationsgrades aus den erhobenen Befunden (siehe Tabellen 12, 13, 14 und 15):

DG in % der KM = 1,91 (Enophthalmus in mm) – 0,49 *;

DG in % der KM = 1,23 (Hautfaltenverstreichzeit an seitlicher Brustwand in s) – 0,96 *;

DG in % der KM = 4,27 (Hautfaltenrückdrehungszeit an seitlicher Brustwand in s) + 0,73 *;

DG in % der KM = 0,42 (Haematokrit in Volumen %) – 10,30;

DG in % der KM = 0,30 (Gesamtproteinkonzentration in g/l) – 10,79;

DG in % der KM = 0,40 (Harnstoffkonzentration in mmol/l) + 0,14 *;

DG in % der KM = 1,37 (Haemoglobinkonzentration in g/dl) – 11,15;

DG in % der KM = 0,02 (Kreatininkonzentration in $\mu\text{mol/l}$) + 2,32 *.

*Dieser Achsenabschnitt β_0 ist statistisch nicht signifikant und damit als nicht von Null verschieden zu betrachten. Trotzdem wird er hier angegeben um die inhaltliche Interpretation zu gewährleisten, kommt jedoch in der Berechnung der prognostischen Werte nicht zur Anwendung. Dies gilt ebenso für die Berechnung der 95 % Konfidenzintervalle.

Die Werte aller obiger Gleichungen entstammen der Rechnung des gemischten Regressionsmodells (siehe Punkt 3.1.7).

Tabelle 12: Richtwerte zum Abschätzen des Dehydratationsgrades aus den praktisch am relevantesten erscheinenden, klinischen Befunden; In eckigen Klammern wird für den jeweiligen Wert das 95 % Konfidenzintervall angegeben. Intervallgrenzen kleiner als 0 sind im Bezug auf den Dehydratationsgrad sinnlos und werden als 0 angegeben.

Enophthalmus (in mm)	Dehydratation (in % der KM)	Hautfaltenverstreichzeit an der seitlichen Brustwand (in s)	Dehydratation (in % der KM)	Hautfaltenrückdrehungszeit an der seitlichen Brustwand (in s)	Dehydratation (in % der KM)
0	0 [0 – 2,39]	0	0 [0 – 0,89]	0	0 [0 – 2,78]
1	1,9 [1,05 – 2,77]	1	1,2 [0,92 – 1,54]	1	4,3 [2,74 – 5,79]
2	3,8 [2,11 – 5,54]	2	2,5 [1,85 – 3,07]	2	8,5 [5,49 – 11,57]
3	5,7 [3,16 – 8,30]	3	3,7 [2,78 – 4,61]	3	12,8 [8,24 – 17,36]
4	7,6 [4,22 – 11,07]	4	4,9 [3,71 – 6,14]	4	17,1 [10,99 – 23,14]
5	9,6 [5,28 – 13,83]	5	6,2 [4,63 – 7,68]	5	21,3 [13,74 – 28,93]
6	11,5 [6,33 – 16,60]	6	7,4 [5,56 – 9,21]		
7	13,4 [7,39 – 19,37]	7	8,6 [6,49 – 10,75]		
8	15,3 [8,45 – 22,13]	8	9,8 [7,42 – 12,28]		
9	17,2 [9,50 – 24,90]	9	11,1 [8,35 – 13,81]		
10	19,1 [10,56 – 27,66]	10	12,3 [9,27 – 15,35]		

Auch wenn der prognostizierte Dehydratationsgrad bei 3 mm Enophthalmus 5,7 % der KM und bei 4 s Hautfaltenverstreichzeit an der seitlichen Brustwand 4,9 % der KM beträgt, liegt der Wert bei 95 %iger Konfidenz bei ungefähr > 3 % der KM. Analog sind alle Werte in den Tabellen 12, 13, 14 und 15 zu interpretieren.

Tabelle 13: Richtwerte zum Abschätzen des Dehydratationsgrades aus den praktisch am relevantesten erscheinenden, labordiagnostischen Befunden; In eckigen Klammern wird für den jeweiligen Wert das 95 % Konfidenzintervall angegeben. Intervallgrenzen kleiner als 0 sind im Bezug auf den Dehydratationsgrad sinnlos und werden als 0 angegeben.

Haematokrit (in Volumen %)	Dehydratation (in % der KM)	Gesamtprotein (in g/l)	Dehydratation (in % der KM)	Harnstoff (in mmol/l)	Dehydratation (in % der KM)
≤ 25	0 [0 – ≤ 10,26]	≤ 36	0 [0 – ≤ 11,64]	≤ 5	≤ 2 [≤ 0,26 – ≤ 2,65]
28	1,4 [0 – 11,99]	40	1,1[0 – 13,35]	10	4 [2,69 – 5,29]
31	2,7 [0 – 3,66]	44	2,3 [0 – 15,06]	15	6 [4,03 – 7,94]
34	3,9 [0 – 15,47]	48	3,5 [0 – 16,77]	20	8 [5,38 – 10,58]
37	5,2 [0 – 17,21]	52	4,7 [0 – 18,48]	25	10 [6,72 – 13,22]
40	6,4 [0 – 18,95]	56	5,9 [0 – 20,19]	30	12 [8,07 – 15,87]
43	7,7 [0 – 20,69]	60	7,1 [0 – 21,90]	35	14 [9,41 – 18,51]
46	8,9 [0 – 22,42]	64	8,3 [0 – 23,62]	40	16 [10,76 – 21,15]
49	10,2 [0 – 24,16]	68	9,5 [0 – 25,33]	45	17,9 [12,10 – 23,80]
52	11,4 [0 – 25,90]	72	10,7 [0 – 27,04]	50	19,9 [13,45 – 26,44]
55	12,7 [0 – 27,64]	76	11,9 [0 – 28,75]		
58	14,0 [0 – 29,38]	80	13,1 [0 – 30,46]		

Tabelle 14: Richtwerte zum Abschätzen des Dehydratationsgrades aus weiteren denkbaren, labordiagnostischen Befunden; In eckigen Klammern wird für den jeweiligen Wert das 95 % Konfidenzintervall angegeben. Intervallgrenzen kleiner als 0 sind im Bezug auf den Dehydratationsgrad sinnlos und werden als 0 angegeben.

Haemoglobin (in g/dl)	Dehydratation (in % der KM)	Kreatinin (in $\mu\text{mol/l}$)	Dehydratation (in % der KM)
≤ 8	0 [0 – $\leq 10,19$]	≤ 100	$\leq 1,6$ [$\leq 0,57$ – $\leq 2,68$]
9	1,2 [0 – 12,08]	150	2,4 [0,85 – 4,02]
10	2,6 [0 – 13,97]	200	3,2 [1,14 – 5,35]
11	4,0 [0 – 15,86]	250	4,0 [1,42 – 6,69]
12	5,3 [0 – 17,75]	300	4,9 [1,71 – 8,03]
13	6,7 [0 – 19,64]	350	5,7 [1,99 – 9,37]
14	8,1 [0 – 21,53]	400	6,5 [2,28 – 10,70]
15	11,2 [0 – 23,42]	450	7,3 [2,56 – 12,04]
16	10,8 [0 – 25,31]	500	8,1 [2,85 – 13,38]
17	12,2 [0 – 27,20]	550	8,9 [3,13 – 14,72]
18	13,6 [0 – 29,09]	600	9,7 [3,42 – 16,05]
		650	10,5 [3,70 – 17,39]
		700	11,4 [3,99 – 18,73]
		750	12,2 [4,28 – 20,07]

Tabelle 15: Richtlinien zum Abschätzen des Dehydratationsgrades bei an neonataler Diarrhoe erkrankten Kälbern anhand ausgewählter klinischer Befunde

Enophthalmus (in mm)	Hautfalten - verstreichzeit a) (in s)	Hautfalten - rückdrehungszeit a) (in s)	Periphere Temperatur b)	Schleimhautfarbe c)	Allgemeinbefinden	Dehydratation in % der KM
0	0	0	warm	rosa	ungestört	0
1	2	0	warm	rosa	ungestört	2
2	3	1	warm	blassrosa	ungestört	4
3	5	1	warm	blassrosa	geringgradig ge- stört	6
4	6	2	kühl	blass	geringgradig ge- stört	8
5	8	2	kühl	weiß	geringgradig ge- stört	10
6	10	3	kühl	weiß	geringgradig ge- stört	12
7	> 10	3	kalt		mittelgradig ge- stört	14
≥ 8	> 10	≥ 4	kalt			≥ 16

a) an der seitlichen Brustwand

b) per palpationem am Fesselkopf bestimmt

c) per adspeditionem an der subincisivalen Gingiva bestimmt

4 Diskussion

Durch vorliegende, prospektive Studie sollte der qualitative und quantitative Zusammenhang zwischen Dehydratationsgrad und ausgewählten klinischen und labordiagnostischen Parametern bei durchfallkranken Kälbern aus dem laufenden Patientengut überprüft werden. Weiterhin sollte dem praktizierenden Tierarzt nach dieser Arbeit der Rückschluss von klinischen und labordiagnostischen Befunden auf den DG, gestützt auf wissenschaftlich fundierte Ergebnisse, ermöglicht werden.

