

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

Tagesschwankungen von Laborparametern beim Milchrind

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

vorgelegt von
Jan-Peter Thurmann
Tierarzt aus Haldensleben

Berlin 2012

Jornal-Nr.: 3596

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Zentek
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenbergel
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Jörg Aschenbach
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Barbara Kohn

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

dairy cows, cattle, calves, blood chemistry, metabolism, blood analysis, values,
urine, urine analysis, circadian rhythm, diurnal activity

Tag der Promotion: 25.04.2013

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

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

ISBN: 978-3-86387-308-0

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2012

Dissertation, Freie Universität Berlin

D 188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

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

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

This document is protected by copyright law.

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

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2013

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

**Gewidmet meiner Familie
und Freunden**

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	2
2.1 Geschichtliche Entwicklung der Chronobiologie.....	2
2.2 Chronobiologie.....	3
2.3 Bedeutung der Tagesrhythmik für den Organismus.....	4
2.4 Bedeutung der Chronobiologie in der Hämatologie und klinischer Chemie.....	4
2.5 Blutparameter.....	5
2.5.1 Totalprotein (TP).....	5
2.5.2 Albumin (Alb).....	7
2.5.3 Harnstoff (BUN).....	7
2.5.4 Cholesterol (Chol).....	9
2.5.5 Gesamtbilirubin.....	10
2.5.6 Glukose (Glu).....	12
2.5.7 Freie Fettsäuren (NEFA, non-esterified fatty acids).....	14
2.5.8 β -Hydroxybutyrat (BHB).....	15
2.5.9 Kreatinin (Crea).....	16
2.5.10 Aspartat-Amino-Transferase (ASAT).....	18
2.5.11 Kreatinkinase (CK).....	19
2.5.12 Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT).....	20
2.5.13 Glutamat-Dehydrogenase (GLDH).....	21
2.5.14 Kalzium (Ca).....	22
2.5.15 Anorganisches Phosphat (P).....	24
2.5.16 Chlorid (Cl).....	25
2.5.17 Kalium (K).....	26
2.5.18 Natrium (Na).....	27
2.5.19 Magnesium (Mg).....	28
2.6 Harnparameter.....	29
2.6.1 Kreatinin (Crea).....	29
2.6.2 Wasserstoffionenkonzentration (pH-Wert).....	30
2.6.3 Ammoniumion (NH_4^+).....	31
2.6.4 Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA).....	32
2.6.5 Basen-Säuren-Quotient (BSQ).....	33

2.6.6	Kalzium (Ca)	34
2.6.7	Kalium (K)	35
2.6.8	Magnesium (Mg)	35
2.6.9	Natrium	36
2.6.10	Chlorid (Cl)	37
3.	Tiere, Material und Methoden	38
3.1	Daten zum Untersuchungsbetrieb	38
3.2	Tiere	38
3.3	Versuchsanordnung	38
3.4	Umweltbedingungen	40
3.5	Probenentnahme	40
3.5.1	Blutproben	40
3.5.2	Harnproben	42
3.5.3	Verhalten der Tiere während der Probengewinnung	43
3.6	Probenaufbereitung	43
3.7	Labordiagnostische Untersuchung	43
3.7.1	Blutparameter	43
3.7.2	Harnparameter	45
3.8	Statistische Methoden	46
3.9	Informationen zur Darstellung der Ergebnisse	49
4.	Untersuchungsergebnisse	51
4.1	Blutparameter	51
4.1.1	Stoffwechselmetaboliten	51
4.1.1.1	Totalprotein (TP)	51
4.1.1.2	Albumin (Alb)	52
4.1.1.3	Harnstoff (BUN)	54
4.1.1.4	Cholesterol (Chol)	55
4.1.1.5	Bilirubin (Bili)	57
4.1.1.6	Glukose (Glu)	59
4.1.1.7	NEFA	60
4.1.1.8	BHB	62
4.1.1.9	Kreatinin (Crea)	63
4.1.2	Enzyme	65

4.1.2.1	ASAT	65
4.1.2.2	CK.....	66
4.1.2.3	GGT	68
4.1.2.4	GLDH	69
4.1.3	Mengenelemente.....	71
4.1.3.1	Kalzium (Ca).....	71
4.1.3.2	Anorganisches Phosphat (P).....	72
4.1.3.3	Chlorid (Cl).....	74
4.1.3.4	Kalium (K).....	75
4.1.3.5	Natrium (Na).....	77
4.1.3.6	Magnesium (Mg)	78
4.2	Harnparameter.....	80
4.2.1	Kreatinin und Säuren-Basen-Haushalt.....	80
4.2.1.1	Kreatinin (Crea).....	80
4.2.1.2	Harn-pH	81
4.2.1.3	Basen.....	83
4.2.1.3	Säuren	84
4.2.1.4	Ammoniumion (NH ₄ ⁺).....	86
4.2.1.5	NSBA.....	87
4.2.1.6	BSQ.....	89
4.2.2	Mengenelemente	90
4.2.2.1	Kalzium (Ca).....	90
4.2.2.2	Kalium (K).....	92
4.2.2.3	Magnesium (Mg)	93
4.2.2.4	Natrium (Na).....	95
4.2.2.5	Chlorid (Cl).....	96
4.3	Ergebnisse in der Übersicht.....	98
5.	Diskussion	99
5.1	Methoden.....	99
5.2	Blutparameter	100
5.2.1	Metaboliten	100
5.2.1.1	Totalprotein (TP)	100
5.2.1.2	Albumin (Alb).....	101
5.2.1.3	Harnstoff (BUN).....	102

5.2.1.4	Cholesterol (Chol).....	103
5.2.1.5	Bilirubin (Bili)	104
5.2.1.6	Glukose (Glu)	104
5.2.1.7	Freie Fettsäuren (NEFA, non-esterfied fatty acids).....	106
5.2.1.8	β-Hydroxybutyrat (BHB).....	106
5.2.1.9	Kreatinin (Crea)	107
5.2.2	Enzyme	108
5.2.2.1	Aspartat-Amino-Transferase (ASAT)	108
5.2.2.2	Kreatinkinase (CK).....	109
5.2.2.3	Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT).....	110
5.2.2.4	Glutamat-Dehydrogenase (GLDH).....	111
5.2.3	Mengenelemente.....	111
5.2.3.1	Kalzium (Ca).....	111
5.2.3.2	Anorganisches Phosphat (P)	112
5.2.3.3	Chlorid (Cl).....	113
5.2.3.4	Kalium (K).....	114
5.2.3.5	Natrium (Na).....	114
5.2.3.6	Magnesium (Mg)	115
5.3	Harnparameter.....	116
5.3.1	Kreatinin und Säuren-Basen-Haushalt.....	116
5.3.1.1	Kreatinin (Crea)	116
5.3.1.2	Harn-pH-Wert.....	116
5.3.1.3	Basen, Säuren und NSBA	117
5.3.1.4	BSQ.....	118
5.3.1.5	Ammoniumion (NH ₄ ⁺).....	119
5.3.2	Mengenelemente.....	119
5.3.2.1	Kalzium (Ca).....	119
5.3.2.2	Kalium (K).....	120
5.3.2.3	Magnesium (Mg)	121
5.3.2.4	Natrium (Na).....	121
5.3.2.5	Chlorid (Cl).....	122
6.	Schlussfolgerungen	123
7.	Zusammenfassung.....	125

8. Summary	127
9. Literaturverzeichnis	129
10. Anhang A Verlaufsdiagramme	143
Anhang B Histogramme der Häufigkeit von Einzelmessungen.....	174
11. Abbildungsverzeichnis	185
12. Tabellenverzeichnis	190

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Alb	Albumin
a.p.	ante partum
AP	Alkalische Phosphatase
ASAT	Aspartat-Aminotransferase
ATP	Adenosintriphosphat
BHB	β -Hydroxybutyrat
BSQ	Basen-Säuren-Quotient
BUN	Blood Urea Nitrogen, Harnstoff
Ca	Kalzium
Chol	Cholesterol
CK	Kreatinkinase
Cl	Chlorid
Crea	Kreatinin
F	Freiheitsgrad
GGT	Gamma-Glutamyl-Transferase
GLDH	Glutamat-Dehydrogenase
HCO_3^-	Bikarbonat
HPO_4^{2-}	Hydrogenphosphat

HF	Holstein-Friesian
K	Kalium
Ln	natürlicher Logarithmus
Mg	Magnesium
Na	Natrium
NSBA	Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung
P	anorganisches Phosphat
p	Signifikanzniveau
pH	pH-Wert
p.n.	post natum
p.p.	post partum
s	Standardabweichung
SBH	Säure-Basen-Haushalt
TMR	Totale Mischratio
TP	Totalprotein

1. Einleitung

Der Organismus von Mensch und Tier ist biologischen Rhythmen unterworfen. Diese können eine Dynamik über Jahre ausweisen, zum anderen können sich biologische Rhythmen auf Minuten oder Stundenebene abspielen. Am anschaulichsten wird dies, wenn wir uns die Zyklen der Fortpflanzung bei Tieren betrachten. Bei einigen Haussäugetieren spielt z. B. die Länge der Tageszeit eine Rolle, damit die Brunst ausgelöst wird. Bakterien können sich hingegen alle 15 Minuten um das Doppelte vermehren. Die Tageszeit hat Einfluss auf das Schlaf-Wach-Verhalten, das Fressverhalten sowie auf die Aktivität und hormonelle Balancen.

Die Haltung von Nutztieren erfolgt heute zum größten Teil in intensiven Haltungssystemen, die dem Tier wenig Gelegenheit zur Ausübung des artspezifischen Verhaltens geben. Die Haltung ohne Auslauf in geschlossenen Gebäuden hat zur Folge, dass das Tier weder der natürlichen Fotoperiode noch anderen täglich und jährlich sich rhythmisch verändernden Umweltbedingungen ausgesetzt ist. Vielmehr werden natürliche Zeitgeber wie die Fotoperiode oder die Außentemperatur durch betriebsspezifische Faktoren wie die Fütterungszeiten, stallspezifische Geräusche oder die Säuberung der Stallungen ersetzt (TILGER, 2005).

Gegenstand dieser Arbeit ist die Untersuchung von Laborparameter und deren tageszeitliche Schwankungen. Es sollte untersucht werden, welche inneren und äußeren Größen einen Einfluss auf Blut- und Harnparameter haben. Hierzu wurden Tagesprofile von Harn- und Blutparametern bei Milchrindern in konventioneller Haltung erstellt. Durch eine experimentelle Untersuchung sollte festgestellt werden, ob die diagnostische Aussagekraft verschiedener Parameter von dem Zeitpunkt der Probenentnahme innerhalb von 24 Stunden abhängt. Ebenso soll die normale physiologische Variation der Blutparameter im Verlauf eines Tages bei den Einzeltieren untersucht werden, um die individuellen von der intraindividuellen Streuung abgrenzen zu können. Anhand der Verlaufskurven sollen die gegenseitigen Abhängigkeiten der Parameter und Ursachen von rhythmischen Schwankungen diskutiert werden.

2. Literaturübersicht

2.1 Geschichtliche Entwicklung der Chronobiologie

Tagesrhythmen im Verhalten, wie der Wechsel von Aktivität und Ruhe, sind eng mit dem Tag- und Nachtzyklus verbunden und wurden bereits im Altertum nachweislich festgestellt (LÜTH, 1964). Jedoch wurden sie bis in die Neuzeit keiner systematischen Untersuchung unterzogen (TAKAHASHI and ZATZ, 1982). Bis ins 18. Jahrhundert war man davon überzeugt, dass diese Periodizitäten durch den Rhythmus der Umgebung bedingt waren (REINBERG and SMOLENSKY, 1983). Den Nachweis von endogenen Biorhythmen führte als erster der französische Astronom DE MIARAN (1729). Er stellte fest, dass Pflanzen in konstanter Dunkelheit und gleichbleibenden Temperaturen ihre täglichen periodischen Blattbewegungen in gleichen Rhythmen beibehielten, wie auch unter normalem Tag-Nachtwechsel. ZINN (1759), SACHS (1857) und HOFMEISTER (1867) überprüften dies in eigenen Untersuchungen und bestätigten die endogene Herkunft der Rhythmen. Später führte PFEFFER (1873) verschiedene physikalische Methoden in die Pflanzenphysiologie ein. Er bezweifelte die Forschungsergebnisse der anderen Wissenschaftler, kam aber in eigenen Experimenten zum gleichen Ergebnis, womit die Existenz von Biorhythmen untermauert wurde (PFEFFER, 1875).

Erwin Bünning war der erste Botaniker, der die allgemeinen Grundsätze der Chronobiologie aufbaute. Er bewies die genetische Fixierung von biologischen Rhythmen bei der Bohnenpflanze und der Fruchtfliege (TRAIKTINGER, 1993). ASCHOFF (1955) wies den endogenen Charakter von Biorhythmen bei Säugetieren nach. In Experimenten an Mäusen zeigte er, dass die Bewegungsaktivität auch nach Ausschluss aller äußeren Steuerfaktoren wie zum Beispiel Hell-Dunkel-Wechsel oder Temperaturveränderungen noch rhythmische Schwankungen aufwies. Die Erbllichkeit der Rhythmen wurde von RENSING (1973) bestätigt. Mäuse, die mehrere Generationen unter konstanten Umweltbedingungen aufwuchsen, zeigten immer wieder die gleiche Rhythmik der Bewegungsaktivität (TRAIKTINGER, 1993). Die circadiane Rhythmik hat sich auf dem Wege der Selektion und Mutation aus Rhythmen mit anderen Periodenlängen entwickelt (BÜNNING, 1978). Es handelt sich daher um eine phylogenetisch erworbene Erbeigenschaft gewisser Organismen (ASCHOFF, 1963). Die Nutzung der „biologischen Uhr“ ist mittlerweile gut bekannt. Photoperiodismus von Pflanzen und Tieren, Berücksichtigung der Zeit bei der Sonnenkompass-Orientierung von Tieren, Probleme der Schichtarbeit, die Umstellung des Körpers auf andere Ortszeiten bei Transozeanflügen sollen als Beispiel dienen (BÜNNING, 1986).

2.2 Chronobiologie

Zyklische Prozesse und Funktionen zeigen eine Periodik, die synchron mit periodischen Schwankungen von Außenfaktoren abläuft. Als solche sind besonders die geophysikalischen Periodizitäten von Bedeutung (WAGNER, 2000).

Hier eine Übersicht über wichtige Perioden die Einfluss auf den Organismus haben:

- Jahres-Periodik (365 Tage)
- lunare-Periodik (29,5 Tage)
- semilunare-Periodik (14,7 Tage)
- mondtägige-Periodik (24,8 Stunden)
- Gezeiten-Periodik (12,4 Stunden)
- Tag-Nacht-Rhythmus (24 Stunden)

Die wechselnden Einflüsse der Umwelt führen schon allein zu zeitlich angepassten Reaktionen im Verhalten und der Körperfunktionen. ASCHOFF (1955) konnte zeigen, dass Ameisen als rein exogen periodische Tiere bei der Haltung in künstlich konstantem Milieu aperiodisch werden. Jedoch wurden beim Menschen selbst unter konstanten äußeren Bedingungen circadiane Rhythmen mit einer Periodenlänge von 25 Stunden beobachtet. Das bedeutet wiederum, dass der Mensch auch über eine endogene Periodik verfügt.

Über die endogene Rhythmik und damit die Lokalisation der „inneren Uhr“ herrschte lange Unklarheit (SINGER, 1985). Lange wurde vermutet, es gebe ein Organ, das sich auf diese Leistung spezialisiert habe. Alle anderen Organe konnten das selbstständige Oszillieren aufgeben, da es in ihnen nur noch von diesem Spezialorgan mitgenommene Schwingungen gebe. Der Hypophyse (besonders der Nukleus suprachiasmaticus), der Epiphyse und der Nebenniere wurde diese Rolle zugeschrieben, da man circadiane Periodizitäten ihrer neurosekretorischen Aktivitäten feststellte (TRAIKTINGER, 1993).

Jedoch kam es nach der Entfernung eines dieser Organe nicht zu einem Erlöschen der circadianen Rhythmik. Es kam mehr zu einer Dissoziation in der Tagesrhythmik. Das bedeutet, „ein aus der Phase laufen“ tritt plötzlich in den synchronisierten Einzelrhythmen auf, und wird als Splitting-Phänomen bezeichnet (UNDERWOOD, 1977).

Die endogene Komponente ist genetisch fixiert. Sie ist als individuelle „Eigenfrequenz“ bei völlig konstanten Umweltbedingungen nachweisbar. Eine Entwicklung der endogenen Periodik ist einerseits der Notwendigkeit einer effizienten Homöostase zuzuschreiben und das Feed Forward ermöglicht eine bessere Einstellung auf wechselnde Licht- und Temperaturverhältnisse. Auf der anderen Seite ergibt sich eine bessere Orientierung in Zeit und Raum (BÜNNING, 1963). Die Kenntnis der Tageszeit ist Voraussetzung für eine räumliche Orientierung an der Sonne (BÜNNING, 1963; GWINNER, 1986; WOLLNIK and SCHMIDT, 1995). Die täglichen Veränderungen in der Umwelt gehen nach TUREK (1994) mit Veränderungen des inneren Milieus des Organismus einher. Nach TUREK (1994) geben

die biologischen Uhren dem Individuum die Möglichkeit, sich im Voraus auf Veränderungen der Umwelt, die mit dem Hell-Dunkel-Wechsel einhergehen, vorzubereiten. Diesen Vorgang bezeichnete er als zeitliche Synchronisation zwischen dem Organismus und seiner Umwelt. Sie ermöglicht einem Individuum, zur richtigen Zeit die richtigen Dinge zu tun (TUREK, 1994).

2.3 Bedeutung der Tagesrhythmik für den Organismus

Das Hauptprinzip der Organisation biologischer Systeme ist die innere Homöostase (ASCHOFF, 1979). Die Aufrechterhaltung des „inneren Milieus“ mit Hilfe von Regelsystemen ist eine wichtige Voraussetzung für einen optimalen Ablauf von Lebensvorgängen (WIESNER, 1978).

Sollwerte in Regelkreisen verschieben sich oft in rhythmischer Art und Weise (ASCHOFF, 1979). Die Aufrechterhaltung der Homöostase wird durch die Anpassung des Organismus an die Zeitstruktur der Umwelt erleichtert (MAYERSBACH, 1978). Zeitliche Organisation setzt die Möglichkeit einer Orientierung in der Zeit voraus. Bei Pflanzen, Tieren und sogar auf der Entwicklungsstufe von Einzellern sind Biorhythmen beobachtbar, die ihnen eine Zeitmessung ermöglichen (BÜNNING, 1960).

Die Entwicklung einer endogenen Periodik bedeutet einen klaren Selektionsvorteil, wobei der reagierende Organismus zu einem die künftigen Ereignisse vorausplanenden Organismus wird (ASCHOFF, 1963).

2.4 Bedeutung der Chronobiologie in der Hämatologie und klinischer Chemie

Biorhythmen sind nicht nur von wissenschaftlichem Interesse, sondern haben auch eine Bedeutung für Diagnose und Therapie (BUBNA-LITTITZ, 1980). Zeigen sich bei Parametern große Amplituden, so bedarf der Zeitpunkt der Entnahme einer entsprechenden Berücksichtigung (STAMM, 1966). In der Klinik kommt den hämatologischen und klinisch-chemischen Blutparametern besondere Bedeutung zu. Die hämatologische und klinisch-chemische Untersuchung des Blutes hat nicht nur bei den eigentlichen Krankheiten des Blutes Bedeutung, man findet bei den meisten Allgemein- und Organkrankheiten Veränderungen im Blut, die für die Diagnose und Prognose wichtig sind (TRAIKTINGER, 1993). Quantitative Veränderungen von Blut- und Organkomponenten im Tagesverlauf können Amplitudengrößen weit über 100% des jeweiligen Tagesmittels erreichen. So variieren zum Beispiel die Kortisolkonzentrationen im menschlichen Serum bis zum vierfachen (MALZ, 1986). Die Kenntnis von Arbeitswerten sollte sich nicht nur auf den physiologischen Schwankungsbereich innerhalb der Tierart beschränken, sondern muss auch die voraussichtliche Variation von Merkmalen des Einzeltieres innerhalb eines Tages oder im Verlauf mehrerer Tage umfassen (UNSHELM and RAPPEN, 1968). Die entsprechenden Untersuchungen liegen für das landwirtschaftliche Nutztier nur unzureichend vor, während man sich in der Humanmedizin bereits seit Jahrzehnten mit derartigen Fragen im Rahmen der

Chronobiologie beschäftigte. Die dabei ermittelten Befunde sind zum Teil von grundlegender Bedeutung und müssten sich deshalb unter gewissen Einschränkungen vom Menschen und kleinen Versuchstieren auf das landwirtschaftliche Nutztier übertragen lassen (UNSHELM and RAPPEN, 1968). Die physiologischen Schwankungen innerhalb einer Tierart können die Aussagekraft von Blutuntersuchungsergebnissen beeinträchtigen. Eine pathologische Abweichung eines Einzeltieres innerhalb der physiologischen Schwankungsbreite einer Gruppe ist als solche nicht mehr diagnostizierbar (TRAIKTINGER, 1993).

2.5 Blutparameter

2.5.1 Totalprotein (TP)

Das Totalprotein im Blut setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen (BICKHARDT, 1992):

- Albumin (40 - 50%)
- Immunglobulinen (15 - 25%)
- Fibrinogen (5 - 10%)
- Enzyme, Transportproteine und Gerinnungsfaktoren (10 %)

Die Konzentration an Totalprotein im Blut beträgt beim Rind nach KRAFT (2005):

- Kälber 50 - 70 g/l
- ausgewachsene Rinder 60 - 80 g/l

Die Aufgaben der Plasmaproteine bestehen im Transport verschiedener Substanzen, Pufferung sowie der Aufrechterhaltung des kolloidosmotischen Druckes. Besteht ein Nahrungsmangel, dann können sie auch als Nährlösung dienen. Alle Plasmaproteine werden in der Leber synthetisiert, ausgenommen sind die Immunglobuline, sie werden in den lymphatischen Organen gebildet (ENGELHARDT, 2000).

Bei Entzündungen verändern sich die Bluteiweißfraktionen. Beim Rind ist die Erhöhung der Gamma-Globuline diagnostisch von Bedeutung. Eine Erhöhung wird unter anderem bei einer Reticuloperitonitis traumatica, eitrigen Arthritiden, Leberabszessen und anderen chronischen Krankheiten beobachtet (SCHILLINGER, 1980). KRAFT (2005) zufolge ist eine Hypoproteinämie ein Symptom, das bei vielen Grunderkrankungen zu beobachten ist. Als mögliche Grunderkrankung können chronische Hepatopathien, Unter- und Fehlernährung, exsudative Enteropathien sowie Darmparasitosen vorliegen.

TUMBLESON *et al.* (1973), STAMPFLI *et al.* (1980b) beschrieben bei gesunden Rindern eine Erhöhung der Gesamteiweißkonzentration mit zunehmendem Alter. TUMBLESON *et al.* (1973) beobachteten einen signifikanten linearen Anstieg der Gesamteiweißkonzentration bei

Holstein-Friesian im Mittel von 76,4 g/l bei Tieren unter einem halben Jahr und einem durchschnittlichen Wert von 85,6 g/l bei 1,5 bis 2 Jahre alten Tieren. Nach STAMPFLI *et al.* (1980b) steigen die Werte für das Totalprotein bei Tieren im Alter von 5 Monaten von etwa 62,5 g/l auf 72,0 g/l bei 24 Monate alten Tieren.

Nach UNSHELM (1969) unterliegen der TP-Wert sowie die Serumeiweißfraktionen beim **Rind** signifikanten diurnalen Schwankungen. Für die Fraktion der Globuline konnten jedoch keine tageszeitlichen Schwankungen nachgewiesen werden. UNSHELM (1969) entnahm im Rahmen seiner Untersuchung alle 2 Stunden zwischen 8.00 Uhr und 18.00 Uhr eine Blutprobe, dabei zeigte sich eine Verminderung der Gesamteiweißwerte zwischen 8.00 Uhr und 14.00 Uhr. Um 16.00 Uhr nachmittags erfolgte dann wieder ein starker Anstieg, dem dann ein Abfall des Wertes bis 18.00 Uhr folgte. STAMPFLI *et al.* (1980a) untersuchten 15 Simmentaler Rinder aus 3 Betrieben, wobei über einen Zeitraum von 18 Stunden alle 2 Stunden Blutproben entnommen wurden. Bei 13 der 30 untersuchten Blutparameter wirkte sich der Entnahmezeitpunkt nach STAMPFLI *et al.* (1980a) auf die Ergebnisse aus. Die Konzentration des Totalproteins nahm im Tagesverlauf ab, wobei maximale Konzentrationen (79-84 g/l) im Gegensatz zu den Ergebnissen von UNSHELM (1969) von 4.30 Uhr bis 6.30 Uhr gemessen wurden und die niedrigsten Werte (70- 76 g/l) zwischen 20.30 Uhr und 22.30 Uhr zu beobachten waren. Nach den von UNSHELM (1969) und STAMPFLI *et al.* (1980a) durchgeführten Untersuchungen betragen die Schwankungen am Tag ca. 10- 20 g/l. In einer Untersuchung von POOSCH (1999) an **Schweinen** konnte im Chronogramm eine deutliche Sinuskurve für den TP-Wert nachgewiesen werden. Das Maximum zeigte sich um 16.00 Uhr und das Minimum um 24.00 Uhr. Der Mittelwert betrug 6,88 g/dl mit einem Minimum von 5,4 g/dl und einem Maximum von 8,63 g/dl. Beim **Schaf** konnte JASAREVIC (1996) in zwei Untersuchungen ein Minimum der Proteinkonzentrationen am Morgen und ein Maximum am Nachmittag nachweisen. Das Totalprotein besitzt mit 23 % der maximalen physiologischen Variation eine sehr enge Tagesschwankung. Die Standardabweichung ihrer Differenzwerte beträgt 0,16 g/dl oder 2,44 % des Mittelwertes. Beim **Mensch** wurden signifikante Tagesschwankungen der Plasmaproteinkonzentrationen mit maximalen Werten von 12.00 Uhr bis 21.00 Uhr und minimalen Werten nachts von 24.00 Uhr bis 06.00 Uhr festgestellt (BÖNING *et al.*, 1974). Laut CASALE und DE NICOLA (1984) unterliegen die Totalproteinfraktionen und die elektrophoretischen Fraktionen einem sinusförmigen Tagesverlauf. Die Maxima von TP, Alb und den Gammaglobulinen verlaufen zwischen 11.30 Uhr und 13.15 Uhr, ihre Amplituden erreichen 5% des Mesors (Mittelwert). Bei Untersuchungen an **Pferden** konnten GREPPI *et al.* (1996) eine Tagesdynamik für das TP nachweisen. Dabei hatten der Fütterungszeitpunkt und die Proteinzusammensetzung des Futters keinen Einfluss auf die Fluktuation des Wertes. Ein Minimum wurde um 12.00 Uhr in allen 3 Untersuchungsgruppen mit einem Wert von im Mittel 58 g/l gemessen. Das Maximum wurde um 20.00 Uhr mit einem Wert von im Mittel 80 g/l angegeben.

2.5.2 Albumin (Alb)

Albumin gehört zu den Plasmaproteinen und wird in der Leber synthetisiert. Albumin stellt eine homogene Fraktion und ein reines Protein dar. Es besitzt keinerlei prosthetische Gruppe (ENGELHARDT, 2000). Die Blutwerte hängen von der Synthese und dem Abbau bzw. Verbrauch ab (KRAFT, 2005). Albumin fungiert als wichtiges Trägerprotein für Gallensäuren, Hormonen, Bilirubin, freien Fettsäuren und Medikamenten. Eine Hypoalbuminämie entsteht durch Hyperhydratation oder Proteinverlust infolge eines Blutverlustes, exsudativen Hauterkrankungen, Verbrennungen, Hungern, Leberfunktionsstörungen, intestinaler Malabsorption, gastrointestinalen Parasitosen und Körperhöhlenergüssen. Eine Hyperalbuminämie wird durch eine Dehydratation, akute Entzündungen und akuten Infektionskrankheiten verursacht (KRAFT, 2005).

Die Albuminkonzentration im Blut von Rindern beträgt nach (KRAFT, 2005):

- 51 - 59 in % vom Totalprotein
- 30 - 42 g/l

TUMBLESON *et al.* (1973) zufolge hat das Alter bei gesunden Rindern nur einen geringen Einfluss auf die Konzentration des Albumins im Blut. LARSON und TOUCHBERRY (1959) beschreiben hingegen eine Zunahme der Serumalbuminkonzentration von im Mittel 31 g/l zwischen 2 Wochen und dem 6. Lebensmonat auf 33 g/l zwischen 6 Monaten und 2 Jahren.

In einer Untersuchung von UNSHELM (1969) an **Rindern** stieg der Albuminwert von 8.00 Uhr auf ein Maximum um 14 Uhr. Einem Abfall bis 16.00 Uhr folgte nach UNSHELM (1969) ein zweiter bis 18.00 Uhr. Bei der Globulinfraction konnte keine signifikante Tagesschwankung nachgewiesen werden. In Untersuchungen von STAMPFLI *et al.* (1980a) waren auch keine wesentlichen Schwankungen für das Alb nachweisbar.

2.5.3 Harnstoff (BUN)

In der Leber wird Harnstoff aus Ammoniak synthetisiert. Er ist das Endprodukt der Proteinverdauung (SCHOLZ, 1991). In der Niere wird Harnstoff glomerulär filtriert und 25 bis 40 % werden in den Tubuli reabsorbiert. Als Wiederkäuer verfügen Rinder über einen ruminohepatischen Kreislauf. Ein Teil des Serum-Harnstoffs wird durch Sekretion über die Speicheldrüsen als Nichtproteinstickstoff (NPN) dem Körper erneut als Stickstoffquelle für die Proteinbildung durch Pansenbakterien zur Verfügung gestellt. Mehr als 70 % des aufgenommenen Rohproteins unterliegen einem mikrobiellen Abbau bis zum Ammoniak. Zum größten Teil wird das Ammoniak wieder einer mikrobiellen Proteinsynthese zugeführt und zum anderen gelangt ein Teil über die Pfortader wieder in die Leber. Hier erfolgt ein

Umbau zu Harnstoff. Auf eine Leberbelastung durch erhöhte Rohproteingehalte wird in diesem Zusammenhang hingewiesen (TRAIKTINGER, 1993).

Die Blutharnstoffkonzentration beim Rind beträgt nach KRAFT (2005):

- 3,3 - 6,7 mmol/l

Ein erhöhter Blutharnstoffspiegel beruht zumeist auf einen relativ oder absolut zu hohen Eiweißangebot in der Ration. Die Ursache ist oft eine Fehleinschätzung des Eiweißgehaltes im Grundfutter (ROMER *et al.*, 1992). Ebenfalls kann es bei einer Niereninsuffizienz zu erhöhten Harnstoffkonzentrationen kommen, da die renale Ausscheidung vermindert ist (FINCO, 1997). Ein erniedrigter Serumwert kann auf einem ungenügenden Proteingehalt im Futter beruhen. Es kann auch durch eine allgemeine Unterfütterung zu niedrigeren Werten kommen (ROMER *et al.*, 1992).

Eine Abhängigkeit der Normalwerte vom Lebensalter der Tiere wurde von mehreren Autoren nachgewiesen, jedoch kamen sie zu unterschiedlichen Ergebnissen (BAUMGARTNER, 1977). BERGLUND und OLTNER (1983) zufolge erreichte die Plasmaharnstoffkonzentration bei gesunden Rindern mit 9 Monaten das Minimum von im Mittel 3,6 mmol/l gegenüber 4,5 mmol/l bei der ersten Messung im Alter von 3 Monaten. Sie stieg danach ständig an, so dass im Alter von 24 Monaten der Wert von 4,7 mmol/l erreicht wurde.

Abhängigkeiten der Harnstoffwerte von der Jahreszeit sind durch den Eiweißgehalt des Futters erklärbar. Sie liegen in den Sommermonaten aufgrund der eiweißreichen Grünfütterung deutlich über den Werten im Winter (BAUMGARTNER, 1977).

In einer Untersuchung von HAGEMEISTER und UNSHELM (1970) an **Rindern** zeigt die Harnstoffkonzentration im Tagesprofil leichte Anstiege zwischen 8.00 Uhr und 10.00 Uhr sowie zwischen 16.00 Uhr und 18.00 Uhr. Zeitlich liegen beide Anstiege nach der Fütterung (Fütterungszeitpunkt: 6.00 Uhr bis 8.00 Uhr und 14.00 Uhr bis 16.00 Uhr). Der Einfluss der Tageszeit ist hier zwar signifikant, jedoch mit einem Varianzanteil von 0,7 % sehr gering. Eine circadiane sinusoidale Periodizität der Harnstoffkonzentration im Serum von Rindern zeigen Ergebnisse von LEFCOURT (1990), mit einer Akrophase um 13.00 Uhr. Es sei an dieser Stelle hinzuweisen, dass die Harnstoffkonzentration im Rinderserum vom Fütterungszeitpunkt abhängig ist (SCHMIDL and FORSTNER, 1985). Aufgrund dieser Abhängigkeit lassen sich Abweichungen der Ergebnisse verschiedener Autoren erklären. Die Höhe der Tagesschwankung ist von der Zusammensetzung der Ration abhängig. TRAIKTINGER (1993) fand zwei Maxima am Nachmittag und am Morgen. Betrag das Maximum am Nachmittag 0,1 mmol/l (4,3 % des Gesamtmittelwertes), so ist es am Morgen mit 0,5 mmol/l (21,5 %) rund 5 Mal so groß. Der Mittelwert betrug 2,35 mmol/l. In Untersuchungen von JASAREVIC (1996) an **Schafen** zeigte sich für den Harnstoff im Blut ein Minimum des Wertes in der Nacht und ein Maximum am Morgen. Die Standardabweichung der Differenzwerte erreicht beim Harnstoff 0,96 mg/dl, was 9,62 % des Mittelwertes (9,62 mg/dl) entspricht. Beim **Menschen** konnten KNOLL *et al.* (1978) einen

biphasischen Verlauf der Harnstoffkonzentrationen beschreiben. Das Maximum am Vormittag zeigt sich um 11.00 Uhr. Das Tagesminimum liegt um 14.00 Uhr und ein Maximum zeigt sich um 23.00 Uhr. Die Spannweite im Verlauf des Tages beträgt 20 %, was einer Amplitude von 10 % um den Mittelwert entspricht. Beim **Pferd** (Warmblütern) beschreibt MILLETICH (2002) ein deutliches Maximum am Nachmittag. Die Harnstoffwerte lagen zwischen 2,43 und 15,98 mmol/l bei einer Standardabweichung von 9,9 und einem Mittelwert von 5,91 mmol/l.

2.5.4 Cholesterol (Chol)

Cholesterol ist ein Steroid mit einer Hydroxygruppe, welche in der Leber verestert oder frei vorkommt (KRAFT, 2005). Die Höhe des Gesamtcholesterols wird beim Rind durch die intestinale Absorption, Aufnahme, Synthese und Freisetzung aus der Leber, vaskulären und peripheren Metabolismus bestimmt (ENGLE *et al.*, 2001). Das Cholesterol liefert sowohl für die Gallensäuren, Steroidhormone und Lipoproteine (vor allem für die Low density lipoproteins) den Grundbaustein und wird über die Gallensäure in den Darm ausgeschieden (KRAFT, 2005). Ebenfalls erfolgt die Ausscheidung mit der Milch. Somit beeinflussen Leberfunktion und Laktationsstatus die Cholesterolkonzentration im Blut (SOMMER, 1970a). Der Cholesterolwert verhält sich parallel zum Grad der Futteraufnahme und dessen Resorption im Darm (FÜRLL, 2004).

Der physiologische Cholesterolwert im Blutserum beim Rind beträgt nach KRAFT (2005):

- 2 - 4,5 mmol/l

Bei Hungerzuständen kommt es nach ROSSOW und STAUFENBIEL (1983) zu einer Verminderung der Cholesterolkonzentration im Blut. Bei einer Leberinsuffizienz sinkt Cholesterolsynthese, was zu einer verringerten Serumkonzentration führt.

Durch eine Verlegung der Gallenkanäle kommt es zu einer Abflussstörung, wodurch eine Konzentrationserhöhung hervorgerufen werden kann (UHLIG *et al.*, 1988). Peripartal sinkt die Cholesterolkonzentration zur Kalbung deutlich ab und steigt dann wieder post partum an (SOMMER, 1969; KAPPEL *et al.*, 1984; SETZ, 2000; BUSATO *et al.*, 2002).

Nach LUMSDEN *et al.* (1980) und TUMBLESON *et al.* (1971) nahm die Cholesterinkonzentration bei gesunden Rindern mit zunehmenden Alter zu. Laut LUMSDEN *et al.* (1980) stieg sie von im Mittel 2,5 mmol/l zwischen 2 Wochen und 6 Monaten auf 2,8 mmol/l bei den 6 bis 24 Monaten alten Tieren. In der Untersuchung von TUMBLESON *et al.* (1971) stieg sie von 2,9 mmol/l bei den unter einem halben Jahr alten Tieren auf 3,8 mmol/l bei den 1,5 bis 2,5 Jahre alten Tieren.

FURTMAYR (1975) fand keinen Einfluss der Monate oder der Jahreszeit auf die Cholesterolkonzentration. Auch das Alter hatte keinen signifikanten Einfluss.

STAMPFLI *et al.* (1980a) fanden beim **Rind** keine Tagesperiodik für das Cholesterin. TRAIKTINGER (1993) beschreibt eine biphasische Tagesperiodik. Neben der Tageszeit und den interindividuellen Faktoren beeinflusst laut STAMPFLI *et al.* (1980a) auch der Betrieb einige Blutparameter, wobei markante Unterschiede beim Cholesterin auftraten. In Untersuchungen von BITMAN *et al.* (1990) wurden die zirkulierenden Neutralfette unter konstanten Bedingungen und einmaliger Fütterung um 09.00 Uhr auf circadianen Verlauf hin untersucht, mit dem Ergebnis, dass weder das Bestehen eines circadianen Rhythmus noch ein Hell-Dunkel-Zyklus bei freiem veresterten Cholesterin feststellbar war. In der Untersuchung von JASAREVIC (1996) an **Schafen** kam es zu geringgradigen Gehaltsschwankungen des Cholesterinwertes mit maximalen Werten am Mittag und minimalen während der Nacht. POOSCH (1999) wies beim **Schwein** eine Tagesdynamik für Cholesterin nach. Das Maximum zeigte sich um 16.00 Uhr und ein Minimum um 24.00 Uhr. Die Werte bewegten sich zwischen 54 mg/dl und 117 mg/dl bei einem Mittelwert von 82,78 mg/dl. Beim **Menschen** fand CASALE (1983) circadiane Rhythmen synchron mit dem Hämatokrit und einer Akrophase zwischen 11.00 Uhr und 12.00 Uhr mit sehr kleiner Amplitude. PAULY (1983) fand eine Tagesperiodik mit einem Maximum am späten Nachmittag. WISSER und BREUER (1981) konnten jedoch keine Tagesperiodik feststellen. Nach HOLLISTER und WRIGHT (1965) ist der Cholesterinspiegel beim Menschen über 24 Stunden sehr stabil. Beim **Hund** zeigte sich in einer Untersuchung von SINGER (1985) keine Tagesdynamik bzw. signifikanter Sinusrhythmus für den Cholesterinwert. Beim **Pferd** (Warmblut) konnte MILLETICH (2002) einen Rhythmus mit einem Maximum am Abend (ca. 19.00 - 20.00 Uhr) und einer Amplitude von 3% nachweisen.