Eigentlich läge eine vorselektierte Stichprobe vor (nur kranke, das heißt dehydrierte Kälber), wenn man alle Kälber als Grundgesamtheit betrachtete. Da jedoch die Messungen nur an dehydrierten Kälbern vorgenommen werden, wird die Menge aller dehydrierten Kälber als Grundgesamtheit angenommen. Dies macht einen statistisch entscheidenden Unterschied. Somit kann sowohl der Zusammenhang zwischen den klinischen Symptomen/labordiagnostischen Parametern als abhängige Variable y (Praediktor) und dem DG (Massetdifferenz in % der KM) als unabhängige Variable (Regressor) überprüft werden als auch die Schätzung des DG aus den klinischen/labordiagnostischen Parametern ermöglicht werden. Die Messungen zum Zeitpunkt S werden gegen diejenigen zum Zeitpunkt 24 getestet um eventuelle Unterschiede zwischen den gemessenen Werten nach Infusionsbehandlung und denjenigen der gesunden Kälber nach Rekonvaleszenz aufzudecken. Bei fast allen Parametern sind diese Unterschiede bei einem p -Wert von $> 0,05$ nicht signifikant (siehe Punkt 3.2.2). Dies war notwendig, da zur Regression die Werte 24 benötigt wurden, zu welchen dazugehörig auch der Dehydratationsgrad ermittelt wurde. Zum Treffen einer Aussage, ob sich die gemessenen Werte nach Behandlung von denjenigen der Kälber in gesundem Zustand unterscheiden oder nicht, also ob die Werte zum Zeitpunkt 24 auf gesunde Kälber extrapoliert werden dürfen, dient obige statistische Testung.

Aufgrund der durchweg hohen Korrelation zwischen sowohl den am relevantesten erscheinenden klinischen, als auch den am relevantesten erscheinenden labordiagnostischen Parametern und dem Dehydratationsgrad, ist es nicht sinnvoll, mehrere Variablen (zum Beispiel Haematokrit und Enophthalmus) gleichzeitig in die Regressionsrechnung aufzunehmen (Multikolinearität).

Weiterhin ist zu klären ob die Methodik zur Ermittlung des Dehydratationsgrades im Grundsatz die an sie gestellten Anforderungen erfüllt. Wie in Punkt 3.1.6 bereits beschrieben ist die Idee, nach Wiegen der dehydrierten Kälber, diese in 24 Stunden mit einem größeren Volumen an Flüssigkeit zu versorgen als selbige verloren haben können. Das überschüssige Flüssigkeitsvolumen sei dann annähernd zeitgleich durch die Nieren zu eliminieren, so dass nach

einem Tag nach Wägung das Gewicht bei Euhydratation aufgezeichnet werden könnte. Die Gewichts Differenz zwischen beiden Messungen mag nun dem Dehydratationsgrad in % der KM zum Zeitpunkt der Einlieferung entsprechen. Angenommen, ein Kalb ist hochgradig ausgetrocknet bei einem Flüssigkeitsverlust von 12 % der KM (RADEMACHER et al., 2002), zuzüglich des laufenden Flüssigkeitsverlustes in 24 Stunden bei anhaltender wässriger Diarrhoe, welcher nach DOLL (1992) im Mittel 9 % der KM beträgt und schließlich des Erhaltungsbedarfes von 8 % der KM (FÜLL, 2002), ergibt dies ein in 24 Stunden zu applizierendes Gesamtvolumen, welches 29 % der KM entspricht.

In dieser Studie wurden die Patienten mit 30 % der KM infundiert, wobei sie zudem auch noch Flüssigkeit über die Zwischentränke und die Milchtränke aufgenommen haben. Es konnte also davon ausgegangen werden, dass das applizierte Überrehydrationsvolumen ausreichend bemessen war. Schließlich wurde die Flüssigkeit jeweils über einen Zeitraum von 23 Stunden verabfolgt, damit den Exkretionsorganen ein Zeitpuffer von einer Stunde bis zur 24 Stunden Messung zur weiteren Elimination des eventuell noch vorhandenen überschüssigen Wassers blieb. Dieser Zeitpuffer ist höchstwahrscheinlich ausreichend bemessen, da davon auszugehen ist, dass der Großteil des applizierten Volumens annähernd zeitgleich eliminiert wird. Bei einer maximalen Harnflussrate von im Mittel 9 ml/min (DALTON, 1968) ergibt sich über einen Zeitraum von 24 h ein Volumen von 12,96 l, welches bei Bedarf allein über die Nieren wieder ausgeschieden werden könnte. Zu diesem sind aber auch noch die Flüssigkeitsverluste bei anhaltender Diarrhoe zu addieren, welche nach DOLL (1992) im Mittel 90 ml/kg in 24 h betragen. Eine für ein Kalb mit 60 kg Körpermasse (das schwerste Kalb in dieser Untersuchung wog bei Einlieferung knapp 56 kg, siehe Punkt 7.2) errechnete mögliche Eliminationsgesamtkapazität von 18,36 l in 24 h entspricht fast genau dem über 24 h zu applizierenden Infusionsvolumen von 18 l.

Trotzdem wäre eine manifeste Hyperhydratation zum Zeitpunkt 24 denkbar, was sich hier in einer im Vergleich zur Euhydratation erhöhten Körpermasse und einer konsekutiven, systematischen Überschätzung des Dehydratationsgrades widerspiegeln würde. Ob dies der Fall ist kann diese Studie nicht beantworten. Zu bedenken ist jedoch, dass die konsekutiv der Volumenüberladung einsetzende, druckbedingte Diurese in jedem Falle durch die Vielzahl der Regulationsmechanismen der Niere, an dieser Stelle seien repräsentativ auf organischer Ebene der Bayliss-Effekt und der Tubulo-Glomeruläre-Feedback-Mechanismus, sowie auf globaler Ebene das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System in Verbindung mit ADH und ANF angeführt, modifiziert wird (GUYTON und HALL, 2000). Als Hinweis auf eine Hyperhydratation könnte gewertet werden, dass bei der statistischen Testung der Messungen 24 gegen S bei

Enophthalmus und Gesamtprotein mehr positive als negative Ränge zu beobachten sind, das heißt, dass zum Messzeitpunkt S bei diesen Parametern die Anzahl der Individuen mit höheren Werten im Vergleich zum Zeitpunkt 24 größer ist, als diejenige mit niedrigeren und/oder gleichen Werten. Selbiges Phänomen könnte bei diesen Individuen bedeuten, dass sie sich zum Zeitpunkt S in einem Zustand relativer Dehydratation (noch physiologischer Hydratationsstatus) im Verhältnis zum Zeitpunkt 24 (optimaler Hydratationsstatus) befunden haben oder dass sie sich bei der eigentlichen Gesundheitsmessung (Zeitpunkt S) im Status optimaler Hydratation befunden haben und zum Zeitpunkt 24 im Zustand einer Hyperhydratation. Bei Harnstoff finden sich hingegen mehr negative Ränge, was jedoch durch die von HARTMANN et al. (1987) gefundene Harnstoffverlaufskurve in den ersten acht Lebenstagen, als gegenläufigem Effekt, oder durch die Umstellung von einer katabolen Stoffwechsellage während der Krankheit auf eine anabole, wenn das Tier wieder gesund ist, und damit einer Verminderung der Harnstoffproduktion erklärbar wäre. Letzteres könnte natürlich auch den Anstieg des Gesamtproteins unabhängig vom Grad der Hydratation erklären. Eine weitere denkbare Möglichkeit ist der zeitverzögerte Anstieg der Immunglobulinkonzentration im Verlaufe einer Erkrankung, was sich wiederum auf die Gesamtproteinkonzentration niederschlagen könnte. Hier ist also durchaus noch Forschungsbedarf gegeben, das Phänomen der Hyperhydratation qualitativ und/oder quantitativ zu klären.

Die infolge von Dehydratation auftretende Azotaemie ist anfänglich sicher praerenaler Natur, kann jedoch aufgrund von Minderperfusion der Nieren in ein renales Stadium der akuten Niereninsuffizienz übergehen. Die Grenzen zwischen beiden Stadien der Azotaemie sind fließend. Der Harnstoff/Kreatinin-Quotient gibt Aufschluss über das Vorliegen einer praerenalen Azotaemie (DOSSETOR, 1966). Er ist bei praerenaler Azotaemie, bei hochgradigem Katabolismus und bei hochgradiger Eiweißzufuhr bei manifester Niereinsuffizienz erhöht. Die ersten beiden Punkte dürfen bei den hier untersuchten dehydrierten Kälbern als existent angenommen werden. In dieser Studie ist der Harnstoff/Kreatinin-Quotient zum Zeitpunkt 0 und 24 erhöht. Zum Zeitpunkt 0 ist dies nicht verwunderlich, da die Kälber oftmals hochgradig dehydriert in die Klinik eingeliefert wurden. Bei Dehydratation schrumpft der Verteilungsraum (Gesamtkörperwasser), es kommt also zum relativen Anstieg sowohl der Harnstoff- als auch der Kreatininkonzentration. Da sich die Kreatininproduktion proportional zur Muskelmasse verhält, also annähernd konstant ist, die Harnstoffproduktion bei kataboler Stoffwechsellage kranker Tiere hingegen erhöht ist, steigt der Harnstoff/Kreatinin-Quotient bei diesen Tieren an. Auch tragen Unterschiede in der Elimination beider Substanzen über die Nieren, die vor allem bei geringem Harnfluss also geringer glomerulärer Filtration infolge Minderperfusion

der Nieren Auswirkungen zeigen (Kreatinin: tubuläre Sekretion, Harnstoff: Rückdiffusion), zur Erhöhung des Harnstoff/Kreatinin-Quotienten bei. Näheres hierzu bei KLEE (1985). Jedoch stellt sich die Frage ob zum Zeitpunkt 24 trotz Infusionsbehandlung immer noch Azotaemie bestand oder schon wieder, da zwischen Infusionsende und Messung ein Zeitraum von einer Stunde bestand. Da die Kälber mit einem sehr großen Flüssigkeitsvolumen infundiert wurden und noch zusätzlich Flüssigkeit über die Milch, Elektrolytzwischentränke und Wasser ad libitum aufnahmen, ist es unwahrscheinlich, dass innerhalb einer Stunde wieder eine praerenale Azotaemie aufgrund Verkleinerung des Verteilungsraumes (Harnstoff und Kreatinin verteilen sich im Gesamtkörperwasser) auftrat. Zumal die letzte Gabe von Elektrolytzwischentränke eine Stunde vor der Messung 24 bei Infusionsende verabreicht wurde und oral aufgenommene Flüssigkeit protrahiert resorbiert wird, also über einen gewissen Zeitraum zur Verfügung steht. Viel wahrscheinlicher ist also, dass immer noch praerenale Azotaemie vorlag, was sicher mit dem erhöhten Anfall von Harnstoff bei Tieren in kataboler Stoffwechsellage zu tun hat. Da sich, wie oben erläutert, die Kreatininproduktion proportional zur Muskelmasse eines Individuums verhält und somit annähernd konstant ist, die Harnstoffproduktion hingegen bei kranken Tieren erhöht ist, könnte also auch nach Wiederherstellung der physiologischen Größe des Verteilungsraumes beider Substanzen und der daraus folgenden Normalisierung der Nierenperfusion (vermehrte Elimination von Harnstoff aufgrund verminderter Rückdiffusion) immer noch ein erhöhter Harnstoff/Kreatinin-Quotient vorliegen.