2.5.5 Gesamtbilirubin

80 % des Bilirubins entstehen aus dem Abbau von Hämoglobin und ca. 20 % aus dem Abbau von Myoglobin, Katalasen und Zytochromen. Nach einer Abspaltung des Eisens wird im retikuloendothelialen System (RES) (Milz, Kupffer-Zellen und Knochenmark) lipidlösliches primäres Bilirubin (Bilirubin I) gebildet. An Albumin gebunden wird das primäre Bilirubin über den Blutstrom in die Leber transportiert, dort abgespalten und intrahepatozellulär mit Glucuronsäure zu wasserlöslichem Bilirubin II konjugiert. Dann wird das Bilirubin II mit der Galle in den Dünndarm ausgeschieden (KRAFT, 2005). Im Darm wird Bilirubin II durch bakterielle Enzyme zu Urobilinogen und Sterkobilinogen reduziert. Der größte Anteil des Urobilinogens wird mit der Fäzes ausgeschieden oder es gelangt in den großen Blutkreislauf (KANEKO, 1997).

Die Bilirubinkonzentration im Blut des Rindes beträgt nach (KRAFT, 2005):

- < 5,0 µmol/l
- < 8,5 µmol/l 1 - 7 Tage post partum

Folgende Beispiele können eine erhöhte Bilirubinkonzentration im Blut verursachen (KRAFT, 2005):

- Hämolytische Anämien (prähepatischer Ikterus, zum Beispiel Icterus haemolyticus neonatorum)
- Hepatopathien (intrahepatischer Ikterus)
- Verschluss der Gallenwege (posthepatischer Ikterus)

Die obere Grenze des Wertes wird mit 5,0 µmol/l angegeben (KRAFT, 2005). Werte bis 20 µmol/l zeigen einen Inanitionsikterus infolge eines Energiemangels. Konzentrationen über 20 µmol/l weisen i.d.R. auf Mikrohämolysen hin. Bilirubinwerte über 50 µmol/l sind oft prognostisch weniger günstig und kommen u.a. bei nekrotisierenden Mastitiden oder Endometritiden, aber auch bei Salmonellose vor (SATTLER and FÜRLL, 2004).

LUMSDEN *et al.* (1980) beschrieben bei gesunden Rindern abnehmende Bilirubinwerte von im Mittel 5,1 µmol/l im Alter zwischen 2 Wochen und 6 Monaten auf 3,4 µmol/l bei 6 bis 24 Monate alten Tieren. TUMBLESON *et al.* (1971) beschrieben, dass in ihrer Untersuchung bei Tieren unter 6 Monaten die Bilirubinkonzentration von 4,8 µmol/l auf 6,5 µmol/l bei den Tieren im Alter von 1,5 bis 2 Jahren anstieg. Über den Verlauf der Gesamtbilirubinkonzentration bestehen daher gegensätzliche Ansichten.

PAULY (1983) stellte in einer Untersuchung beim **Menschen** eine Tagesdynamik der Bilirubinwerte fest. Hierbei ergab sich ein Maximum am späten Vormittag. Die Schwankungsbreite betrug 54 % gemessen vom geringsten Wert. CASALE *et al.* (1982) beobachteten, dass die Bilirubinwerte mit den Hämoglobinwerten stiegen, und schlossen daraus, dass für den Rhythmus vor allem indirektes Bilirubin verantwortlich ist. Bei älteren Menschen kann das Maximum auf 13.00 Uhr verschoben sein. Die Amplitude des Gesamtbilirubins beträgt 25 % des Mesors. Indirektes Bilirubin (55 % des Gesamtbilirubins) und direktes Bilirubin zeigen ebenfalls einen um 2 Stunden phasenverschobenen circadianen Rhythmus. In Untersuchungen von BALZER (1953) kam es nach einem morgendlichen Höhepunkt zu einem Absinken des Wertes bis 16.00 Uhr, wonach er dann kurz wieder ansteigt und zur Nacht wieder abfällt. Deutliche Schwankungen des Bilirubins beschrieb JASAREVIC (1996) in Untersuchungen an **Schafen**, aber mit inversen Verläufen bei den Versuchsdurchgängen 1 und 2. Der Tagesverlauf im Versuch 2 zeigte eine Gesamtbilirubinkonzentration mit einem Minimum am Nachmittag, mit einer nächtlichen Erhöhung. Die Standardabweichung der Differenzwerte erreicht 0,03 mg/dl oder 9,21 % des Mittelwertes (0,38 mg/dl). Die Spannweite im Tagesverlauf ist kleiner als 3 % der maximalen physiologischen Variation. MILLETICH (2002) beschrieb bei **Pferden** einen biphasischen Verlauf mit Maxima am Vormittag und gegen Mitternacht. Die Werte lagen zwischen 9,07

$\mu\text{mol/l}$ und $48,06 \mu\text{mol/l}$, bei einem Mittelwert von $25,82 \mu\text{mol/l}$ und einer Standardabweichung von $6,01 \mu\text{mol/l}$.

2.5.6 Glukose (Glu)

Glukose ist SCHOLZ (1991) zufolge die „essentielle“ Energieform im Organismus und kann zur Beurteilung der Energieversorgung herangezogen werden. Der Organismus versucht dabei mit mehreren Regelkreisen eine Homöostase des Plasmaglukosespiegels aufrecht zu erhalten. Beim Rind werden die aufgenommenen Kohlenhydrate im Pansen zu kurzkettigen Fettsäuren umgebaut. In der Leber wird aus ihnen wiederum durch die Glukogenese Glukose gebildet. Somit wird der Glukosespiegel im Blut durch die Höhe der Energieversorgung bestimmt (LOTTHAMMER, 1981). Bei Energieüberschuss kommt es zur Erhöhung des Glukosespiegels und bei Energiemangel zu Azetonurie (LOTTHAMMER *et al.*, 1988). SCHMIDL und FORSTNER (1985) zufolge verfügt das Rind nur über geringe Kohlenhydratvorräte, so dass diese nur den Bedarf eines Tages decken.

Der Referenzwert für Glukose im Blut von Rindern beträgt nach KRAFT (2005):

- 2,2 - 3,3 mmol/l
- 4,4 - 6,9 mmol/l bei Saugkälbern

Durch die noch abweichende Verdauungsphysiologie, weisen Kälber höhere Glukosewerte auf als erwachsene Rinder (BAUMGARTNER, 1977).

Erhöhte Glukosewerte sind bei Diabetes mellitus, Stresssituationen, postprandial, Krampfstörungen und Hyperthyreose nachzuweisen. Erniedrigte Werte liegen bei Ketose, Hypoglykämie-Hypothermiekomplex neugeborener Kälber, Nahrungskarenz, Malassimilationssyndrom und Hepatopathien vor (KRAFT, 2005).

TUMBLESON *et al.* (1971), BAUMGARTNER (1977), LUMSDEN *et al.* (1980), STAMPFLI *et al.* (1980b), BERGLUND und OLTNER (1983) wiesen in ihren Untersuchungen bei gesunden Rinden mit zunehmendem Alter abnehmende Glukosekonzentrationen nach. Bei BERGLUND und OLTNER (1983) wurden abnehmende Werte von durchschnittlich $3,9 \text{ mmol/l}$ auf $3,4 \text{ mmol/l}$ zwischen 3 und 24 Monaten gemessen. Bei LUMSDEN *et al.* (1980) sank der Wert von $4,1 \text{ mmol/l}$ zwischen 2 Wochen und 6 Monaten auf $3,6 \text{ mmol/l}$ bei einem Alter zwischen 6 Monaten und 2 Jahren. In der Untersuchung von STAMPFLI *et al.* (1980b) nahm die Konzentration von $3,0 \text{ mmol/l}$ auf $2,5 \text{ mmol/l}$ zwischen 5 und 24 Monaten ab. TUMBLESON *et al.* (1971) berichteten über einen Abfall der Glukose von $3,87 \text{ mmol/l}$ im Alter unter 6 Monaten auf $3,43 \text{ mmol/l}$ im Alter zwischen 1,5 und 2,5 Jahren.

Da der Glukose eine zentrale Rolle im Energiestoffwechsel zugesprochen wird und sie auch eine Bedeutung bei Stoffwechselstörungen hat, wurden schon früh Tageseinflüsse auf den Blutzuckergehalt bei Rindern beschrieben (RICHTER, 1928).

Beim **Wiederkäuer** ist der Einfluss des Fütterungszeitpunktes nachzuweisen. So beobachteten HAGEMEISTER und UNSHELM (1970) einen Anstieg am Vor- und Nachmittag und eine Depression zum Zeitpunkt der Nachmittagsfütterung. Der Blutzuckergehalt ließ bei der Untersuchung einen deutlichen Anstieg von 10.00 Uhr bis 14.00 Uhr um 7 mg/dl erkennen, danach sinkt die Blutzuckerkonzentration bis 16.00 Uhr um 5 mg/dl. Die Glukosedepression fällt genau auf den Zeitpunkt der Nachmittagsfütterung (HAGEMEISTER and UNSHELM, 1970). Bei **frischmelkenden Kühen** mit hohem Ketonkörperspiegel im Blut erreicht der Glukosegehalt 3 bis 4 Stunden nach Fütterungsbeginn den niedrigsten Wert. Es zeigten sich signifikante tageszeitabhängige und individuelle Schwankungen. Alle mituntersuchten Ketonkörper wie Azeton, Acetoacetat und Betahydroxybutyrat haben einen inversen Tagesverlauf und korrelieren negativ zu den Blutglukosegehalten (ANDERSSON and LUNDSTROM, 1984). Auch BINES *et al.* (1983) beobachteten signifikante Tagesschwankungen von Glukose, Betahydroxybutyrat und Insulin. Auch Müller *et al.* (1982) beobachteten eine Abnahme der Glukosekonzentration im Blut nach der Fütterung. In einer Studie von STAUFENBIEL *et al.* (1992) wurde das Glukose-Insulin-System gesunder Milchkühe auf Gesundheitsstabilität und Milchleistung mittels Tagesprofilen und dem Glukosetoleranztest untersucht. Für Glukose wurde eine signifikante Tagesdynamik nachgewiesen. Die Glukosekonzentration im Plasma schwankte unabhängig vom Abkalbezeitpunkt in den Untersuchungen in engen Grenzen um 3 mmol/l. Beim **Schaf** stellten DOIZE *et al.* (1979) einen Anstieg der Glukosekonzentration 3 bis 4 Stunden nach der Fütterung fest. Auch JASAREVIC (1996) fand einen biphasischen Verlauf mit Maxima am Mittag und Abend. Bei der Glukose beträgt die Standardabweichung der Differenzwerte 0,23 mmol/l (9,38 % des Mittelwertes). Die circadiane Schwankung bei Glukose betrug 42 % der maximalen physiologischen Variation. Der Blutglukosespiegel ist offenbar am stärksten vom Fütterungszeitpunkt abhängig. Bei monogastrischen Tieren steigt nach der Nahrungsaufnahme der Glukosespiegel kurzfristig an (GÜRTLER, 1989). Bei **Pferden** sind postprandiale Spitzenwerte hauptsächlich auf kohlenhydratreiche Futtermitteln bzw. leichtverdauliche Raufaser-Anteile zurückzuführen. Die schwerverdaulichen Futterbestandteile werden erst weiter caudal im Verdauungstrakt aufgeschlossen und erhöhen den Blutglukosespiegel daher nicht unmittelbar (BEST, 1979; STULL and RODIEK, 1988). BUBNA-LITTITZ und JAKSCH (1986) beschreiben in der Nachtphase geringfügig niedrigere Mittelwerte als in der Tagesphase. GREPPI *et al.* (1996) stellten den Verlauf der Glukosewerte mit einem Minimum zum Zeitpunkt der Morgenfütterung (4,2 mmol/l) und ein Maximum zum Mittag (5,5 mmol/l) dar. MILLETICH (2002) fand in seinen Untersuchungen die höchsten Werte für die Glukosekonzentration im Blut am Vormittag. Die Werte lagen hier zwischen 3,27 und 8,1 mmol/l, der Mittelwert beträgt bei einer Standardabweichung von 0,7 - 5,42 mmol/l (97,7 mg/dl).

2.5.7 Freie Fettsäuren (NEFA, non-esterified fatty acids)

Beginnend mit dem Einsetzen der Abkalbung steigt der Bedarf der Milchdrüse an Energie und Nährstoffen für die Milchsynthese. Insbesondere werden höhere Konzentrationen von Glukose, Aminosäuren und Fettsäuren für die Milchsynthese benötigt (BAUMAN and CURRIE, 1980). Der Zeitpunkt der maximalen negativen Energiebilanz liegt in den ersten 4 Wochen post partum (BUTLER and SMITH, 1989).

Bei einem Energiemangel findet im Fettgewebe eine Lipolyse statt. Die so freigewordenen nicht veresterten Fettsäuren gelangen in die Blutbahn. Sie werden zum großen Teil von der Leber aufgenommen und zu Azetyl-Coenzym A (Azetyl-CoA) umgebaut, welches mit Hilfe von Oxalazetat im Citratzyklus zur Energiegewinnung genutzt wird (STEVENS and OLSON, 1984; RUKKWAMSUK *et al.*, 1999). Nach SCHRÖDER und STAUFENBIEL (2006) zeigt die Konzentration der freien Fettsäuren den Grad der Lipolyse zuverlässiger an, als die der Ketonkörper. Die physiologische Konzentration an freien Fettsäuren im Blut von Rindern liegt in einem Bereich von 40 - 500 $\mu\text{mol/l}$ eine Woche post partum. Der Toleranzbereich in dieser Zeit liegt bei 10 bis 620 $\mu\text{mol/l}$ (FÜRLI, 2005).

Bedingt durch einen verstärkten Energiemangel werden die höchsten Konzentrationen an freien Fettsäuren im Blut in den ersten 2 Wochen post partum gemessen, begleitet von einem hohen Gehalt an Leberfett (FÜRLI, 1989; SATO *et al.*, 1999). FÜRLI und KNOBLOCH (1994) berichten über eine maximale Konzentration der freien Fettsäuren zwei Stunden post partum. In dieser Zeit liegt die Konzentration an freien Fettsäuren bei etwa 20 $\mu\text{mol/l}$, wobei starke individuelle Schwankungen zwischen den einzelnen Kühen zu verzeichnen waren (FÜRLI and KNOBLOCH, 1994). Der Parameter dient der Beurteilung des Gesamtfettgehaltes der Leber wobei einer Leberbiopsie eine größere Genauigkeit zugesprochen wird (SCHRÖDER and STAUFENBIEL, 2006).

Auch die NEFA zeigen beim **Rind** eine Tagesdynamik, die aber maßgeblich vom Fütterungszeitpunkt abhängt, wie einige Autoren berichten. Die NEFA zeigen die höchsten Konzentrationen unmittelbar vor der ersten Futtervorlage und die BHB für gewöhnlich danach (NIELSEN *et al.*, 2003; PLAIZIER *et al.*, 2005; WYLIE *et al.*, 2008). Eine Erhöhung der NEFA vor der Futtervorlage wird durch eine geringere Futteraufnahme während der Nacht erklärt (NIELSEN *et al.*, 2003). Nach der ersten Futtervorlage kommt es zu einem starken Absinken der NEFA. Dieser Effekt wird als Resultat einer Insulinausschüttung angesehen, wodurch es zu einer Hemmung der Lipolyse kommt (HERDT, 2000). Auch BORCHARDT (2010) konnte ein Absinken der NEFA nach der Futtervorlage nachweisen. Die Ausprägung war in der **Frühlaktation** deutlich höher als bei den Tieren der **Vorbetreitergruppe**, wo kein signifikanter Effekt der Tageszeit nachzuweisen war. In einer Untersuchung von PLAIZIER *et al.* (2005) sanken die NEFA in der letzten Woche a.p. von 0,3 mmol/l auf 0,1 mmol/l innerhalb von 8 Stunden nach der Futtervorlage ab. In der Untersuchung von BORCHARDT (2010) nimmt die Konzentration der NEFA in der **Frühlaktation** im postprandialen Zeitraum ab (Futtervorlage 10.30 Uhr). Die Konzentration

der NEFA (im Mittel 0,69 mmol/l) um 6.00 Uhr war gegenüber dem Messzeitpunkt um 18.00 Uhr (im Mittel 0,27 mmol/l) signifikant höher. Die Messzeitpunkte 6.00 Uhr und 10.00 Uhr unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Die Konzentration der NEFA um 10.00 Uhr (im Mittel 0,79 mmol/l) war gegenüber den Messungen um 14.00 Uhr, 18.00 Uhr und 2.00 Uhr (im Mittel 0,39 mmol/l, 0,27 mmol/l und 0,42 mmol/l) signifikant und gegenüber 22.00 Uhr (im Mittel 0,46 mmol/l) tendenziell höher. Die niedrigste Konzentration der NEFA wurde um 18.00 Uhr erreicht. Im postprandialen Zeitraum unterschieden sich die Messzeitpunkte nicht voneinander. Die Konzentration der NEFA um 6.00 Uhr am folgenden Tag unterschied sich nicht signifikant zu dem Messzeitpunkt 24 Stunden zuvor. Auch PLAIZIER *et al.* (2005) kamen in ihren Untersuchungen auf ähnliche Ergebnisse. In der ersten Woche p.p. sanken die NEFA von 1,0 mmol/l auf 0,6 mmol/l innerhalb von 8 Stunden nach der ersten Futtervorlage. Auch bei einer diskontinuierlichen Fütterung ist eine Tagesdynamik der NEFA zu beobachten (BRADFORD and ALLEN, 2008). Obwohl die untersuchten Tiere in der **Frühlaktation** mit Ausnahme des Melkvorgangs zu jedem Zeitpunkt Zugang zum Futter hatten, sollte die Vorlage der frischen TMR einen deutlichen Einfluss auf die Fressaktivität und den Stoffwechsel der NEFA haben (BORCHARDT, 2010). In Untersuchungen von BITMAN *et al.* (1990) wurden auch die NEFA unter konstanten Bedingungen und einmaliger Fütterung um 9.00 Uhr auf circadianem Verlauf hin untersucht. Es war weder eine Tagesdynamik, noch ein Hell-Dunkel-Zyklus bei den NEFA feststellbar. GREPPI *et al.* (1996) konnten bei Untersuchungen an **Pferden** einen circadianen Rhythmus des Parameters feststellen, der jedoch maßgeblich vom Fütterungszeitpunkt (8.00 Uhr) abhängig war. Signifikant war ein Absinken der NEFA bis etwa 8 Stunden nach der Fütterung auf einen Wert von im Mittel 3,5 $\mu\text{mol/l}$. Danach stieg der Wert auf sein Maximum (20.00 Uhr) von im Mittel 5,3 $\mu\text{mol/l}$.

2.5.8 β -Hydroxybutyrat (BHB)

Ketonkörper werden bei übermäßigem Abbau von Körperfett infolge eines Energiedefizits gebildet. Dabei entsteht aus den freien Fettsäuren Acetyl-CoA. Es kann nur mit Oxalacetat zur Energiegewinnung genutzt werden. Das Oxalacetat wird jedoch auch für die Synthese von Lactose benötigt. Bei steigender Milchleistung steht weniger Oxalacetat zur Verfügung. Da Acetyl-CoA beim Fehlen von Oxalacetat weiter anflutet, wird es in die Ketonkörper (β -Hydroxybutyrat, Acetoacetat und Aceton) umgewandelt. In dieser Form können sie im peripheren Energiestoffwechsel genutzt werden (TVEIT *et al.*, 1992). Die wasserlöslichen Ketonkörper können bei Wiederkäuern von der Niere, Skelettmuskel, Herz, Gastrointestinaltrakt und Euter zur Oxidation genutzt werden (HEITMANN *et al.*, 1987). β -Hydroxybutyrat macht ca. 81 % der Gesamtketonkörper im Blut gesunder Kühe aus und wird somit als Indikator für die Energiebilanz herangezogen (FILAR, 1979).

Die physiologische Konzentration an BHB im Serum liegt nach KRAFT (2005) in einem Normbereich von:

- 0,05 - 0,5 mmol/l

Eine erhöhte Konzentration an BHB ist unter Beachtung alimentärer Faktoren in jeder Laktationsphase ein Indikator für eine subklinische oder klinische Ketose und einen manifesten Energiemangel (KAUPPINEN, 1983). LOTTHAMMER *et al.* (1988) beschreiben eine gesteigerte Konzentration an Ketonkörpern während der ersten 2 Wochen nach der Kalbung als Inzidenz für eine subklinische Störung des Säure-Basen-Haushaltes. In dieser Zeit ist eine Korrelation zur Konzentration der freien Fettsäuren zu verzeichnen (SCHRÖDER and STAUFENBIEL, 2006). Nach BUSATO *et al.* (2002) tritt die höchste Konzentration an BHB einen Woche nach dem höchsten Gehalt an freien Fettsäuren auf, da BHB verzögert ansteigt.

Eine ausgeprägte Tagesdynamik der BHB beim **Rind** ist bereits unter verschiedenen Fütterungssystemen beschrieben und konnte bei der Untersuchung einer Hochleistungsherde mit einmaliger TMR-Vorlage bestätigt werden. Die Ausprägung der Tagesdynamik war abhängig vom Laktationsstadium und dem basalen Niveau. Die Tagesdynamik und der Einfluss der ersten Futtermittelsvorlage waren ein wesentlicher Faktor bei einer Diskrepanz zwischen den Ergebnissen einer Stoffwechseluntersuchung und den Erwartungen des Untersuchers. Eine Wiederholung der Untersuchung zu verschiedenen Zeitpunkten wäre hier empfehlenswert (BORCHARDT, 2010). Die Konzentration nahm bei den **Vorbereitertieren** und den **Frischlaktierenden** nach der ersten Futtermittelsvorlage zu (BORCHARDT, 2010). Diese Aussage deckt sich auch mit derer anderer Autoren (NIELSEN *et al.*, 2003; PLAIZIER *et al.*, 2005; BRADFORD and ALLEN, 2008). Als Ursache für dieses Verhalten wird die Resorption von Butyrat und anschließende Umwandlung zu BHB im Pansenepithel angesehen (NIELSEN *et al.*, 2003). Die individuellen Reaktionsmuster der Kühe in den beiden Versuchsabschnitten waren jedoch unterschiedlich stark ausgeprägt. In der **Vorbereitergruppe** scheint der BHB-Gehalt im Blut größeren individuellen Schwankungen zu unterliegen (BORCHARDT, 2010). Dies liegt womöglich an dem größeren Einfluss der Futteraufnahme und der ruminogenen Ketogenese auf den Blutgehalt der BHB (NIELSEN *et al.*, 2003). In diesem Abschnitt wird eine ausgeprägte Lipomobilisation nicht erwartet und dementsprechend gering ist der Beitrag der hepatogenen Ketogenese zur BHB-Konzentration im Blut (BORCHARDT, 2010). In der Untersuchung von BORCHARDT (2010) an **frischlaktierenden Kühen** steigt die Konzentration der BHB im postprandialen Zeitraum an (Futtermittelsvorlage 10.30 Uhr). Die Konzentration der BHB ist um 6.00 Uhr und 10.00 Uhr (im Mittel 0,50 mmol/l und 0,55 mmol/l) gegenüber der Messung um 14.00 Uhr und 18.00 Uhr tendenziell niedriger. Die höchste Konzentration der BHB wird um 14.00 Uhr und 18.00 Uhr (im Mittel 0,67 mmol/l) erreicht. Danach nimmt die Konzentration der BHB ab. Die BHB-Konzentration sinkt bis 22.00 Uhr auf einen Wert von im Mittel 0,50 mmol/l.

2.5.9 Kreatinin (Crea)

Kreatinin wird aus Kreatin und Phosphokreatin gebildet und ist ein Produkt des endogenen Muskelstoffwechsels. Wie viel Kreatinin am Tag gebildet wird, hängt vom Gehalt an Kreatinin im Körper ab. Der Gehalt wird durch Syntheserate und Muskelmasse bestimmt,

weshalb muskelkräftige Individuen stets höhere Kreatininspiegel im Blut besitzen (FINCO, 1997). Kreatinin gehört wie der Harnstoff zu den Nicht-Protein-Stickstoffen (NPN) und ist durch den Muskelstoffwechsel auch im Harn nachzuweisen. Kreatinin wird in den Glomeruli der Niere vollständig filtriert (FINCO, 1997). Erhöhte Kreatininkonzentrationen im Blut werden bei einer Niereninsuffizienz beobachtet, da die normale Filtration gestört ist. Die Funktion der Niere kann allerdings bei noch normalen Kreatininwerten schon um die Hälfte eingeschränkt sein (SCHMIDL and FORSTNER, 1985).

Der Normalwert für Kreatinin im Serum von Rindern beträgt nach KRAFT (2005):

- 88 - 177 $\mu\text{mol/l}$
- $256 \pm 106 \mu\text{mol/l}$ Kalb bei der Geburt, $108 \pm 28 \mu\text{mol/l}$ bei älteren Kälbern (KLEE *et al.*, 1985)

Die Erhöhung des Kreatininwertes kann wie der Harnstoffwert prärenale, renale und postrenale Ursachen haben. Dehydratation, Kreislaufinsuffizienz und Herzinsuffizienz kommen als prärenale Ursache in Frage. Eine renale Azotämie kann zum Beispiel durch Nephritis, Nierenleukose, Nierenamyloidose, beidseitiges Trauma, Nephrotoxine ausgelöst werden. Als postrenale Ursache für erhöhte Werte kommen eine Verlegung der Harnwege (Nierenbecken bis zur Urethra) in Frage (KRAFT, 2005).

Eine deutliche Sinuskurve des Kreatinin mit einem Minimum um 16.00 Uhr und einem Wert von 1,05 mg/dl konnte POOSCH (1999) beim **Schwein** nachweisen. Das Maximum zeigte sich 24.00 Uhr mit einem Wert von 2,10 mg/dl (POOSCH, 1999). Nur wenige Untersuchungen sind beim **Menschen** hinsichtlich der Tagesperiodizität des Kreatiningehaltes im Blut unternommen worden. Untersuchungen von KNOLL *et al.* (1978) beweisen deutliche tageszeitliche Schwankungen mit erhöhten Konzentrationen von 14.00 Uhr bis 23.00 Uhr und erniedrigte Werte zwischen 2.00 Uhr und 11.00 Uhr. Beim **Hund** sind in einer Untersuchung von SINGER (1985) erhöhte Werte um 15.00 Uhr gemessen worden. TRAINTINGER (1993) konnte bei **Rindern** keine tageszeitlichen Schwankungen des Kreatininwertes feststellen. Bei **Schafen** zeigten sich in der Untersuchung von JASAREVIC (1996) für Kreatinin leichte Tagesschwankungen mit höheren Werten um 12.00 Uhr und 20.00 Uhr. Diese Werte traten jeweils 4 Stunden nach der Fütterung auf und sind daher mit dieser in Bezug zu setzen. Die Standardabweichung der Differenzwerte beträgt bei Kreatinin 4,94 % des Mittelwertes. MILLETICH (2002) berichtet in seiner Arbeit über das Fehlen des statistisch gesicherten Nachweis von einem Tagesrhythmus für Kreatinin beim **Pferd**. Die Werte lagen zwischen 88,4 $\mu\text{mol/l}$ und 176,8 $\mu\text{mol/l}$, die Standardabweichung bei 16,86 $\mu\text{mol/l}$ und der Mittelwert bei 120,9 $\mu\text{mol/l}$.

2.5.10 Aspartat-Amino-Transferase (ASAT)

Die ASAT ist im Zytoplasma und in den Mitochondrien von Körperzellen lokalisiert. Es handelt sich um ein Enzym, das die Reaktion von α -Aspartat und α -Oxoglutarat unter der Bildung von Glutamat und Oxalacetat katalysiert (SCHWARZMAIER, 1984). Sie benötigt als Co-Faktor Pyridoxal 5-Phosphat und tritt in 2 Isomeren (zytosomale und mitochondriale Form) auf (KRAMER, 1989). Laut SOMMER (1970c) gilt die ASAT als muskel- und leberspezifisch. In einer Untersuchung von FRAHM *et al.* (1978) entdeckten diese in dem Zusammenhang die höchsten Aktivitäten in der Leber, gefolgt von der Skelett- und Herzmuskulatur.

Der Referenzbereich für die ASAT reicht nach KRAFT (2005) bis:

- < 80 IU/l

Ein pathologischer Zellzerfall in diesen Geweben bewirkt eine Erhöhung der ASAT-Aktivität im Serum (SCHWARZMAIER, 1984). LOTTHAMMER (1981) zufolge sprechen erhöhte Aktivitäten der ASAT für Leberbelastungen oder Muskelschäden. Laut BOSTEDT (1974) kommt es bereits unter der Geburt zu einer Erhöhung des ASAT-Wertes. Der Anstieg setzt sich dann post partum weiter fort.

Des Weiteren ist ASAT ein empfindlicher Indikator bei folgenden Erkrankungen:

- Hepatopathien (Hepatitis, Intoxikationen, Stoffwechselstörungen)
- Myopathien (Lumbago, Tetanus, Traumen, Myositis)
- Myokarderkrankungen

Um Muskel oder Lebererkrankungen voneinander abzugrenzen, sollten zusätzliche organspezifische Enzyme wie CK, GGT und GLDH herangezogen werden (DOXEY, 1971). Durch Muskelschäden können starke Anstiege der ASAT- und CK-Aktivitäten induziert werden. Im Gegensatz zur CK ist die ASAT bei Myopathien auch nach 24 Stunden deutlich erhöht (SCHWENDENWEIN, 1995).

LUMSDEN *et al.* (1980) beobachteten in ihren Untersuchungen bei gesunden Rindern zunehmende Werte von im Mittel 34 U/l im Alter zwischen 2 Wochen und einem halben Jahr, auf einen Wert von 37 U/l im Alter von 6 bis 24 Monaten. SOMMER (1970c) zufolge waren Erhöhungen der ASAT-Aktivität bis zum 4. Lebensjahr festzustellen. Auch FURTMAYR (1975) beschreibt einen Anstieg bis zur dritten Laktation und danach folgte mit zunehmendem Alter wieder ein Abfall.

FRAHM *et al.* (1978) konnten keine Einflüsse der Monate oder Jahreszeiten auf die ASAT-Aktivität ermitteln.

PAGE et al. (1960) beschrieben bei Untersuchungen an **Rindern** einen Anstieg der ASAT-Aktivität am Vormittag und ein Absinken zum Abend. HAGEMEISTER und UNSHELM (1968) fanden eine Akrophase um 16.00 Uhr. GABRIS und DURAN (1988) ermittelten das Maximum des ASAT-Wertes um 14.00 Uhr, und ein Minimum um 11.00 Uhr. Eine signifikante Tagesabhängigkeit der ASAT-Aktivität mit einem Varianzanteil von 12 % wurde von HAGEMEISTER und UNSHELM (1968) nachgewiesen. Bei Untersuchungen an **Schweinen** zeigte sich eine sinusförmige Kurve mit einem Maximum um 16.00 Uhr und einem Minimum um 4.00 Uhr. Die Blutwerte lagen zwischen einem Minimum von 15,8 IU/l und einem Maximalwert von 60,0 IU/l (POOSCH, 1999). TOLLERSRUD und GEDDE-DAHL (1971) stellten bei **Schafen** ein Maximum der ASAT-Aktivität um 15.00 Uhr fest. Ihre durchschnittliche Spannweite beträgt im Untersuchungszeitraum 06.00 Uhr - 21.00 Uhr ca. 10 %. Auch JASAREVIC (1996) konnte Tagesschwankungen für die ASAT nachweisen. Die Werte stiegen am Nachmittag von im Mittel 100 U/l und fielen auf niedrigere Werte während der Nacht von im Mittel 87 U/l. In einer Untersuchung von MILLETICH (2002) an **Pferden** konnte keine Tagesperiodik für den ASAT-Wert festgestellt werden. Beim **Menschen** durchgeführte Sinusanpassungen zeigten signifikante circadiane Rhythmen der ASAT-Aktivität mit einer Akrophase um 16.00 Uhr und einer Amplitude von 10 % des Mesors (CASALE and DE NICOLA, 1984).

2.5.11 Kreatinkinase (CK)

Die Kreatinkinase ist ein Enzym, das die Reaktion von Kreatinphosphat + ADP zu Kreatin + ATP katalysiert (SCHMIDL and FORSTNER, 1985).

Es können 3 Isoenzyme nachgewiesen werden (KRAFT, 2005):

- Muskel (CK-MM)
- Herz (CK-MB)
- Gehirn (CK-BB)

Die Isoenzyme entstehen durch Kombination der Untereinheiten M (muscle) und B (brain). Die Gehirn-CK tritt nicht in das Blut über. Deshalb gilt die CK als muskelspezifisch, obwohl sie auch im Gehirn nachgewiesen werden kann. Bei Verdacht auf Muskelkrankheiten wird die Gesamtaktivität bestimmt (KRAFT, 2005). Grundsätzlich hat die CK mit Lokalisation im Zytosol bei Kühen die maximale Aktivität im Skelettmuskel. An zweiter Stelle ist sie im Myokard mit nur noch 50 % der Skelettmuskelaktivität vorhanden. An dritter Stelle folgt der Uterus (FRAHM *et al.*, 1978).

Die Normalwerte für die CK-Aktivität im Blut betragen beim Rind (KRAFT, 2005):

- bis 100 IU/l
- bis 200 IU/l eine Woche post partum

Ungewohnte und starke körperliche Belastung führen zu einem Ansteigen der CK-Aktivität. Eine gewohnte Muskeltätigkeit verändert die Enzymaktivität nicht. Nach Krämpfen und motorischer Unruhe werden mäßig bis stark erhöhte Werte gemessen (Tetanus; Status epilepticus). Hochgradige Aktivitäten kommen bei Aortenthrombosen (Pferd und Katze) vor. Es wird berichtet, dass mit der CK-Bestimmung die durch Vitamin-E- und Selen-Mangel bedingte Myopathie bei Fohlen, Kälbern und Lämmern nachzuweisen ist (SCHMIDL and FORSTNER, 1985). SATTLER und FÜRLI (2004) stellten fest, dass die CK-Aktivitäten im Blutserum bei Kühen auch in einem engen Zusammenhang mit dem Uteruszustand stehen. Die CK-Aktivität ist eine Woche ante partum am geringsten, steigt unter der Kalbung an und fällt dann rasch ab (BOSTEDT, 1974; FURTMAYR, 1975).

Bei Untersuchungen an gesunden Rindern nahm die Aktivität mit zunehmenden Alter ab (LUMSDEN *et al.*, 1980). Die Werte sanken laut LUMSDEN *et al.* (1980) von im Mittel 69 U/l im Alter zwischen 2 Wochen und 6 Monaten auf 60 U/l zwischen 6 und 24 Monaten. Laut FURTMAYR (1975) liegt die CK-Aktivität bei Kühen ab der fünften Laktation unter der Aktivität der vorhergehenden Laktationen.

Systematische Einflüsse der Monate oder Jahreszeiten lassen sich für die CK-Aktivität beim Rind nicht feststellen (FURTMAYR, 1975).

Bei Untersuchungen an **Schweinen** wies POOSCH (1999) ein Maximum um 16.00 Uhr und ein Minimum um 12.00 Uhr nach. Das Minimum liegt bei 60 IU/l und das Maximum bei 1183,5 IU/l. Die Cosinoranalyse errechnete eine mittlere Akrophase um 18.13 Uhr mit einer mittleren Amplitude von 13,46 % des Mesors. Bei **Pferden** konnte MILLETICH (2002) keine Tagesabhängigkeiten der CK-Aktivität feststellen.

2.5.12 Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT)

Die GGT ist ein Enzym, das den Gamma-Glutamyl-Rest von L-Gamma-Glutamyl-3-carboxy-4-nitroanilid auf Glycylglycin überträgt (KRAFT, 2005). Die GGT ist ein überwiegend membrangebundenes Enzym, das in vielen parenchymatösen Organen vorkommt. Es zeigen sich nur in der Niere, Pankreas, Leber und Milz nennenswerte Aktivitäten (SCHMIDL and FORSTNER, 1985). Beim Rind ist die Aktivität in der Niere am höchsten, gefolgt von Pankreas und der Leber. Auch im Dünndarm, Skelett- und Herzmuskulatur, Lunge und der Milchdrüse kann die GGT nachgewiesen werden (RICO *et al.*, 1977; FRAHM *et al.*, 1978).

Beim Rind werden folgende Referenzbereiche für die Aktivität der GGT im Blut gemessen (KRAFT, 2005):

- bis 50 U/l

Bei Kälbern, Schaf- und Ziegenlämmern kommt es in Abhängigkeit von der Kolostrumaufnahme in der frühen postnatalen Periode (6 bis 48 Stunden p.n.) zu einer starken

Erhöhung der GGT-Aktivität, da das Kolostrum sehr reich an GGT ist. Aus diesem Grund kann die GGT-Bestimmung zur indirekten Kontrolle der Kolostrumversorgung von Neugeborenen herangezogen werden (BOSTEDT, 1983).

Obwohl die GGT in den Tubuluszellen der Niere wesentlich höhere Aktivitäten als im Pankreas und in der Leber besitzt, betrifft das klinische Anwendungsgebiet der GGT-Bestimmung im Serum bisher fast ausschließlich die Erkrankungen der Leber und der Gallenwege (SCHMIDL and FORSTNER, 1985). BRAUN *et al.* (1983) fassten für das Rind die von verschiedenen Autoren ermittelten Ursachen für eine Zunahme der GGT-Aktivität zusammen. Als Ursache für erhöhte Blutwerte sind Cholestase, Fasziolose, Lebernekrose, Ketose, Medikamente und Toxine zu nennen.

TRAIKTINGER (1993) konnte bei Untersuchungen an **Rindern** keinen Einfluss der Tageszeit auf die GGT-Aktivität nachweisen. Beim **Schwein** konnte POOSCH (1999) eine Tagesdynamik für die GGT nachweisen. Im Chronogramm zeigte sich ein Maximum um 12.00 Uhr und ein Minimum um 20.00 Uhr. Die Blutwerte bewegten sich zwischen einem Minimum von 7,5 U/l und einem Maximum von 21,75 U/l. Der Mittelwert betrug 14,07 U/l. Beim **Menschen** durchgeführte Sinusanpassungen der GGT-Aktivität im Tagesverlauf ließen keinen signifikanten Rhythmus feststellen ($p=0,08$). Hierfür dürfte ihre kleine Amplitude (5 % des Mesors) verantwortlich sein (CASALE and DE NICOLA, 1984).