Als nächstes sind die Ergebnisse der einzelnen, im Bezug auf den Dehydratationsgrad potentiell aussagekräftigen Parameter zu diskutieren.

Die labordiagnostischen Parameter Haemoglobin, Haematokrit und Gesamtprotein zeichnen sich allesamt durch die höchsten Korrelationen mit dem DG in % der KM aus. Diese hohen Korrelationen kommen zustande, durch die Verwendung zweier Messpunkte (Zeitpunkt 0 und 24) für jedes Kalb. Dies ermöglicht die Verwendung des in dieser Studie angewandten Regressionsmodells mit Berücksichtigung der interindividuellen Unterschiede (Effekt Codierung) und erlaubt die Berechnung eines präziseren, zwischensubjekteffektbereinigten Bestimmtheitsmaßes (siehe Punkt 3.1.7). Dies ist jedoch in praxi im Prinzip nicht nutzbar, da normalerweise nur eine Messung des jeweiligen Faktors zum Zeitpunkt der Krankheit möglich ist. Es handelt sich sozusagen um eine labordiagnostische Momentaufnahme. Aufgrund dessen aber, dass die Streuung der physiologischen Werte dieser Parameter bei den Individuen sehr groß ist, was sicherlich ein Grund für die sehr weiten 95 % Konfidenzintervalle ist, bleiben diese Befunde anhand einer einzigen, mittleren Schätzgerade kaum interpretierbar.

Zur Illustration diene folgendes Beispiel: Bei einem Kalb, dessen Haematokrit im nichtdehydrierten Zustand 20 % beträgt, wird in der Klinik ein Haematokrit von 40 % gemessen. Bei einem anderen Kalb, dessen Haematokrit im nichtdehydrierten Zustand 38 % beträgt, wird ebenfalls in der Klinik ein Haematokrit von 40 % gemessen. Ersteres ist offensichtlich hochgradig dehydriert, Letzteres nicht. In praxi steht aber nur die eine Messung in krankem Zustand zu Verfügung. Da hier beide 40 % Haematokrit aufweisen, kann anhand dieser einen Messung keine Aussage über den Dehydratationsgrad getroffen werden, obwohl die Korrelation zwischen Dehydratationsgrad und dem Wertepaar trotzdem sehr hoch sein kann. Die Gründe für diese weite Wertestreuung bei nichtdehydrierten Individuen sind mannigfaltig und würden bei detaillierter Besprechung den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Für den interessierten Leser sei hier in Bezug auf Haematokrit (und analog Haemoglobin) auf die Arbeiten von WATT (1965), KLEE et al. (1979), GARCIA (1999) und KASKE (2002) und im Bezug auf Gesamteiweiß, bei welchem die physiologischen Ausgangswerte unter anderem von der Kolostrumversorgung abhängen, auf THORNTON et al. (1972) und ROUSSEL und KASARI (1990) verwiesen. Die für Haematokrit ermittelten Werte ähneln denen von CONSTABLE et al. (2001) publizierten. Diejenigen für die Gesamtproteinkonzentration sind nahezu identisch mit denjenigen von GARCIA (1999) postulierten, unterscheiden sich jedoch zu denjenigen von CONSTABLE et al. (1998b) im unteren Konzentrationsbereich. Unterschiede in der Kolostrumversorgung der Kälber oder die nur bedingte Vergleichbarkeit aufgrund der Tatsache, dass bei CONSTABLE et al. (1998b) die Gesamtproteinkonzentration im Plasma im Gegensatz zur Gesamtproteinkonzentration im Serum in vorliegender Studie angegeben wird, könnten dafür verantwortlich zeichnen.

Nur wenn auch der jeweilige Gesundheitswert für ein bestimmtes Kalb bekannt wäre und somit die Differenz für ein beliebiges Kalb zwischen Gesundheitswert und Krankwert zugänglich wäre, entfaltet diese labordiagnostischen Parameter also ihr Potential, aufbauend auf das gefundene überlegene Bestimmtheitsmaß.

Bei Harnstoff und Kreatinin, die ebenfalls hohe Bestimmtheitsmaße aufweisen, stellt sich die Problematik der Interpretation ähnlich dar wie bei den obigen labordiagnostischen Parametern. Wirklich aussagekräftig wäre wohl nur die Differenz zwischen dem jeweiligen Wert des Kalbes bei Gesundheit und Krankheit. Auch hier besteht in praxi selbstverständlich kein Zugang zur Konzentration des Parameters beim gesunden Kalb. Auch Referenzwerte als Bezugsgrößen sind beim neugeborenen Kalb wenig hilfreich, da sie erstens per definitionem ein Werteintervall repräsentieren und zweitens individuenspezifische Verlaufskurven in den ersten Lebenstagen oder -wochen in der Literatur für sowohl Harnstoff (HARTMANN et al.,

1987) als auch Kreatinin beschrieben werden (KLEE, 1985; HARTMANN et al., 1987). Somit kann der physiologische Wert als Referenzgröße eines einzelnen interessierenden Kalbes zum Zeitpunkt der Krankheit nicht sicher abgeschätzt werden.

In dieser Studie ist ein signifikanter Abfall der Harnstoffkonzentration von der 24 Stunden Messung zur S Messung zu verzeichnen. Dies scheint die Ergebnisse von HARTMANN et al. (1987) zu bestätigen. Denkbar wäre jedoch auch, dass die Harnstoffkonzentration sinkt (wie oben bereits beschrieben), aufgrund der Umstellung der Stoffwechsellage von katabol, während des Zustandes der Krankheit, auf anabol, während des Zustandes der Gesundheit. In ersterem Falle würde mehr Harnstoff im intermediären Metabolismus anfallen, in letzterem Falle eben nicht. Hier sollten zukünftige Forschungen Klärung verschaffen.

Bei Kreatinin konnte kein Abfall zwischen 24 Stunden und Gesundmessung nachgewiesen werden. Allerdings sollte dies - bei einem p-Wert von 0,051 zum Signifikanzniveau 0,05 - nicht überinterpretiert werden und die Ergebnisse von KLEE (1985) nach wie vor in ihrer Gültigkeit unangefochten belassen bleiben. Unterschiede im Alter der untersuchten Kälber könnten in diesem Falle zu dem abweichenden Ergebnis geführt haben.

Die höchste Korrelation bei den klinischen Parametern scheint die Hautfaltenverstreichzeit gemessen am Oberlid aufzuweisen. Da jedoch die Behaarung des Lides im Gegensatz zu den anderen Messstellen nicht rasiert wurde, war eine Bestimmung des Endpunktes, also desjenigen Zeitpunktes, an dem die Hautfalte gänzlich verstrichen war, nicht möglich. Auch die Konfiguration der aufgezogenen Hautfalte unterschied sich von denen der anderen Messstellen am seitlichen Hals und der seitlichen Brustwand insofern, als dass durch die Verdrehung der Hautfalte um 90° das ganze Lid verdreht wurde und nicht nur die Cutis auf der Basis ihrer elastischen Subcutis. Die ermittelten Werte sind deshalb erstens aus obigen Gründen nicht mit denen der anderen Messstellen vergleichbar und zweitens, was sich vielleicht als noch wichtiger weist, spiegeln die Messungen - ebenfalls aus obigen Gründen - mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht die Realität wider, sondern stellen vielmehr nur schwerlich reproduzierbare Mutmaßungen des Untersuchers dar.

Mit der in vorliegender Studie angewandten Messtechnik kann die Abschätzung des Dehydrationsgrades mit Hilfe der Hautfaltenverstreichzeit oder der Hautfaltenrückdrehungszeit am Oberlid, trotz des vermeintlich hohen Bestimmtheitsmaßes, nicht empfohlen werden.

Die Messung der Hautfaltenverstreichzeit am seitlichen Hals brachte keine Ergebnisse, da die Hautfalte unverändert stehen blieb - übrigens auch bei euhydrierten Tieren - und in der Regel erst nach einer Bewegung des Tieres verstrich. Dies steht im Gegensatz zu den Empfehlungen

von CONSTABLE et al. (1998b), welche die Verstreichzeit gemessen am seitlichen Hals, als die adäquateste Stelle zur Hautturgorbefundung empfehlen. Als Erklärung wäre die Tatsache denkbar, dass in diese Studie regionalbedingt nur Kälber der Rasse Deutsches Fleckvieh Eingang fanden, wohingegen CONSTABLE et al. (1998b) sicherlich nicht auf diese Rasse zurückgegriffen haben, auch wenn sich nur die vage Andeutung „dairy calves“ in ihrer Publikation findet. Rassebedingte Unterschiede im feinstrukturellen Aufbau der Halshaut bleiben zu vermuten. Dies könnte durch zukünftige Studien überprüft werden.

Dem zum Trotz ergab die Befundung der Hautfaltenrückdrehzeit gemessen am seitlichen Hals sehr wohl verwertbare Ergebnisse. Jedoch sei hierzu kritisch angemerkt, dass es auch in diesem Falle schwierig ist den Endpunkt der Messung zu definieren, da wohl aus dem gleichen Grunde wie dem, dass die Hautfalte nicht gänzlich verstreicht, dieselbe nicht aus der 90° Verdrehung komplett in den geradlinigen Ausgangszustand der Falte zurückkehrt. Auch hier muss also der Subjektivität der Zeitmessung über die Maßen viel Raum zugebilligt werden.

Aus diesem Grunde kann auch hier, mit der in dieser Studie verwendeten Messtechnik, die Abschätzung des Dehydratationsgrades mit Hilfe der Hautfaltenrückdrehungszeit am seitlichen Hals, trotz des vermeintlich hohen Bestimmtheitsmaßes, nicht empfohlen werden.

Fast gleichermaßen gut erfassbar waren jedoch die Parameter Hautfaltenverstreichzeit und Hautfaltenrückdrehzeit an der seitlichen Brustwand, wobei sich das Verstreichen der Hautfalte gegenüber der Rückdrehung im Bestimmtheitsmaß als überlegen zeigte. Der klinisch-praktische Vorteil der Messung Hautfaltenrückdrehzeit liegt in der morphologisch genaueren Bestimmbarkeit des Messendpunktes gegenüber derjenigen der Hautfaltenverstreichzeit. Ihr Nachteil stellt sich folgendermaßen dar: Die Hautfaltenrückdrehzeit ist per se immer wesentlich kürzer als die Hautfaltenverstreichzeit. Vorausgesetzt die menschliche Reaktionszeit verhält sich individualspezifisch im Mittel annähernd konstant, dann ist der Quotient aus Reaktionszeit und Hautfaltenrückdrehzeit immer größer als der aus Reaktionszeit und Hautfaltenverstreichzeit. Das bedeutet, dass im Verhältnis zur gemessenen Gesamthautfaltenrückdrehzeit ein größeres Zeitintervall zu Lasten der Reaktionszeit geht als im Verhältnis zur Gesamthautfaltenverstreichzeit. Die Messung der Hautfaltenrückdrehzeit ist somit aus praktischen Gründen ungenauer als die der Hautfaltenverstreichzeit, was auch im niedrigeren Bestimmtheitsmaß seinen Ausdruck findet.

Obige Überlegungen treffen auf alle Messlokalisationen zu. Jedoch stellt sich die Morphologie der Hautfaltenstadien (Messungsbeginn, Messungsende Hautfaltenrückdrehzeit, Messungsende Hautfaltenverstreichzeit) an der seitlichen Brustwand am deutlichsten dar.

Die Hautturgormessung an der seitlichen Brustwand zur quantitativen Abschätzung des Dehydratationsgrades kann deswegen als tauglichste Variante empfohlen werden. Sie stellt einen hervorragenden Kompromiss aus statistisch belegter Korrelation mit dem Dehydratationsgrad und reproduzierbarer Praktikabilität dar.

Das Bestimmtheitsmaß der Hautfaltenverstreichzeit gemessen an der seitlichen Brustwand ist mit 0,862 im Vergleich zu 0,87 bei CONSTABLE et al. (1998b) nahezu identisch.

Allgemein sei daran erinnert, dass die dem Phänomen Hautturgor zugrundeliegende Elastizität auch sowohl vom feinstrukturellen Aufbau der Cutis und Subcutis, als auch von deren Fettgehalt abhängt (HARTMANN, 1991).

Die Messung der Einsinktiefe des Bulbus ist von allen klinischen Parametern am exaktesten durchzuführen. Sicherlich ist auch hierbei eine geringe Ungenauigkeit in Kauf zu nehmen, jedoch hat sich die in dieser Studie erstmals beschriebene Messtechnik, welche sich sowohl durch gute Reproduzierbarkeit, als auch durch einfache Durchführbarkeit auszeichnet, so gut bewährt, dass diese Befunderhebung, zumal gestützt auf die Vereinigung von hohem Bestimmtheitsmaß und besser objektivierbarer Messbarkeit im Vergleich zu den Hautturgormessungen, uneingeschränkt zur quantitativen Abschätzung des Dehydratationsgrades empfohlen werden kann. Das R^2 liegt mit 0,813 unter dem bei CONSTABLE et al. (1998b) publizierten (0,94) und unter dem der Hautfaltenverstreichzeit gemessen an der seitlichen Brustwand (0,862). Weiterhin sind die, von der Einsinktiefe des Bulbus abgeleiteten, in dieser Arbeit vorgeschlagenen prognostischen Werte des Dehydratationsgrades sehr ähnlich denjenigen von CONSTABLE et al. (1998b). In der Tat sind sie identisch bis zu einem Enophthalmus von 4 mm (8 % DG), danach wird der Dehydratationsgrad basierend auf den Ergebnissen dieser Studie im Vergleich zu der von CONSTABLE et al. (1998b) geringfügig überhöht (zum Beispiel 5 mm = 10 % (vorliegende Arbeit) versus 6 mm = 10 % (CONSTABLE et al., 1998b)). Dies könnte durch die, wie oben bereits diskutiert, methodikbedingte Überschätzung des Dehydratationsreferenzwertes erklärt werden. Allerdings ist dem klinisch wohl keine Relevanz beizumessen, da die Verabfolgung eines ausreichend großen Infusionsvolumens zur Rehydratation sicherlich wichtiger ist als die punktgenaue Bestimmung des Flüssigkeitsdefizites.

Allgemein sei noch daran erinnert, dass für einen manifesten Enophthalmus auch die Schrumpfung des retrobulbären Fettkörpers aufgrund von Kachexie verantwortlich zeichnen mag (HEATH et al., 1989; ROUSSEL, 1999).

Die weiteren, auf der Basis ordinalskalierteter Parameter (Allgemeinbefinden, Kot, periphere Temperatur, Schleimhautfarbe, Schleimhautfeuchtigkeit, Saugreflex) ermittelten Ergebnisse,

zeichnen sich zwar teilweise ebenfalls durch hohe Korrelationen mit dem Dehydratationsgrad aus, erscheinen jedoch aufgrund der Subjektivität ihrer Erhebung als wenig geeignet, verlässlich der Abschätzung des Dehydratationsgrades zu dienen. Die zusätzliche Erhebung dieser Parameter mag aber durchaus sinnvoll zum klinischen Gesamtbild der dehydrierten Patienten beitragen.

Die Zwischensubjekteffekte bei den empfohlenen klinischen Parametern gelten als statistisch nicht signifikant, sind also vernachlässigbar, genauso wie der konstante Term, im gemischten Regressionsmodell errechnet, sich als statistisch nicht signifikant erweist und somit auch nicht zu berücksichtigen ist. Daraus folgt, dass die Ausgangswerte als nicht von Null verschieden zu betrachten sind. Dies wiederum kann nun auf die Art und Weise interpretiert werden, dass bei einem Kalb, bei dem ein um 0 mm eingesunkener Bulbus oder eine Hautfaltenverstreichzeit von 0 s vorliegt, das Kalb 0 % dehydriert ist. Aus anatomischen Gründen wird auch beim euhydrierten Kalb, der mit Hilfe der hier erstmals beschriebenen Messtechnik bestimmte Grad des Enophthalmus niemals gleich 0 mm sein, da der nasale Ansatzpunkt etwas weiter nasal des temporalen, dem Bulbus direkt anliegenden, abgerundeten Randes der Caruncula lacrimalis liegt. Auch die Zeit bis zum Verstreichen einer Hautfalte kann aus Gründen der Logik nicht exakt 0 s betragen. Wie oben beschrieben, stellen sich diese real erfassbaren Phänomene (siehe Anhang) jedoch nach Regression als statistisch nicht signifikant heraus. Deswegen sind mangels Referenzbereichen für diese Parameter beim gesunden Tier obige Folgerungen, welche aus dem Datenmaterial vorliegender Studie abgeleitet sind, im Moment so hinzunehmen. Zukünftige Forschungsansätze könnten selbige präzisieren.

Dies stellt sich bei den erhobenen labordiagnostischen Parametern anders dar: Bis auf die Parameter Harnstoff und Kreatinin sind bei allen weiteren die Zwischensubjekteffekte statistisch signifikant und der konstante Term variiert innerhalb der Grenzen der spezifischen Referenzbereiche.

Abschließend sei nun, begründet auf fundierte Ergebnisse dieser Studie, zusammenfassend postuliert, dass

erstens der Zusammenhang zwischen den wichtigen klinischen und labordiagnostischen Parametern und dem Dehydratationsgrad bei Kälbern mit Neugeborenenendiarrhoe nachgewiesen werden konnte und

zweitens - als Empfehlung für den praktizierenden Tierarzt - die quantitative Abschätzung des Dehydratationsgrades am besten durch die hier erstmals beschriebene Messung des Enophthalmus und die Hautfaltenverstreichzeit an der seitlichen Brustwand zu erfolgen hat.