2.5.13 Glutamat-Dehydrogenase (GLDH)

Die GLDH ist ein Enzym, das an die Mitochondrienmembran der Hepatozyten gebunden ist und somit als leberspezifisches Enzym anzusehen ist. Innerhalb des Leberläppchens ist die höchste Aktivität in dem zentrolobulären Bereich zu finden. Das Enzym katalysiert die Reaktion von α -Ketoglutarat + NADH + H⁺ \leftrightarrow Glutamat + NAD + H₂O (KRAFT, 2005).

Folgender Referenzbereich wird für die GLDH im Serum von Rindern angegeben (KRAFT, 2005):

- bis 30 U/l

Nur bei schweren Einzelzell-Schäden, die häufig zur Nekrose führen, kommt es daher zum Anstieg der GLDH-Aktivität im Serum (SCHMIDL and FORSTNER, 1985). Beispiele für schwere Leberzellschäden sind: Leberlipidose, Gallestauung, Leberamyloidose, Vergiftungen mit hepatotoxischen Substanzen und akute Hepatitis (KRAFT, 2005).

Der Einfluss auf die GLDH-Aktivität durch die Abkalbung sowie die Laktationsnummer konnte nicht beobachtet werden. Sie lag 11 Tage ante partum bei 4 U/l und veränderte sich sub partum nicht. Färsen zeigten jedoch in den letzten Tagen ante partum signifikant höhere GLDH-Werte als Kühe. Diese Tatsache weist auf eine stärkere Stoffwechselbelastung im Verlauf der Geburtsvorbereitung hin. Post partum war dieser Unterschied nicht statistisch abzusichern (BIRGEL JUN. *et al.*, 1997). Nach LOTTHAMMER *et al.* (1988) sind besonders

postpartal in der Frühlaktation durch subklinische Leberschäden erhöhte GLDH-Aktivitäten zu erwarten.

HAGEMEISTER und UNSHELM (1968) zeigten in ihrer Untersuchung an **Rindern**, dass mit 83,4 % der individuelle Einfluss auf die GLDH-Aktivität überdurchschnittlich hoch ist. Der durchschnittliche Anstieg von 8.00 Uhr bis 16.00 Uhr ist mit 27 % der höchste der untersuchten Enzymaktivitäten. Bei JASAREVIC (1996) zeigte sich in Untersuchungen an **Schafen** ein Tagesverlauf mit maximaler GLDH-Aktivität am Nachmittag, wobei sich aber kein signifikanter Rhythmus erkennen ließ. SINGER (1985) konnte beim **Hund** keinen signifikanten Rhythmus der GLDH nachweisen.

2.5.14 Kalzium (Ca)

Das Kalzium ist ein Mengenelement. Seine Konzentration beträgt mehr als 50 mg/kg Körpermasse. Kalzium ist an vielen verschiedenen physiologischen Prozessen beteiligt. Hierzu zählen die Blutgerinnung, Mineralisierung des Körperskeletts, Reiz und Erregungsübertragung und die Muskelaktionen. Der Serumkalziumspiegel stellt nur einen kleinen Teil des im Körper befindlichen Kalziums dar (PFEFFER, 2000). Das Skelett enthält 99 % des gesamten Körperkalziums. Die Kalziumspeicher im Knochen erreichen beim Rind mit ca. einem Jahr ihr Maximum und verringern sich danach bis zu einem Alter von etwa neun Jahren. Die Wiederkäuer können weitere Kalzium-Phosphor-Verhältnisse tolerieren als Monogastrier (HORST, 1986).

Die Aufrechterhaltung des Kalziumspiegels im Blut ist lebensnotwendig für verschiedene physiologische Prozesse des Rindes. Es besteht ein ständiger Austausch zwischen dem Kalzium des Skeletts und dem Kalzium im Blut. Steigt die Blutplasmakonzentration wird durch eine gesteigerte Ausschüttung des Schilddrüsenhormons Calcitonin die Freisetzung von Kalzium aus dem Skelett verringert und die renale Ausschüttung erhöht. Gleichzeitig wird die Resorption von Kalzium aus dem Darm verringert, da weniger $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ (Calcitriol) in der Niere gebildet wird. Die zwei natürlichen Hauptquellen für Vitamin D beim Wiederkäuer basieren auf der photochemischen Umwandlung des 7-Dehydrocholesterol in Vitamin D_3 in der Haut oder auf der photochemischen Umwandlung des Ergosterol in Vitamin D_2 in der pflanzlichen Nahrung. Die Vitamine D_2 und D_3 können auch in kristalliner Form dem Futter beigemischt werden. Vitamin D_3 gelangt über die Haut in die Extrazellulärflüssigkeit und ist dort für den weiteren Stoffwechsel verfügbar. Wird das Vitamin bereits mit dem Futter aufgenommen, beginnt der Vitamin-D-Metabolismus bereits im Pansen. Nach der Umwandlung in $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ in der Leber wird es in viele verschiedene Metaboliten umgewandelt. Verringert sich die Blutplasmakonzentration, wird vermehrt Parathormon aus der Nebenschilddrüse freigesetzt, wodurch wiederum Kalzium aus dem Skelet freigesetzt wird. Gleichzeitig wird die Resorption im Darm durch die vermehrte Bildung von $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ in der Niere erhöht. Somit hält der Organismus die Kalziumhomöostase im Blut mittels Parathormon und Calcitriol möglichst konstant (GOFF, 2000).

Der Referenzwert für Kalzium im Blut beim Rind beträgt nach KRAFT (2005):

- 2,3 - 3,0 mmol/l für Gesamtkalzium

Im Zeitraum von einem Tag ante partum bis zwei Tage post partum kommt es zur Absenkung der Konzentration des Gesamtkalziums auf 2 mmol/l (physiologische Hypokalzämie). Die Konzentration des ionisierten Kalziums kann auf einen Wert von 1 mmol/l absinken (KRAFT, 2005).

Es gibt zahlreiche Ursachen für eine Hypokalzämie. So können Hypoparathyreoidismus, Malabsorption, Hypercalcitonismus, Vitamin-D-Mangel und Niereninsuffizienz eine Hypocalcämie verursachen (SCHMIDL and FORSTNER, 1985). Als wichtigste Erkrankung des Milchrindes ist an dieser Stelle die Gebärparese zu nennen. Andere Bezeichnungen der Gebärparese sind Gebährähmung, Gebärkoma, Milch- oder Kalbefieber, puerperales Festliegen oder Paresis puerperalis. Es wird zwischen der klinisch manifesten Gebärparese und der subklinischen Hypokalzämie unterschieden. Die klinisch manifeste Gebärparese ist gekennzeichnet durch Festliegen der Tiere aufgrund eines akuten Kalziummangels um die Kalbung herum (STAUFENBIEL, 1999). Als häufigste Ursachen für eine Hypercalcämie sind Hyperparathyreoidismus, bösartige Tumore und Vitamin-D-Hypervitaminose zu nennen (SCHMIDL and FORSTNER, 1985).

In Untersuchungen von LUMSDEN *et al.* (1980) nahm die Kalziumkonzentration bei gesunden Rindern mit zunehmendem Alter ab. Dabei verminderte sich die Serumkonzentration von Kalzium bei LUMSDEN *et al.* (1980) von im Mittel 2,54 mmol/l im Alter zwischen 2 Wochen und 6 Monaten auf 2,50 mmol/l zwischen 6 Monaten und 2 Jahren. Bei BERGLUND und OLTNER (1983) sank der Kalziumspiegel von 2,75 mmol/l im Alter von 6 Monaten auf 2,49 mmol/l mit 24 Monaten.

Bezüglich der Tagesdynamik von Kalzium wiesen STAMPFLI *et al.* (1980a) bei **Rindern** ein erstes Minimum zwischen 4.30 Uhr und 8.30 Uhr nach mit einem Wert von 2,3 mmol/l, dann stieg der Wert wieder und erreichte sein Maximum um 12.30 Uhr mit 2,55 mmol/l, und fiel dann ein zweites Mal gegen 18.30 auf einen Wert von 2,27 mmol/l. Auch für Kalzium konnte JASAREVIC (1996) bei **Schafen** Tagesschwankungen in seinen Untersuchungen darstellen, die eng mit der Na-, K- und Cl-Konzentration korrelieren und signifikant von der Fütterung abhängig waren. Bei Untersuchungen an **Hühnern** fanden SLOAN *et al.* (1974) einen circadianen Rhythmus der Ca-Konzentration im Blut mit einem Maximum in der Nacht um 24.00 Uhr und einem 2. Peak gegen 12.00 Uhr. Bei **Pferden** konnte in den Versuchen von GREPPI *et al.* (1996) bei zweimaliger Fütterung kein signifikanter Tagesrhythmus für Kalzium nachgewiesen werden. Der Wert schwankte dabei um 3,5 mmol/l.

2.5.15 Anorganisches Phosphat (P)

Das Phosphat ist zu 80 % im Skelettsystem gebunden. Es ist ein wichtiger Bestandteil der Nucleinsäuren und Phosphatide. Das Phosphat spielt auch als Phosphatpuffer im Blut eine Rolle (SCHREIBER, 1980). Im Plasma liegt Phosphor als anorganisches und organisches Phosphat vor. Intrazelluläres Phosphat liegt vorwiegend in organischer Form vor und anorganisches Phosphat befindet sich vor allem extrazellulär (KNOCHEL, 1985). Der Niere kommt als Regulationsorgan bei der Aufrechterhaltung der Phosphathomöostase die wichtigste Rolle zu. Außerdem kann bei einer extremen Unterversorgung Phosphat auch aus dem Knochen freigesetzt werden (MAYER, 2004).

Die physiologische Konzentration von anorganischen Phosphat im Serum von Rindern liegt nach KRAFT (2005) bei:

- 1,6 - 2,3 mmol/l

Im Alter fällt die anorganische Phosphatkonzentration ab (SHAFFER *et al.*, 1981; BERGLUND and OLTNER, 1983). Die Phosphatkonzentrationen beim Rind verlaufen nach KRAFT (2005) wie folgt.

- 2,6 - 3,5 mmol/l bis 2 Monate
- 2,5 - 3,1 mmol/l 2 - 6 Monate
- 2,4 - 2,9 mmol/l 6 - 12 Monate
- 1,6 - 2,4 mmol/l 12 - 18 Monate

Eine Hyperphosphatämie ist bei Jungtieren als physiologisch anzusehen. Des Weiteren sind erhöhte Konzentrationen bei Kalziosen, akuten Azidosen und bei Knochenheilung anzutreffen. Eine Hypophosphatämie findet man hingegen bei Rachitis, Osteomalazie, Gebärparese und Phosphatmangelernährung (KRAFT, 2005).

Im Zeitraum von einem bis zwei Tagen post partum kann es zur Absenkung der Phosphatkonzentration auf 1,25 mmol/l kommen (KRAFT, 2005). CALL *et al.* (1987) stellten bei Kühen eine verminderte Serumkonzentration an anorganischem Phosphat im Zusammenhang mit einer phosphatdefizienten Fütterung fest. Es konnten gleichzeitig eine herabgesetzte Milchleistung und Gewichtsverlust beobachtet werden. GIBSON *et al.* (1987) entdeckten einen moderaten Abfall der anorganischen Phosphatkonzentration während der letzten 2 Wochen ante partum und einen Wiederanstieg in den ersten 4 Wochen post partum. PAYNE *et al.* (1973) und POULSEN (1974) konnten keinen signifikanten Unterschied der anorganischen Phosphatkonzentration im Verlauf eines Jahres beobachten.

Bei **Schafen** wies JASAREVIC (1996) eine Tagesdynamik für die Phosphatkonzentration nach. Der Tagesverlauf zeigt geringgradige Schwankungen mit einem Maximum am Tag und Minimum in der Nacht. In Untersuchungen an **Schweinen** wies POOSCH (1999) ein

Minimum um 20.00 Uhr und ein Maximum um 24.00 Uhr und 4.00 Uhr nach. Die Werte für anorganisches Phosphat lagen im Mittel bei 6,13 mg/dl. Das Minimum lag bei 3,98 mg/dl und das Maximum bei 8,03 mg/dl. Die Werte befanden sich damit innerhalb der angegebenen Referenzwerte. Beim **Pferd** konnten LEPAGE *et al.* (1991) Tagesschwankungen für das anorganische Phosphat mit einem Minimum um 12.00 Uhr und 20.00 Uhr und einem Maximum um 16.00 Uhr und 4.00 Uhr nachweisen. In einer Untersuchung von GREPPI *et al.* (1996) hatte der Fütterungszeitpunkt (8.00 Uhr und 19.30 Uhr) einen signifikanten Einfluss auf die Konzentration von PO₄. Dabei kam es in den Versuchen 4 Stunden nach den Fütterungen zu starken Anstiegen auf Werte von im Mittel 1,2 mmol/l. Der Blutphosphat-Spiegel unterliegt beim **Menschen** circadianen Schwankungen mit einem Maximum am späteren Abend und einem Minimum am frühen Morgen (KNOCHEL, 1985).

2.5.16 Chlorid (Cl)

Der osmotische Druck im Extrazellulärraum wird neben Natrium auch von Chlor bestimmt, das dort das wichtigste Anion darstellt (CARLSON, 1997). Nur etwa 12 % des Gesamtchlorids befinden sich im Intrazellulärraum und im Bindegewebe. Die Chloridkonzentration im Blut ändert sich gleichartig mit der Natriumkonzentration und folgt dieser dabei passiv und umgekehrt zum Bikarbonatspiegel. Dieser Vorgang ist z. B. im Verlauf einer metabolischen Alkalose mit erhöhtem Bikarbonatspiegel zu beobachten (KRAFT, 2005). Da der Chloridtransport mit dem anderer Ionen verbunden ist, spielt Chlorid eine zentrale Rolle bei der Produktion von Cerebrospinalflüssigkeit, der Elektrolytaborption und der Sekretion im Magen-Darm-Trakt. Der Chloridmetabolismus wird sekundär zu dem des Natriums reguliert (CARLSON, 1997).

Die Chloridkonzentration im Blut von Rindern schwankt um einen Wert von (KRAFT, 2005):

- 95 - 100 mmol/l

Eine Hyperchlorämie kann bei akutem Nierenversagen, geringer Wasseraufnahme, metabolischer und respiratorischer Azidose auftreten. Eine Hypochlorämie kommt bei kochsalzreicher Nahrung, profusem oder chronischem Erbrechen, Durchfall und Labmagenverlagerung vor (KRAFT, 2005). FÜRLI *et al.* (1998) beschreiben höhere Konzentrationen von Chlorid vor der Kalbung als nach der Kalbung. SETZ (2000) berichtet in seinen Untersuchungen an Kühen über höhere Chloridkonzentrationen ein bis fünf Tage post partum, verglichen zu Kühen mit 6 bis 39 Tagen bzw. 40 bis 100 Tagen post partum. BARAKAT und HASSANEIN (1969) konnten in Ägypten keinen signifikanten Unterschied der Chloridkonzentration im Blut von Holstein-Kühen im Verlauf eines Jahres feststellen. Gleiche Ergebnisse erhielt POULSEN (1974) bei Untersuchungen an Kühen in Dänemark.

TUMBLESON *et al.* (1973) konnten für die Chloridkonzentration im Blut keine Rasse- und Altersunterschiede feststellen. JENKINS *et al.* (1982) hingegen beschreiben einen

signifikanten Anstieg des Chloridwert ab dem 4. Lebensmonat und mit weiter steigendem Alter.

Bei Untersuchungen an **Rindern** fanden STAMPFLI *et al.* (1980a) die höchsten Chloridkonzentrationen in der zweiten Tageshälfte zwischen 14.30 Uhr und 22.30 Uhr. Dabei betragen die Werte im Mittel 104 mmol/l. Ein Minimum wurde gegen 8.30 Uhr mit einem Wert von im Mittel 101 mmol/l gemessen. In einer Arbeit von POOSCH (1999) konnte anhand von Tagesprofilen auch eine Dynamik von Chlorid im Blut von **Schweinen** nachgewiesen werden. Im Mittel lagen die Werte mit 105,8 mmol/l innerhalb der in der Literatur angegebenen Werte. Auch die Minimum- und Maximalwerte liegen mit 93,8 mmol/l und 113,4 mmol/l nahe bei der jeweils unteren und oberen Grenze der Referenzwerte. Das Chronogramm zeigt einen Anstieg ab 12.00 Uhr und ein Maximum um 16.00 Uhr. Das Minimum liegt bei 24.00 Uhr.

2.5.17 Kalium (K)

Etwa 98 % des Kaliums im Körper befinden sich im Intrazellulärraum. Durch die Natrium-Kalium-ATPase werden die unterschiedlichen Konzentrationen von Natrium und Kalium zwischen Extra- und Intrazellulärraum aufrechterhalten. Die Niere reguliert das extrazelluläre Kalium. Der Kaliumtransport wird hierbei hormonell gesteuert, indem Kalium bei geringer Aldosteronausschüttung resorbiert wird und bei hoher Ausschüttung sezerniert wird (GOFF, 2004). Kommt es zu Elektrolytverlusten, können diese anfänglich durch Elektrolytverschiebungen ausgeglichen werden. Besteht der Verlust jedoch länger, kommt es auch zu Elektrolytverschiebungen zwischen Extra- und Intrazellulärraum und aus den Speichern. Kaliumverluste aus dem Extrazellulärraum werden aus der Muskulatur ersetzt (KRAFT, 2005).

Der Referenzwert für Kalium im Blut von Rindern beträgt nach KRAFT (2005):

- 3,5 - 4,5 mmol/l

GARTNER *et al.* (1966), TUMBLESON *et al.* (1973) und STAMPFLI *et al.* (1980b) beobachteten in ihren Untersuchungen an gesunden Rindern eine Abnahme der Kaliumkonzentration mit zunehmendem Alter. TUMBLESON *et al.* (1973) wiesen bei Holstein-Rindern signifikant niedrigere Mittelwerte von im Durchschnitt 4,06 mmol/l zwischen 1,5 und 2,5 Jahren gegenüber 4,77 mmol/l bei unter 0,5 Jahren alten Tieren nach. GARTNER *et al.* (1966) wiesen verminderte Konzentrationen von 4,88 mmol/l in den ersten 11 Monaten auf 4,57 mmol/l zwischen 13 und 23 Monaten nach. Bei der Untersuchung von STAMPFLI *et al.* (1980b) sanken die Werte von 4,75 mmol/l auf 4,5 mmol/l zwischen 5 und 24 Monaten.

Bei **Rindern** fanden STAMPFLI *et al.* (1980a) in ihren Untersuchungen eine Tagesdynamik für Kalium im Blut, wobei diese zwischen 4.30 Uhr und 8.30 Uhr auf Werte von ca. 3,6 mmol/l fielen, um danach wieder auf 4,4 mmol/l anzusteigen. Gegen 18.30 Uhr kam es erneut zu einem Absinken der Kaliumkonzentration. Bei UNSHELM und HAGEMEISTER (1971) kam es zu einem Anstieg bis zum Mittag, dem dann wiederum ein Abstieg und ein Minimum um 16.00 Uhr folgte. Bei **Schafen** zeigten sich für die Kaliumkonzentration im Blut Tagesschwankungen, die mit der Natrium- und Chloridkonzentration korrelierten (positive Korrelation) (JASAREVIC, 1996). Eine circadiane Dynamik des Kaliumwertes konnte auch POOSCH (1999) bei **Schweinen** nachweisen. Die Werte lagen im Mittel bei 4,46 mmol/l an der unteren Grenze, der in der Literatur angegebenen Referenzwerte. Der Minimalwert lag bei 3,8 mmol/l und der Maximumwert bei 5,7 mmol/l. Das Chronogramm beschreibt eine Sinuskurve mit einem Maximum um 20.00 Uhr und einem Minimum um 16.00 Uhr.

2.5.18 Natrium (Na)

Natrium ist das in der Extrazellulärflüssigkeit mit der höchsten Konzentration vorkommende Kation. Die Extrazellulärflüssigkeit enthält die Hälfte und bis zu zwei Drittel des Körperrnatriums. Der größte Anteil des restlichen Natriums befindet sich in den Knochen (CARLSON, 1997). Der Natriumspiegel wird durch das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System reguliert. Es nimmt Einfluss auf den Transport von Natrium im Nierenepithel, Magen-Darm-Trakt und den Schweißdrüsen und hält so die Natriumkonzentration in sehr engen Grenzen (FETTMAN, 2004).

Die physiologische Natriumkonzentration im Blut von Rindern beträgt nach KRAFT (2005):

- 135 - 157 mmol/l

Eine vermehrte Kochsalzaufnahme, Kochsalzvergiftung, zu geringe Wasseraufnahme und Hyperaldosteronismus können zu einer Hypernaträmie führen. Eine hohe kurzzeitige Wasseraufnahme, Erbrechen und Durchfall mit erhöhtem Wasserverlust können eine Hyponaträmie verursachen (KRAFT, 2005).

GARTNER *et al.* (1966) und TUMBLESON *et al.* (1973) konnten für die Natriumkonzentration im Blut von Rindern keine Altersunterschiede feststellen.

Bei **Rindern** zeigten sich in Untersuchungen von UNSHELM und HAGEMEISTER (1971) deutliche Tagesschwankungen von Natrium, deren Werte sich von 8.00 Uhr bis 14.00 Uhr verringerten, um hiernach wieder anzusteigen mit einem zweiten Maximum gegen 16.00 Uhr. Auch JASAREVIC (1996) konnte für die Natriumkonzentration im Blut von **Schafen** eine Tagesdynamik feststellen. Der Tagesverlauf beginnt mit Maxima am Morgen und Vormittag und wird von einer Verminderung am Abend und in der Nacht abgelöst. Der Verlauf der Untersuchungsergebnisse zeigt einen direkten zeitlichen Zusammenhang mit der Fütterung.

Auch bei **Schweinen** zeigten sich signifikante Tagesschwankungen für die Natriumkonzentration im Blut (POOSCH, 1999). Das Chronogramm zeigte annähernd eine Sinuskurve mit einem Maximum um 16.00 Uhr und einem Minimum um 4.00 Uhr in der Nacht. Der Mittelwert der Natriumwerte betrug dabei 152,59 mmol/l. Die Werte schwankten zwischen einem Minimum von 144,08 mmol/l und einem Maximum von 164,85 mmol/l. Dabei lagen alle Werte innerhalb der Referenzwerte.

2.5.19 Magnesium (Mg)

Zu 75 % kommt Magnesium im Skelettmuskel vor. Die intrazelluläre Konzentration ist fast 15-mal höher als im Serum. Magnesium hat im Extrazellulärraum Einfluss auf den Überträgerstoff Acetylcholin (KRAFT, 2005). Magnesium ist auch für viele andere Funktionen im Körper wichtig. Hierzu gehören Reiz- und Erregungsübertragung, Mineralisation des Skeletts und die Aktivierung vieler Enzyme. Für Magnesium gibt es im Körper keine Mechanismen, die dessen Homöostase regulieren. Somit hängt die Aufrechterhaltung der Magnesiumkonzentration beim Rind fast vollständig von der Menge ab, die mit der Nahrung aufgenommen wird (GOFF, 2004). TOMAS und POTTER (1976) wiesen eine Magnesiumresorption im Reticulo-Rumen nach und nicht im Omasum, wie es andere Autoren zuvor angenommen hatten.

Der Referenzbereich für Magnesium im Blut von Rindern liegt zwischen einem Wert von (KRAFT, 2005):

- 0,8 - 1,3 mmol/l

Eine Hypermagnesiämie ist selten und wird zum Beispiel bei einer Gebärpause, Exsikkose, Niereninsuffizienz und iatrogener Überdosierung beobachtet. Eine Hypomagnesiämie kann durch Malabsorption, Hypercalcämie, hypokaliämische Azidose, Glukoseinfusion, Aminoglykoside, Insulininjektion und Cholestase verursacht werden (KRAFT, 2005). Eine Hypomagnesiämie wird bei Rindern beobachtet, wenn ein fütterungsbedingter Magnesiummangel und saisonabhängige Magnesium-Verdaulichkeitsdepression vorliegen (ROSOL and CAPEN, 1997). Sie entsteht vornehmlich bei weidenden Kühen im Frühjahr und Herbst, wenn zusätzlich der Bedarf durch Körpergewichtszunahme und Milchproduktion erhöht ist. Der Wechsel von der Winterration auf Weidegras kann zur befürchteten Senkung der Magnesium-Verdaulichkeit führen und schließlich in einer Weidetetanie enden (SCHOLZ, 1980).

GARTNER *et al.* (1966), LUMSDEN *et al.* (1980) sowie BERGLUND und OLTNER (1983) wiesen in ihren Untersuchungen an gesunden Kühen eine Zunahme der Magnesiumkonzentration im Blut mit steigendem Alter nach. Bei BERGLUND und OLTNER (1983) nahm sie zwischen 3 und 24 Monaten von im Mittel 0,84 mmol/l auf 0,93 mmol/l zu. Bei LUMSDEN *et al.* (1980) war ein Anstieg von 0,9 mmol/l zwischen 2 Wochen

und 6 Monaten auf 0,95 mmol/l zwischen 6 Monaten und 2 Jahren zu verzeichnen. GARTNER *et al.* (1966) berichteten über einem Anstieg von 0,9 mmol/l in den ersten 11 Monaten auf 1,09 mmol/l zwischen 13 und 23 Lebensmonaten.

In einer Untersuchung von STAMPFLI *et al.* (1980a) an **Rindern** zeigten sich erhöhte Magnesiumwerte von 10.30 Uhr bis 16.30 Uhr. Der Maximalwert war um 14.30 Uhr mit 1,1 mmol/l zu messen. Die Minimalwerte waren um 6.30 Uhr und 16.30 Uhr signifikant. Der Magnesiumspiegel bewegte sich hier bei etwa 0,85 mmol/l. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen UNSHELM und HAGEMASTER (1971). Diese beobachteten ein Maximum von 12.00 Uhr bis 14.00 Uhr. Auch beim **Schwein** sind sinusförmige Tagesschwankungen des Magnesiumwertes beschrieben. Die Blutwerte betragen im Mittel 1,87 mmol/l. Das Minimum wies 1,58 mg/dl und das Maximum 2,25 mg/dl auf. Das Minimum zeigte sich zwischen 20.00 Uhr und 24.00 Uhr und das Maximum war gegen 12.00 Uhr feststellbar (POOSCH, 1999).

2.6 Harnparameter

2.6.1 Kreatinin (Crea)

Etwa zwei Prozent des Muskelkreatins werden täglich durch Dehydratisieren zu Kreatinin abgebaut, über den Blutweg der Niere zugeführt und dort über den Harn ausgeschieden. Dieser Abbau ist irreversibel. Die Ausscheidung erfolgt größtenteils glomerulär durch Filtration (BOEHNCKE and RIEDER, 1974). Kreatinin wird in geringen Mengen im Tubulussystem sezerniert und keinesfalls rückresorbiert, so dass der Kreatiningehalt im Urin in etwa der glomerulär filtrierte Menge entspricht (SCHEUNERT and TRAUTMANN, 1987). Andere Autoren bezweifeln eine alleinige glomeruläre Filtration von Kreatinin. KETZ (1960) führt eine tubuläre Sekretion bei erwachsenen Rindern und eine geringe tubuläre Rückresorption bei Kälbern an. BOEHNCKE und RIEDER (1974) zeigten, dass die Höhe der Kreatininausscheidung vom Kreatinvorrat des Körpers und damit von dessen Muskelmasse abhängig ist. Sie bemerkten eine streng lineare Beziehung zwischen Körpermasse und täglicher Kreatininausscheidung unabhängig vom Harnvolumen. So ergab sich bei männlichen Mastkälbern mit Körpermassen zwischen 60 kg und 174 kg eine mittlere Kreatininausscheidung von $0,33 \pm 0,02$ mmol ($37,4 \pm 2,2$ mg) pro Tag und Kilogramm Lebendmasse. Nach STAUFENBIEL (2011) steigt die Kreatininkonzentration, wenn die Wasseraufnahme zurückgeht. In der Literatur finden sich keine Angaben zur Kreatininkonzentration im Harn beim Wiederkäuer. STAUFENBIEL (2011) empfiehlt als Referenz für die Kreatininkonzentration im Harn einen Wert von < 10.000 $\mu\text{mol/l}$.

DE GROOT und AAFJES (1960) zeigten, dass die Menge des ausgeschiedenen Kreatinin im Verlauf eines Tages bei **Rindern** konstant bleibt und somit keiner circadianen Rhythmik unterliegt. Das Fehlen einer circadianen Rhythmik wird von BOEHNCKE (1980) bestätigt. Auch KETZ (1960) berichtet über annähernd gleichbleibende Kreatininausscheidungen innerhalb von 24 Stunden bei Versuchen an Jungrindern.

2.6.2 Wasserstoffionenkonzentration (pH-Wert)

Alle lebenserhaltenden Vorgänge im Organismus sind an bestimmte pH-Bereiche gekoppelt. Kommt es zu Änderungen des pH-Wertes im Blut in saure bzw. alkalische Bereiche, kann dies mit Einschränkungen der Körperfunktionen verbunden sein (HASKINS, 1977). Der Säure-Basen-Haushalt wird im wesentlichen von zwei Komponenten beeinflusst, die aus dem Intermediärstoffwechsel stammen: CO₂ als flüchtige Säure und den Protonen der nicht flüchtigen Säuren (GREILING and ARNDT, 1995). Um den Säure-Basen-Haushalt und damit den pH-Wert konstant zu halten, stehen dem Organismus verschiedene Mechanismen zur Verfügung (HARTMANN and BERCHTHOLD, 1997; ENGELHARDT, 2010).

H⁺-Abgabe / Verbrauch:

- intra- und extrazelluläre Neutralisation der H⁺-Ionen
- Elimination von CO₂ über die Lunge
- Elimination von H⁺-Ionen über die Niere und Reabsorption von HCO₃⁻
- Überführung organischer Salze Citrat, Aconitat, Fumarat in deren Säuren (Pflanzenfresser), dadurch H⁺-Verbrauch

H⁺-Produktion / Aufnahme:

- über CO₂ aus dem oxidativen Metabolismus (hauptsächlich Citratzyklus / Atmungskette)
- über H₂SO₄ / H₃PO₄ aus dem oxidativen Abbau S- und P-haltiger AS (Fleischfresser)
- H⁺-Produktion als Folge von Pufferverlust z.B. durch HCO₃⁻-Ausscheidung über die Nieren, Verlust über den Kot bei Durchfall und durch Verlust über den Speichel

Beim Wiederkäuer stellen die verdauungsphysiologischen Besonderheiten einen prädisponierenden Faktor bezüglich der Störungen des Säure-Basen-Haushaltes dar (FÜLL, 1993). Beim Vorliegen von chronischen Belastungen in Form von latenten Alkalosen oder Azidosen kann es zu Gesundheitsstörungen kommen. Im Gegensatz zur Blutanalyse liefert die Harnanalyse bessere diagnostische Informationen. Die pH-Werte des Rinderharns liegen in einem Bereich zwischen 7,0 und 8,0. Etwa 2 - 3 Wochen a.p. kann es zum Absinken des Harn-pH-Wertes kommen. Durch die verminderte Futteraufnahme in dieser Zeit kann es dann wiederum zu einer Verdauungsstörung kommen (BOUDA, 1998). Die „Reaktion“ des Urins

ist somit erheblich durch die Fütterung beeinflussbar. Die Harnreaktion hängt neben dem Gehalt an Puffersubstanzen sehr stark von der mit der Nahrung aufgenommenen Kationen (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) und Anionen (Cl^- , S^{2-} , HPO_4^{2-}) ab (Futterbasenüberschuss nach Liebig) (KRAFT, 2005).

Auch für den pH-Wert ist eine Tagesdynamik bei **Rindern** beschrieben, die aber sehr stark an der Futteraufnahme orientiert ist. In einer Untersuchung von LÖFFLER (2005) wurde im Tagesprofil sichtbar, dass der Harn-pH-Wert unter der Verwendung saurer Salze einer fütterungsbedingten tageszeitlichen Rhythmik unterliegt. Der Parameter zeigte einen signifikanten Abfall zwischen 7.00 Uhr (vor der Fütterung) und 19.00 Uhr (nach zweimaliger Fütterung sowie etwa 4 Stunden nach der zweiten experimentellen Salzzuführung). Keine bzw. nur geringe Schwankungen vom pH-Wert waren bei den Kontrolltieren ohne Salzs Supplementierung messbar. In der Untersuchung von JESSEN (2010) war mit einem Signifikanzniveau von $p = 0,411$ kein Zeiteffekt auf den Harn-pH innerhalb von 24 Stunden messbar.

2.6.3 Ammoniumion (NH_4^+)

NH_4^+ entsteht als Endprodukt der Ammoniakpufferung im Harn. Mit zunehmender azidotischer Belastung des Säuren-Basen-Haushaltes erhöht sich die NH_4^+ -Ausscheidung (BROBST, 1983; WANG and BEEDE, 1992; FÜRLL, 1993). Aus Glutaminsäure und einigen anderen Aminosäuren wird in den Nierenzellen Ammoniak gebildet, welches in das Tubuluslumen diffundieren kann und dort zusammen mit H^+ -Ionen Ammoniumionen (NH_4^+) bildet (DAVENPORT, 1973).

Der Referenzbereich für NH_4^+ im Harn von Milchrindern beträgt nach DIRKSEN *et al.* (2002):

- < 10 mmol/l

Bei Hochleistungskühen mit konzentrierter Fütterung gibt DIRKSEN *et al.* (2002) folgenden physiologischen Bereich an:

- < 25 mmol/l

Literaturquellen zu Untersuchungen der Tagesdynamik von NH_4^+ liegen zu diesem Zeitpunkt für diese Arbeit nicht vor.

2.6.4 Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung (NSBA)

Johannes Nicolaus Brønsted definierte Säuren als Substanzen, die H^+ -Ionen (Protonen) abgeben können (Protonendonatoren) und Basen als Stoffe, die H^+ -Ionen aufnehmen können (Protonenakzeptoren). Im Harn sind dies vor allem die in Tabelle 1 dargestellten und durch Titration mit HCl bzw. NaOH summarisch erfassbaren Kationen sowie Anionen (KRAFT 2005).

Tabelle 1: Basen und Säuren im Harn

Basen	K^+	Na^+	HCO_3^-	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Säuren	Cl^-	SO_4^{2-}	HPO_4^{2-}	NH_4^+	organische Säuren

Als Referenzbereich für die Basenausscheidung im Harn gibt FÜRLL (1993) 150 - 220 mmol/l und für die Säuren 50 - 100 mmol/l an. Zwei Wochen a.p. sind Konzentrationen < 300 mmol/l als normal anzusehen (FÜRLL and KIRBACH, 1997). DIRKSEN *et al.* (2002) geben für Hochleistungskühe mit konzentratreicher Fütterung für die Basen im Harn einen physiologischen Bereich von 20 - 250 mmol/l und für die Säuren 20 - 120 mmol/l an.

Bildet man die Differenz, so erhält man die Netto-Säure-Basen-Ausscheidung = Basen - Säure (mmol/l) (KRAFT, 2005). Für die NSBA liegt der Optimalbereich zwischen 80 und 220 mmol/l. Die Abnahme der NSBA zeigt azidotische und Zunahmen alkalotische Belastungen des Säure-Basen-Haushalts an. Veränderungen der NSBA treten früher als die des pH-Werts ein, da dieser erst nach Erschöpfung des Puffervermögens reagiert und die NSBA aber bereits die Beanspruchung der Puffer anzeigt (KRAFT, 2005). Die NSBA gilt als Parameter subklinischer Störungen des Säure-Basen-Haushaltes (KUTAS, 1965). Eine erniedrigte NSBA korreliert mit erhöhten Bilirubin- und Ketonkörper-Konzentrationen (β -Hydroxybuttersäure) und kann dem Auftreten von Puerperalstörungen zugeordnet werden. Eine erhöhte NSBA korreliert gleichfalls mit gesteigerten Konzentrationen an Bilirubin- und Ketonkörpern (FÜRLL, 1993).

Für die NSBA ist eine Tagesdynamik bei **Rindern** beschrieben, die aber stark an der Futteraufnahme orientiert ist. In einer Untersuchung von LÖFFLER (2005) war im Tagesprofil nachweisbar, dass die NSBA unter der Verwendung saurer Salze (z.B. Kalziumsulfat) einer fütterungsbedingten tageszeitlichen Rhythmik unterliegen. Die sauren Salze wurden in den Untersuchungen zur Ansäuerung des Organismus genutzt, um dessen Wirkung im Rahmen der Gebärpause-Prophylaxe zu beurteilen. Die NSBA zeigte einen

signifikanten Abfall zwischen 7:00 Uhr (vor der Fütterung) und 19:00 Uhr (nach zweimaliger Fütterung sowie etwa vier Stunden nach der zweiten experimentellen Salzzuführung). Nur geringe Schwankungen waren bei den Kontrolltieren ohne Salzsupplementierung messbar. JESSEN (2010) konnte in seinen Untersuchungen zum Einsatz einer Anionenration (Kalziumchlorid) an Tieren in der Vorbereitungsphase keinen signifikanten Einfluss ($p = 0,211$) der Tageszeit auf die NSBA nachweisen.

2.6.5 Basen-Säuren-Quotient (BSQ)

Notiert man die Menge an Basen, Ammonium und Säuren einzeln, erhält man die sogenannte „fraktionierte NSBA“ und damit die Möglichkeit zu einer differenzierten Bewertung. Außerdem können diese Fraktionen zueinander in Beziehung gesetzt werden. Dadurch lässt sich die Abhängigkeit von Diureseschwankungen, die als variierende Harnmenge die NSBA beeinflussen, weitgehend eliminieren (KRAFT, 2005).

Der Basen-Säuren-Quotient ergibt sich aus dem Basengehalt geteilt durch den Säuregehalt.

$$\text{BSQ} = \text{Basen/Säuren}$$

In der Tabelle 2 ist die diagnostische Bedeutung des BSQ nach DIRKSEN *et al.* (2002) dargestellt. Der Referenzbereich liegt beim Milchrind zwischen 2,5 - 4,8.

Tabelle 2: Diagnostische Bedeutung des BSQ nach DIRKSEN *et al.* (2002)

< 0,5	akute Azidose
< 1,0	chronische Azidose
2,5 - 4,8	physiologischer Bereich (Milchrind)
1,5 - 2,4	physiologischer Bereich bei Hochleistungskühen mit konzentratreicher Fütterung
> 4,8	akute/ chronische Alkalose

Zur Tagesdynamik von berechneten BSQ-Werten liegen zu diesem Zeitpunkt keine Literaturquellen vor.

2.6.6 Kalzium (Ca)

Die aniongebundene (~ 12 %) und die ionisierte Kalziumfraktion (~ 48 %) sind filtrierbar (ENGELHARDT, 2000). Bis zu 99,5 % des filtrierten Kalziums wird reabsorbiert (GIEBISCH and WINDHAGER, 2003). Die Resorption erfolgt im proximalen Tubulus zu 60 %, im dicken aufsteigenden Schenkel der Henle' Schleife zu 30 % und im distalen Tubulus zu 5 – 10 % (ENGELHARDT, 2000).