5 Zusammenfassung

(F.M. Niethammer, 2007)

Untersuchungen zur Dehydratation bei Kälbern mit akuter Diarrhoe
unter Berücksichtigung ausgewählter klinischer und labordiagnostischer Parameter

Ziel dieser prospektiven Studie war, den Zusammenhang zwischen Dehydratationsgrad in % der Körpermasse und ausgewählten klinischen und labordiagnostischen Parametern nachzuweisen und weiterhin für den praktizierenden Tierarzt auf wissenschaftliches Datenmaterial gestützte Richtlinien für die quantitative Abschätzung des Dehydratationsgrades bei Kälbern mit Neugeborendiarrhoe zu entwickeln. Die Datenerhebung fand an zufällig ausgewählten Kälbern aus dem Patientengut der Klinik für Wiederkäuer der LMU München im Rahmen der routinemäßigen Behandlung statt. 20 Tiere der Rasse Deutsches Fleckvieh unterschiedlichen Geschlechts wurden in die Studie aufgenommen. Methodiken zur indirekten Bestimmung des Dehydratationsgrades als Referenzwert über Gewichtsmessungen und Hyperinfusion konnten ebenso etabliert werden wie Messtechniken zum hinlänglich genauen Erfassen des Enophthalmusgrades oder der Hautfaltenverstreichzeiten. Der Nachweis des Zusammenhangs zwischen Dehydratationsgrad in % der Körpermasse und folgenden Parametern wurde mit Hilfe eines univariaten linearen Regressionsmodells geführt. Zur Entwicklung der Richtlinien zur Prognose des Dehydratationsgrades in % der Körpermasse aus folgenden Parametern kam ein gemischtes lineares Regressionsmodell zur Anwendung.

Untersuchte Faktoren: Enophthalmusgrad, Hautfaltenverstreichzeiten an Oberlid, seitlichem Hals und seitlicher Brustwand, Haematokrit, Gesamtprotein-, Harnstoff-, Haemoglobin- und Kreatininkonzentration, Harnstoff/Kreatinin-Quotient, Rektaltemperatur, periphere Temperatur, Allgemeinbefinden, Herzfrequenz, Schleimhautfarbe und -feuchtigkeit, Saugreflex und Kotbeschaffenheit.

Das arithmetische Mittel der ermittelten Dehydratationsgrade \pm Standardabweichung beträgt 10,00 % \pm 3,80 % der Körpermasse, wobei das Minimum bei 1,70 % und das Maximum bei 19,94 % der Körpermasse liegt.

Die Korrelation zwischen Dehydratationsgrad und den untersuchten Parametern ist durchweg hoch, wobei diejenige von Haemoglobin, Haematokrit und Gesamtprotein höher ausfällt als diejenige der erhobenen klinischen Parameter.

Zur Prognose des Dehydratationsgrades erweisen sich jedoch die klinischen Parameter, allen voran Enophthalmusgrad und Hautfaltenverstreichzeit an der seitlichen Brustwand, den labor diagnostischen als überlegen.

6 Summary

(F.M. Niethammer, 2007)

Investigations on dehydration in neonatal calves with acute diarrhea
with special regard to selected clinical and laboratory parameters

The aim of this prospective study was to show the correlation between dehydration in % decrease in body weight and selected clinical and laboratory parameters. Furthermore it is supposed to provide the veterinary practitioner with evidence based guidelines for quantitative assessment of hydration status of neonatal calves with diarrhea. Data were collected from 20 randomly chosen Simmental calves of the patients of the Clinic for Ruminants of the LMU Munich. Methods were also developed to determine the degree of dehydration by weighing and hyperinfusion as techniques for measurement of the extent of enophthalmos or skin tent duration. The evidence of correlation between dehydration in % decrease in body weight and following parameters is shown with univariate linear regression. The guidelines for the assessment of hydration status were developed on the basis of a mixed linear regression model.

Examined factors: Extent of enophthalmos, skin tent duration on upper eyelid, neck and thorax, haematocrit, total serum protein, urea, haemoglobin and creatinine concentration, urea/creatinine-ratio, rectal temperature, peripheral temperature, degree of clinical depression, heart rate, mucous membrane colour and moisture, suckle reflex and faecal consistency.

The mean value \pm standard deviation for the found degrees of dehydration is 10.00 % \pm 3.80 % of body weight. The minimum is 1.70 %, the maximum 19.94 % of body weight.

The correlation between degree of dehydration and the examined parameters seems to be invariably high, and highest in the case of haematocrit, haemoglobin and total serum protein concentration.

For the assessment of degree of dehydration the clinical parameters - particularly degree of enophthalmos and thoracical skin tent duration - turned out to be superior to the laboratory parameters considered in this study.

7 Anhang

7.1 Protokollbogen

Datum der Aufnahme	
Klinik-Nummer	
Name des Besitzers	
Alter	
Geschlecht	
Rasse	
Dauer der Erkrankung	
Bemerkungen	

		0 h	24 h	S			
Körpergewicht (kg)							
Ernährungszustand							
Allgemeinbefinden (ungestört, ggr, mgr, hgr gestört)							
Saugreflex (-/+ /++ /+++)							
Temperatur (°C)	rektal						
	peripher						
Herzfrequenz (bpm) Auskultationsbefunde							
Hautturgor (s)			Rückdrehung 90°		Rückdrehung 90°		Rückdrehung 90°
	Augenlid						
	Hals						
	seitl. Tho- rax						
Enophthalmus (mm)							
Schleimhaut	Farbe						
	Feuchtigkeit						
Kot	Menge						
	Konsistenz						

	0 h	24 h
	A in 24 h	V in 24 h
Infusionsvolumen (l)		
Tränke Vollmilch		
ORL		
Wasser		

Tropfgeschwindigkeit:

	0 h	24 h	S
Hämatokrit (%)			
Hämoglobin (g/dl)			
Gesamtprotein (g/dl)			
Harnstoff (mmol/l)			
Kreatinin ($\mu\text{mol/l}$)			
pH			
BE (mmol/l)			
Elektrolyte (mmol/l)			
Na ⁺			
K ⁺			
Ca ⁺⁺			
Cl ⁻			

Verlauf	

Medikation am Tag der Auf- nahme	

7.2 Wertetabellen

Kalb	Krankheitsdauer	Klinikaufenthalt	Geschlecht	Rasse	Alter
1	2	4	0	1	5
2	1		0	1	10
3	3	2	0	1	7
4	1	3	1	1	3
5	1	7	1	1	14
6	5	0,5	1	1	15
7	3	3	0	1	20
8	5	9	1	1	9
9	3	8	1	1	7
10	1	9	1	1	18
11	1	17	0	1	3
12	3	8	0	1	19
13	5	6	1	1	11
14	5	9	0	1	12
15	3	9	0	1	11
16	2	11	1	1	6
17	3	3	0	1	9
18	5	12	1	1	5
19	5	17	0	1	5
20	1	2	0	1	1
21	1	3	1	1	3
22	3	4	1	1	12

Enophthalmus_0	Enophthalmus_24	Enophthalmus_S	HTLid_0	HTLid_24	HTLid_S
7	3	4	10	2,63	2,81
2	1		1,84	1,72	
2	1	1	8,62	2,69	4,25
4	2	2	10	10	2,46
5	2	2	10	3,87	0
1			2,5		
2	1	1	10	2,31	2,5
1	2	2	7,25	4,41	4,25
4	3	3	10	1,15	3,65
3	2	2	10	6,38	4,69
4	2	2	10	2,03	2,72
2	2	2	10	2,78	2,78
2	2	2	10	10	3,59
5	1	2	10	3,53	6,63
8	3	3	10	1,65	3,04
6	3	3	10	3,28	1,78
3	2	3	10	3,91	2,54
3	1	1	10	2,44	3,34
6	2	2	10	2,53	2,25
1	1	1	10	4,75	4,16
2	2	2	10	6,12	3,78
6	2	2	10	2,41	3,15

HTLidRück_0	HTLidRück_24	HTLidRück_S	HTHals_0	HTHals_24	HTHals_S
5,03	1,56	1,81	10	10	10
0	0		10	10	
4,06	2,4	2,25	10	10	10
2,81	1,38	1,4	10	10	10
5,81	1,62	0	10	10	10
2,25			10		
2,91	1,1	2,75	10	10	10
5,25	2,87	1,32	10	10	10
10	0,59	1,44	10	10	10
4,69	2,66	3,96	10	10	10
4,81	0,97	1,5	10	10	10
3,37	1,65	1,63	10	10	10
2,25	2,66	1,9	10	10	10
10	2,82	2,93	10	10	10
4,22	1,34	1,78	10	10	10
3,22	1,98	1,22	10	10	10
2,03	1,38	1,31	10	10	10
3,65	1,88	2,06	10	10	10
4,22	2,03	1,16	10	10	10
3,59	3,75	3,52	10	10	10
2,91	1,87	1,83	10	10	10
6,75	2,34	1,91	10	10	10

HTHalsRück_0	HTHalsRück_24	HTHalsRück_S	HTBrust_0	HTBrust_24	HTBrust_S
10	3,56	2,78	10	2,53	0,37
2,69	2,56		9,04	3,93	
3,93	2,09	2,56	4,88	0,31	2,59
5,94	1,44	3,38	10	4,88	4,19
10	2,84	0,38	10	1,81	0,91
2,35			1,88		
1,78	0,66	1,4	3,25	1,06	2,44
10	1,59	1,34	2,06	2,94	3,62
2,15	0,35	0,31	10	1,1	1,97
3,62	3,59	2,94	10	2,16	1,66
9,44	3,37	1,09	10	2,25	1,1
10	1,9	0,81	5,19	1,07	1,82
3,63	10	3,41	3,72	4,66	4,78
10	3,66	0,75	10	0,81	0,87
2,69	1,62	0,68	10	0,81	0,81
2,44	1,91	0,4	10	2,07	2,03
4,6	0,88	2,06	4,16	1,37	0,88
6,53	0,59	1,81	10	1,31	0,68
7,03	3,75	1	10	0,85	1,15
0,43	0,41	0,63	1,97	1,44	1,84
1,41	0,54	0,51	10	5,44	6,01
3,78	0,25	0,84	7,19	2,43	2,31