Der Referenzwert für Kalzium im Harn von Rinder beträgt nach ROSSOW (1987):

- < 1,5 mmol/l

Kalzium wird physiologisch in nur sehr geringem Maße über den Harn ausgeschieden. Die Ursache einer erhöhten Ausscheidung ist nur selten im Kalziumgehalt des Futters zu finden. Da Kalzium einer strengen hormonellen Regulierung unterliegt, führt ein Überangebot in der Ration zu einer Reduzierung der Resorption im Darm und nicht zu einer erhöhten Ausscheidung von überflüssigen und resorbierten Mengen des Elements im Urin. Dass die Ausscheidung nicht höher ansteigt, ist auf den erhöhten Bedarf an diesem Element für die Milchbildung zurückzuführen. Bei trockenstehenden Kühen ist zum Beispiel ein deutlicher Anstieg der Kalziumausscheidung über den Urin festzustellen, da das Überangebot an Kalzium keine Verwertung findet. Im Harn können dann Konzentrationen von 4 - 5 mmol/l und darüber gemessen werden (GELFERT and STAUFENBIEL, 2002). Harnproben werden laut Literatur im allgemeinen als ungeeignet angesehen, um Informationen über die Versorgungslage mit Kalzium zu geben (BUHMANN and GRÜNDER, 1985).

SPIEKER (1989) konnte einen circadianen Rhythmus der Kalziumexkretion bei **Rindern** nachweisen. Dabei lagen das Ausscheidungsmaximum am Mittag bei ca. 0,9 mmol/l und das Minimum mit ca. 0,18 mmol/l in der Nacht. Ein Einfluss des Melk- und Fütterungszeitpunktes konnte ausgeschlossen werden. Eine generelle Verallgemeinerung dieses Rhythmus sollte nicht erfolgen, da die hier zu Grunde liegenden Einflussfaktoren laut SPIEKER (1989) noch nicht bekannt sind und in den Betrieben unterschiedlich sein können. In den Fütterungsversuchen von JESSEN (2010) und FRÖMER (2005) an Rindern in der Vorbereitungsphase konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit auf Kalziumausscheidung im Harn nachgewiesen werden.

2.6.7 Kalium (K)

Kalium ist mit ca. 98 % des Gesamtgehalts im Intrazellulärraum lokalisiert und hält somit mit anderen Ionen den osmotischen Druck innerhalb der Zellen aufrecht. Neben Natrium ist Kalium ein wichtiges Kation, das zur Aufrechterhaltung des Membranpotentials der Zellwand fungiert. Des Weiteren dient es der Aktivierung von Enzymsystemen und der Regulation des Säuren-Basen-Haushalt. Kalium hat einen wesentlichen Anteil an der elektrischen Polarisierung der Nervenmembranen und Erregungsleitung in den Muskelfasern (KRAFT, 2005). Das mit der Nahrung aufgenommene Kalium wird zu 90 – 95 % mit dem Urin ausgeschieden (STANTON and KOEPPEN, 1998).

Die physiologische Konzentration für Kalium im Harn liegt nach ROSSOW (1987) zwischen:

- 140 - 320 mmol/l

Ein Kaliummangel wird bei Milchviehherden nur sehr selten auftreten, da die Grundfuttermittel, vor allem Grassilagen, hohe Kaliumgehalte aufweisen. Daher steht bei diesem Element eher eine Überversorgung im Vordergrund. Hohe Kaliumwerte sprechen für eine alkalische Futterration. Während Laktierende eine alkalische Futterration brauchen, erhöht sie bei trockenstehenden Tieren das Risiko einer Gebärpause (GELFERT and STAUFENBIEL, 2002).

Beim **Rind** konnte SPIEKER (1989) keinen circadianen Rhythmus für die Kaliumkonzentration im Harn nachweisen. In seinen Untersuchungen bewegten sich die Werte zwischen 85 - 150 mmol/l. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch KETZ (1960) in seinen Untersuchungen, wo sich ebenfalls sehr stabile Kaliumwerte zeigten.

2.6.8 Magnesium (Mg)

Die Menge des ausgeschiedenen Magnesiums im Urin ist von der Magnesiumkonzentration im Blut abhängig (KOLB and GÜRTLER, 1989). Von der Gesamtmagnesiumkonzentration beträgt die filtrierbare Menge 50 – 70 %. Diese setzt sich aus der komplexgebundenen (~ 13 %) und der ionisierten Fraktion (~ 55 %) zusammen. Im Urin werden lediglich 5 – 20 % des filtrierten Magnesiums ausgeschieden. Im proximalen Tubulus wird etwa 20 – 30 %, im dicken aufsteigenden Schenkel der Henle' Schleife 50 – 60 %, in den distalen Tubuli und den Sammelrohren 10 – 15 % des filtrierten Magnesiums reabsorbiert (ENGELHARDT, 2000). Die Ausscheidung wird hauptsächlich über die Nieren gewährleistet. Dem Kot kommt nur eine geringe Bedeutung zu (REINHARDT *et al.*, 1988).

Rinderharn enthält nach ROSSOW (1987) eine Magnesiumkonzentration von:

- 3,7 - 16,5 mmol/l

Blut- und Harnuntersuchungen eignen sich als diagnostisches Hilfsmittel zur Einschätzung der Versorgungslage. Die Untersuchung des Harnes auf seine Magnesiumkonzentration wird allerdings auf Grund des gesicherten Zusammenhanges zwischen Magnesiumaufnahme und renaler Ausscheidung dieses Elementes favorisiert. Dabei führt ein Magnesiumüberschuss in der Ration zu einem deutlichen Anstieg der Magnesiumausscheidung über die Nieren (JONAS, 1971; GRÜNDER, 1991).

Für Magnesium konnte SPIEKER (1989) keinen circadianen Rhythmus im Harn von **Rindern** feststellen. Die Werte schwankten innerhalb eines Tages zwischen 6 - 8,8 mmol/l.

2.6.9 Natrium

Im Urin werden etwa 99 % des filtrierte Natriums reabsorbiert (SILBERNAGEL and DESPOPOULOS, 1991). Davon werden etwa 67 % des filtrierte Natriums im proximalen Tubulus, etwa 25 % in der Henle' Schleife und der Rest in den distalen Tubuli und in den Sammelrohren resorbiert (GIEBISCH and WINDHAGER, 2003).

Der Referenzbereich für Natrium im Harn von Rindern beträgt nach ROSSOW (1987):

- > 8,7 mmol/l

Zwischen dem Natriumgehalt im Futter und der Ausscheidung im Urin besteht eine signifikante, aber nur mäßige Korrelation, so dass von dem einen Gehalt nur bedingt auf den anderen geschlossen werden kann (GELFERT and STAUFENBIEL, 2002).

Nach SPIEKER (1989) unterliegt die Natriumexkretion bei **Rindern** einem circadianen Rhythmus. Hierbei lag das Ausscheidungsmaximum am Mittag bei ca. 22,5 mmol/l und das Minimum bei 2 mmol/l in der Nacht. BOEHNCKE (1981) konnte einen deutlichen Anstieg der Natriumkonzentration im Urin zwischen 8.00 Uhr und 15.00 Uhr und eine nachfolgende Abnahme bis 21.00 Uhr feststellen. Er machte dafür den rhythmischen Anstieg der Aldosteronkonzentration verantwortlich. Laut BOEHNCKE (1971) variiert die Ausscheidung von Natrium bei **Kälbern** über den Harn im Laufe des Tages. So wird von einem Tageshöhepunkt nach der Tränkeaufnahme am Morgen berichtet. KETZ (1960) beobachtete dagegen in seinen Untersuchungen eine tageszeitunabhängige Natriumausscheidung.

2.6.10 Chlorid (Cl)

Nach NELSON *et al.* (1955) wird 98 % des aufgenommenen Chlorids mit dem Urin ausgeschieden. Da Chlorid als Hauptanion neben HCO_3^- im Urin bei der Regulierung des SBH ebenfalls eine Bedeutung zukommt, sind seine Konzentration im Harn nicht allein zu betrachten, sondern im Zusammenhang mit den anderen Parametern (GELFERT and STAUFENBIEL, 2002).

Die Konzentration von Chlorid im Harn von Rindern beträgt nach ROSSOW (1987):

- 40 - 160 mmol/l

Konzentrationen über 160 mmol/l können für einen erhöhten Kochsalzgehalt in der Ration sprechen. Chlor wird aber auch zur Elektroneutralisation des Harns bei einer gesteigerten Ausscheidung von Kationen mit ausgeschieden. Konzentrationen unter 40 mmol/l findet man bei einem Kochsalzmangel und bei deutlich alkalischen Stoffwechsellagen. Bei letzteren kommt es zu einem Überangebot an HCO_3^- , welches im Tausch gegen Chlor im Urin ausgeschieden wird (GELFERT and STAUFENBIEL, 2002).

KETZ (1960) konnte in seinen Untersuchungen an **Jungrindern** keine Tagesdynamik für Chlorid im Harn feststellen. Die Ergebnisse der Studie von FRÖMER (2005) lassen für die Harn-Chlorid-Konzentration eine circadiane Rhythmik erkennen. Es scheint ein Einfluss um 11.00 Uhr und 19.00 Uhr vorzuliegen, der jedoch sowohl für die salzbehandelten Tiere (Einsatz saurer Salze zur Gebärpäresseprophylaxe) als auch für die Kontrolltiere nachzuweisen ist, was auf einen salzunabhängigen Einfluss schließen lässt. Zu beiden Zeitpunkten sank die Chloridkonzentration im Harn signifikant ab um dann wieder anzusteigen.

3. Tiere, Material und Methoden

3.1 Daten zum Untersuchungsbetrieb

Die Untersuchungen zu dieser Arbeit fanden im Zeitraum von März 2010 bis Februar 2011 statt und wurden auf einem kommerziellen Milchviehbetrieb durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Untersuchung befanden sich 1700 Milchkühe der Rasse Holstein-Friesian im Bestand. Die Jahresdurchschnittsleistung lag bei ca. 11.500 kg Milch, 3,83 % Fett und 3,33 % Eiweiß. Bei den Ställen des Betriebes handelt es sich um Boxenlaufställe mit Sandeinstreu oder Tretmist.

3.2 Tiere

Zur Untersuchung wurden insgesamt 83 Tiere aus dem Tierbestand untersucht. Bis auf einige Tiere der Neugeborenenengruppe handelte es sich ausschließlich um weibliche Tiere. Alle Tiere wurden vor und während der Versuche klinisch untersucht. Bei den Versuchstieren konnten keine Abweichungen von den Normalbefunden festgestellt werden. Es wurden den Versuchstieren keine Medikamente vor und während der Untersuchung verabreicht, was zu Veränderungen oder zu Aufhebung von Tagesschwankungen hätte führen können.

3.3 Versuchsanordnung

Insgesamt wurden 8 Untersuchungsgruppen gebildet. Die Zusammenstellung der Gruppen orientierte sich zum einen am Alter der Tiere und zum anderen am Laktationsstadium bzw. Trockenstehphase. Die Gruppeneinteilung ist der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Untersuchungsgruppen mit Tierzahl, Alter und Untersuchungszeitraum

Gruppe	Tierzahl (n)	Laktationszahl	Untersuchungsstadium	Fütterungszeitpunkt
Kolostrumgruppe	11	1-6	1. - 3. d p.p.	9.00 Uhr
Frischlaktierergruppe	10	1-6	7. d - 30. Tag p.p.	9.00 Uhr
Hochleistungsgruppe	11	2-5	zwischen 30. - 150. d der Laktation und >28 kg Milch pro d	8.00 Uhr und 13.00 Uhr
Niederleistungsgruppe	11	2-8	zwischen 174 - 375 d in der Laktation und <28 Kg Milch pro d	7.00 Uhr
Trockenstehergruppe	10	1-6	2 - 8 Wochen a.p.	9.30 Uhr
Vorbereitergruppe	10	0-4	max. 14 d a.p. bis zur Kalbung	10.00 Uhr
Neugeborenengruppe	10	-	Kälber 1. - 3.d p.n.	3.00 Uhr und 15.00 Uhr
Saugkälbergruppe	10	-	Kälber 9. - 12. d p.n.	3.00 Uhr und 15.00 Uhr

3.4 Umweltbedingungen

Die Haltung erfolgt in einem Boxenlaufstall mit einer Tierzahl von 170 - 200 Tieren bei der **Hochleistungsgruppe** und der **Niederleistungsgruppe**. Als Einstreu diente zum Zeitpunkt der Untersuchung Tretmist mit Kalkzusatz. Die **Trockensteher-, Vorbereiter-, Frischlaktierer- und Kolostrumgruppe** wurden in einem Boxenlaufstall mit Sandeinstreu und jeweils 30 - 60 Fress- und Liegeplätze gehalten. Die **Neugeborenen- und Saugkälber** wurden in Einzelbuchten gehalten und mit Stroh oder Holzspäne eingestreut. Bei der Neugeborenenengruppe wurde das Kolostrum routinemäßig mittels Kolostrumspindel auf dessen Qualität überprüft. Bei einem Gehalt von unter 50 Gramm Immunglobulinen pro Liter wurde auf eine Kolostrumreserve von höherer Qualität zurückzugreifen. Das Melken der Kühe erfolgte in Abstand von 8 Stunden 3 mal pro Tag. Die Fütterung fand durch Vorlage einer TMR einmal pro Tag morgens nach dem ersten Melkdurchlauf statt. Nur bei der **Hochleistungsgruppe** fand eine zweite TMR-Vorlage nach dem zweiten Melken statt. Die Tiere der Kälbergruppen bekamen täglich um 3.00 Uhr und 15.00 Uhr eine Vollmilchtränke. Stalltemperatur und Luftfeuchtigkeit folgten durch die stallbaulichen Gegebenheiten den meteorologischen Veränderungen. Die Tiere sind ganzjährig in den Boxenlaufställen untergebracht.

3.5 Probenentnahme

Die adulten Tiere wurden vor der Probenentnahme im Fressgitter oder in der Liegebox in den jeweiligen Gruppenabteilen der Ställe fixiert. Für die Blut- und Harnentnahme wurden pro Tier etwa 2 - 10 Minuten benötigt. Für die Untersuchungsgruppen war pro Messzeitpunkt ein Zeitaufwand von 40 - 70 Minuten notwendig. Bei den Kälbern wurden die Proben in den Einzelbuchten des Kälberstalls entnommen. Die Probenentnahme war durch das Legen eines Venenverweilkatheters schnell möglich, so dass pro Tier und Messzeitpunkt nur 1 - 2 Minuten benötigt wurden.

3.5.1 Blutproben

Die Blutentnahme fand bei den untersuchten Gruppen aufgrund der Haltungsgegebenheiten auf zwei unterschiedlichen Wegen statt. In Tabelle 4 sind die Untersuchungsgruppen und die Lokalisation der Blutentnahme aufgeführt.

Tabelle 4: Untersuchungsgruppen und Lokalisation der Blutentnahme am Tier

Entnahme aus der V. caudalis mediana	Entnahme aus der V. jugularis externa
Kolostrumgruppe	Neugeborenenengruppe
Frischlaktierergruppe	Saugkälbergruppe
Trockenstehergruppe	
Vorbereitergruppe	
Hochleistungsgruppe	
Niederleistungsgruppe	

Die Blutentnahme begann morgens um **6.00** Uhr. Danach wurden im Intervall von 4 Stunden um **10.00** Uhr, **14.00** Uhr, **18.00** Uhr, **22.00** Uhr, **2.00** Uhr und **6.00** Uhr Proben entnommen. Insgesamt kamen **6** Blutproben pro Tier bei der **Trockensteher-**, **Vorbereiter-** und **Kolostrumgruppe** in einem Versuchsdurchgang zusammen. Im Untersuchungsverlauf wurde bei den **Frischlaktierenden-**, **Hochleistungs-**, **Niederleistungs-**, **Saugkälber-** und **Neugeborenen-**Gruppen eine **zweite 6.00 Uhr-Messung** am folgenden Tag durchgeführt, so dass hier insgesamt **7** Blutproben pro Tier und Versuchsdurchgang entnommen wurden. Die Tabelle 5 gibt einen Überblick zu den Untersuchungsgruppen und Blutentnahmezeitpunkten. Die Blutentnahme erfolgte bei den adulten Tieren mit 9 ml Serumröhrchen (Monovette® 9 ml der Firma Sarstedt) und einer 18 G Kanüle (1,2 x 40 mm). Bei den Kälbern wurde ein venöser Zugang durch einen Venenverweilkatheter (14 G, 2,1 x 50 mm der Firma Braun) gelegt und an der Haut fixiert, nachdem die betroffene Stelle geschoren und desinfiziert wurde.

Tabelle 5: Untersuchungsgruppen und Blutprobenentnahmezeitpunkte

Gruppe/Zeit	6.00	10.00	14.00	18.00	22.00	2.00	6.00
Trockenstehergruppe	X	X	X	X	X	X	-
Vorbereitergruppe	X	X	X	X	X	X	-
Kolostrumgruppe	X	X	X	X	X	X	-
Frischlaktierergruppe	X	X	X	X	X	X	X
Hochleistungsgruppe	X	X	X	X	X	X	X
Niederleistungsgruppe	X	X	X	X	X	X	X
Neugeborenenengruppe	X	X	X	X	X	X	X
Saugkälbergruppe	X	X	X	X	X	X	X

X) Probenentnahme zum jeweiligen Zeitpunkt

-) keine Probenentnahme

3.5.2 Harnproben

Durch das Auffangen von Spontanharn oder Auslösen des Harnabsatzes nach Reiben oberhalb des Euterspiegels wurde der Harn gewonnen. Bei den Kälbern wurden keine Harnproben entnommen. Die Tabelle 6 gibt einen Überblick zu den Untersuchungsgruppen und Harnprobenentnahmezeitpunkten.

Tabelle 6: Untersuchungsgruppen und Harnprobenentnahmezeitpunkte

Gruppe/Zeit	6.00	10.00	14.00	18.00	22.00	2.00	6.00
Trockenstehergruppe	X	X	X	X	X	X	-
Vorbereitergruppe	X	X	X	X	X	X	-
Kolostrumgruppe	X	X	X	X	X	X	-
Frischlaktierergruppe	X	X	X	X	X	X	X
Hochleistungsgruppe	X	X	X	X	X	X	X
Niederleistungsgruppe	X	X	X	X	X	X	X
Neugeborenenengruppe	-	-	-	-	-	-	-
Saugkälbergruppe	-	-	-	-	-	-	-

X) Probenentnahme zum jeweiligen Zeitpunkt

-) keine Probenentnahme

3.5.3 Verhalten der Tiere während der Probengewinnung

Die Dauer für einen Probenentnahmedurchgang betrug je nach Untersuchungsgruppe etwa 40 - 70 Minuten. Am Verhalten der Tiere war es möglich, auf eine Beunruhigung der Tiere zu schließen. Das Verhalten reichte von absoluter Reaktionslosigkeit in Form von „Liegenbleiben“, Wiederkauen oder Fressen bis zu unruhigem „auf-der-Stelle-Treten“, Kopfschlagen, Aufstehen, Ausweichen und Abwehrbewegungen in Form von Tritten.

3.6 Probenaufbereitung

Zur Serumgewinnung wurden die Blutproben in den 9 ml Serumröhrchen (Monovette® 9 ml Sarstedt) 12 Minuten bei 3500 U/min zentrifugiert. Das Serum wurde anschließend in 5 ml Serumröhrchen (Reagenz- und Zentrifugen-Röhrchen der Firma Sarstedt) umgefüllt und bei -20 °C tiefgefroren. Der Harn wurde in zwei 10 ml Serumröhrchen ohne Kunststoffgranula (Firma Kabe Labortechnik GmbH) umgefüllt und ebenfalls bei -20°C tiefgefroren.

3.7 Labordiagnostische Untersuchung

Serum- und Harnproben wurden im Labor der Kleintierklinik der Freien Universität Berlin analysiert.

3.7.1 Blutparameter

In der Tabelle 7 sind zu jedem untersuchten Laborwert die Analysemethode und das Analysegerät dargestellt.

Tabelle 7: Analysemethoden der Blutparameter

Parameter im Blut	Analysemethode	Analysegerät
Protein	Biuret	Roche Cobas Mira Plus
Albumin	Bromcresolgrün	Roche Cobas Mira Plus
Glucose	Hexokinase kinetisch	Roche Cobas Mira Plus
NEFA	Colorimetrisch	Roche Cobas Mira Plus
βHBS	kinetisch, enzymatisch	Roche Cobas Mira Plus
AST	Optimierter UV-Test	Roche Cobas Mira Plus
CK	optimierte Standardmethode	Roche Cobas Mira Plus
GGT	Methode nach SZASZ (1974)	Roche Cobas Mira Plus
GLDH	Optimierte Standardmethode	Roche Cobas Mira Plus
BUN	Enzymatischer UV-Test	Roche Cobas Mira Plus
Bilirubin	Jendrassik & draf	Roche Cobas Mira Plus
Chol	CHOD-PAP	Roche Cobas Mira Plus
Crea	kinetisch, Jaffe`	Roche Cobas Mira Plus
Ca	AAS ¹	AAS-Spektrometer Solar M6
Mg	AAS ¹⁾	AAS-Spektrometer Solar M6
P	photometrisch	Roche Cobas Mira Plus
Cl	ionenselektiv	Roche Cobas Mira Plus
Na	ionenselektiv	Roche Cobas Mira Plus
K	ionenselektiv	Roche Cobas Mira Plus

¹⁾Atomabsorptionsspektrometrie (Thermo Electron Corporation, AAS-Spektrometer Solar M6)

3.7.2 Harnparameter

In der Tabelle 8 sind die Harnparameter und die durchgeführte Analyseverfahren aufgeführt.

Tabelle 8: Analysemethoden der Harnparameter

	Parameter	Analyseverfahren
Säuren-Basen-Haushalt	pH	pH-Meter, Microprocessor pH-Meter WTW
	NSBA (NSBA, Basen, Säuren, NH ₄ ⁺ , BSQ)	Titration nach KUTAS (1965)
Mengenelemente	Calcium	AAS ¹⁾
	Magnesium	AAS ¹⁾
	Natrium	AAS ¹⁾
	Kalium	AAS ¹⁾
	Chlorid	Coulometrisches Verfahren zur Erzeugung von Silberionen (Chloridmeter)
Sonstiges	Kreatinin	Jaffé, kinetisch

¹⁾Atomabsorptionsspektrometrie (Thermo Electron Corporation, AAS-Spektrometer Solar M6)

Die Bestimmung der fraktionierten NSBA erfolgte mit der Titrationsmethode nach KUTAS (1965). Die Arbeitsschritte zur Bestimmung der NSBA können der Tabelle 9 entnommen werden.

Tabelle 9: Arbeitsschritte und Berechnung der NSBA

Fraktionierte NSBA
<ul style="list-style-type: none"> • 10 ml Harn schwenken und mit 1 n HCl auf pH 3,5 titrieren • 30 Sekunden kochen • abkühlen • mit 0,1 n NaOH auf pH 7,4 titrieren • 10 ml 20 %-ige Formaldehydlösung zugeben • mit 0,1 n NaOH auf pH 7,4 titrieren
<p>Basen (mmol/l) = $V_{HCl} \times 100$ Säuren (mmol/l) = $V_{NaOH1} \times 10$ NH_4^+ (mmol/l) = $V_{NaOH2} \times 10$ BSQ = Basen : Säuren NSBA (mmol/l) = $[(V_{HCl} \times 10) - (V_{NaOH1} + V_{NaOH2})] \times 10$</p>

3.8 Statistische Methoden

Die Dateneingabe erfolgte unter Verwendung von MS Excel (Microsoft® Office Excel 2003, USA). Die Auswertung der gemessenen Werte wurde mit dem Statistikprogramm SPSS Version 20 durchgeführt.

Zur Überprüfung der Einflussfaktoren Tageszeit und Gruppe wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung, Post-hoc-Test und Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Als feste Faktoren wurden die Zeit und die Gruppe verwendet. Das Signifikanzniveau wurde auf 5 % ($p < 0,05$) festgelegt, d. h. ein Unterschied zwischen den Messwiederholungen bzw. Gruppen wurde als signifikant bezeichnet, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit p kleiner als 5 % war. Die Tagesprofile der Untersuchungsgruppen wurden mit einem Liniendiagramm dargestellt.

Für die jeweiligen Laborparameter wurden das arithmetische Mittel und die Standardabweichung (s) für die Messzeitpunkte und Untersuchungsgruppen berechnet und in Tabellenform angegeben. Für die jeweiligen Gruppen und Messzeitpunkte wurden das arithmetische Mittel (\bar{x}), die Standardabweichung (s), der Median ($x_{0,5}$) sowie die Minimum- und Maximumwerte (x_{\min} , x_{\max}) berechnet und als Boxplotdarstellung im Anhang dargestellt. Die Untersuchung auf Normalverteilung wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test durchgeführt. In der Tabelle 10 sind die berechneten Daten für die jeweiligen Parameter zusammengefasst. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt. Bei Unterschreiten der Irrtumswahrscheinlichkeit $p = 0,05$ kann nicht mehr von einer Normalverteilung ausgegangen werden. Aus der Tabelle 10 kann entnommen werden, dass 24 von insgesamt 31 Laborparametern keine Normalverteilung aufweisen. Parameter, die deutlich von einer Normalverteilung entfernt sind, werden mit dem natürlichen Logarithmus (Ln) transformiert, um die Werte einer Normalverteilungskurve anzunähern. Diese Vorschrift ist die Grundlage für weitere statistische Verfahren. Die **markierten** Werte sind **nicht normalverteilt** und zeigten so starke Abweichungen von einer Normalverteilungskurve, dass sie einer logarithmischen Transformation unterzogen werden. Jedoch wird in der Tabelle 10 ersichtlich, dass nicht alle Laborwerte mit einem Signifikanzniveau $p < 0,05$ neu berechnet sind, da teilweise eine Transformation zu Ergebnissen führt, die die Werte noch weiter von einer Normalverteilung abweichen lässt. Im Anhang Abb. 94 - 124 sind die Histogramme der Normalverteilungskurven dargestellt. Die Werte zu den Normalverteilungskurven von transformierten Parametern können der Tabelle 11 entnommen werden.

Tabelle 10: Statistische Ergebnisse zur Untersuchung auf Normalverteilung mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test

Parameter (Einheit)	Mittelwert	Median	Mini.	Max.	Schiefe	Kurtosis	p*
TP (g/l)	71,0	70,6	49,1	93,6	-0,0	-0,3	0,306
Alb (g/l)	28,0	28,7	17,1	39,8	-0,1	-1,0	0,020
BUN (mmol/l)	5,1	4,6	1,2	13,3	1,0	0,9	0,000
Chor (mmol/l)	2,7	2,5	0,5	6,6	0,8	0,2	0,000
Bilirubin (µmol/l)	3,9	2,8	0,2	22,1	1,8	3,6	0,000
Glu (mmol/l)	4,8	4,0	2,2	12,1	1,1	0,5	0,000
NEFA (mmol/l)	0,30	0,22	0,01	1,87	2,20	6,1	0,000
BHB (mmol/l)	0,30	0,43	0,01	1,47	0,35	-0,1	0,000
Kreatinin (µmol/l)	102,6	101,0	62,0	230,0	01,0	3,928	0,175
ASAT (U/l)	80	73	24	445	2,0	10,0	0,000
CK (U/l)	226	131	15	2828	5,0	32,7	0,000
GGT (U/l)	206	36	5	2843	3,1	9,7	0,000
GLDH (U/l)	20	15	3	83	1,9	3,7	0,000
Ca (mmol/l)	2,5	2,5	1,1	3,3	-0,6	2,6	0,222
P (mmol/l)	1,9	1,9	0,3	2,9	-0,0	0,4	0,245
Cl (mmol/l)	100	99	83	117	0,3	-0,5	0,000
K (mmol/l)	4,5	4,5	3,1	5,9	0,1	0,1	0,776
Na (mmol/l)	137	136	123	164	0,7	0,3	0,000
Mg (mmol/l)	0,9	0,9	0,3	1,4	0,9	0,5	0,267
Kreatinin/Harn (µmol/l)	9690	8080	340	52220	2,2	8,5	0,000
pH/Harn	8,3	8,3	5,5	8,9	-3,7	15,6	0,000
Basen/Harn (mmol/l)	204	215	40	380	-0,19	-0,7	0,019
Säuren/Harn (mmol/l)	66	66	11	195	61,5	1,3	0,010
NH ₄ ⁺ /Harn (mmol/l)	5,4	4,0	1,0	65,0	5,7	46,3	0,000
NSBA/Harn (mmol/l)	133	136	-72	331	-0,0	-0,2	0,927
BSQ/Harn	3,4	3,1	0,8	11,7	1,4	3,7	0,000
Ca/Harn (mmol/l)	1,4	3,8	0,01	27,7	4,3	20,0	0,000
K/Harn (mmol/l)	156	150	32	403	1	0,4	0,036
Mg/Harn (mmol/l)	11,0	9,4	0,3	32,0	0,8	-0,2	0,000
Na/Harn (mmol/l)	26,6	17,1	0,0	149,0	1,9	4,2	0,000
Cl/Harn (mmol/l)	63,4	40,6	1,0	277,0	1,2	0,8	0,000

* Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung; **fett** – p < 0,05

Tabelle 11: Statistische Ergebnisse zu den transformierten Laborparametern

Parameter	Mittelwert	Median	Schiefe	Kurtosis
Ln (Bilirubin)	0,9900	1,0114	-0,1	-0,5
Ln (CK)	4,9923	4,8752	0,6	0,7
Ln (GGT/Harn)	4,1194	3,5849	1,2	0,4
Ln (GLDH)	2,7604	26844	0,5	-0,2
Ln (Glu)	1,4865	1,3623	0,6	-0,7
Ln (NEFA)	-1,6136	-1,5141	-0,4	0,2
Ln (Ca/Harn)	-0,9167	-1,1087	1,0	1,4
Ln (NH ₄ ⁺)	1,4580	1,3863	0,6	1,9
Ln (Na/Harn)	2,7729	2,8388	-0,7	1,2
Ln (Cl/Harn)	3,5031	3,7025	-0,5	-0,6

3.9 Informationen zur Darstellung der Ergebnisse

Zu jedem Laborparameter sind die statistischen Ergebnisse und Messdaten tabellarisch und graphisch dargestellt. Im Ergebnisteil ist zu jedem Laborparameter eine Tabelle mit drei Abschnitten angegeben. Im ersten **Tabellenabschnitt** werden die Stichproben pro Messzeitpunkt (n), Gesamtstichprobenanzahl (gesamt), Mittelwert (MW) und Standardabweichung (s) zu den untersuchten Laborparametern angegeben. Im zweiten **Tabellenabschnitt** werden die Probenanzahl, Mittelwert, und Standardabweichung (für 24 Stunden) des untersuchten Laborwertes für die jeweilige Gruppe aufgezeigt. In dritten **Tabellenabschnitt** sind für den Zeiteffekt und den Gruppeneffekt die Signifikanz (p) und Freiheitsgrad (F) angegeben. Die Werte für Stichprobenanzahl, Mittelwert, Signifikanz und Standardabweichung in den Tabellen entsprechen den zugrundeliegenden Werten. Unterlagen Parameter **keiner** Normalverteilung, wurde ein Vergleich (hochgestellte Buchstaben x^y) der Werte untereinander mit den transformierten Werten durchgeführt. Die Werte für Signifikanz und Freiheitsgrad entstammen ebenfalls aus den transformierten Werten. Aus den Messergebnissen pro Zeitpunkt wurden die entsprechenden Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (s) berechnet. Trägt man die Mittelwerte (y-Achse) gegen die Zeit (x-Achse) auf, erhält man eine Mittelwertskurve. Diese Kurve stellt die Verbindung der gruppenspezifischen Mittelwerte von maximal 7 Zeitpunkten dar. Alle Chronogramme zeigen den zeitabhängigen Verlauf der gruppenspezifischen Mittelwerte über die Untersuchungsdauer von 24 Stunden. Die erste Probenentnahme fand immer um 6.00 Uhr statt. Die weiteren Probenentnahmen erfolgten in vierstündigem Abstand.

Im Anhang A ist zu jedem untersuchten Laborwert in der ersten Abbildung für die Gruppen die Schwankungsbreite über 24 Stunden angegeben. Die zweite Abbildung stellt das Tagesprofil mit der Schwankungsbreite zum jeweiligen Untersuchungszeitpunkt für die

Laborparameter dar. Es sind alle Einzelmessungen aus allen Untersuchungsgruppen einbezogen worden. Als Darstellungsform der Ergebnisse wurden **Box-and-Whisker-Plots** genutzt. Die Box wird vom ersten und dritten Quartil begrenzt und umfasst 50 % der Werte. Die waagerechte Linie repräsentiert den Median. Die von der Box ausgehenden Linien erstrecken sich bis zum größten und kleinsten Wert, sofern es sich nicht um Ausreißer handelt. Als Ausreißer („o“) werden Fälle definiert, deren Werte 1,5 bis 3 Boxenlängen vom oberen oder unteren Boxenrand entfernt sind. Extremwerte („*“) sind mehr als 3 Boxenlängen vom oberen oder unteren Boxenrand entfernt.

Im Anhang B sind die Histogramme zu den Normalverteilungskurven der untersuchten Harnparameter dargestellt.

Legende der Abkürzungen in den Ergebnistabellen:

TS¹ = Trockenstehergruppe; **VB**² = Vorbereitergruppe.; **KL**³ = Kolostrumgruppe; **Fk**⁴ = Frischkalbergruppe; **HL**⁵ = Hochleistungsgruppe; **NL**⁶ = Niederleistungsgruppe; **NG**⁷ = Neugeborenenengruppe; **SG**⁸ = Saugkälbergruppe; **MW** = Mittelwert; **s** = Standardabweichung; **n** = Stichprobenanzahl

4. Untersuchungsergebnisse

4.1 Blutparameter

4.1.1 Stoffwechselmetaboliten

4.1.1.1 Totalprotein (TP)

Für das TP konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,972$). Zu keiner Zeit wurden signifikante Konzentrationsunterschiede innerhalb von 24 Stunden nachgewiesen. Die TP-Mittelwerte bewegten sich auf einem stabilen Niveau zwischen 70,2 und 71,6 g/l (erste und zweite 6.00 Uhr-Messung) im 24-Stundenverlauf. Die Schwankungsbreite lag insgesamt bei 8,3 g/l. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten TP-Konzentrationen wiesen die Tiere der Trockenstehergruppe (80,8 g/l) auf, bei einer Standardabweichung von 4,4 g/l. Die niedrigsten Werte wurden bei der Saugkälbergruppe mit einem Mittelwert von 63,0 g/l und einer Standardabweichung von 5,8 g/l ermittelt. Die Neugeborenenengruppe wies die höchste Standardabweichung (9,3 g/l) und damit auch die höchste Tagesschwankung für TP im Gruppenvergleich auf. In Tabelle 12, Abbildung 1, 32, 33 und 94 sind die Ergebnisse zum Totalprotein dargestellt.

Tabelle 12: TP-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	71,6^a	70,8 ^a	71,0 ^a	71,1 ^a	70,6 ^a	71,1 ^a	70,2^a	71,0
s	8,2	8,6	8,2	8,3	8,1	8,2	9,1	8,3

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	80,8^a	68,4 ^{b,c,d,g}	67,4 ^{b,c,d,g}	70,4 ^{b,c,d,e,g}	74,0 ^{d,e}	77,2 ^f	67,1 ^{b,c,d,g}	63,0^h
s	4,4	6,3	5,7	5,3	7,0	5,7	9,3	5,8

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	$p = 0,972$	$F = 0,2$
Gruppeneffekt	$p = 0,000$	$F = 56,4$

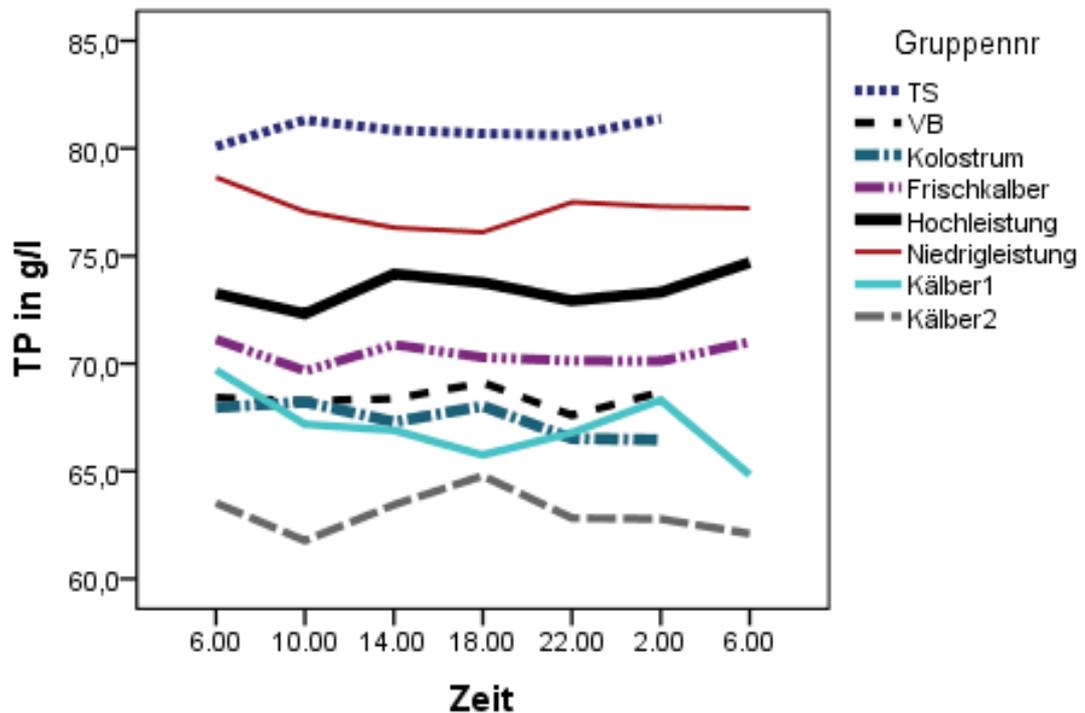


Abbildung 1: TP-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.1.2 Albumin (Alb)

Für das Albumin konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,983$). Es konnten keine signifikanten Konzentrationsunterschiede bei den Messwiederholungen innerhalb von 24 Stunden ermittelt werden. Die Alb-Mittelwerte bewegten sich im Tagesverlauf auf einem stabilen Niveau zwischen 27,8 und 28,3 g/l. Die Schwankungsbreite lag bei durchschnittlich 5,1 g/l. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten Alb-Konzentrationen wiesen die Tiere der Kolostrumgruppe (MW = 33,4 g/l) auf und die niedrigsten Werte die Neugeborenenengruppe (MW = 20,4 g/l). In Tabelle 13, Abbildung 2, 34, 35 und 95 sind die Ergebnisse zum Albumin dargestellt.

Tabelle 13: Alb-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	28,3 ^a	28,0 ^a	28,0 ^a	28,1 ^a	28,0 ^a	28,2 ^a	27,8 ^a	28,0
s	5,1	5,2	5,4	5,0	4,8	5,0	4,4	5,1

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	31,6 ^a	30,7 ^{a,b}	33,4 ^c	27,7 ^d	30,1 ^{a,b,e}	27,5 ^{d,f}	20,4 ^g	23,5 ^h
s	3,4	2,9	2,7	4,0	2,6	4,1	1,5	5,1

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	p = 0,983	F = 0,2
Gruppeneffekt	p = 0,000	F = 138,2

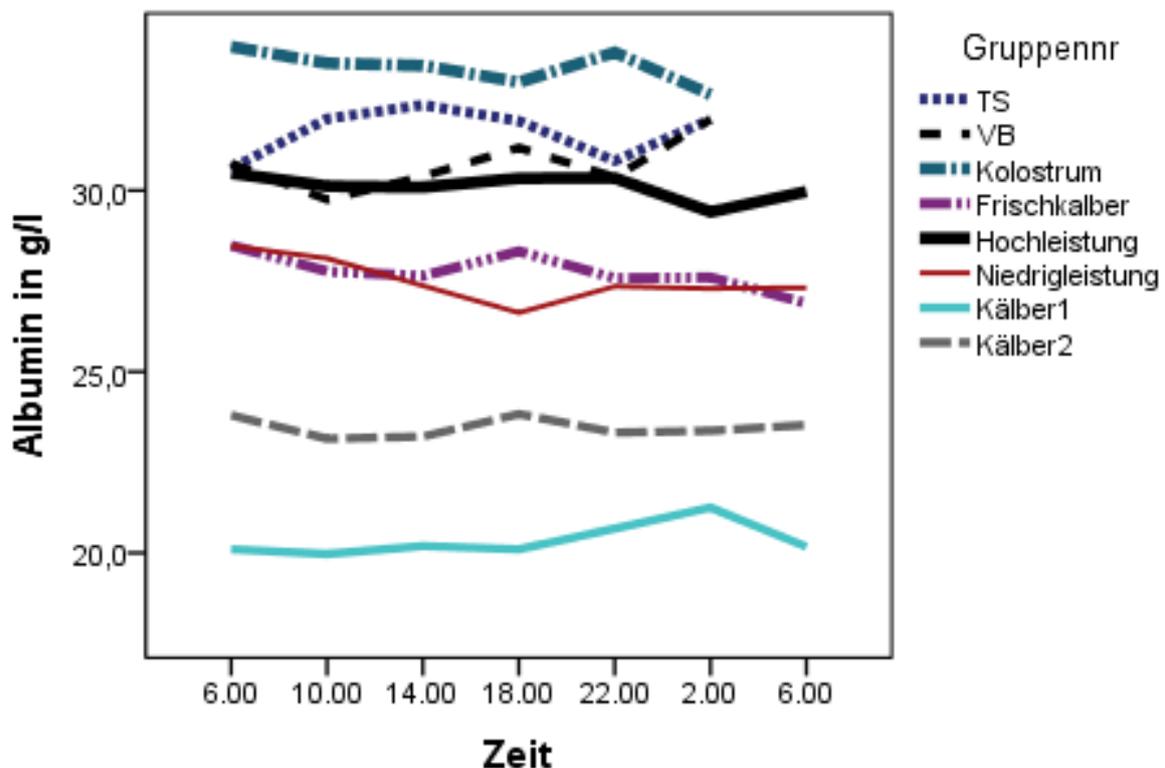


Abbildung 2: Albumin-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.1.3 Harnstoff (BUN)

Für Harnstoff konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,781$). Es konnten keine signifikanten Konzentrationsunterschiede über die Zeit von 24 Stunden gefunden werden. Die Mittelwerte bewegten sich zwischen 4,9 mmol/l (erste 6.00 Uhr- und 22.00-Uhr-Messung) und 5,3 mmol/l (14.00 Uhr- und zweite 6.00 Uhr-Messung), bei einer durchschnittlichen Standardabweichung von 2,4 mmol/l. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die Hochleistungs- und Niederleistungsgruppe wiesen maximale Werte um 10.00 Uhr auf (HL 6,0 mmol/l und NL 8,2 mmol/l) um danach wieder auf ein basales Niveau bis 22.00 Uhr abzusinken (HL 5,0 mmol/l und NL 7,0 mmol/l). Die Trockenstehergruppe zeigte einen Peak um 14.00 Uhr (5,2 mmol/l) um danach wieder auf einem Niveau von ca. 4,1 mmol/l abzusinken. Die Niederleistungsgruppe wies insgesamt die höchsten Harnstoffkonzentrationen (MW = 7,3 mmol/l) und die Vorbereitergruppe die geringsten Werte (MW = 2,2 mmol/l) auf. In Tabelle 14, Abbildung 3, 36, 37 und 111 sind die Ergebnisse zum Harnstoff dargestellt.

Tabelle 14: BUN-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	4,9 ^a	5,2 ^a	5,3 ^a	5,0 ^a	4,9 ^a	5,0 ^a	5,3 ^a	5,1
s	2,4	2,5	2,4	2,4	2,4	2,5	2,1	2,4

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	4,4 ^{a,g,h}	2,2 ^b	7,0 ^{c,d,f}	6,6 ^{c,d,f}	5,4 ^e	7,3 ^{c,d,f}	3,5 ^{a,g,h}	3,6 ^{a,g,h}
s	0,8	0,9	3,2	2,2	0,8	1,8	1,1	0,6

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	$p = 0,781$	$F = 0,5$
Gruppeneffekt	$p = 0,000$	$F = 85,8$

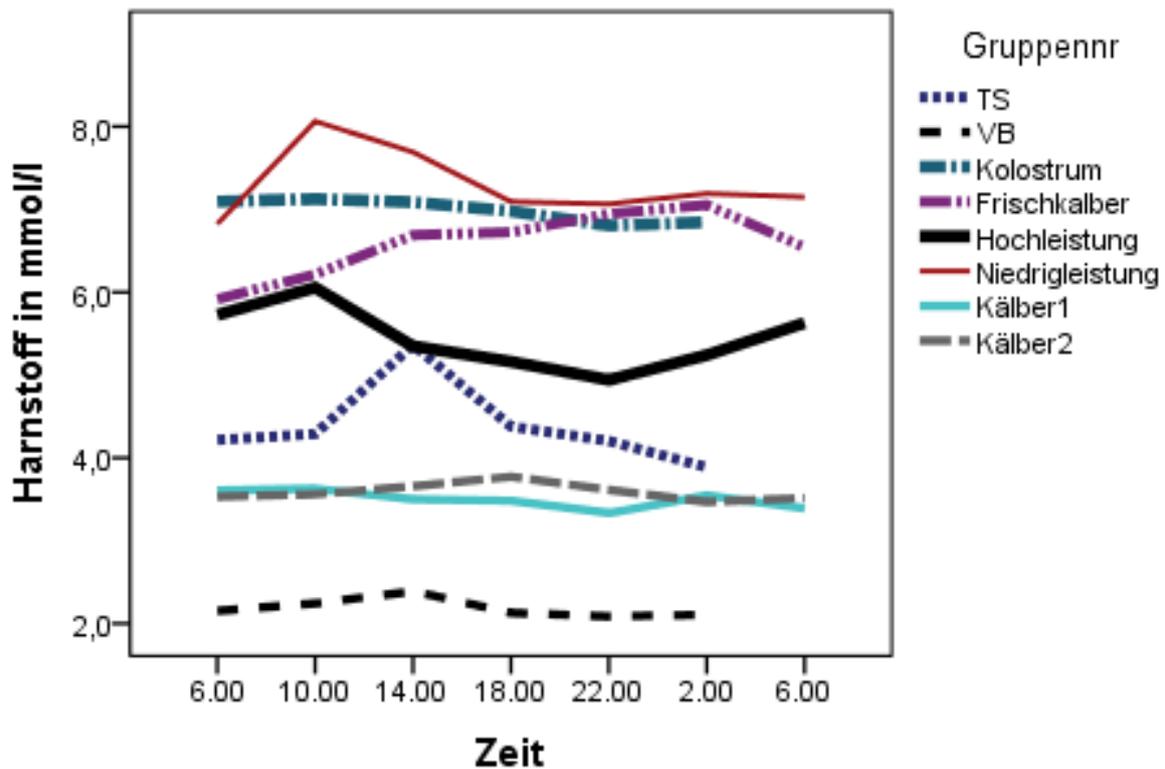


Abbildung 3: BUN-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.1.4 Cholesterol (Chol)

Für Cholesterol konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 1,000$). Innerhalb von 24 Stunden konnten keine signifikanten Konzentrationsunterschiede für Chol nachgewiesen werden. Die Cholesterolmittelwerte bewegten sich innerhalb eines Tages auf einem stabilen Niveau zwischen 2,7 - 2,9 mmol/l. Die Standardabweichung betrug durchschnittlich 1,3 mmol/l. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten Cholesterolwerte wies die Hochleistungsgruppe (4,9 mmol/l) auf. Die niedrigsten Werte konnten bei der Neugeborenenengruppe nachgewiesen werden (1,2 mmol/l). Die höchste Schwankungsbreite mit $s = 1,0$ mmol/l wurde bei der Niederleistungsgruppe gemessen. Den stabilsten Tagesverlauf für den Cholesterolwert zeigte die Neugeborenenengruppe mit einer Standardabweichung von 0,3 mmol/l. In Tabelle 1, Abbildung 4, 38, 39 und 102 sind die Ergebnisse zum Cholesterol dargestellt.

Tabelle 15: Chol-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	2,7 ^a	2,9 ^a	2,7					
s	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,5	1,3

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	3,1 ^a	2,4 ^{b,d}	1,8 ^{c,h}	2,5 ^{b,d}	4,9^e	3,7 ^f	1,2^g	1,9 ^{c,h}
s	0,7	0,5	0,4	0,5	0,8	1,0	0,3	0,5

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	p = 1,000	F = 0,03
Gruppeneffekt	p = 0,000	F = 261,8

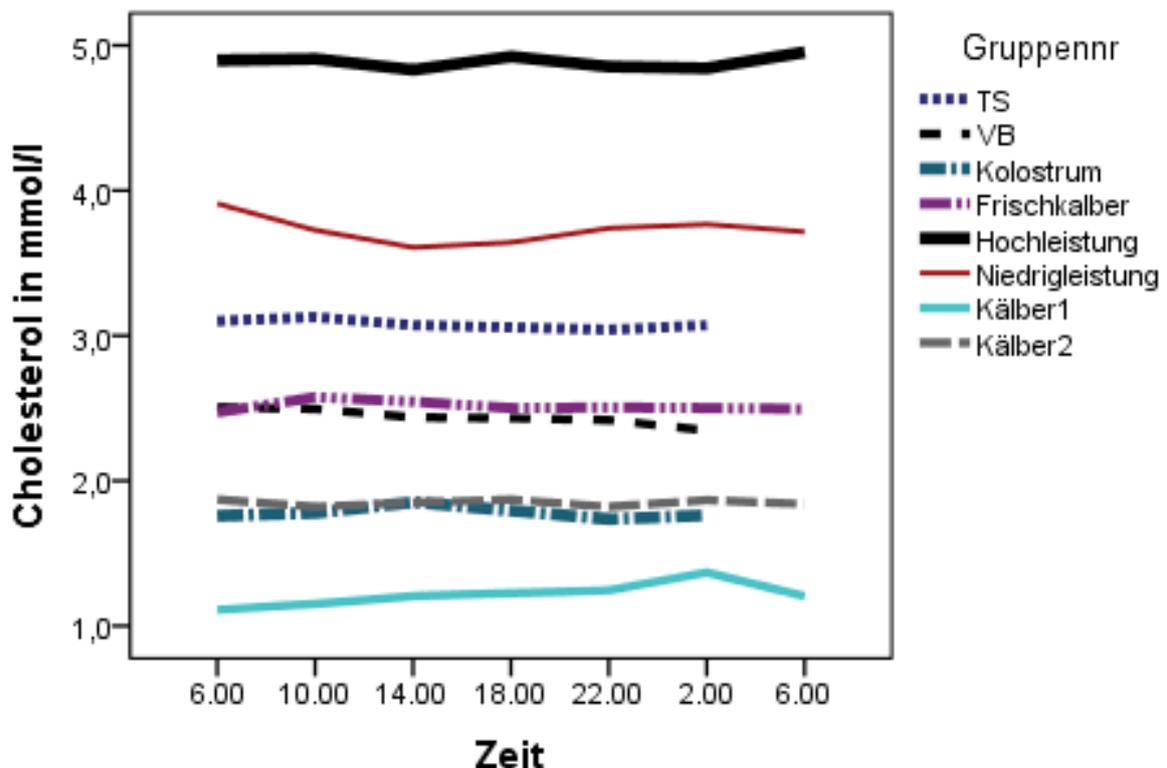


Abbildung 4: Chol-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.1.5 Bilirubin (Bili)

Für Bilirubin konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,504$). Keiner der Messzeitpunkte unterschied sich signifikant voneinander. Die Bilirubinmittelwerte bewegten sich zwischen einem Maximum um 18.00 Uhr (4,4 mmol/l) und einem Minimum um 22.00 Uhr (3,4 mmol/l). Die Standardabweichung betrug durchschnittlich 3,7 mmol/l. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war mit $p = 0,000$ signifikant. Die höchsten Bilirubinwerte wiesen die Tiere der Neugeborenenengruppe auf (MW = 9,6 mmol/l). Die tiefsten Werte waren bei der Niederleistungsgruppe zu ermitteln. Die Konzentrationen bewegten sich bei dieser Gruppe auf einem stabilen Niveau von ca. 1,1 mmol/l. Die Standardabweichung betrug 0,4 mmol/l. Im Tagesverlauf zeigte die Neugeborenenengruppe einen Anstieg des Bilirubinwertes von 6.00 Uhr bis 14.00 Uhr von 7,5 mmol auf 12,2 mmol/l. Danach fielen die Werte bis 22.00 Uhr auf Werte von ca. 7,9 mmol/l. Die Gruppe zeigte damit auch die höchste Schwankungsbreite mit einer Standardabweichung von 4,6 mmol/l. Bei der Saugkälbergruppe war im Tagesverlauf ein Anstieg des Bilirubinwertes von 6.00 Uhr (MW = 3,0 $\mu\text{mol/l}$) bis 18.00 Uhr (MW = 6,0 $\mu\text{mol/l}$) zu verzeichnen und erreichte dabei sein Maximalwert. Die Werte fielen danach und erreichten um 6.00 Uhr wieder ihre niedrigsten Konzentrationen. Die Frischkalbergruppe wies einen biphasischen Verlauf des Bilirubinwertes auf, mit Maxima um 18.00 Uhr und 6.00 Uhr (ca. 6,0 mmol/l). Die Minimalwerte wurden um 14.00 Uhr und 2.00 Uhr (ca. 4,0 mmol/l) für diese Gruppe ermittelt. Die stabilsten Tagesverläufe wurden bei der Niederleistungs- und Trockenstehergruppe (MW = 1,1-1,4 $\mu\text{mol/l}$) bei einer Standardabweichung von 0,4 - 0,8 $\mu\text{mol/l}$ nachgewiesen. In Tabelle 16, Abbildung 5, 40, 41 und 98 sind die Ergebnisse zum Bilirubin dargestellt.

Tabelle 16: Bilirubin-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	3,7 ^a	4,3 ^a	4,3 ^a	4,4 ^a	3,4 ^a	3,7 ^a	3,9 ^a	3,9
s*	3,2	4,0	4,3	4,3	3,0	3,4	3,1	3,7

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	1,4 ^a	2,6 ^{a,b,d,e,h}	5,7 ^{a,c,d,h}	5,1 ^{a,b,c,d,e,h}	2,0 ^{a,b,d,e,h}	1,1 ^f	9,6 ^g	4,2 ^{a,b,c,d,e,h}
s*	0,8	2,2	2,7	3,0	1,3	0,4	4,6	2,3

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt*	p = 0,504	F = 0,9
Gruppeneffekt*	p = 0,000	F = 13,8

* Varianzanalyse nicht zulässig, da Werte nicht normal verteilt sind, Vergleich der Mittelwerte nach der Transformation mit Ln (Bilirubin)

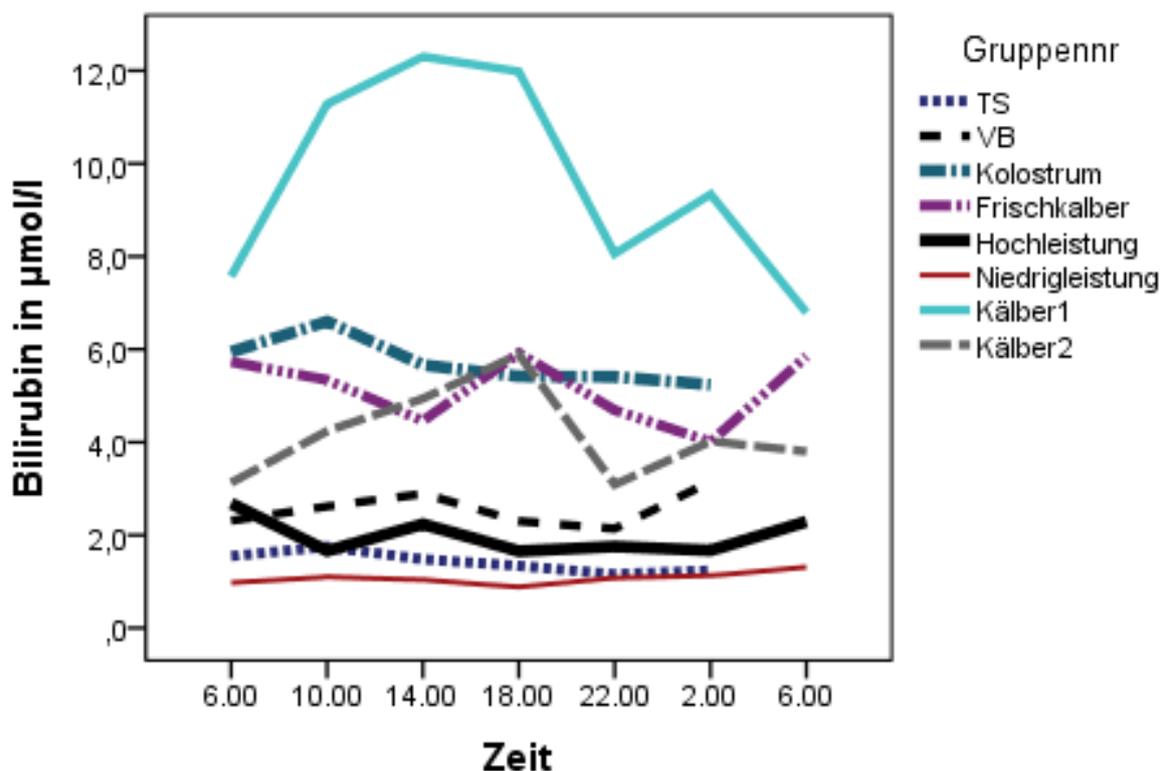


Abbildung 5: Bilirubin-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.1.6 Glukose (Glu)

Für den Glukosewert war der Einfluss der Tageszeit signifikant nachweisbar. Für den Zeiteffekt konnte ein Signifikanzniveau von $p = 0,007$ statistisch gesichert werden. Die Glukosemittelwerte bewegten sich im Tagesverlauf zwischen einem Minimum um 2.00 Uhr mit 4,5 mmol/l und einem Maximum um 6.00 Uhr mit 5,1 mmol/l. Die Glukosekonzentration der ersten (MW = 4,9 mmol/l) und zweiten 6.00-Uhr-Messung (MW = 5,1 mmol/l) war signifikant höher als um 14.00 Uhr (MW = 4,6 mmol/l) und 2.00 Uhr (MW = 4,5 mmol/l) (Tabelle 17 und Abb. 43). Der Gruppeneffekt auf die Glukosekonzentration konnte mit $p = 0,000$ signifikant nachgewiesen werden. Die Neugeborenenengruppe wies die höchsten Blutglukosewerte auf. Im Tagesprofil zeigte sich ein biphasischer Verlauf mit Maxima (ca. 9,0- 9,3 mmol/l) um 6.00 Uhr und 18.00 Uhr. Die Minimalwerte zeigten sich um 14.00 Uhr und 22.00 Uhr mit Werten zwischen 7,0 - 7,3 mmol/l. Die geringsten Glukosewerte (MW = 3,1 mmol/l) wiesen die Frischkalber- und die Hochleistungsgruppe auf, bei einer Standardabweichung von 0,4 mmol/l. Die Glukosewerte verhielten sich hier im Gruppenvergleich am stabilsten. In Tabelle 17, Abbildung 6, 42, 43 und 110 sind die Ergebnisse zur Glukose dargestellt.

Tabelle 17: Glukose-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	4,9 ^{a,g}	4,8 ^{a,c,f,g}	4,6 ^{c,f}	4,9 ^{a,c,f,g}	4,7 ^{a,c,f,g}	4,5 ^{c,f}	5,1 ^{a,g}	4,8
s*	2,0	1,9	1,7	2,3	1,8	1,7	2,4	2,0

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	3,5 ^a	5,0 ^b	4,3 ^c	3,1 ^{d,e}	3,1 ^{d,e}	3,9 ^f	8,0 ^{g,h}	7,4 ^{g,h}
s*	0,2	1,0	0,8	0,4	0,4	0,3	1,3	1,0

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt*	p = 0,007	F = 3,1
Gruppeneffekt*	p = 0,000	F= 526,7

* Varianzanalyse nicht zulässig, da Werte nicht normal verteilt sind, Vergleich der Mittelwerte nach der Transformation mit Ln (Glukose)

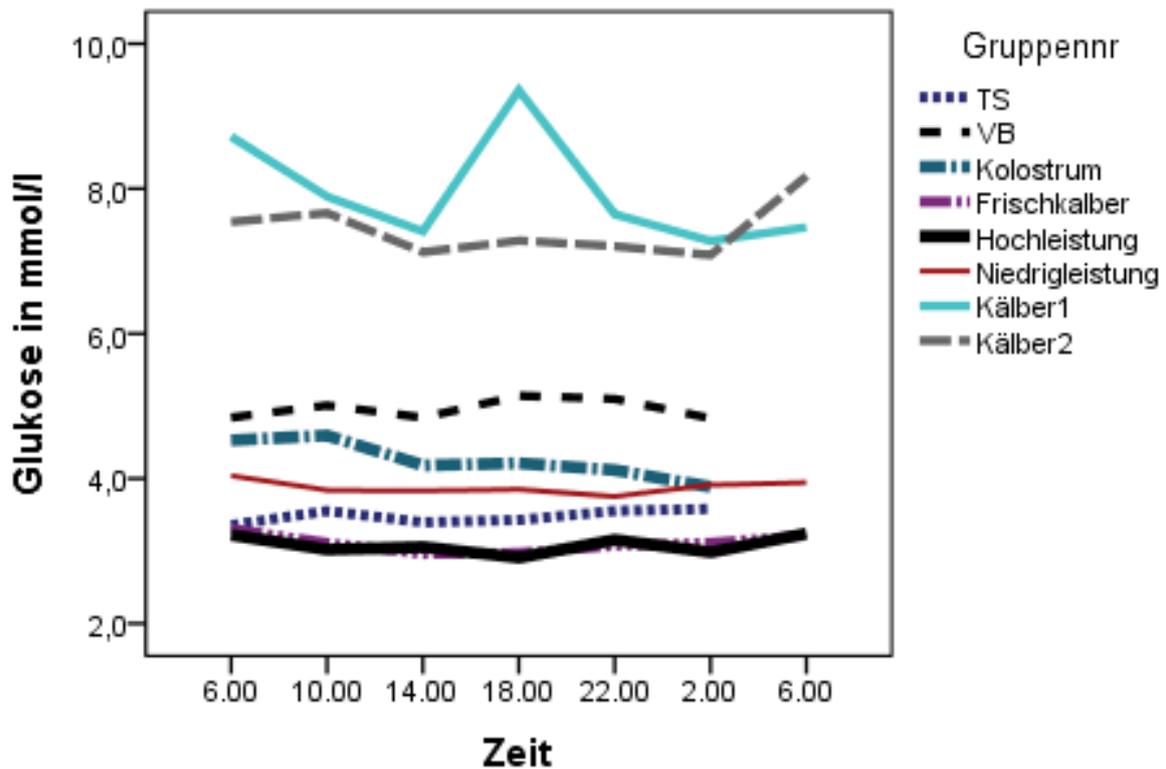


Abbildung 6: Glu-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.1.7 NEFA

Für die NEFA war der Einfluss der Tageszeit und der Gruppenzugehörigkeit signifikant. Für den Zeiteffekt konnte ein Signifikanzniveau von $p = 0,047$ und für den Gruppeneffekt $p = 0,000$ errechnet werden. Die NEFA-Mittelwerte bewegten sich im Tagesverlauf um einen Wert von $0,26 \text{ mmol/l}$, bei einer Standardabweichung von $0,29 \text{ mmol/l}$. Die Konzentration der ersten 6.00-Uhr-Messung war signifikant höher als die Konzentration der 22.00-Uhr-Messung. Die Kolostrumgruppe wies die höchsten NEFA-Konzentrationen auf, bei einem Mittelwert von $0,72 \text{ mmol}$ und einer Standardabweichung von $0,43 \text{ mmol/l}$. Die niedrigsten NEFA-Werte wurden bei der Hoch- und Niederleistungsgruppe gemessen, mit einem Mittelwert von $0,14 \text{ mmol/l}$ und einer Standardabweichung von $0,1 - 0,14 \text{ mmol/l}$. Im Tagesprofil zeigten sich bei Kolostrum-, Frischkalber- und Hochleistungsgruppe die höchsten Werte um 6.00 Uhr. Zwischen 18.00 Uhr und 2.00 Uhr wurden die tiefsten Konzentrationen bei allen Gruppen gemessen. In Tabelle 18, Abb. 7 und im Anhang Abbildung 44, 45 und 118 sind die Ergebnisse zu den NEFA dargestellt.

Tabelle 18: NEFA-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	0,29 ^a	0,26 ^{a,e}	0,25 ^{a,e}	0,26 ^{a,e}	0,25 ^e	0,26 ^{a,e}	0,25 ^{a,e}	0,26
s*	0,34	0,28	0,33	0,20	0,20	0,30	0,20	0,29

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	0,24 ^{a,b,e,g,h}	0,26 ^{a,b,g,h}	0,72^c	0,48 ^d	0,14^{a,e,f,h}	0,14^{e,f}	0,29 ^{a,b,g,h}	0,26 ^{a,b,e,g,h}
s*	0,11	0,33	0,43	0,29	0,17	0,10	0,14	0,13

Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander

Zeiteffekt*	p = 0,047	F = 2,2
Gruppeneffekt*	p = 0,000	F = 91,5

* Varianzanalyse nicht zulässig, da Werte nicht normal verteilt sind, Vergleich der Mittelwerte nach der Transformation mit Ln (NEFA)

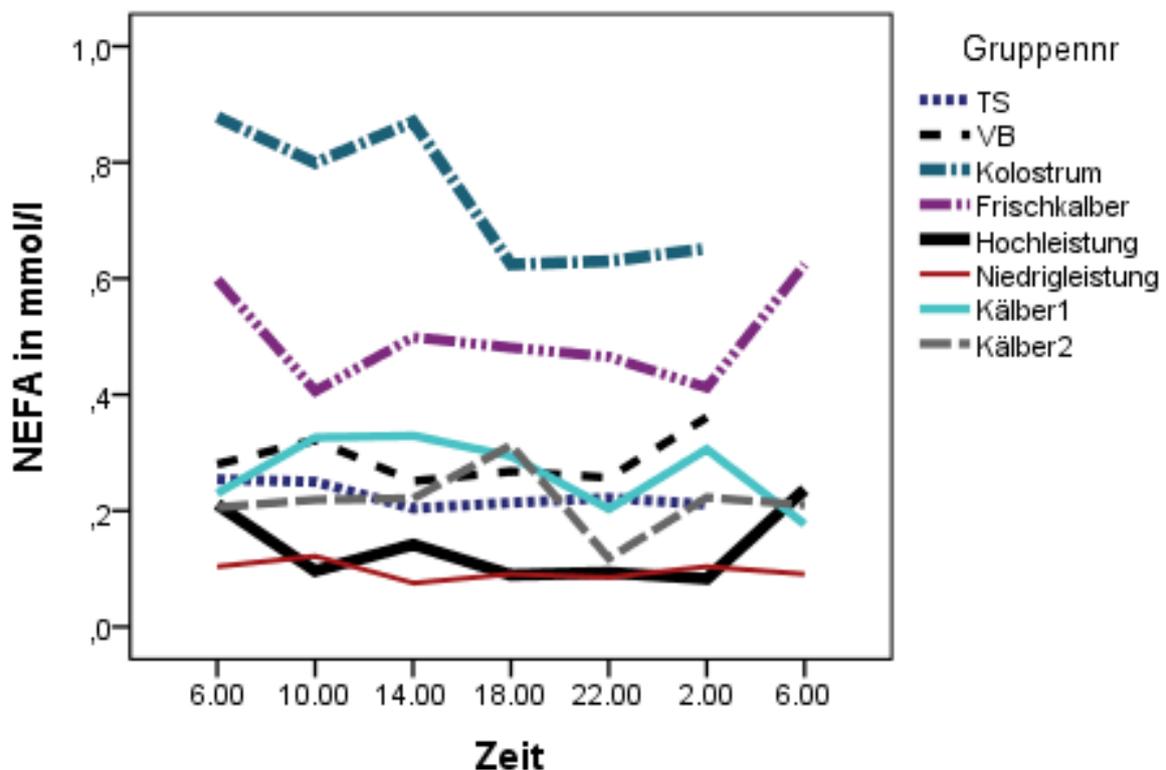


Abbildung 7: NEFA-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.1.8 BHB

Für die BHB war der Einfluss der Tageszeit signifikant nachweisbar. Für den Zeiteffekt konnte ein Signifikanzniveau von $p = 0,000$ varianzanalytisch ermittelt werden. Im Tagesprofil der Mittelwerte konnten die signifikant höchsten Werte zwischen 14.00 Uhr und 22.00 Uhr mit 0,5 bis 0,54 mmol/l ermittelt werden (Tabelle 18). Die BHB-Konzentration war um 6.00, 10.00 und 2.00 Uhr (0,29 - 0,43 mmol/l) signifikant niedriger als um 18.00 Uhr (MW = 0,50 mmol/l). Die Schwankungsbreite im Tagesverlauf wurde mit 0,25 mmol/l ermittelt. Der Einfluss der Gruppe auf die Glukosekonzentration im Serum konnte signifikant dargestellt werden ($p = 0,000$). Die Neugeborenen- und Saugkälber wiesen mit 0,08 und 0,07 mmol/l und einer Standardabweichung von 0,02 mmol/l die niedrigsten Werte auf. Bei der Hochleistungsgruppe waren mit (MW = 0,65 mmol/l und einer Standardabweichung von 0,26 mmol/l die höchsten Konzentrationen nachweisbar. Gruppenübergreifend mit Ausnahme der Neugeborenenengruppe stieg im Tagesprofil die Konzentration für BHB an, mit einem Maximum zwischen 18.00 und 22.00 Uhr. Danach fiel der Parameter ab, um sein Minimum um 6.00 Uhr zu erreichen. Dann stiegen die Werte erneut an. In Tabelle 18, Abbildung 8, 46, 47 und 97 sind die Ergebnisse zum BHB dargestellt.

Tabelle 19: BHB-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	0,35 ^{a,b,f,g}	0,39 ^{a,b,e,f,g}	0,54^{c,d,e,f,g}	0,50^{c,d,e}	0,51^{b,c,d,e,f}	0,43 ^{a,b,c,e,f}	0,29^{a,b,c,f,g}	0,43
s	0,23	0,25	0,27	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	0,39 ^{a,f}	0,51 ^{b,f}	0,57 ^{c,d,e}	0,61 ^{c,d,e}	0,65^{c,d,e}	0,39 ^{a,b,f}	0,08^{g,h}	0,07^{g,h}
s	0,14	0,14	0,20	0,14	0,26	0,18	0,02	0,15

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	p = 0,000	F = 9,3
Gruppeneffekt	p = 0,000	F = 667,9

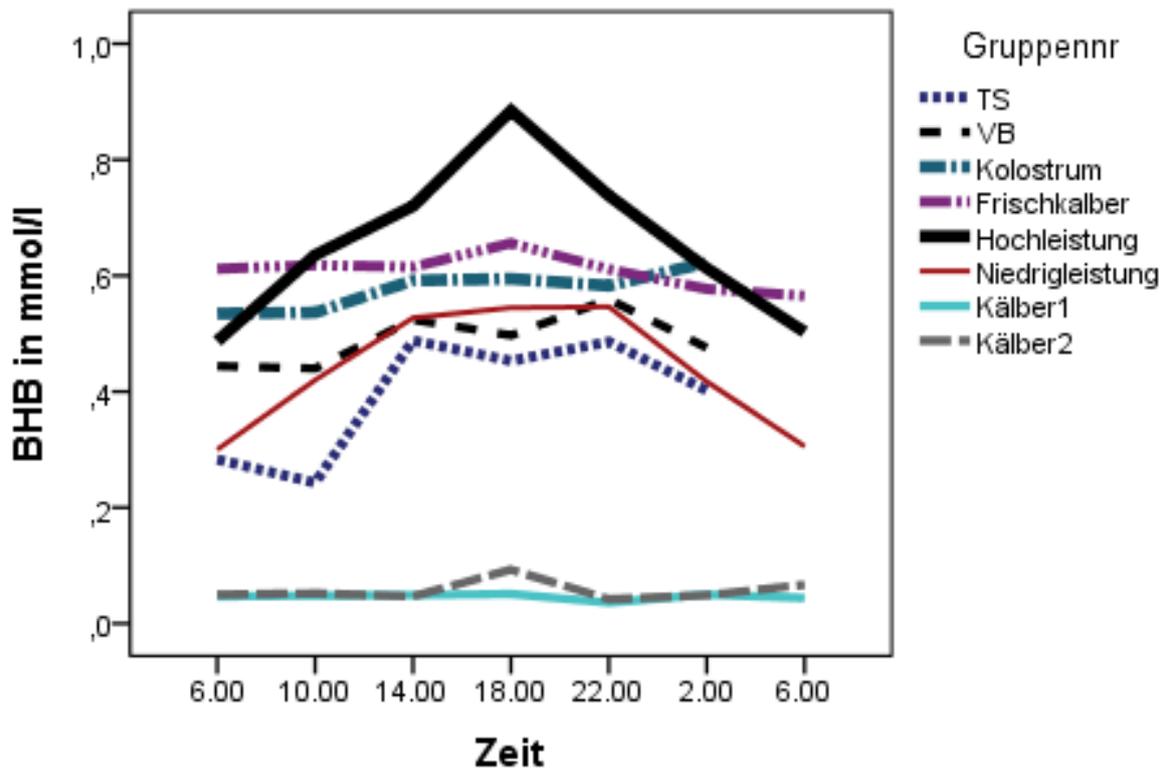


Abbildung 8: BHB-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.1.9 Kreatinin (Crea)

Für Kreatinin konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,925$). Es konnte kein signifikanter Konzentrationsunterschied des Kreatinins zwischen den Messzeitpunkten im Tagesprofil ermittelt werden. Innerhalb von 24 Stunden bewegten sich die Kreatininmittelwerte zwischen $96,0 \mu\text{mol/l}$ (zweite 6.00-Uhr-Messung) und $105,5 \mu\text{mol/l}$ (erste 6.00-Uhr-Messung), bei einer Standardabweichung von $18,3 \mu\text{mol/l}$. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die niedrigsten Kreatininwerte ($MW = 92,0 \mu\text{mol/l}$) wurden bei der Niederleistungs- und Neugeborenenengruppe gemessen. Den stabilsten Verlauf wies die Niederleistungsgruppe auf, mit einer Standardabweichung von $9,6 \mu\text{mol/l}$. Bei der Neugeborenenengruppe wurden höhere Werte zu Beginn der Untersuchung gemessen (erste 6.00-Uhr-Messung ca. $100,0 \mu\text{mol/l}$). Danach stabilisierten sich die Werte im Tagesverlauf um Werte von $92,0 \mu\text{mol/l}$. Die höchsten Werte im Gruppenvergleich zeigten sich bei den Kolostrumtieren ($MW = 117,0 \mu\text{mol/l}$ und $s = 23,5 \mu\text{mol/l}$). Zur ersten 6.00-Uhr-Messung wurde ein Durchschnittswert von $125,0 \mu\text{mol/l}$ ermittelt, der im Tagesverlauf bis zur zweiten 6.00 Uhr-Messung auf einen Mittelwert von $113,0 \mu\text{mol/l}$ absank. In Tabelle 20, Abbildung 9, 48, 49 und 106 sind die Ergebnisse zum Kreatinin dargestellt.