HTBrustRück_0	HTBrustRück_24	HTBrustRück_S	KM_0	KM_24	GWD % KM_24
3,25	0,34	0,28	34	37,8	10,05
0,72	0,37		19,65	22,5	12,67
0,43	0	0,28	41,2	45,8	10,04
1	1,09	1,12	37,2	39,9	6,77
2,5	0,48	0,25	38	43,85	13,34
0,4			45,75		
0,6	0,25	0,44	43,15	45,75	5,68
0,35	0,35	0,44	51,15	57,4	10,89
2,63	0,32	0,5	52,8	57,55	8,25
1,38	0,28	0,41	34,6	39,15	11,62
3,13	0,34	0,25	42,05	47,75	11,94
1,34	0,22	0,37	30,65	32,15	4,67
1,81	0,66	0,59	52,1	53	1,7
2,87	0,31	0,28	43,55	48,95	11,03
1,21	0,22	0,25	40,9	46,7	12,42
1,97	0,88	0,31	55,85	60,9	8,29
1,18	0,38	0,32	45,9	51,3	10,53
2,75	0,53	0,25	37,55	46,9	19,94
1,03	0,25	0,31	31,85	36,45	12,62
0,78	0,51	0,75	36	39,05	7,81
0,88	0,41	0,47	41,45	46,05	9,99
0,87	0,25	0,4	53,75	61,45	12,53

TRekt_0	TRekt_24	TRekt_S	TP_0	TP_24	TP_S
39,2	38,8	39,3	1	0	0
38,2	37,6		0	0	
38,6	39,2	39	1	0	0
37,9	38,9	38,4	1	0	0
38	39,4	38,9	1	0	0
38			0		
38,9	39,7	39,5	1	0	0
38,9	39,2	38,4	0	0	0
37,4	40,3	38,4	1	0	0
37	39,4	39	1	0	0
39,3	39	38,7	1	0	0
38,6	40,3	39,2	1	0	0
37,6	38,6	39,1	1	0	0
38,2	39,3	38,8	1	0	0
37,9	39,1	38,9	2	0	0
39,7	39,1	38,6	0	0	0
37,6	40,1	39,3	2	0	0
35,6	37,6	38,9	2	0	0
38,6	38,8	38,9	1	0	0
39,5	39,1	39,1	0	0	0
38	38,5	39,1	1	0	0
39,3	39,6	38,8	1	0	0

Hkt_0	Hkt_24	Hkt_S	Hg_0	Hg_24	Hg_S	GP_0	GP_24	GP_S
49	38	36	15,5	11,6	11,8	57,7	42	46,1
31	26		10,4	8,8		56,4	46,8	
32	29	29	10,8	9,7	9,7	60,4	51,9	54,6
39	33	33	11,8	10,5	10,1	48,9	43,7	45,5
46	29	29	13,1	9,1	9,4	85,4	57,5	56,2
21			7			47,2		
33	27	21	10,2	8,6	6	51,3	43	35,2
43	30	27	13,3	9,9	9,3	61,2	45,8	47,3
48	46	37	15,8	12,9	12,2	72,5	53,2	51,8
27	22	17	8,9	6,5	5,9	55,8	44,6	48,4
42	28	28	13,4	9,4	9,3	64	44,7	49,9
30	21	23	10,2	7,3	7,4	51,4	43,8	50,7
26	19	20	8,7	6,3	6,4	49,4	42,9	47,7
43	28	28	13,4	9,2	9,2	79,7	66,1	65,2
51	35	31	16,7	11,1	10,2	75,7	51,9	61,6
45	33	35	14,7	11,1	12,2	60,6	43,4	53,3
41	33	41	13,5	11,9	12,2	66,2	53	58,6
45	31	33	14,7	10,2	10,6	49,3	34,8	44,4
45	35	33	14,4	11,5	11,1	49,9	39,8	46
41	41	42	13,7	12,6	13,5	46,4	42,9	47,8
49	35	34	15,2	11,3	10,9	57	41,4	43,5
54	42	43	17,9	13,6	13,6	51,2	38,3	42,2

Hst_0	Hst_24	Hst_S	Krea_0	Krea_24	Krea_S
34,4	10,6	1,8	756,88	235,59	84,25
35,7	28,6			741,44	
9,9	4	2,9	111,08	69,31	72,53
13,9	4,1	5,5	160,36	63,54	69,02
12,8	3,8	2,1	300,96	75,84	69,65
7,5			103,38		
8	5,3	3,7	122,55	100,33	55,51
7,7	4,4	2,8	151,3	91,7	78,69
27,1	7,1	2,8	660,86	146,11	53,89
10,3	3,2	2,8	78,49	42,79	63,55
13,2	3,7	3	140,87	67,13	75,58
8	5	2,2	76,56	56,21	76,4
22,3	11,3	4,6	250,82	138,44	76,9
17,2	6,5	2,8	207	90,88	74,53
29,7	6,7	2,8	377,8	98,76	69,42
7,8	3,1	2,6	118,27	63,76	75,34
15,8	3,9	3,8	88,6	61,03	50,21
34,2	6,6	3,3	141,8	45,71	37,25
35,7	12,8	2	497,87	159,04	72,88
2,9	1,8	1,7	73,22	59,5	93,97
24,9	5,4	1,8	279,41	75,94	52,96
35,4	7	3,3	222,86	57,41	69,65

SR_0	SR_24	SR_S	EZ_0	EZ_24	EZ_S	AB_0	AB_24	AB_S	HF_0	HF_24	HF_S
2	2	2	2	2	2	1	0	0	120	120	112
3	2		2	2		1	1		128	96	
3	2	2	1	1	1	2	0	0	100	112	108
1	2	0	1	1	1	2	1	0	160	144	120
2	2	0	2	2	2	2	1	0	112	100	96
3			1			3			120		
2	2	1	1	1	2	3	2	1	100	120	140
2	2	2	1	1	1	2	1	0	108	120	86
3	2	1	1	1	1	2	1	0	96	120	100
4	1	1	3	3	2	3	0	0	108	120	120
1	2	0	2	2	2	2	1	0	140	150	100
2	1	0	3	3	2	2	0	0	120	120	120
4	2	0	2	2	1	3	2	0	152	120	120
4	2	1	2	2	2	3	2	0	88	120	100
4	1	1	3	3	2	2	1	0	100	100	120
2	2	2	1	1	1	1	1	0	120	120	100
1	1	0	1	1	1	3	1	0	120	80	100
2	1	1	3	3	3	2	0	1	80	100	64
1	1	1	3	3	3	1	0	0	120	120	120
1	0	0	2	2	2	0	0	0	100	160	120
4	2	0	3	3	3	2	1	0	80	100	100
3	2	2	3	3	3	2	0	0	80	120	100

SHFa_0	SHFa_24	SHFa_S	SHFe_0	SHFe_24	SHFe_S	Kot_0	Kot_24	Kot_S
1	1	1	0	0	0	4	3	1
1	2		0	0		3	2	
2	2	2	0	0	0	2	1	1
1	1	2	0	0	0	3	2	1
2	2	2	0	0	0	4	4	0
2			1			4		
2	2	3	1	0	0	4	3	0
2	2	2	0	0	0	4	4	1
2	1	2	0	0	0	3	3	0
3	2	2	1	0	0	2	2	0
2	2	2	0	0	0	4	3	0
2	2	2	0	0	0	1	0	1
3	2	2	0	0	0	4	4	0
3	2	2	0	1	0	3	3	0
3	1	2	0	0	0	4	3	0
3	2	2	0	0	0	4	4	0
2	1	2	0	1	0	2	1	1
3	2	3	0	0	0	1	0	0
2	1	2	0	0	0	4	4	1
0	1	1	0	0	0	3	0	0
2	2	2	0	0	0	1	3	0
2	2	1	0	0	0	3	4	0

pH_0	pH_24	pH_S	BE_0	BE_24	BE_S	HCO ₃ ⁻ _0	HCO ₃ ⁻ _24	HCO ₃ ⁻ _S
7,23	7,408	7,389	-7,9	8,9	5,9	18,9	28,5	34,7
7,265	7,202		-7	-6,1		19,3	21,7	
7,07	7,374	7,386	-20,5	1,3	3,6	7,8	26,2	28,5
7,212	7,404	7,398	-11,2	6	6,2	15,7	31,6	31,7
6,919	7,372	7,36	-24,9	2,7	8,4	6,8	27,8	34,6
7,076			-21,7			6,3		
7,05	7,296	7,357	-20,9	5,7	10,2	7,7	32,6	36,6
7,181	7,361	7,39	-16,1	0,1	6	10,1	25	30,9
7,024	7,415	7,356	-20,9	6,4	-0,2	9,2	30,9	25,3
6,96	7,416	7,365	-23,8	8,8	6,4	6,6	33,6	32
7,162	7,399	7,322	-12,6	9,9	2,6	14,9	35,7	28,9
7,104	7,452	7,33	-17,2	8,9	6,3	10,8	32,9	32,6
7,034	7,261	7,346	-17,4	-4,3	7,1	12,2	22	33,1
6,709	7,347	7,347	-32,9	-0,2	6,8	3	25	33,3
6,963	7,354	7,312	-18,9	1,3	6,6	13,8	26,7	34
7,273	7,419	7,353	-4,2	9,5	4,8	22,1	34,9	31,1
6,998	7,373	7,374	-23,7	8,1	8,8	6,3	34	35,2
7,004	7,364	7,37	-18	4,3	8,6	14	30,4	34,9
7,251	7,339	7,327	-0,5	3,3	4,3	27,8	29,6	30,9
7,362	7,398	7,346	4,4	7,7	4,8	30,3	33,5	31,3
7,268	7,35	7,378	-4,5	3,4	7,3	22,5	29,5	33,2
7,075	7,369	7,356	-17,4	3,9	2,4	11,4	29,4	28,3

Na ⁺ _0	Na ⁺ _24	Na ⁺ _S	K ⁺ _0	K ⁺ _24	K ⁺ _S	Ca ⁺⁺ _0	Ca ⁺⁺ _24	Ca ⁺⁺ _S	Cl ⁻ _0	Cl ⁻ _24	Cl ⁻ _S
118,5	136,4	137,7	8,66	4,09	4,2	1,38	0,98	1,31	89	95	100
138,1	146		6,3	4,72		0,79	0,84		99	112	
143,9	138,1	138,6	4,23	3,82	4,25	1,43	1,24	1,24	113	106	104
143	141,1	134,4	4,89	4,33	4,37	1,3	1,16	1,2	104	102	99
133,5	134,9	138,2	6,01	4,49	4,63	1,53	1,13	1,28	101	96	97
142			3,88			1,4			107		
139,2	141,4	132,5	4,19	3,1	2,32	1,47	1,07	1,06	109	99	97
130,7	131,5	132,2	5,8	4,5	4,7	1,38	1,24	1,19	100	97	94
131,1	142,8	135,2	8,97	3,39	4,61	1,31	0,97	1,31	102	103	103
132,3	137,6	135,8	4,58	4,11	4,82	1,37	1,18	1,23	104	102	99
132,8	139,4	136,9	5,35	4,15	4,48	1,26	1,16	1,25	97	101	102
134,6	141,2	137,8	4,69	3,88	4,52	1,33	1,15	1,29	104	104	99
143	152,11	128,4	4,64	3,72	4,24	1,39	1,21	1,25	101	114	91
155	155,2	134,9	5,06	3,29	4,35	1,58	0,91	1,28	116	116	96
135,6	136,2	136,6	5,64	4,06	4,76	1,34	1,22	1,33	98	101	97
134,9	141,7	137,8	5,51	4,32	4,78	1,28	1,15	1,31	98	102	99
137,1	144,2	135,2	3,85	4,02	4,19	1,35	1,15	1,19	104	105	96
151,8	138	125,6	7,23	3,97	4,61	1,41	1,19	1,18	120	105	90
141,3	139,5	135,3	7,11	4,19	4,01	1,09	1,09	1,25	97	104	100
137,4	140,3	139,1	4,78	4,34	5,37	1,22	1,26	1,28	101	102	100
113,7	131,5	133,6	8,39	3,94	4,56	1,06	1,08	1,26	83	100	98
137,2	139	133,5	4,92	3,87	4,12	1,32	1,15	1,19	106	105	97

7.2.1 Legende zu den Wertetabellen mit Codierungsschlüssel

Krankheitsdauer: zum Zeitpunkt der Einlieferung in Tagen
Klinikaufenthalt: in Tagen
Geschlecht: 1 = männlich 0 = weiblich
Rasse: 1 = DFV 2=HF
Alter bei Einlieferung in Tagen
Enophthalmus in mm
Hautturgor in s
KM in kg
GWD in % der KM_24
TRekt in °C
TP: 0 = warm 1 = kühl 2 = kalt
Hkt in %
GP in g/dl
Hst in mmol/l
SR: 0 = +++ 1 = ++ 2 = + 3 = (+) 4 = -
EZ: 0 = adipös 1 = gut 2 = mäßig 3 = schlecht, kachektisch
AB: 0 = ungestörtes AB 1 = geringgradig gestörtes AB 2 = mittelgradig gestörtes AB 3 = hochgradig gestörtes AB
HF in bpm
SHFa: 0 = gerötet 1 = rosa 2 = blassrosa 3 = blass 4 = weiss
SHFe: 0 = feucht 1 = trocken
Kot: 0 = dickbreiig 1 = mittelbreiig 2 = dünnbreiig 3 = suppig 4 = wässrig
Elektrolyte, BE, Bicarbonat: in mmol/l
pH (temperaturkorrigiert)

8 Literaturverzeichnis

BERCHTOLD, J. (1999):

Intravenous fluid therapy for calves.

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 15, 505-531

BUNTAIN, B.J., I.E. SELMAN (1980):

Controlled studies of various treatments for neonatal calf diarrhoea in calves of known immunoglobulin levels.

Vet. Rec. 107, 245-248

CONSTABLE, P.D., P.G. WALKER, D.E. MORIN, J.H. FOREMAN, J.C. THURMON (1998a):

Use of peripheral temperature and core-peripheral temperature difference to predict cardiac output in dehydrated calves housed in a thermoneutral environment.

Am. J. Vet. Res. 59, 874-880

CONSTABLE, P.D., P.G. WALKER, D.E. MORIN, J.H. FOREMAN (1998b):

Clinical and laboratory assessment of hydration status of neonatal calves with diarrhea.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 212, 991-996

CONSTABLE, P.D., E. THOMAS, B. BOISRAME (2001):

Comparison of two oral electrolyte solutions for the treatment of dehydrated calves with experimentally induced diarrhoea.

Vet. J. 162, 129-140

DALTON, R.G. (1964):

Measurement of body water in calves with urea.

Brit. Vet. J. 120, 378-384

DALTON, R.G., E.W. FISHER, W.I.M. MCINTYRE (1965):

Changes in blood chemistry, body weight and haematocrit of calves affected with neonatal diarrhoea.

Brit. Vet. J. 121, 34-41

DALTON, R.G. (1968):

Renal function in neonatal calves - diuresis.

Brit. Vet. J. 124, 371-381

DANNER, K. (1983):

Virusbedingte Enteritiden beim Rind.

Tierärztl. Prax. 11, 149-161

DOLL, K. (1992):

Untersuchungen über die Bedeutung unspezifischer Faktoren in der Pathogenese der Diarrhoe beim Kalb.

München, Univ., Tierärztl. Fak., Habil.-Schr.

DOLL, K. (2002):

Neugeborendiarrhoe.

In: DIRKSEN, G., H.-D. GRÜNDER, M. STÖBER (Hrsg.): Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. 4. Auflage

Verlag: Parey Buchverlag im Blackwell Verlag GmbH, Berlin und Wien, S. 561-572

DORRINGTON, K.L. (1981):

Skin turgor: do we understand the clinical sign?

The Lancet 1, 264-266

DOSSETOR, J.B. (1966):

Creatininemia versus uremia.

The relative significance of blood urea nitrogen and serum creatinine concentrations in azotemia.

Ann. Intern. Med. 65, 1287-1299

DUPE, R.J., M.E. GODDARD, R.J. BYWATER (1989):

A comparison of two oral rehydration solutions in experimental models of dehydration and diarrhoea in calves.

Vet. Rec. 125, 620-624

DUPE, R.J., R.J. BYWATER, M.E. GODDARD (1993):

A hypertonic infusion in the treatment of experimental shock in calves and clinical shock in dogs and cats.

Vet. Rec. 133, 585-590

FAYET, J.C. (1971):

Plasma and faecal osmolality, water kinetics and body fluid compartments in neonatal calves with diarrhoea.

Br. Vet. J. 127, 37-44

FISCHER, W., R. BUTTE (1974):

Vergleichende Untersuchungen des Elektrolyt- und Blutstatus bei gesunden und an Enteritis erkrankten Kälbern.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 81, 567-570

FISHER, E.W., A.D. MCEWAN (1967):

Death in neonatal calf diarrhoea.

Pt. II: The role of oxygen and potassium

Br. Vet. J. 123, 4-7

FÜRLI, M. (2002):

Störungen von Wasserhaushalt, Säure-Basen-Gleichgewicht und Elektrolytstatus/Fluidotherapie.

In: DIRKSEN, G., H.-D. GRÜNDER, M. STÖBER (Hrsg.): Innere Medizin und Chirurgie des Rindes. 4. Auflage

Verlag: Parey Buchverlag im Blackwell Verlag GmbH, Berlin und Wien, S. 253-264

GÄBEL, G. (2000):

Wasser- und Elektrolythaushalt.

In: ENGELHARDT, W. v., G. BREVES (Hrsg.): Physiologie der Haustiere, 1. Auflage

Verlag: Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart, S. 289-294

GARCIA, J.P. (1999):

A practitioner's views on fluid therapy in calves.

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 15, 533-543

GLAWISCHNIG, E., P. KANDUTH, W. PETRACEK (1982):

Untersuchungen über die Wirksamkeit von „Floracid“-Diät bei Durchfallerkrankungen in der Kälberaufzucht und in der Kälbermast.

Tierärztl. Umschau 37, 724-727

GUYTON, A.C., J.E. HALL (2000):

The Body Fluid Compartments: Extracellular and Intracellular Fluids; Interstitial Fluid and Edema.

In: GUYTON, A.C., J.E. HALL: Textbook of medical physiology, Tenth Edition

Verlag: W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA, S. 264-278

HARTMANN, H., H. MEYER, G. STEINBACH, N. ROSSOW, R. LESCHE (1983):

Zum Einfluß der Durchfallerkrankung auf den Elektrolytgehalt und die Osmolalität im Blut von Kälbern.

Mh. Vet.-Med. 38, 292-296

HARTMANN, H., L. FINSTERBUSCH, R. LESCHE (1984):

Untersuchungen zum Flüssigkeitshaushalt des Kalbes.

2. Mitteilung: Die Flüssigkeitsräume in Abhängigkeit vom Alter der Tiere und ihre Beeinflussung durch eine Durchfallerkrankung.

Arch. Exper. Vet.med. 38, 913-922

HARTMANN, H., L. SCHMIETENDORF, S. DEVAUX, L. FINSTERBUSCH, H. MEYER, CH. RUDOLPH (1987):

Beziehungen zwischen Durchfallerkrankung und Nierenfunktion beim Kalb.