Tabelle 20: Kreatinin-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	105,5^a	102,7 ^a	103,6 ^a	103,0 ^a	102,5 ^a	102,8 ^a	96,0^a	102,6
s*	22,1	19,5	20,4	16,1	16,1	16,3	14,2	18,3

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	107,0 ^{a,b,d,h}	115,7 ^{a,b,c}	117,0^{b,c}	106 ^{a,d,h}	96,4 ^{e,f,g,h}	92,0^{e,f,g}	92,0^{e,f,g,h}	99,4 ^{a,d,e,g,h}
s*	14,2	16,6	23,5	19,4	11,1	9,6	17,8	11,7

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt*	p = 0,925	F = 0,3
Gruppeneffekt*	p = 0,000	F = 24,6

* Varianzanalyse nicht zulässig, da Werte nicht normal verteilt sind, Vergleich der Mittelwerte nach der Transformation mit Ln (Kreatinin)

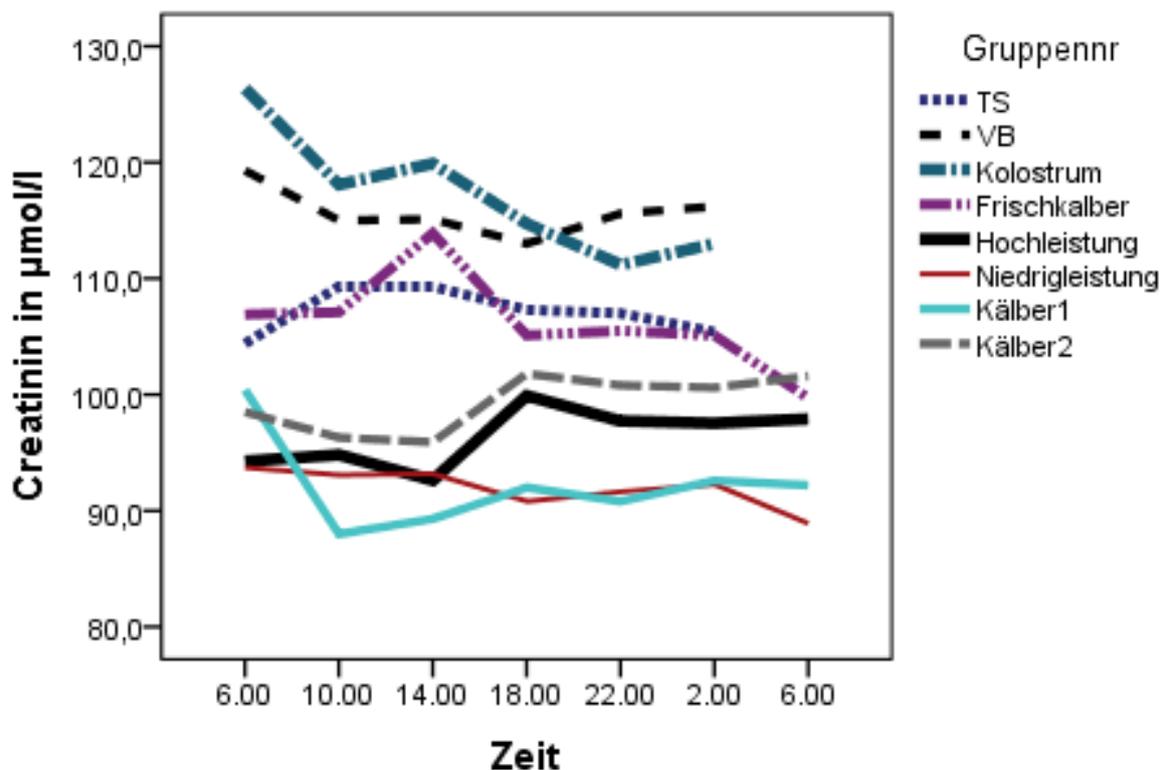


Abbildung 9: Kreatinin-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.2 Enzyme

4.1.2.1 ASAT

Für das Enzym ASAT konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,929$). Zwischen den Messzeitpunkten konnten keine signifikanten Konzentrationsunterschiede für die ASAT varianzanalytisch ermittelt werden. Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte für die ASAT zwischen 76 U/l (zweite 6.00-Uhr-Messung) und 83 U/l (14.00 Uhr), bei einer Standardabweichung von 43 U/l. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten ASAT-Werte wurden bei der Hochleistungsgruppe gemessen, mit einem Mittelwert von 115 U/l. Die geringsten Konzentrationen wurden bei der Saugkälbergruppe mit 29 U/l ermittelt. Den stabilsten Tagesverlauf zeigte die Vorbereitergruppe mit einer Standardabweichung von 12 U/l. Die größte Schwankungsbreite, mit einer Standardabweichung von 52 U/l war bei der Trockenstehergruppe gemessen worden. In Tabelle 21, Abbildung 10, 50, 51 und 124 sind die Ergebnisse zur ASAT dargestellt.

Tabelle 21: ASAT-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	79 ^a	83 ^a	83^a	81 ^a	79 ^a	79 ^a	76^a	80
s	38	56	41	40	39	40	50	43

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	82 ^{a,b,c,f}	71 ^{a,b}	94 ^{a,c,d,f}	99 ^{c,d,e,f}	115^{d,e}	93 ^{a,c,d,f}	53 ^g	29^h
s	52	12	18	39	49	41	25	31

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	$p = 0,929$	$F = 0,31$
Gruppeneffekt	$p = 0,000$	$F = 52,1$

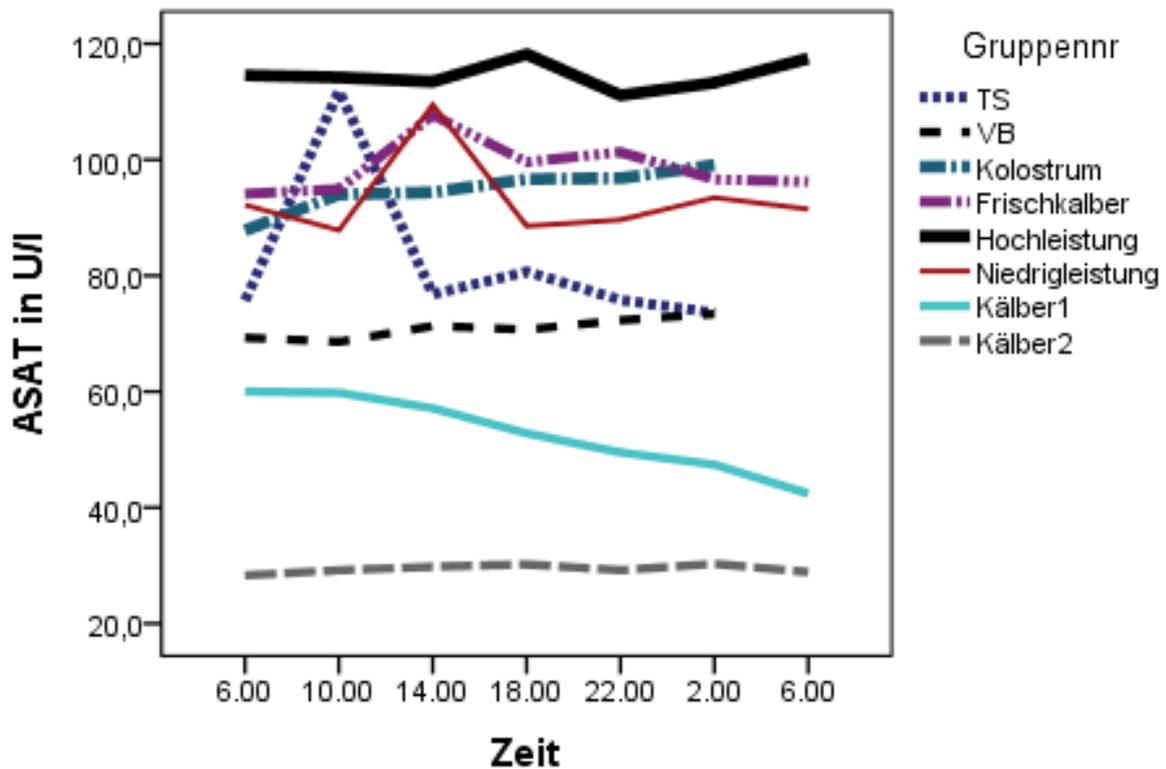


Abbildung 10: ASAT-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.2.2 CK

Für die CK konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,479$). Es waren keine signifikanten Konzentrationsunterschiede zwischen den Messzeitpunkten im 24-Stunden-Profil zu finden. Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte für die CK zwischen 171 U/l (zweite 6.00-Uhr-Messung) und 297 U/l (14.00 Uhr), bei einer Standardabweichung von 314 U/l. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten CK-Werte wiesen die Tiere der Kolostrumgruppe auf (MW = 300 U/l), bei einer Standardabweichung von 259 U/l. Die niedrigsten Konzentrationen wurden bei den Saugkälbern gemessen, mit einem Mittelwert von 100 U/l und einer Standardabweichung von 47 U/l. In Tabelle 22, Abbildung 11, 52, 53 und 103 sind die Ergebnisse zur CK dargestellt.

Tabelle 22: CK-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	205 ^a	224 ^a	297^a	229 ^a	215 ^a	218 ^a	171^a	226
s*	326	336	392	307	228	352	138	314

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	296 ^{a,b,c,d,e,f}	214 ^{a,b,c,d,e,f}	300^{b,c,d,e,f}	226 ^{a,b,c,d,e,f}	262 ^{a,b,c,d,e,f}	294 ^{a,b,c,d,e,f}	110 ^{g,h}	100^{g,h}
s*	526	213	259	251	323	439	101	47

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt*	p = 0,479	F = 0,9
Gruppeneffekt*	p = 0,000	F = 16,4

* Varianzanalyse nicht zulässig, da Werte nicht normal verteilt sind, Vergleich der Mittelwerte nach der Transformation mit Ln (CK)

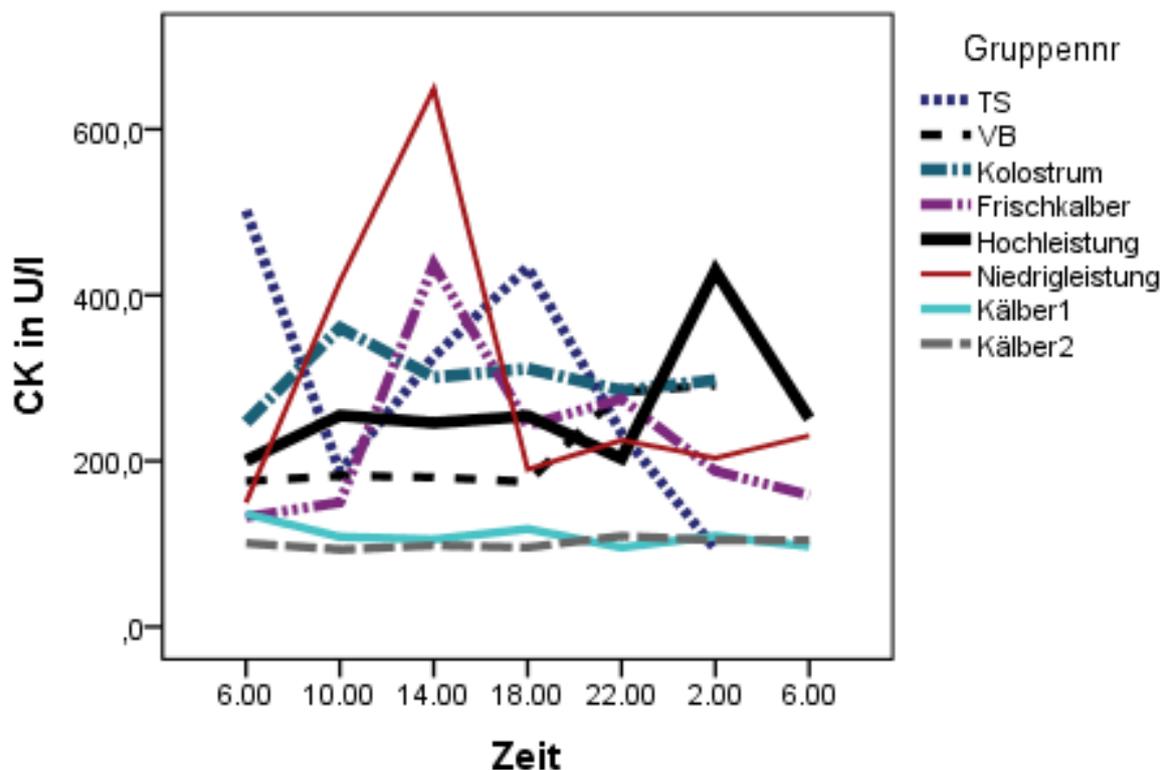


Abbildung 11: CK-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.2.3 GGT

Für die GGT konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,911$). Es gab keine signifikanten Konzentrationsveränderungen zwischen den Messzeitpunkten. Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte für die GGT zwischen 248 U/l (zweite 6.00-Uhr-Messung) und 181 U/l (22.00 Uhr), bei einer Standardabweichung von 436 U/l. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten GGT-Werte (MW = 1142 U/l) waren bei der Neugeborenenengruppe gemessen worden, mit einer Standardabweichung von 650 U/l. Im Tagesprofil zeigte die GGT-Konzentration bei der Neugeborenenengruppe eine ständige Abnahme der Konzentration (Abb. 12) von ca. 1500 U/l bei der ersten 6.00-Uhr-Messung bis auf 900 U/l zur zweiten 6.00-Uhr-Messung. Ohne die Kälbergruppen zeigten die anderen Untersuchungsgruppen stabile GGT-Mittelwerte im Tagesverlauf mit Werten zwischen 23 U/l (VB) und 46 U/l (HL). In Tabelle 23, Abbildung 12, 54, 55 und 108 sind die Ergebnisse zur GGT dargestellt.

Tabelle 23: GGT-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	241 ^a	220 ^a	202 ^a	191 ^a	181^a	179 ^a	248^a	206
s*	549	490	437	405	376	360	395	436

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	30 ^{a,c,d,f}	23^{b,c}	26 ^{a,b,c,d}	31 ^{a,c,d,f}	46^e	37 ^{a,f}	1142^g	287^h
s*	7	8	10	16	12	12	650	107

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt*	$p = 0,911$	$F = 0,3$
Gruppeneffekt*	$p = 0,000$	$F = 693,8$

* Varianzanalyse nicht zulässig, da Werte nicht normal verteilt sind, Vergleich der Mittelwerte nach der Transformation mit Ln (GGT)

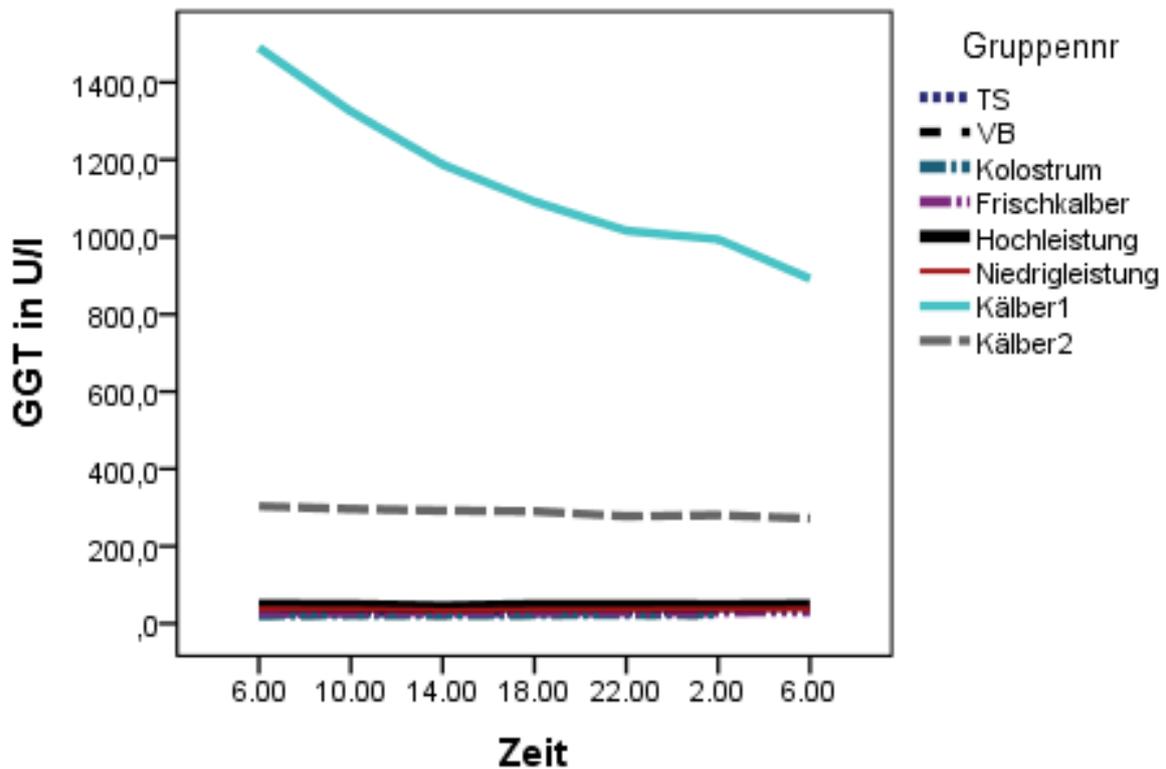


Abbildung 12: GGT-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.2.4 GLDH

Für die GLDH konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,995$). Die GLDH-Werte aller Messzeitpunkte unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte für die GLDH zwischen 19 U/l (22.00 Uhr) und 23 U/l (zweite-6.00 Uhr-Messung), bei einer Standardabweichung von 16 U/l. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Bei der Hochleistungsgruppe wurden die höchsten Werte (MW = 37 U/l) für die GLDH gemessen, bei einer Standardabweichung von 19 U/l. Die niedrigsten Werte (MW = 11 U/l) wiesen die Tiere der Vorbereitergruppe auf, bei einer Standardabweichung von 4 U/l. In Tabelle 24, Abbildung 13, 56, 57 und 109 sind die Ergebnisse zur GLDH dargestellt.

Tabelle 24: GLDH-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	20 ^a	19 ^a	23 ^a	20				
s*	15	15	16	16	16	16	18	16

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	17 ^{a,c,f,g,h}	11 ^{b,c,g,h}	13 ^{a,b,c,g,h}	26 ^{d,f}	37 ^e	22 ^{a,d,f}	16 ^{a,b,c,g,h}	14 ^{a,b,c,g,h}
s*	9	4	6	20	19	13	18	8

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt*	p = 0,995	F = 0,1
Gruppeneffekt*	p = 0,000	F = 33,0

* Varianzanalyse nicht zulässig, da Werte nicht normal verteilt sind, Vergleich der Mittelwerte nach der Transformation mit Ln (GLDH)

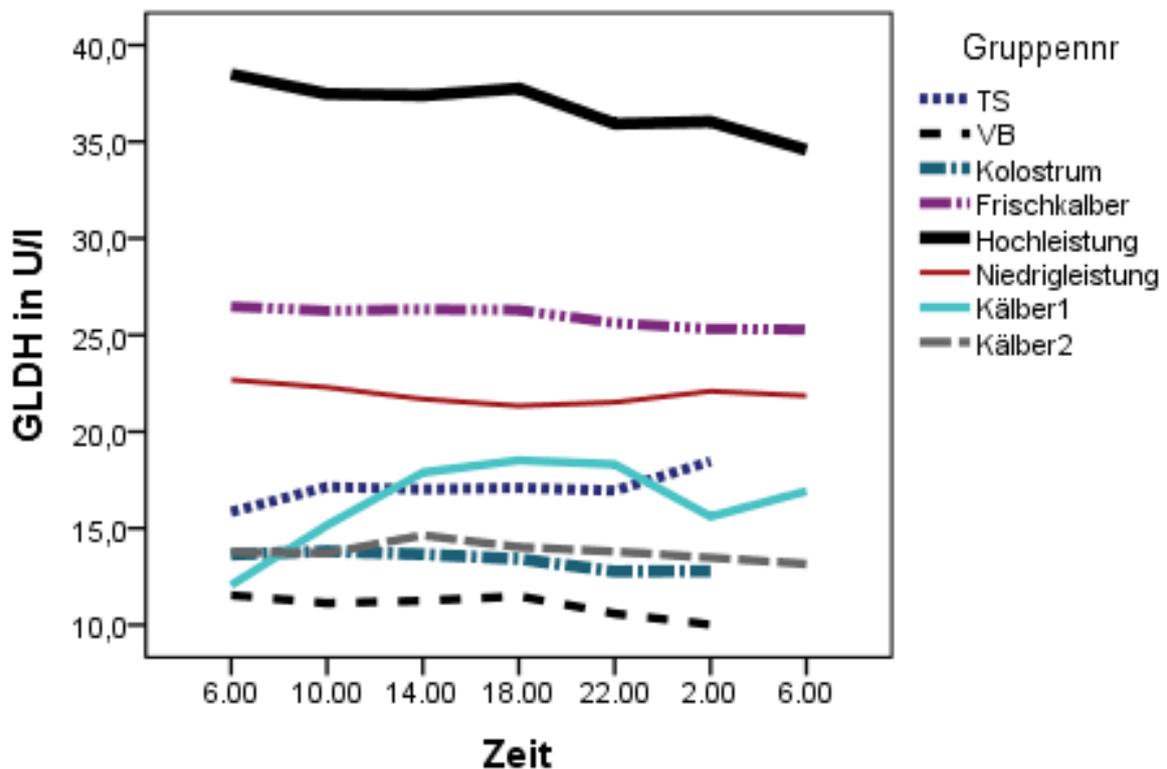


Abbildung 13: GLDH-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.3 Mengenelemente

4.1.3.1 Kalzium (Ca)

Für Ca konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,657$). Varianzanalytisch waren keine signifikanten Konzentrationsunterschiede für das Ca zwischen den Messzeitpunkten zu finden. Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte für Ca um 2,5 mmol/l, bei einer Standardabweichung von 0,3 mmol/l. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten Serumkonzentrationen wurden bei den Kälbergruppen gemessen. Die Werte bewegten sich bei der Neugeborengruppe um 2,9 mmol/l und bei der Saugkälbergruppe um 2,8 mmol/l. Die Standardabweichung wurde mit 0,2 mmol/l ermittelt. Die niedrigsten Ca-Spiegel im Blut zeigten die Tiere der Kolostrumgruppe mit einem durchschnittlichen Wert von 2,1 mmol/l. Bei dieser Gruppe wurde die höchste Standardabweichung ($s = 0,3$ mmol/l) gemessen. Den stabilsten Tagesverlauf wies die Trockenstehergruppe mit 2,5 mmol/l und $s = 0,1$ mmol/l auf. In Tabelle 25, Abbildung 14, 58, 59 und 100 sind die Ergebnisse zum Serumkalzium dargestellt.

Tabelle 25: Ca-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	2,5 ^a	2,6 ^a	2,5					
s	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	2,5 ^{a,d,e}	2,3 ^{b,f}	2,1 ^c	2,5 ^{a,d,e,f}	2,5 ^{a,d,e,f}	2,4 ^{b,d,e,f}	2,9 ^g	2,8 ^h
s	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	$p = 0,657$	$F = 0,69$
Gruppeneffekt	$p = 0,000$	$F = 120,8$

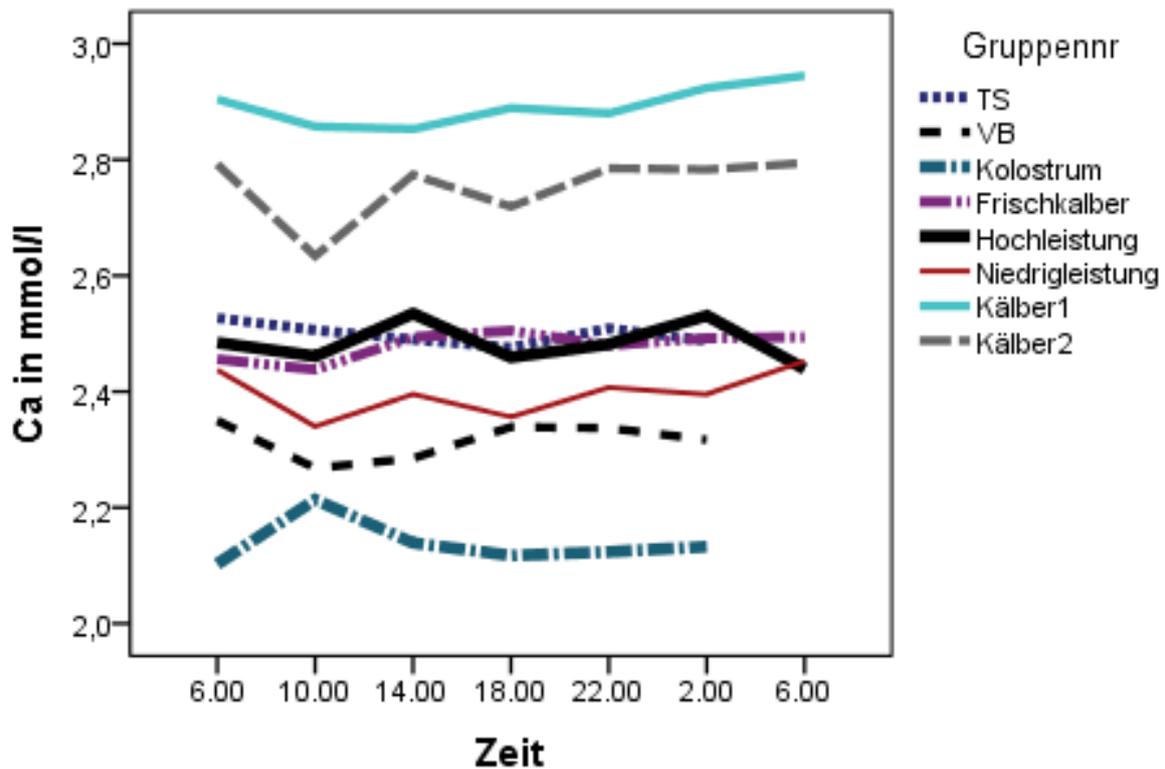


Abbildung 14: Ca-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.3.2 Anorganisches Phosphat (P)

Für P konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,945$). Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte für PO_4 um $1,9 \text{ mmol/l}$, bei einer Standardabweichung von $0,4 \text{ mmol/l}$. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die signifikant höchsten Werte für anorganisches Phosphat wurden bei den Kälbergruppen gemessen. Bei der Neugeborenenengruppe lag das Messergebnis im Mittel bei $2,1 \text{ mmol/l}$ und bei der Saugkälbergruppe bei $2,4 \text{ mmol/l}$. Die niedrigsten Konzentrationen wiesen die Kolostrumtiere mit einem Mittelwert von $1,6 \text{ mmol/l}$ auf. Hier wurde die höchste Schwankungsbreite mit $s = 0,4 \text{ mmol/l}$ gemessen. In Tabelle 26, Abbildung 15, 60, 61 und 121 sind die Ergebnisse zum anorganischen Phosphat im Serum dargestellt.

Tabelle 26: P-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	1,8 ^a	1,9						
s	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	1,9 ^a	1,8 ^{a,d,e}	1,6 ^{c,d,e,f}	1,8 ^{b,c,d,e,f}	1,7 ^{b,c,d,e,f}	1,6 ^{c,d,e,f}	2,1 ^g	2,4 ^h
s	0,2	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	p = 0,945	F = 0,28
Gruppeneffekt	p = 0,000	F = 72,9

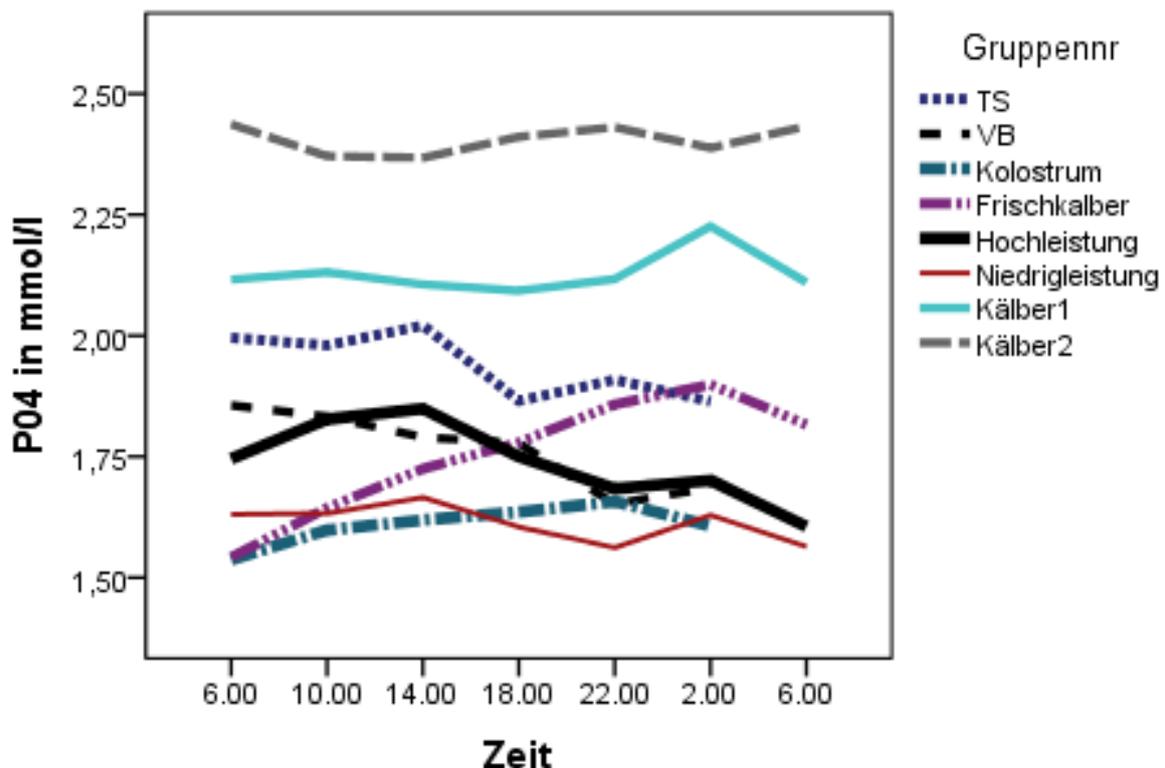


Abbildung 15: P-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte im Serum

4.1.3.3 Chlorid (Cl)

Für Cl konnte kein Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,968$). Es konnten keine signifikanten Konzentrationsunterschiede zwischen den Messzeitpunkten gefunden werden. Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte für Chlorid um 100,0 mmol/l, bei einer Standardabweichung von 6,8 mmol/l. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten Chlorid-Werte wies die Trockenstehergruppe auf (MW = 111,0 mmol/l) bei einer Standardabweichung von 2,6 mmol/l. Die niedrigsten Werte wurden bei der Hochleistungsgruppe gemessen. Hier beträgt die Standardabweichung 6,1 mmol/l. Der Chloridwert zeigte einen biphasischen Verlauf mit Maxima um 18.00 Uhr und 6.00 Uhr (MW = 98,0 mmol/l). Die Minima wurden um 14.00 Uhr und 2.00 Uhr (MW = 93,0 mmol/l) gemessen. Für den Parameter lag ein 12-Stunden-Rhythmus bei der Hochleistungsgruppe vor. Da statistisch keine Tagesrhythmik nachzuweisen war, sind die Bewegungen der Werte als zufällig zu betrachten. Den stabilsten Tagesverlauf für Chlorid im Blutserum wiesen die Tiere der Saugkälbergruppe auf mit Mittelwerten um 98,0 mmol/l und einer Standardabweichung von 2,1 mmol/l. In Tabelle 27, Abbildung 16, 62, 63 und 104 sind die Ergebnisse zum Chlorid im Serum dargestellt.

Tabelle 27: Cl-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	100,0 ^a	100,0 ^a	100,0 ^a	101,0^a	100,0 ^a	100,0 ^a	97,0^a	100,0
s	6,5	6,5	7,4	7,1	7,0	7,3	4,6	6,8

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	111,0^a	101,0 ^{b,f}	106,0 ^c	98,0 ^{d,f,g,h}	95,0^{e,g}	99,0 ^{b,d,f,h}	96,0 ^{d,e,g,h}	98,0 ^{d,f,g,h}
s	2,6	5,6	4,6	4,8	6,1	5,7	2,6	2,1

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	$p = 0,968$	$F = 0,2$
Gruppeneffekt	$p = 0,000$	$F = 93,3$

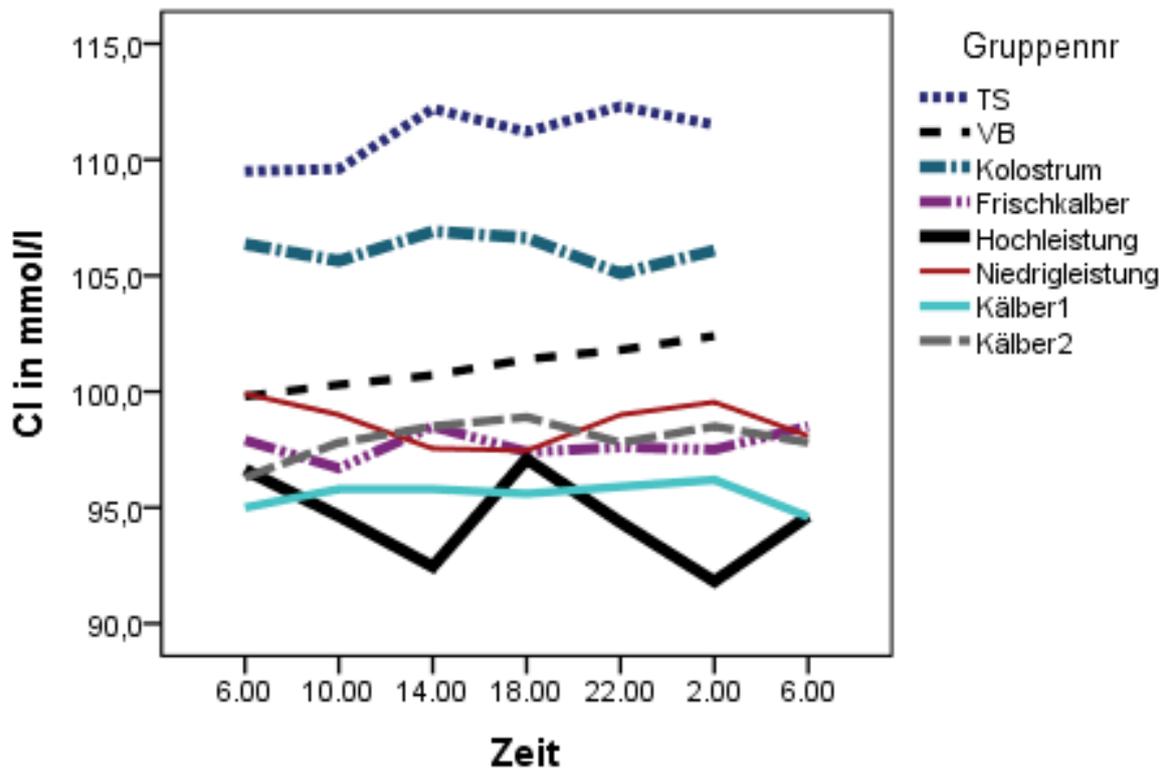


Abbildung 16: Cl-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.3.4 Kalium (K)

Für Kalium konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,110$). Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte für Kalium um $4,5 \text{ mmol/l}$, bei einer Standardabweichung von $0,5 \text{ mmol/l}$. Die höchsten Konzentrationen (MW = $4,6 \text{ mmol/l}$) wurden um 6.00 Uhr 22.00 Uhr, 2.00 Uhr gemessen. Die Minima der Mittelwerte wurden um 18.00 Uhr (MW = $4,4 \text{ mmol/l}$) gemessen. Jedoch bestand statistisch kein signifikanter Unterschied zwischen den Messzeitpunkten. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten Kalium-Blut-Werte wurden bei der Neugeborenenengruppe ermittelt, mit einem Mittelwert von $5,1 \text{ mmol/l}$ und einer Standardabweichung von $0,4 \text{ mmol/l}$. Die Hochleistungsgruppe wies mit einem Mittelwert von $4,1 \text{ mmol/l}$ die niedrigste Kaliumkonzentration auf. Die Frischkalbergruppe zeigte mit einer Standardabweichung von $0,5 \text{ mmol/l}$ die höchste Schwankungsbreite für Kalium. Im Liniendiagramm der Gruppenmittelwerte waren bei der Neugeborenen-, Saugkälber-, Vorbereiter-, Hochleistungs- und Niederleistungsgruppe im Tagesverlauf fallende Werte mit Minima um 18.00 Uhr bis 20.00 Uhr ablesbar. Danach erholten sich die Werte und zeigten bei den Neugeborenen-, Saugkälber- und den Hochleistungstieren ihre Maxima zwischen 22.00 Uhr und 2.00 Uhr. In Tabelle 28, Abbildung 17, 64, 65 und 112 sind die Ergebnisse zum Kalium im Serum dargestellt.

Tabelle 28: K-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	4,6 ^a	4,5 ^a	4,5 ^a	4,4 ^a	4,6 ^a	4,6 ^a	4,5 ^a	4,5
s	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	4,4 ^{a,b,c,d,f}	4,6 ^{a,b,c}	4,5 ^{a,b,c,d,f}	4,3 ^{a,c,d,f}	4,1 ^e	4,4 ^{a,c,d,f}	5,1 ^g	4,8 ^h
s	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,2

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	p = 0,110	F = 1,8
Gruppeneffekt	p = 0,000	F = 48,5

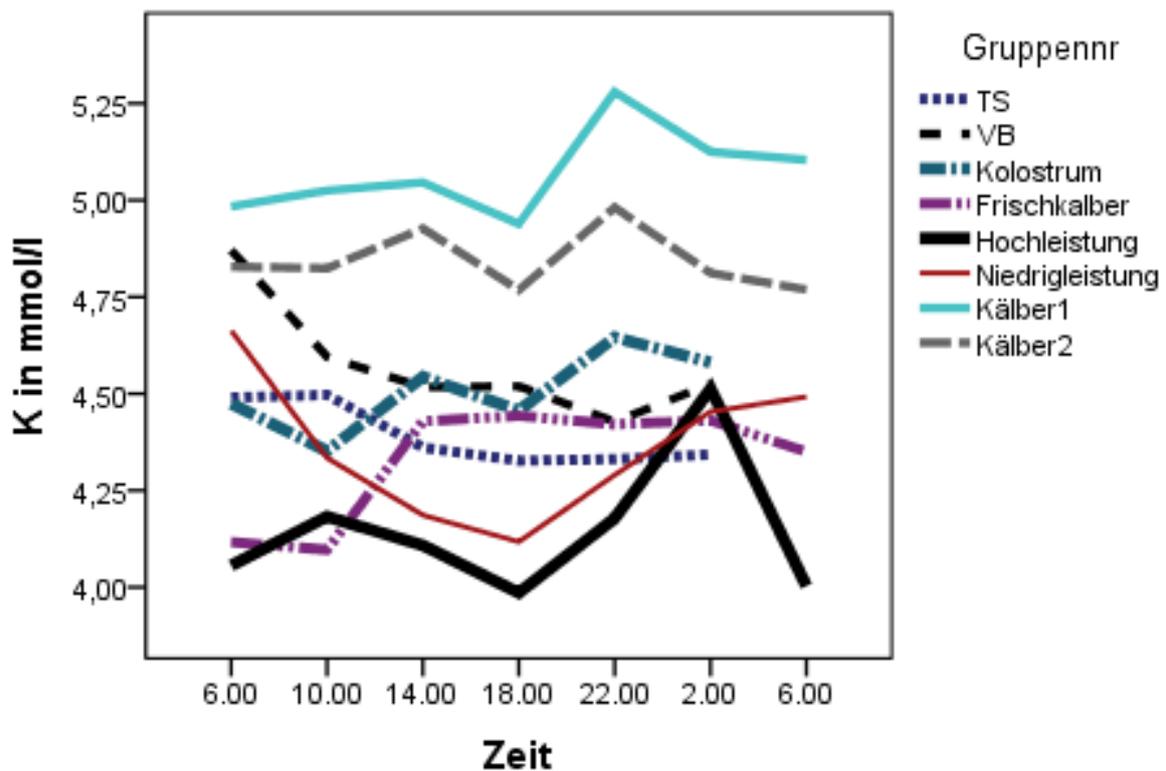


Abbildung 17: K-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.3.5 Natrium (Na)

Für Natrium konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,947$). Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte für Natrium um 137,1 mmol/l, bei einer Standardabweichung von 6,7 mmol/l. Die höchsten Mittelwerte (137,6 mmol/l) wurden bei der ersten 6.00 Uhr, 10.00 Uhr und 14.00-Uhr-Messung beobachtet. Die Minima der Mittelwerte wurden bei der zweiten 6.00-Uhr-Messung beobachtet. Zwischen den Messzeitpunkten konnte in der Varianzanalyse kein signifikanter Unterschied der Natriumkonzentrationen festgestellt werden. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten Natriumkonzentrationen zeigten Vorbereiter- und die Kolostrumgruppe (MW = 143,5 mmol/l und 143,1 mmol/l) mit einer Standardabweichung von 6 und 7,8 mmol/l. Bei beiden Gruppen war eine Tagesdynamik erkennbar, die jedoch statistisch nicht gesichert werden konnte und auf zufälligen Effekten beruht. Die Werte stiegen im Tagesverlauf an und erreichten ihr Maximum um 12.00-14.00 Uhr (MW = 146,0 mmol/l). Danach fielen die Werte ab und erreichten ihr Minimum um 4.00 Uhr bis 6.00 Uhr bei einem MW von 142,0 mmol/l. Die geringsten Na-Konzentrationen wurden bei der Trockenstehergruppe mit einem Mittelwert von 133,3 mmol/l gemessen. In Tabelle 29, Abbildung 18, 66, 67 und 116 sind die Ergebnisse zum Natrium im Serum dargestellt.

Tabelle 29: Na-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	137,6 ^a	137,6 ^a	137,6 ^a	137,1 ^a	137,0 ^a	136,9 ^a	135,2 ^a	137,1
s	7,0	7,4	7,1	6,7	6,2	6,8	5,5	6,7

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	133,3 ^{a,g,h}	143,5 ^b	143,1 ^{c,d,f}	135,8 ^{c,d,f}	135,2 ^e	136,1 ^{c,d,f}	134,3 ^{a,g,h}	136,4 ^{a,g,h}
s	3,0	6,0	7,8	9,0	4,2	6,7	2,9	2,6

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	$p = 0,947$	$F = 0,3$
Gruppeneffekt	$p = 0,000$	$F = 27,6$

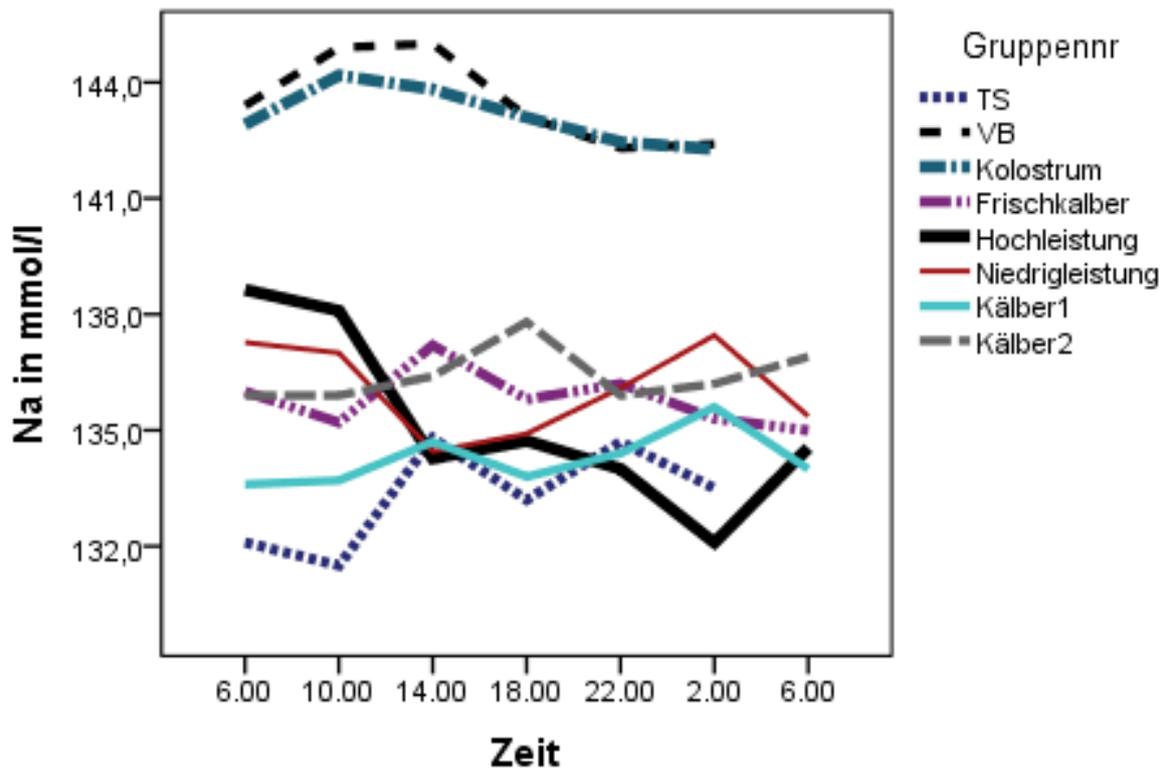


Abbildung 18: Na-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.1.3.6 Magnesium (Mg)

Für Magnesium konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,947$). Keiner der Messzeitpunkte unterschied sich signifikant voneinander. Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte für Magnesium um $0,9 \text{ mmol/l}$, bei einer Standardabweichung von $0,1 \text{ mmol/l}$. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten Mg-Werte wurden bei den Hochleistungstieren gemessen ($MW = 1,0 \text{ mmol/l}$). Die niedrigsten Werte wurden bei den Kälbergruppen beobachtet, mit einem Mittelwert um $0,8 \text{ mmol/l}$. Der Wert zeigte hier auch den stabilsten Tagesverlauf mit einer Standardabweichung von $0,1 \text{ mmol/l}$. Die größte Tagesschwankung zeigte die Kolostrumgruppe mit einer Standardabweichung von $0,2 \text{ mmol/l}$. In Tabelle 30, Abbildung 19, 68, 69 und 114 sind die Ergebnisse zum Magnesium im Serum dargestellt.

Tabelle 30: Mg-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	83	83	83	83	83	83	52	550
MW	0,9 ^a	0,9						
s	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	70	70
MW	1,0 ^{a,b,c,d}	1,0 ^{a,b,c,d}	0,9 ^{a,b,c,d,f}	0,9 ^{a,b,c,d,f}	1,0^e	0,9 ^{c,d,f}	0,8^{g,h}	0,8^{g,h}
s	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	p = 0,456	F = 1,0
Gruppeneffekt	p = 0,000	F = 42,0

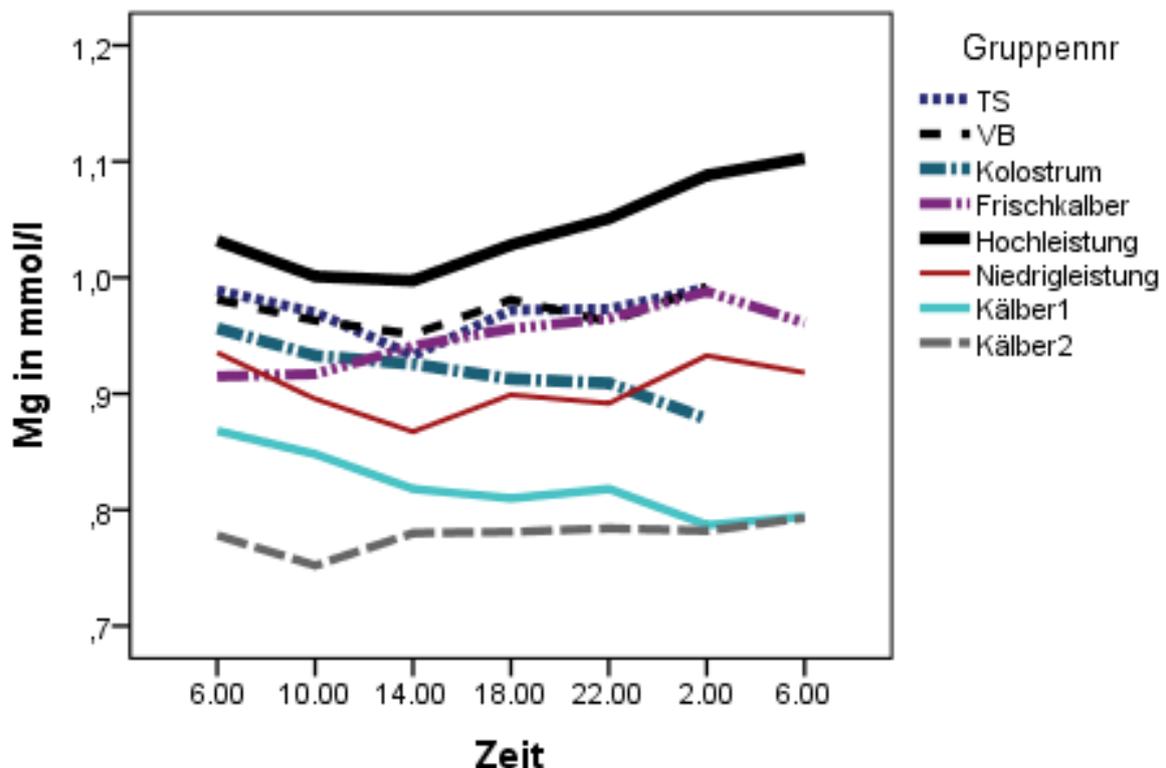


Abbildung 19: Mg-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte

4.2 Harnparameter

4.2.1 Kreatinin und Säuren-Basen-Haushalt

4.2.1.1 Kreatinin (Crea)

Für Kreatinin konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,886$). In der Varianzanalyse konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Messzeitpunkten nachgewiesen werden. Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte für Kreatinin zwischen $10435 \mu\text{mol/l}$ (22.00 Uhr) und $6567 \mu\text{mol/l}$ (6.00 Uhr). Der Gesamtmittelwert wurde mit $9691 \mu\text{mol/l}$ berechnet. **Der Wert für die zweite 6.00-Uhr-Messung war nicht repräsentativ, da hier nur für 3 von 6 Gruppen Ergebnisse ermittelt wurden.** Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten Harnkreatininwerte wurden bei der Vorbereitergruppe gemessen, mit einem Mittelwert von $18033 \mu\text{mol/l}$ und einer Schwankungsbreite von $s = 9531 \mu\text{mol/l}$. Die niedrigsten Konzentrationen im Harn zeigten die Tiere der Frischkalbergruppe mit einem Mittelwert von $5868 \mu\text{mol/l}$ und einer Schwankungsbreite von $s = 2169 \mu\text{mol/l}$. In Tabelle 31, Abbildung 20, 34, 35 und 107 sind die Ergebnisse zur Kreatininausscheidung dargestellt.

Tabelle 31: Harnkreatinin-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	63	63	63	63	63	63	32	410
MW	10095 ^a	9638 ^a	9302 ^a	10435^a	10424 ^a	9835 ^a	6567^a	9691
s	6238	5856	6528	7361	7849	6221	2462	6513

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	0	0
MW	10137 ^{a,c,e}	18033^b	11518 ^{a,c}	5868^{d,f}	8180 ^{a,e}	6260 ^{d,f}		
s	5433	9531	5671	2169	3401	2412		

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	$p = 0,886$	$F = 0,4$
Gruppeneffekt	$p = 0,000$	$F = 45,7$

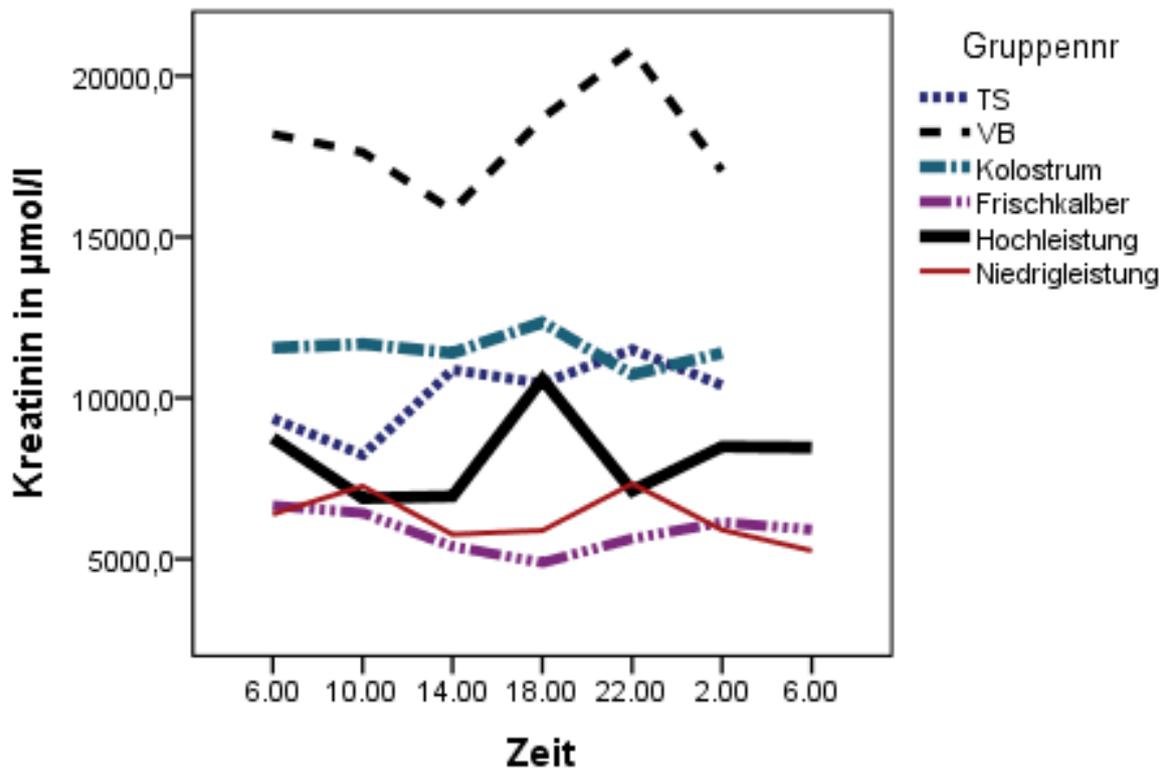


Abbildung 20: Verlaufsdigramm der Mittelwerte der Harn-Kreatinin-Konzentration

4.2.1.2 Harn-pH

Für den Harn-pH-Wert konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,725$). Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Messzeitpunkten festgestellt werden. Im Tagesprofil bewegten sich die pH-Mittelwerte auf einem stabilen Niveau um pH 8,3. Die durchschnittliche Tagesschwankung betrug pH 0,5. **Der Wert für die zweite 6.00-Uhr-Messung war nicht repräsentativ, da hier nur für 3 von 6 Gruppen Ergebnisse ermittelt wurden.** Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten pH-Werte wies die Trockenstehergruppe mit einem Wert von 8,5 und einer Standardabweichung von pH 0,3 auf. Die niedrigsten pH-Konzentrationen wurden bei der Kolostrumgruppe gemessen, mit einem Mittelwert von 8,0 und einer Schwankungsbreite von 0,9. Der pH-Verlauf zwischen den Messwiederholungen korrelierte mit einer Abnahme von NH_4^+ im Tagesverlauf (Abb. 24). Den stabilsten Tagesverlauf für den Harn-pH war bei der Frischkalbergruppe mit pH 8,4 und einer Standardabweichung von pH 0,1 zu messen. In Tabelle 32, Abbildung 21, 72, 73 und 122 sind die Ergebnisse zum Harn-pH dargestellt.

Tabelle 32: Harn-pH-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	63	63	63	63	63	63	32	410
MW	8,2 ^a	8,2 ^a	8,2 ^a	8,3				
s	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4	0,1	0,5

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	0	0
MW	8,5 ^{a,b,d,e}	8,3 ^{a,b,c,d,e,f}	8,0 ^{b,c,f}	8,4 ^{a,b,d,e}	8,3 ^{a,b,d,e}	8,2 ^{b,c,f}		
s	0,3	0,9	0,9	0,1	0,2	0,1		

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	p = 0,725	F = 0,6
Gruppeneffekt	p = 0,000	F = 7,7

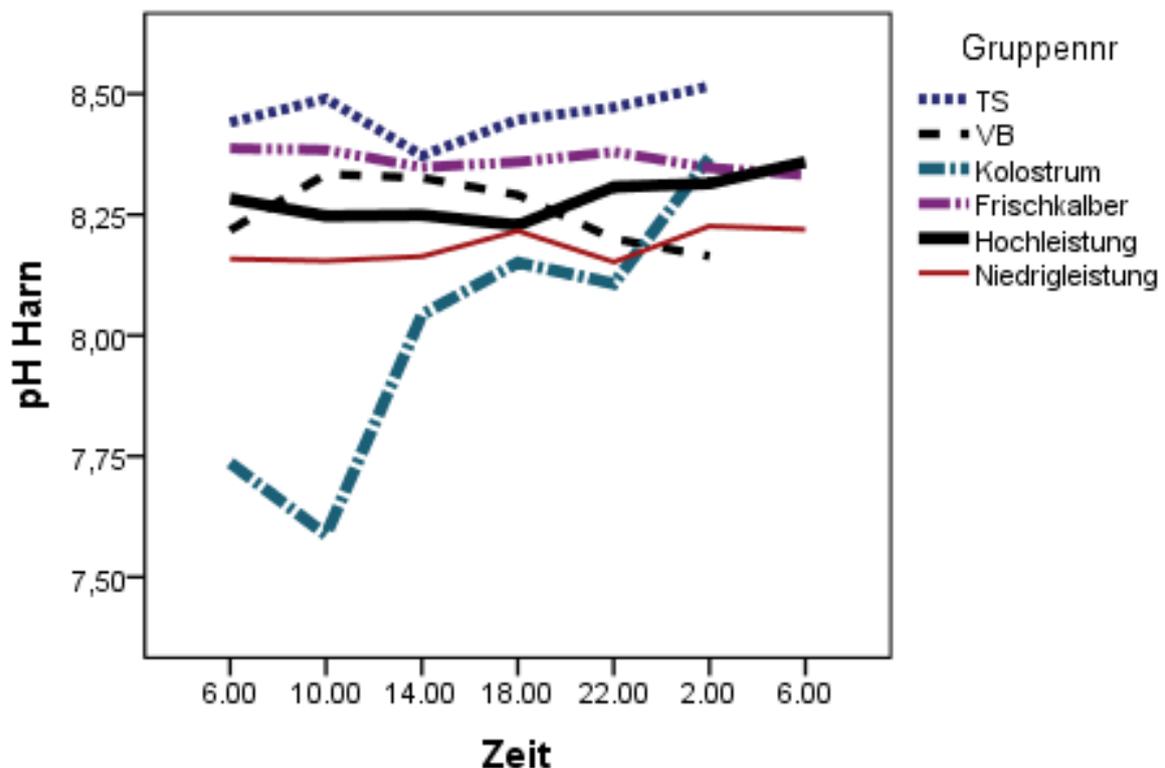


Abbildung 21: Verlaufsdigramm der Mittelwerte des Harn-pH

4.2.1.3 Basen

Für die Basen konnte im Harn kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,175$). Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Messzeitpunkten innerhalb von 24 Stunden dargestellt werden. Im Tagesprofil bewegten sich die Basen-Mittelwerte zwischen 183,9 mmol/l und 216,5 mmol/l. Der Gesamtmittelwert für die Basen betrug 203,9 mmol/l mit einer Schwankungsbreite von 78,7 mmol/l. **Der Wert für die zweite 6.00-Uhr-Messung war nicht repräsentativ, da hier nur für 3 von 6 Gruppen Ergebnisse ermittelt wurden.** Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Im Gruppenvergleich wiesen die Tiere der Frischkalbergruppe mit einem Mittelwert von 257,0 mmol/l und einer Standardabweichung von 68,1 mmol/l die höchsten Basenkonzentrationen auf. Die niedrigsten Werte waren bei der Niederleistungsgruppe mit einem Mittelwert von 159,2 mmol/l und einer Standardabweichung von 65,7 mmol/l messbar. In Tabelle 33, Abbildung 22, 74, 75 und 96 sind die Ergebnisse zur Basenausscheidung dargestellt.

Tabelle 33: Basen-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	63	63	63	63	63	63	32	410
MW	216,5^a	206,9 ^a	183,9^a	200,8 ^a	200,8 ^a	209,4 ^a	216,1^a	203,9 ^a
s	86,6	78,5	73,8	72,9	80,1	78,7	78,2	78,7

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	0	0
MW	187,1 ^{a,b,c,f}	207,5 ^{a,b}	165,4 ^{a,c,f}	257,0^{d,e}	243,7 ^{d,e}	159,2^{a,c,f}		
s	67,6	85,4	72,7	68,1	57,6	65,7		

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	$p = 0,175$	$F = 1,5$
Gruppeneffekt	$p = 0,000$	$F = 25,7$

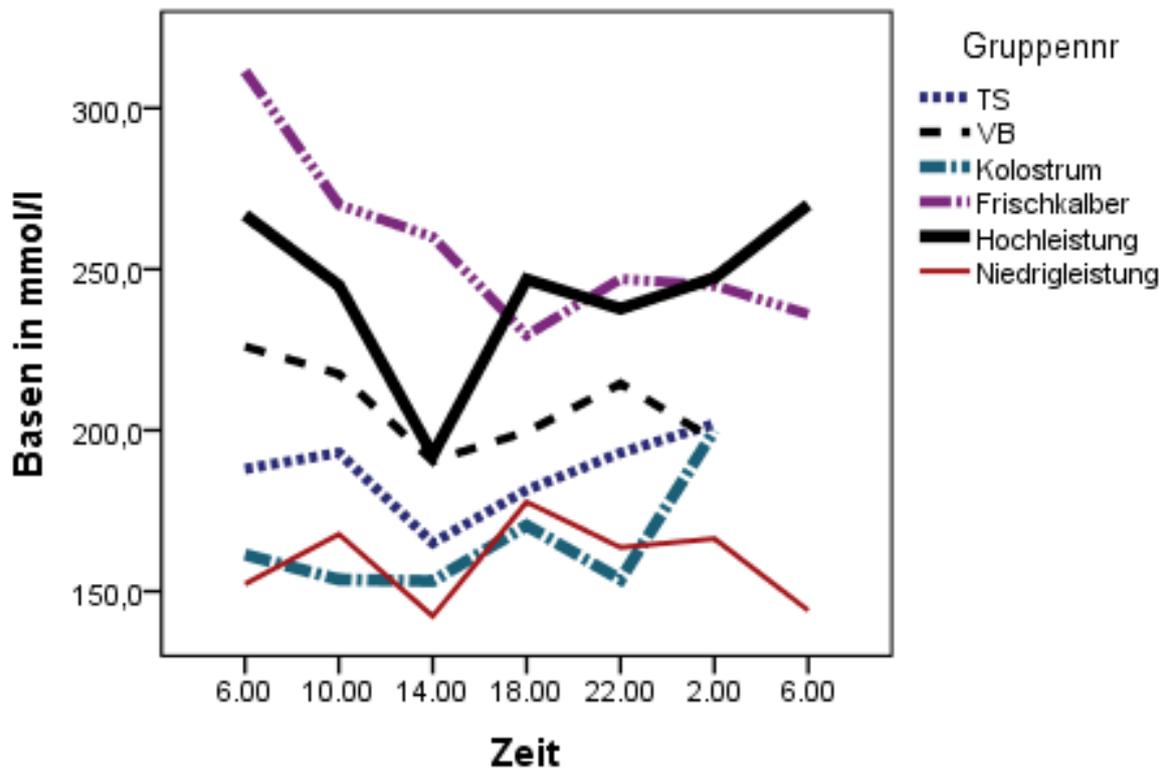


Abbildung 22: Verlaufsdigramm der Mittelwerte der Harn-Basen-Konzentration

4.2.1.3 Säuren

Für die Säuren konnte im Harn ein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,007$). Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte zwischen 70,6 mmol/l (22.00 Uhr) und 50,0 mmol/l (zweite 6.00-Uhr-Messung). Der Gesamtmittelwert beträgt 65,7 mmol/l mit einer Tagesschwankung von 28,1 mmol/l. Die Konzentration der Säuren war bei der zweiten 6.00 Uhr-Messung (MW = 50,0 mmol/l) signifikant niedriger als im Zeitraum zwischen 18.00 und 22.00 Uhr (MW 70,6 mmol/l). **Der niedrige Wert für die zweite 6.00-Uhr-Messung war jedoch nicht repräsentativ, da hier nur für 3 von 6 Gruppen Ergebnisse ermittelt wurden.** Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Im Gruppenvergleich waren die höchsten Konzentrationen bei der Vorbereitergruppe (MW = 96,2 mmol/l) ermittelt worden. Die Gruppe zeigte mit $s = 38,8$ mmol/l die höchste Schwankungsbreite. Den stabilsten Tagesverlauf wies die Frischkalbergruppe mit einem MW von 48,4 mmol/l und einer Standardabweichung von 11,7 mmol/l. Bei dieser Gruppe waren auch im Gruppenvergleich die niedrigsten Konzentrationen gemessen worden. In Tabelle 34, Abbildung 23, 76, 77 und 123 sind die Ergebnisse zur Säureausscheidung dargestellt.

Tabelle 34: Säuren-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	63	63	63	63	63	63	32	410
MW	66,0 ^{d,e,g}	65,5 ^{d,e,g}	66,9 ^{d,e,g}	69,6 ^{d,e}	70,6^{d,e}	63,4 ^{d,e,g}	50,0^g	65,7
s	24,0	21,7	28,2	32,5	33,4	29,4	17,8	28,1

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	0	0
MW	59,0 ^{a,c,d,f}	96,2^b	64,7 ^{a,c}	48,4^{a,d,f}	78,8 ^e	50,7 ^{a,d,f}		
s	22,6	38,8	22,1	11,7	17,6	19,8		

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	p = 0,007	F = 3,2
Gruppeneffekt	p = 0,000	F = 45,0

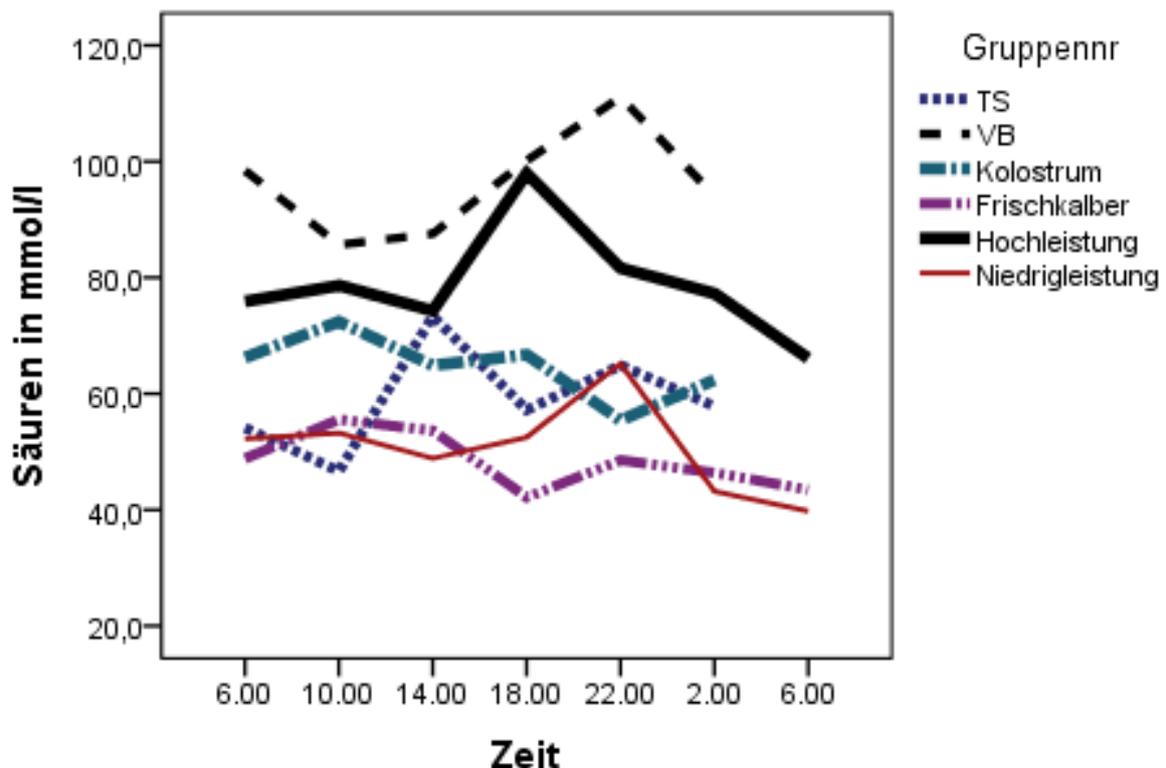


Abbildung 23: Verlaufsdigramm der Mittelwerte der Harn-Säuren-Konzentration

4.2.1.4 Ammoniumion (NH₄⁺)

Für NH₄⁺ konnte im Harn kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden (p = 0,649). Im Tagesprofil bewegten sich die NH₄⁺-Mittelwerte zwischen 3,9 mmol/l und 6,7 mmol/l. Der Gesamtmittelwert für NH₄⁺ betrug 5,4 mmol/l mit einer Schwankungsbreite von 5,4 mmol/l. Die höchsten Werte konnten zur ersten 6.00-Uhr-Messung dargestellt werden (MW= 6,7 mmol/l) und einer Schwankungsbreite von s = 9,3 mmol/l. Die niedrigsten Konzentrationen wurden zur zweiten 6.00-Uhr- Messung ermittelt (MW = 3,9 mmol/l). **Der Wert für die zweite 6.00-Uhr-Messung war nicht repräsentativ, da hier nur für 3 von 6 Gruppen Ergebnisse ermittelt wurden.** Trotz der Unterschiede zwischen den Werten konnte statistisch kein signifikanter Unterschied zwischen den Messzeitpunkten gefunden werden. Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant (p = 0,000). Im Gruppenvergleich zeigten die Tiere der Kolostrumgruppe mit 10,8 mmol/l die höchsten Durchschnittswerte und die höchste Schwankungsbreite mit einer Standardabweichung von 11,2 mmol/l. Auffällig war hier ein starker Abfall im Tagesprofil, von 16 mmol/l (erste 6.00-Uhr- Messung) auf 7,0 mmol/l um 2.00 Uhr. Dieser Verlauf korrelierte mit einem starken Anstieg des pH-Wertes in dieser Gruppe (Abb. 21). Die Frischkalbergruppe wies die niedrigsten und stabilsten Werte mit einem Mittelwert von 3,0 mmol/l und einer Standardabweichung von 1,1 mmol/l im Tagesverlauf auf. In Tabelle 35, Abbildung 24, 78, 79 und 119 sind die Ergebnisse zur Ammoniumionausscheidung dargestellt.

Tabelle 35: Ammoniumion-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	63	63	63	63	63	63	32	410
MW	6,7 ^a	6,0 ^a	5,3 ^a	5,2 ^a	5,3 ^a	4,7 ^a	3,9 ^a	5,4
s*	9,3	6,8	3,7	4,1	4,1	3,3	1,9	5,4

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	0	0
MW	4,3 ^{a,b,e,f}	5,6 ^{a,b,e}	10,8 ^c	3,0 ^{d,f}	5,2 ^{a,b,e}	3,9 ^{a,d,f}		
s*	1,8	3,1	11,2	1,1	1,8	2,0		

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt*	p = 0,649	F = 0,7
Gruppeneffekt*	p = 0,000	F = 24,6

* Varianzanalyse nicht zulässig, da Werte nicht normal verteilt sind, Vergleich der Mittelwerte nach der Transformation mit Ln (NH₄⁺)

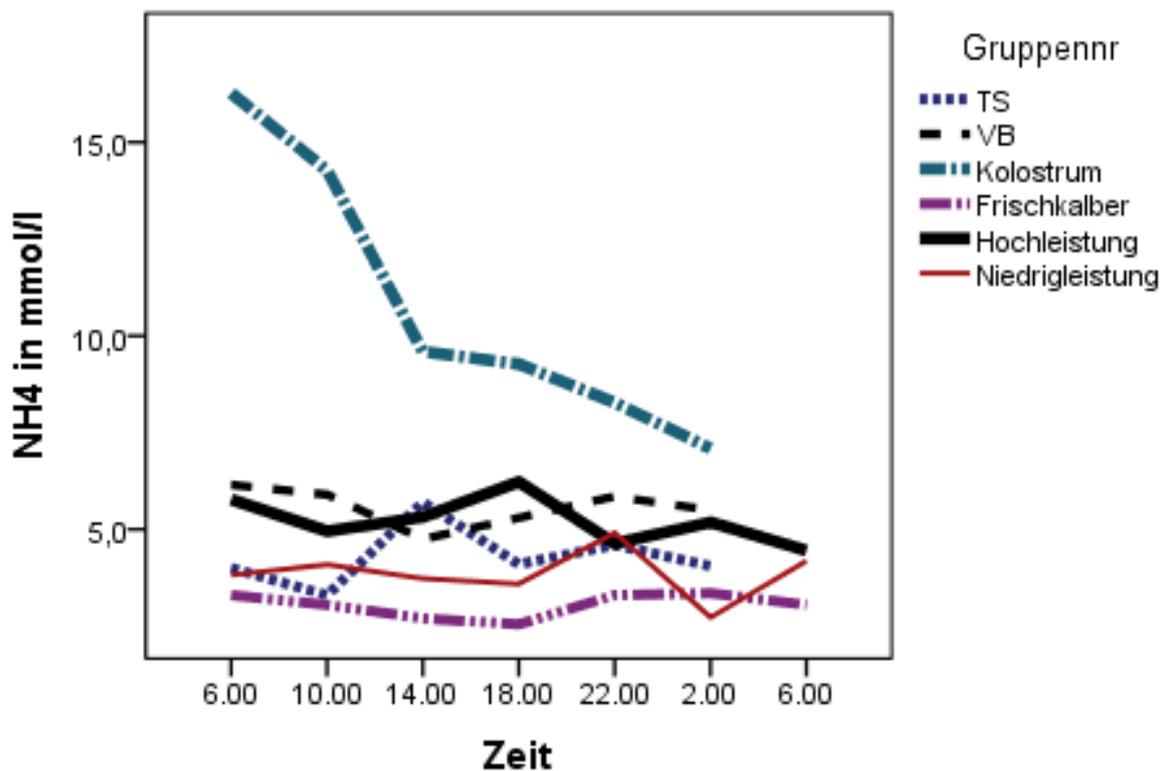


Abbildung 24: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der NH_4^+ -Konzentration im Harn

4.2.1.5 NSBA

Für die NSBA konnte ein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,040$). Der Gesamtmittelwert betrug $132,8 \text{ mmol/l}$ mit einer durchschnittlichen Tagesschwankung von $74,2 \text{ mmol/l}$. Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte zwischen $111,6 \text{ mmol/l}$ (14.00 Uhr) und $162,3 \text{ mmol/l}$ (zweite 6.00-Uhr-Messung). **Der Wert für die zweite 6.00-Uhr-Messung war nicht repräsentativ, da hier nur für 3 von 6 Gruppen Ergebnisse ermittelt wurden.** Die Konzentration der NSBA war um 14.00 Uhr (MW = $111,6 \text{ mmol/l}$) signifikant niedriger als um 6.00 Uhr (MW = $145,2$ und $162,3 \text{ mmol/l}$). Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Im Gruppenvergleich konnten die höchsten Werte bei der Frischkalbergruppe (MW = $205,7 \text{ mmol/l}$) ermittelt werden. Die Tagesschwankung betrug bei dieser Gruppe $65,2 \text{ mmol/l}$. Die niedrigsten Werte zeigten die Tiere der Kolostrumgruppe (MW = $90,6 \text{ mmol/l}$) und einer Schwankungsbreite von $79,2 \text{ mmol/l}$. Im 24-Stunden-Profil kam es im Tagesverlauf bei der Frischkalber-, Hochleistungs- und Trockenstehergruppe zu einem Abfall der NSBA zwischen 6.00 Uhr und 14.00 Uhr um $50 - 70 \text{ mmol/l}$. Die niedrigsten Werte wurden um 14.00 Uhr gemessen, danach steigen die

Werte an und erreichen zwischen 2.00 Uhr und 6.00 Uhr erneut höhere Werte. In Tabelle 36, Abbildung 25, 80, 81 und 120 sind die Ergebnisse zur NSBA dargestellt.

Tabelle 36: NSBA-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	63	63	63	63	63	63	32	410
MW	145,2 ^a	133,8 ^{a,c}	111,6^c	124,8 ^{a,c}	124,6 ^{a,c}	141,9 ^{a,c}	162,3^a	132,8
s	86,2	80,0	69,1	68,2	69,7	68,1	67,5	74,2

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	0	0
MW	120,7 ^{a,b,c,f}	106,7 ^{a,b,c,f}	90,6^{a,b,c,f}	205,7^d	159,9 ^e	105,2 ^{a,b,c,f}		
s	55,1	62,2	79,2	65,2	59,4	53,9		

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	p = 0,040	F = 2,3
Gruppeneffekt	p = 0,000	F = 32,1

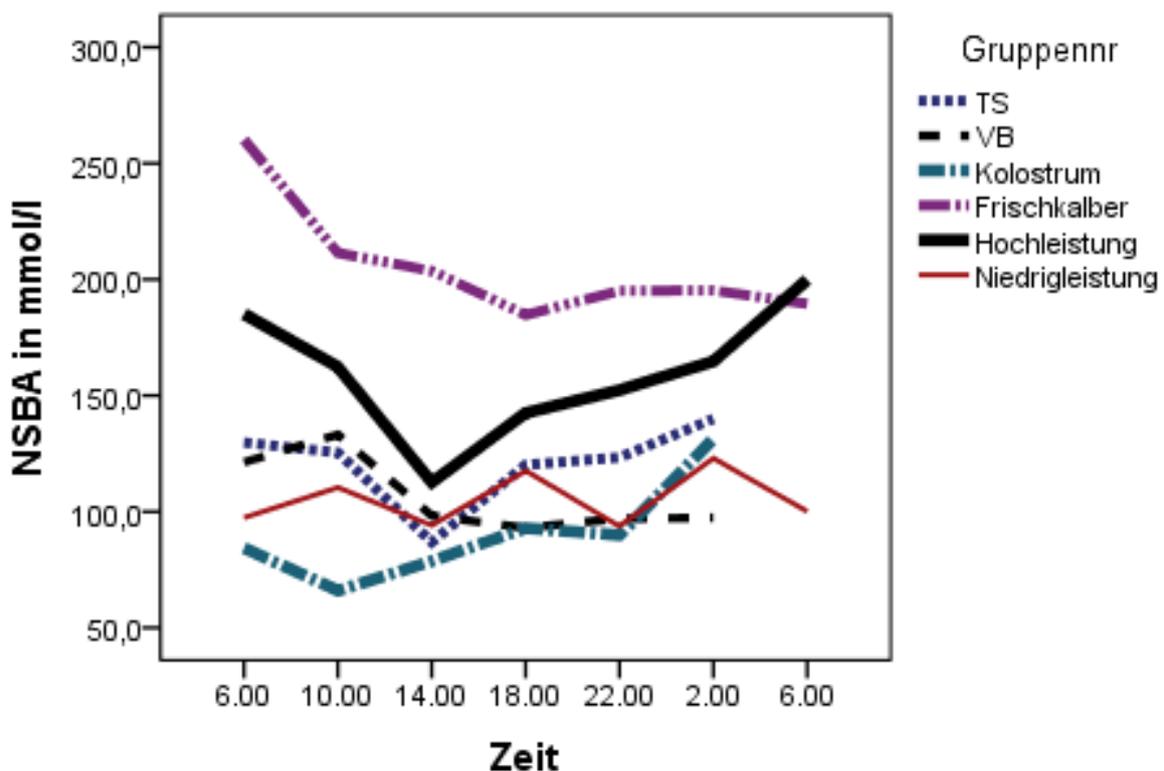


Abbildung 25: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der NSBA-Konzentration

4.2.1.6 BSQ

Für den BSQ konnte ein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,003$). Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte zwischen 3,0 (14.00 Uhr) und 4,5 (zweite 6.00 Uhr-Messung). Der Gesamtmittelwert betrug 3,4 bei einer Tagesschwankung von 1,6. Der BSQ ist um 14.00 Uhr (MW = 3,0 mmol/l) signifikant niedriger als um 6.00 Uhr (2. Messung, MW = 4,5 mmol/l). **Der Wert für die zweite 6.00 Uhr-Messung war nicht repräsentativ, da hier nur für 3 von 6 Gruppen Ergebnisse ermittelt wurden.** Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten BSQ-Werte wurden für die Frischkalbergruppe mit einem Mittelwert von 5,4 und einer Schwankungsbreite von 1,8 berechnet. Die niedrigsten und stabilsten Werte im Tagesverlauf (MW = 2,2 und $s = 0,6$) wies die Vorbereitergruppe auf. Im 24-Stunden-Profil kam es im Tagesverlauf bei der Frischkalber-, Hochleistungs- und Trockenstehergruppe zu einem Abfall des BSQ zwischen 6.00 Uhr und 14.00 Uhr um ca. 1,5 Zähler. Die niedrigsten Werte wurden zur 14.00 Uhr-Messung gefunden, danach stiegen die Werte an und erreichen zwischen 2.00 Uhr und 6.00 Uhr erneut höhere Werte. In Tabelle 37, Abbildung 26, 82, 83 und 99 sind die Ergebnisse zum BSQ dargestellt.