Arch. Exper. Vet.med., 41, 129-139

HARTMANN, H., L. FINSTERBUSCH, CH. RUDOLPH, H. MEYER, P.

SCHWEINITZ (1988):

Untersuchungen zum Flüssigkeitshaushalt des Kalbes.

3. Mitteilung: Die Transferrate des Radioindikators als Maß für den Flüssigkeitsaustausch und die Wirkung einer Infusion auf die Flüssigkeitsräume während der Diarrhoe.

Arch. Exper. Vet.med., 42, 41-51

HARTMANN, H. (1991):

Flüssigkeitstherapie bei Tieren: Diagnostik und Behandlung von Störungen der Isovolumie (Dehydratation) (Übersichtsreferat)

Mh. Vet.-Med 46, 288-293

HARTMANN, H., S. REDER (1995):

Einfluß von Dehydratationen auf funktionelle Parameter des Flüssigkeitshaushaltes sowie Wirksamkeit einer Rehydratation mit kristalliner oder kolloidaler Infusionslösung bei Kälbern.

Tierärztl. Prax. 23, 342 - 350

HEATH, S.E., J.M. NAYLOR, B.L. GUEDO, L. PETRIE, C.G. ROUSSEAU, O.M.

RADOSTITS (1989):

The effects of feeding milk to diarrheic calves supplemented with oral electrolytes.

Can. J. Vet. Res. 53, 477-485

HINDERER, A., G. SEEMANN, W. KLEE (1999):

Untersuchungen zur Auswirkung von Ad-libitum- und rationierter Milchtränkung auf Krankheitsverlauf und Körpermasseentwicklung bei jungen Kälbern mit Durchfall.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 106, 1-52

JONES, R., R.W. PHILLIPS, J.L. CLEEK (1984):

Hyperosmotic oral replacement fluids for diarrheic calves.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 184, 1501-1505

KASKE, M. (1993):

Physiologische Funktionen des Gastrointestinaltrakts und pathophysiologische Veränderungen bei der neonatalen Diarrhoe des Kalbes.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 100, 434-439

KASKE, M. (2002):

Pathophysiologie der neonatalen Kälberdiarrhoe und Konsequenzen für die Therapie.

Nutztierpraxis aktuell 2, Adresse: http://www.ava1.de/pdf/artikel/rinder/2_kaske.pdf. Letzter

Zugriff: 03.06.06

KETZ, H.A. (1960):

Untersuchungen zur Nierenfunktion und renalen Elektrolytausscheidung beim Kalb und Rind.

Arch. Exper. Vet.med., 14, 321-335

KLEE, W., D. SCHILLINGER, G. DIRKSEN (1979):

Blutharnstoff und Haematokrit bei der Kälberdiarrhoe – diagnostische und prognostische Bedeutung.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 86, 457-512

KLEE, W. (1985):

Untersuchungen über die Nierenfunktion bei gesunden und bei an akutem Durchfall erkrankten Kälbern.

München, Univ., Tierärztl. Fak., Habil.-Schr.

KOKOT, F. (1978):

Die Pathophysiologie des akuten nichtentzündlichen Nierenversagens.

Ztschr. ges. Inn. Med. 33, 329

KRAFT, W., U.M. DÜRR, M. FÜRLI, H. BOSTEDT, K. HEINRITZI (1999a):

Haematologie.

In: KRAFT, W. (Hrsg.), U. DÜRR (Hrsg.): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin.

5. Auflage

Verlag: Schattauer Verlag Stuttgart und New York, S. 43-77

KRAFT, W., U.M. DÜRR, M. FÜRL, H. BOSTEDT, K. HEINRITZI (1999b):

Serum-Protein.

In: KRAFT, W. (Hrsg.), U. DÜRR (Hrsg.): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin.

5. Auflage

Verlag: Schattauer Verlag Stuttgart und New York, S. 148-155

KRAFT, W., U.M. DÜRR, M. FÜRL, H. BOSTEDT, K. HEINRITZI (1999c):

Harnapparat.

In: KRAFT, W. (Hrsg.), U. DÜRR (Hrsg.): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin.

5. Auflage

Verlag: Schattauer Verlag Stuttgart und New York, S. 169-200

LAUTENSCHLAGER, A. (2001):

Retrospektive Auswertung von Korrelationen zwischen klinischen und labordiagnostischen Parametern bei Kälbern mit Durchfall unter besonderer Berücksichtigung der Harndichte.

München, Univ., Tierärztl. Fak., Diss. med. vet.

LEWIS, L.D., R.W. PHILLIPS (1973):

Diarrheic induced changes in intracellular and extracellular ion concentrations in neonatal calves.

Ann. Rech. Vet. 4, 99-111

LORENZ, I. (2004):

Investigations on the influence of serum D-lactate levels on clinical signs in calves with metabolic acidosis.

Vet. J. 168, 323-327

MOON, H.W. (1978):

Mechanisms in the pathogenesis of diarrhoea: A review.

J. Amer. Vet. Med. Assoc. 172, 443-448

PHILLIPS, R.W., K.L. KNOX (1968):

Water Kinetics in Enteric Disease of Neonatal Calves.

J. Dairy Sci. 52, 1664-1668

PHILLIPS, R.W., L.D. LEWIS (1973):

Viral induced changes in intestinal transport and resultant body fluid alterations in neonatal calves.

Ann. Rech. Vet. 4, 87-98

RADEMACHER, G., I. LORENZ, W. KLEE (2002):

Tränkung und Behandlung von Kälbern mit Neugeborenenendurchfall.

Tierärztl. Umschau 57, 177-189

ROSSOW, N., W. VERTER, A. BENDA (1979):

Pathophysiologische und klinische Aspekte der Therapie von Dehydratationszuständen beim Kalb.

Mh. Vet.-Med. 34, 701-705

ROUSSEL, A.J., T.R. KASARI (1990):

Using fluid and electrolyte replacement therapy to help diarrheic calves.

Vet. Med. 85, 303-304, 306-311

ROUSSEL, A.J. (1999):

Fluid therapy in mature cattle.

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 15, 545-556

ROY, J.H.B., K.W.G. SHILLAM, G.M. HAWKINS, J.M. LANG (1959):

The effect of white scours on the sodium and potassium concentration in the serum of the newborn calves.

Brit. J. Nutrit. 13, 219-226

SCHARRER, E. (1986):

Pathophysiologie der Diarrhoe.

Prakt. Tierarzt 67, 373-379

THORNTON, J.R., R.A. WILLOUGHBY, B.J. MCSHERRY (1972):

Studies on Diarrhea in Neonatal Calves: The Plasma Proteins of Normal and Diarrheic Calves During the First Ten Days of Age.

Can. J. comp. Med. 36, 17-25

TURNHEIM, K. (2005):

Wasser und Elektrolyte – Therapie von Störungen des Wasser- und Elektrolythaushalts sowie des Säure-Basen-Gleichgewichts.

In: AKTORIES, K., U. FÖRSTERMANN, F. HOFMANN, K. STARKE (Hrsg.): Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie. 9. Auflage

Verlag: Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag, München, S. 493-508

WALKER, P.G., P.D. CONSTABLE, D.E. MORIN, J.K. DRACKLEY, J.H.

FOREMAN, J.C. THURMON (1998):

A reliable, practical and economical protocol for inducing diarrhea and severe dehydration in the neonatal calf.

Can. J. Vet. Res. 62, 205-213

WATT, J.G. (1965):

The use of fluid replacement in the treatment of neonatal diseases in calves.

Vet. Rec. 77, 1474-1482

WEINER, M., F.H. EPSTEIN (1970):

Signs and symptoms of electrolyte disorders.

Yale J. Biol. Med. 43, 77-109

WIEST, D. (1997):

Retrospektive Auswertung ausgewählter klinischer und klinisch-chemischer Parameter bei an Durchfall erkrankten Kälbern.

München, Univ., Tierärztl. Fak., Diss. med. vet.

ZEPPERITZ, H., H. SEIDEL (1983):

Zur Therapie der extrarenalen Urämie und Dehydratation bei Saugkälberdiarrhoe.

Mh. Vet.-Med. 37, 484-490

9 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Klee für die Überlassung dieses Dissertationsthemas.

Desweiteren seien auch Herr Dipl.-Stat. Sebastian Kaiser vom Institut für Statistik der LMU München und Frau Dr. Carola Sauter-Louis PhD meiner Dankbarkeit für die statistische Beratung gewiss.

Nicht minder Dank gilt Frau Hartmann und Frau Beyer für die Erledigung der Laborarbeiten.

An dieser Stelle bedanke ich mich auch bei Frau Dr. Ingrid Lorenz, dass sie immer ein offenes Ohr für meine Fragen hatte und mir mit Rat und Tat zur Seite stand, aber trotzdem mir den nötigen Freiraum zu eigenständigem Arbeiten ließ.

All diejenigen Mitarbeiter der Klinik, die mir geduldig bei der Befunderhebung geholfen haben, sollen hier ebenso dankbare Erwähnung finden.

10 Lebenslauf

Name: Niethammer
Vornamen: Florian Martin
Geburtstag: 27.03.1980
Geburtsort: Krumbach (Schwaben)
Eltern: Ute und Reinhard Niethammer

Schulbildung:

1986 – 1990 Grundschule Thannhausen
1990 – 1993 St. Thomas Gymnasium Wettenhausen
1993 – 1999 Ringeisen Gymnasium Ursberg

Zivildienst:

1.7.1999 – 30.6.2000 Zivildienst im BKH Günzburg

Studium:

2000 – 2006 Studium der Tiermedizin an der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

2.2.2006 Staatsexamen

1.3.2006 Approbation als Tierarzt

Seit 1.4.2006 Promotionsstudium und Anfertigung einer Dissertationsschrift an der
Klinik für Wiederkäuer der Ludwig-Maximilians-Universität München