Tabelle 37: BSQ-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	63	63	63	63	63	63	32	410
MW	3,5 ^{c,g}	3,4 ^{c,g}	3,0^c	3,2 ^{c,g}	3,1 ^{c,g}	3,6 ^{c,g}	4,5^g	3,4
s	1,6	1,5	1,6	1,5	1,3	1,5	1,7	1,6

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	0	0
MW	3,3 ^{a,c,e,f}	2,2^b	2,8 ^{a,c,e,f}	5,4^d	3,2 ^{a,c,e,f}	3,2 ^{a,c,e,f}		
s	0,8	0,6	1,6	1,8	1,0	0,9		

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	p = 0,003	F = 3,5
Gruppeneffekt	p = 0,000	F = 64,7

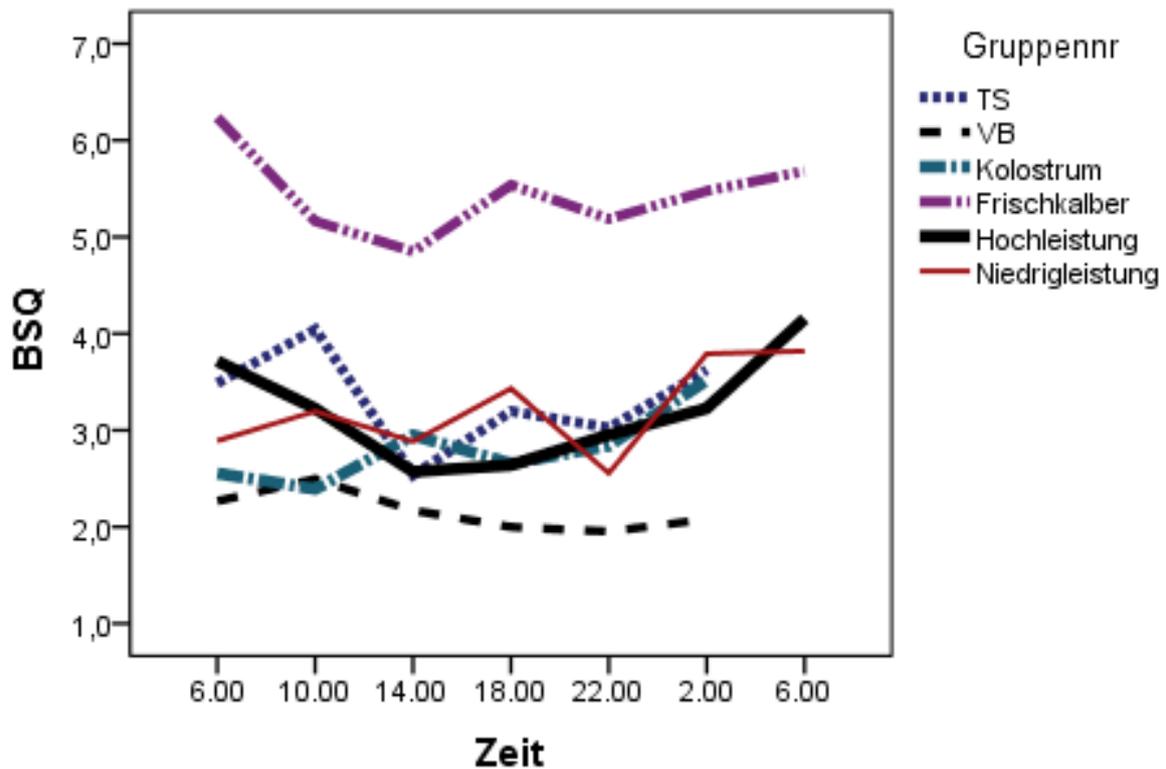


Abbildung 26: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte des BSQ

4.2.2 Mengenelemente

4.2.2.1 Kalzium (Ca)

Für die Kalziumausscheidung im Harn konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,921$). Im Tagesprofil bewegten sich die Ca-Mittelwerte zwischen 0,4 mmol/l und 1,6 mmol/l. In der Varianzanalyse konnten keine signifikanten Konzentrationsunterschiede zwischen den Messzeitpunkten ermittelt werden. Der Gesamtmittelwert für Ca beträgt 1,4 mmol/l mit einer durchschnittlichen Schwankungsbreite von $s = 3,8$ mmol/l. Die höchsten Werte konnten zur ersten 6.00 Uhr- und 22.00 Uhr-Messung dargestellt werden (MW = 1,6 mmol/l) und einer maximalen Schwankungsbreite von 4,4 mmol/l. Die niedrigsten Konzentrationen wurden zur zweiten 6.00 Uhr-Messung ermittelt (0,4 mmol/l). **Der Wert für die zweite 6.00 Uhr-Messung war nicht repräsentativ, da hier nur für 3 von 6 Gruppen Ergebnisse ermittelt wurden.** Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Die mit Abstand höchsten Werte wurden bei der Trockenstehergruppe (MW = 6,2 mmol/l) und einer Standardabweichung von 8,1 mmol/l gemessen. Die niedrigsten Werte wurden bei der Kolostrum-, Frischkalber- und Hochleistungsgruppe mit einem Mittelwert von 0,4 mmol/l

und einer Standardabweichung von $s = 0,3$ mmol/l ermittelt. In Tabelle 38, Abbildung. 27, 84, 85 und 101 sind die Ergebnisse zur Kalziumausscheidung im Harn dargestellt.

Tabelle 38: Harn-Kalzium-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	63	63	63	63	63	63	32	410
MW	1,6^a	1,4 ^a	1,4 ^a	1,5 ^a	1,6^a	1,4 ^a	0,4^a	1,4
s*	4,4	3,7	3,5	4,0	4,4	3,5	0,4	3,8

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	0	0
MW	6,2^{a,b}	1,6 ^{a,b}	0,4^{c,d,e}	0,4^{c,d,e}	0,4^{c,d,e}	0,5 ^{c,d,e,f}		
s*	8,1	2,1	0,3	0,3	0,3	0,4		

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt*	$p = 0,921$	$F = 0,3$
Gruppeneffekt*	$p = 0,000$	$F = 19,9$

* Varianzanalyse nicht zulässig, da Werte nicht normal verteilt sind, Vergleich der Mittelwerte nach der Transformation mit Ln (Kalzium Harn)

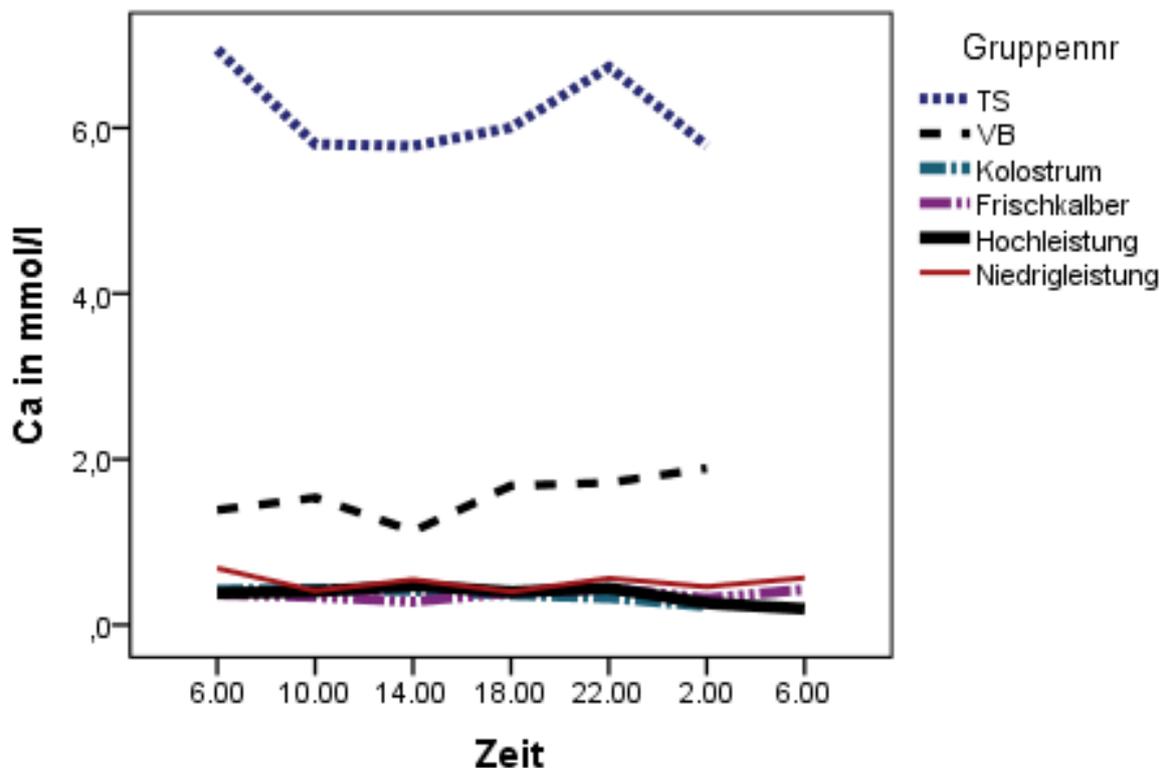


Abbildung 27: Verlaufsdigramm der Mittelwerte der Harn-Kalzium-Konzentration

4.2.2.2 Kalium (K)

Für die Kaliumausscheidung im Harn konnte ein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,006$). Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte zwischen 180,4 mmol/l (erste 6.00 Uhr-Messung) und 133,9 mmol/l (14.00 Uhr). Der Gesamtmittelwert betrug 156,4 mmol/l mit einer durchschnittlichen Tagesschwankung von 69,8 mmol/l. Die Kaliumkonzentration war um 14.00 Uhr (MW = 133,9 mmol/l) signifikant niedriger als um 6.00 Uhr (erste Messung, MW = 180,4 mmol/l). **Der Wert für die zweite 6.00 Uhr-Messung war nicht repräsentativ, da hier nur für 3 von 6 Gruppen Ergebnisse ermittelt wurden.** Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit ist signifikant ($p = 0,000$). Die Hochleistungstiere wiesen im Gruppenvergleich die höchsten Kaliumkonzentrationen (MW = 208,0 mmol/l) im Harn auf. Die niedrigsten Werte wurden bei der Kolostrumgruppe (MW = 122,1 mmol/l) ermittelt. Signifikant war der Abfall der Kaliumkonzentration ab der ersten 6.00 Uhr-Messung um 20 bis 90 mmol/l bei allen Untersuchungsgruppen. Dabei erreichte die Kolostrumgruppe um 10.00 Uhr ihr Minimum und die Hochleistungs-, Niederleistungs-, Vorbereiter- und Trockenstehergruppe ihr Minimum um 14.00 Uhr. Um 18.00 Uhr wurden bei der Frischkalbergruppe die niedrigsten Werte gemessen. Im weiteren Tagesverlauf stiegen die Werte wieder an und erreichen ihre höchsten Werte wieder zwischen 2.00 Uhr und 6.00 Uhr. In Tabelle 39, Abbildung 28, 88, 89 und 113 sind die Ergebnisse zur Kaliumausscheidung im Harn dargestellt.

Tabelle 39: Harn-Kalium-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	63	63	63	63	63	63	32	410
MW	180,4^a	149,8 ^{a,c}	133,9^c	148,0 ^{a,c}	156,3 ^{a,c}	160,1 ^{a,c}	175,4 ^{a,c}	156,4
s	73,8	65,9	63,5	69,8	68,5	68,9	72,6	69,8

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	0	0
MW	161,8 ^{a,b,d,f}	161,3 ^{a,b,d,f}	122,1^{c,d,f}	144,5 ^{a,b,c,d,f}	208,0^e	136,9 ^{a,b,c,d,f}		
s	61,0	76,4	52,3	52,7	83,9	51,5		

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	p = 0,006	F = 3,3
Gruppeneffekt	p = 0,000	F = 15,9

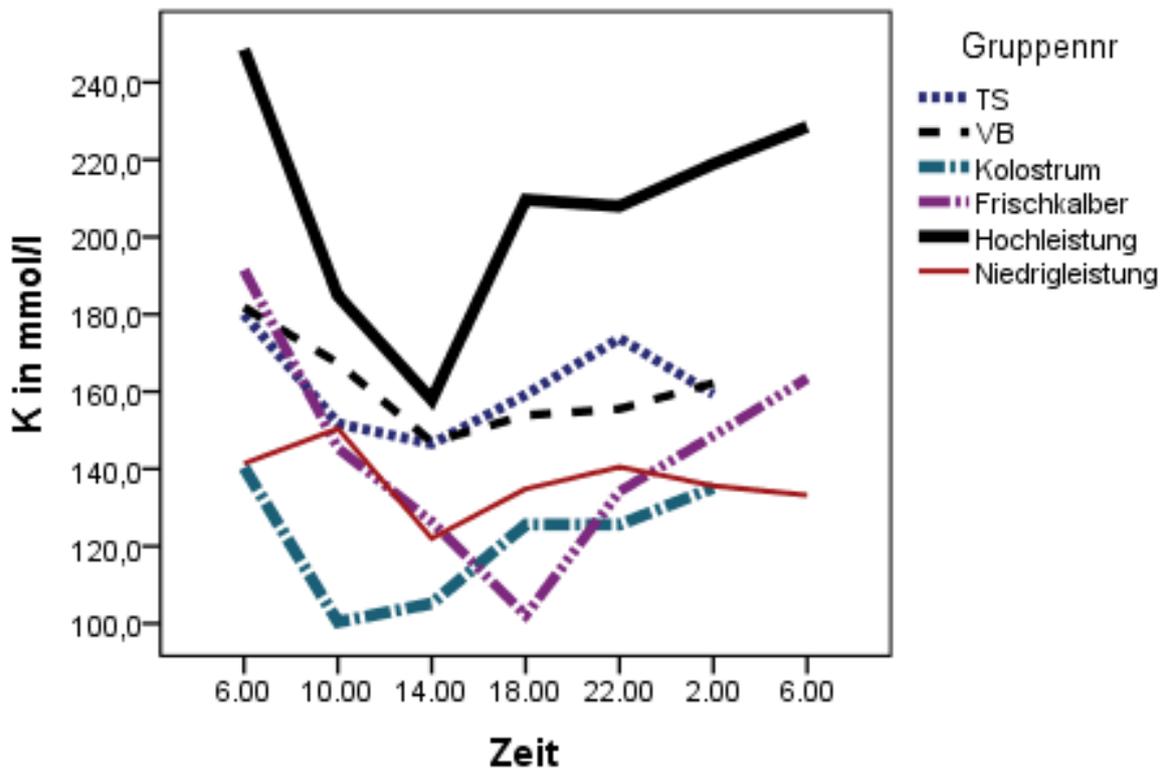


Abbildung 28: Verlaufsdigramm der Mittelwerte der Harn-Kalium-Konzentration

4.2.2.3 Magnesium (Mg)

Für die Magnesiumausscheidung im Harn konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,236$). Im Tagesprofil bewegten sich die Mg-Mittelwerte zwischen 12 mmol/l (beide 6.00 Uhr-Messungen) und 9,7 mmol/l (14.00 Uhr). Dabei konnte kein signifikanter Unterschied in der Konzentration zwischen den Messwiederholungen festgestellt werden. Der Gesamtmittelwert für Mg betrug 11,0 mmol/l mit einer durchschnittlichen Schwankungsbreite von 7,1 mmol/l. **Der Wert für die zweite 6.00 Uhr-Messung war nicht repräsentativ, da hier nur für 3 von 6 Gruppen Ergebnisse ermittelt wurden.** Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war signifikant ($p = 0,000$). Aus dem zweiten Tabellenabschnitt ging hervor, dass die Hochleistungsgruppe die höchsten Werte (MW = 17,9 mmol/l) aufwies, bei einer Standardabweichung von 8,0 mmol/l. Die niedrigsten und gleichzeitig stabilsten Werte für Mg (MW= 6,1 mmol/l, $s = 3,7$ mmol/l) konnten bei der Frischkalbergruppe ermittelt werden. Im Tagesprofil zeigten sich bei der Hochleistungs-, Niederleistungs-, Trockensteher- und Frischkalbergruppe ein Abfall der Magnesiumkonzentration ab 2.00 Uhr mit einem zwischen 10.00 Uhr und 18.00 Uhr. Danach stiegen die Konzentrationen wieder und erreichten ihre maximalen Werte zwischen 22.00 Uhr und 2.00 Uhr. Diese Tagesdynamik in den Gruppen konnte statistisch nicht signifikant nachgewiesen werden. In Tabelle 40, Abbildung 92, 93 und 115 sind die Ergebnisse zur Magnesiumausscheidung im Harn dargestellt.

Tabelle 40: Harn-Magnesium-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	63	63	63	63	63	63	32	410
MW	12,0 ^a	10,2 ^a	9,7 ^a	10,5 ^a	11,8 ^a	11,1 ^a	12,4 ^a	11,0
s	7,5	6,1	6,1	6,9	8,0	7,3	7,7	7,1

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	0	0
MW	11,9 ^{a,b,f}	10,7 ^{a,b,f}	7,1 ^{c,d}	6,1 ^{c,d}	17,9 ^e	11,4 ^{a,b,f}		
s	6,1	5,5	4,7	3,7	8,0	6,2		

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt	p = 0,236	F = 1,4
Gruppeneffekt	p = 0,000	F = 36,5

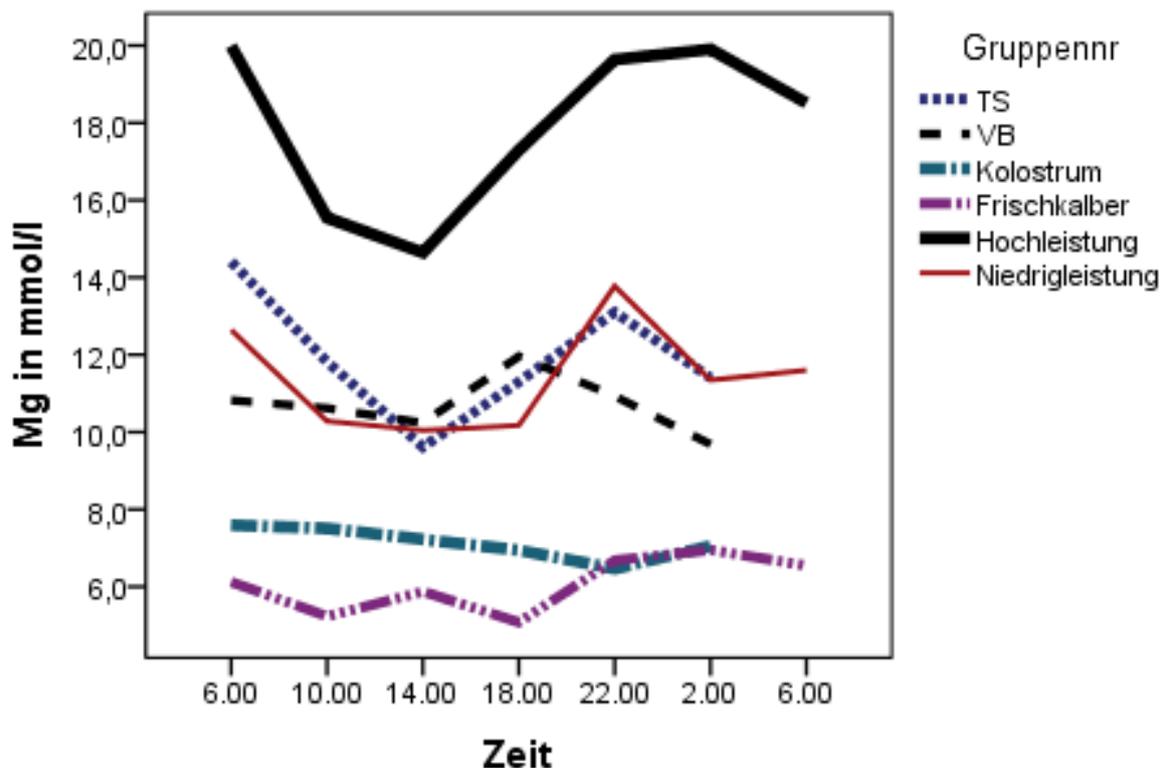


Abbildung 29: Verlaufsdigramm der Mittelwerte der Harn-Magnesium-Konzentration

4.2.2.4 Natrium (Na)

Für die Natriumausscheidung im Harn konnte kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,060$). Im Tagesprofil bewegten sich die Na-Mittelwerte zwischen 21,3 mmol/l (zweite 6.00 Uhr-Messung) und 31,1 mmol/l (18.00 Uhr). Der Gesamtmittelwert für Na betrug 26,6 mmol/l mit einer durchschnittlichen Schwankungsbreite von $s = 26,8$ mmol/l. **Der Wert für die zweite 6.00 Uhr-Messung war nicht repräsentativ, da hier nur für 3 von 6 Gruppen Ergebnisse ermittelt wurden.** Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war jedoch signifikant ($p = 0,000$). Die höchste Natriumausscheidung zeigte die Frischkalbergruppe mit einem Mittelwert von 44,1 mmol/l und einer Schwankungsbreite von 37,9 mmol/l. Die niedrigsten Werte waren bei der Vorbereitergruppe mit 15,1 mmol/l und einer Schwankungsbreite von $s = 16,5$ mmol/l ermittelt worden. Die Frischkalber- und Niederleistungsgruppe verzeichneten im Tagesverlauf einen starken Anstieg der Natriumausscheidung mit einem Maximum um 18.00 Uhr. Danach fielen die Werte und erreichten ihr Minimum zwischen 2.00 Uhr und 6.00 Uhr. Diese tagesdynamischen Konzentrationsveränderungen konnten, wie oben erwähnt, statistisch nicht gesichert werden. In Tabelle 41, Abbildung 30, 86, 87 und 117 sind die Ergebnisse zur Natriumausscheidung im Harn dargestellt.

Tabelle 41: Harn-Natrium-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	63	63	63	63	63	63	32	410
MW	24,7 ^a	29,9 ^a	27,4 ^a	31,1^a	25,9 ^a	23,3 ^a	21,3^a	26,6
s*	27,6	29,6	24,9	32,0	22,5	23,8	25,1	26,8

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	0	0
MW	19,9 ^{a,b,c,f}	15,1^{a,b,f}	25,5 ^{a,c,e,f}	44,1^{d,e}	33,0 ^{c,d,e,f}	19,5 ^{a,b,c,e,f}		
s*	14,6	16,5	20,3	37,9	33,5	13,6		

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt*	p = 0,060	F = 2,1
Gruppeneffekt*	p = 0,000	F = 11,1

* Varianzanalyse nicht zulässig, da Werte nicht normal verteilt sind, Vergleich der Mittelwerte nach der Transformation mit Ln (Na Harn)

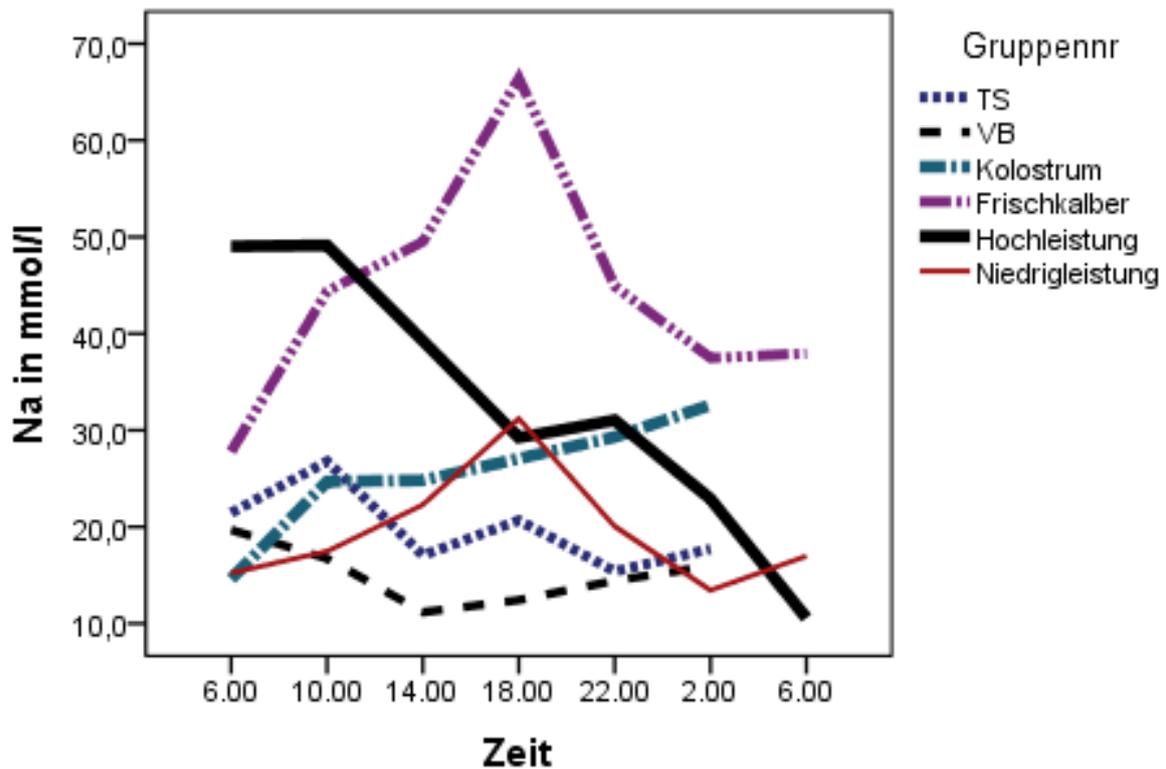


Abbildung 30: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der Harn-Natrium-Konzentration

4.2.2.5 Chlorid (Cl)

Für die Chloridausscheidung konnte ein signifikanter Einfluss der Tageszeit im 24-Stunden-Profil beobachtet werden ($p = 0,025$). Im Tagesprofil bewegten sich die Mittelwerte zwischen 85,2 mmol/l (erste 6.00 Uhr-Messung) und 46,6 mmol/l (zweite 6.00 Uhr-Messung). Der Gesamtmittelwert betrug 63,4 mmol/l bei einer durchschnittlichen Tagesschwankung von 63,1 mmol/l. Die Chloridkonzentration war um 18.00 Uhr (MW = 54,1 mmol/l) signifikant niedriger als um 6.00 Uhr (erste Messung, MW = 85,2 mmol/l). **Der Wert für die zweite 6.00 Uhr-Messung war nicht repräsentativ, da hier nur für 3 von 6 Gruppen Ergebnisse ermittelt wurden.** Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit war ebenfalls signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten Chloridkonzentrationen im Harn (MW = 136,3 mmol/l und $s = 62,0$ mmol/l) wurden bei der Trockenstehergruppe ermittelt. Die niedrigste Chloridausscheidung zeigte die Hochleistungsgruppe mit einem Mittelwert von 11,0 mmol/l und einer Standardabweichung von 14,1 mmol/l. In Tabelle 42, Abbildung 31, 90, 91 und 105 sind die Ergebnisse zur Chloridausscheidung im Harn dargestellt.

Tabelle 42: Harn-Chlorid-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt

	6.00Uhr	10.00Uhr	14.00Uhr	18.00Uhr	22.00Uhr	2.00Uhr	6.00Uhr	gesamt
n	63	63	63	63	63	63	32	410
MW	85,2^a	73,7 ^{a,d}	57,7 ^{a,d}	54,1 ^d	55,9 ^{a,d}	62,0 ^{a,d}	46,6^{a,d}	63,4
s*	69,9	72,7	61,8	58,6	58,1	60,9	42,0	63,1

	TS ¹	VB ²	KL ³	FK ⁴	HL ⁵	NL ⁶	NG ⁷	SK ⁸
n	60	60	66	70	77	77	0	0
MW	136,3^a	82,4 ^{b,c,f}	82,7 ^{b,c,f}	42,0 ^d	11,0^e	46,9 ^{b,c,f}		
s*	62,0	70,3	64,0	44,9	14,1	29,4		

(Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander)

Zeiteffekt*	p = 0,025	F = 2,6
Gruppeneffekt*	p = 0,000	F = 81,0

* Varianzanalyse nicht zulässig, da Werte nicht normal verteilt sind, Vergleich der Mittelwerte nach der Transformation mit Ln (Cl Harn)

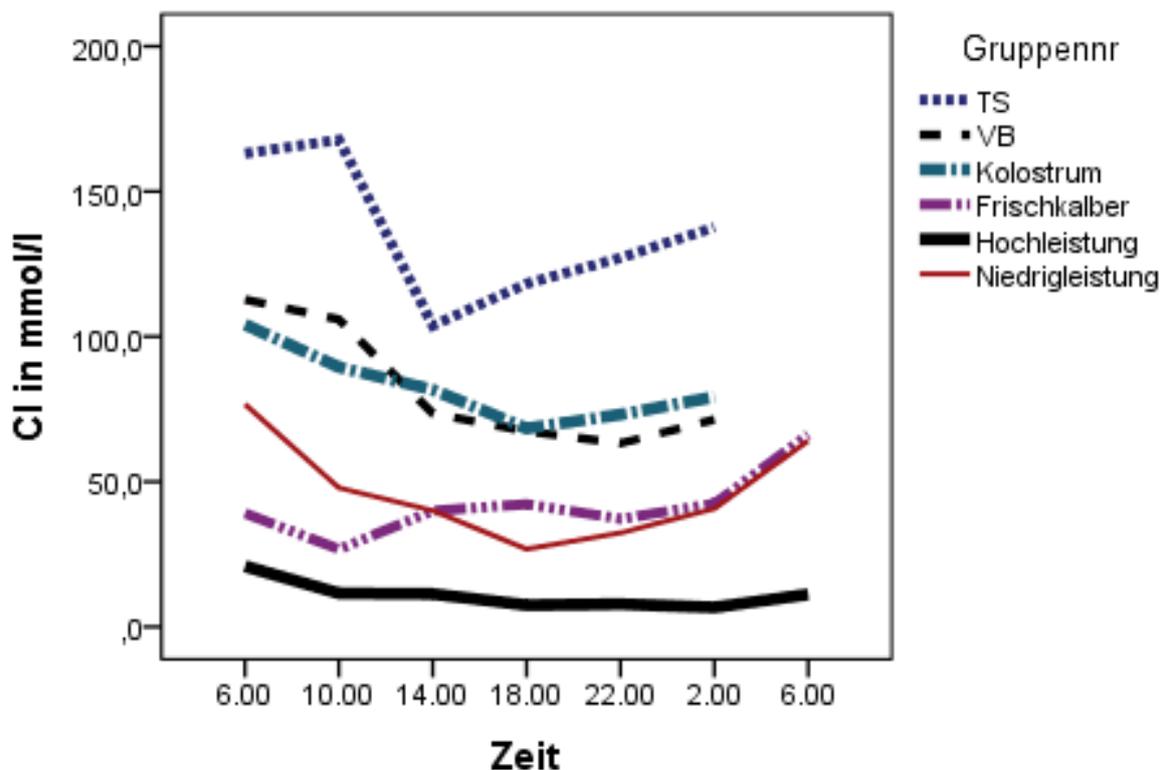


Abbildung 31: Verlaufdiagramm der Mittelwerte der Harn-Chlorid-Konzentration

4.3 Ergebnisse in der Übersicht

In der Tabelle 43 ist eine Ergebnisübersicht der Varianzanalyse bezüglich des Einflusses von Zeit- und Gruppeneffekt zusammengefasst.

Tabelle 43: Ergebnisübersicht zum Einfluss von Zeit- und Gruppeneffekt auf die Laborparameter

Parameter	Zeiteffekt	Gruppeneffekt
TP	-	+
Alb	-	+
BUN	-	+
Chol	-	+
Bilirubin	-	+
Glu	+	+
NEFA	+	+
BHB	+	+
Kreatinin	-	+
ASAT	-	+
CK	-	+
GGT	-	+
GLDH	-	+
Ca	-	+
P	-	+
Cl	-	+
K	-	+
Na	-	+
Mg	-	+
Kreatinin/Harn	-	+
pH/Harn	-	+
Basen/Harn	-	+
Säuren/Harn	+	+
NH ₄ ⁺ /Harn	-	+
NSBA/Harn	+	+
BSQ/Harn	+	+
Ca/Harn	-	+
K/Harn	+	+
Mg/Harn	-	+
Na/Harn	-	+
Cl/Harn	+	+

p < 0,05; (-) kein signifikanter Einfluss, (+) signifikanter Einfluss

5. Diskussion

5.1 Methoden

Laborparameter unterliegen endogenen und exogenen Einflüssen. Durch die verschiedenen Einflussgrößen kommt es zu Schwankungen dieser Parameter auf unterschiedlichen Zeitebenen, wie zum Beispiel der Jahres- oder Tageszeit. Mit dieser Arbeit sollte ein Beitrag geleistet werden, circadiane Rhythmen und Schwankungen sowie dessen Einflüsse bei ausgewählten Laborparametern zu beleuchten und darzustellen.

Die Untersuchungen wurden an 83 Rindern im Alter von einem Tag post partum bis neun Jahren (Laktationszahl 8) durchgeführt. Dazu wurden insgesamt 8 Untersuchungsgruppen mit 10 - 11 Tieren gebildet. Die Durchführung der Versuche in der gewohnten Umgebung sollte eventuelle Auswirkungen auf das Blutbild vermeiden. Die Umweltbedingungen während der Versuche entsprachen denen, wie sie auch in anderen kommerziellen Milchviehbetrieben vorherrschen. Die Umweltfaktoren (Fütterungszeitpunkt, Melkzeiten, Tag-Nacht-Rhythmus, Haltungsform) entsprechen der allgemeinen Nutztierhaltung und sind für die Interpretation der Versuchsergebnisse auf die Grundgesamtheit von Bedeutung. Eine Milchvieherde ist in einem konventionellen Milchviehbetrieb in unterschiedliche Gruppen (zum Beispiel Trockensteher, Hochleistungsgruppe etc.) unterteilt. An dieser Unterteilung hat sich auch die Gruppenzusammenstellung dieser Arbeit orientiert um die Gruppe als Einflussgröße verifizieren zu können.

Die Blutentnahme fand auf zwei Wegen statt. Allen adulten Tieren wurde das Blut durch die Punktion der Schwanzvene (*V. caudalis mediana*) entnommen. Auf ein Katheterisieren der Jugularvene musste hier verzichtet werden, da die Tiere in Gruppen mit Boxenlaufstall gehalten wurden und ein Fixieren des Kopfes zur Blutentnahme nicht immer möglich gewesen wäre. Das Fixieren des Kopfes würde unter Umständen zu einer größeren Beunruhigung des einzelnen Tieres führen und hätte damit auch einen Einfluss auf Laborparameter gehabt. Zur Blutprobenentnahme für die Stoffwechselüberwachung beim Rind wird die Punktion der *A.* oder *V. caudalis mediana* empfohlen (LeBLANC, 2006). Die Kälber werden in Einzelboxen gehalten. Hier empfiehlt sich ein Katheterisieren der Jugularvene (*V. jugularis externa*), da dies die einfachste Blutentnahmetechnik beim Kalb darstellt. Damit ist eine Vermeidung von Zwangsmaßnahmen zu jedem Entnahmezeitpunkt gegeben und eine stressfreie Blutentnahme möglich. Dadurch wird eine quantitative Beeinflussung der zu untersuchenden Parameter verhindert. Durch die sofortige Aufarbeitung und Tieffrieren der Proben sollten temperatur- und lagerungsbedingte Schwankungen der Untersuchungsergebnisse vermieden werden. Die angewandten Messverfahren der Blut- und Harnparameter entsprachen den derzeitig kliniküblichen Labormethoden.

Die Untersuchung der Laborparameter auf Normalverteilung wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test durchgeführt. Die Verteilung der Einzelmessungen weicht bei 24 von 31 Parametern von einer Normalverteilung ab (Tabelle 10). Zur Angleichung an eine

Normalverteilung wird eine logarithmische Transformation empfohlen. Die logarithmische Transformation der betroffenen Laborwerte führt zu einer grafischen Annäherung an die Normalverteilung (Tabelle 11). Jedoch konnten nicht alle Parameter transformiert werden, da dies zu einer noch stärkeren Abweichung einer Normalverteilung geführt hätte. Die Auswertung von Gruppen- und Tageszeiteffekten erfolgte mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung und anschließendem Post-Hoc-Test und Bonferroni-Korrektur.

5.2 Blutparameter

5.2.1 Metaboliten

5.2.1.1 Totalprotein (TP)

Alle Einzelmessungen der Totalkonzentrationen liegen mit ihren Werten innerhalb der von KRAFT (2005) angegebenen Grenzen von 60 - 80 g/l beim adulten Rind und 50 - 70 g/l bei Kälbern. Bei der Untersuchung zum Einfluss der Tageszeit konnte für den TP-Wert keine signifikante Tagesdynamik nachgewiesen werden. Das beweisen die Ergebnisse der Varianzanalyse für den Zeiteffekt ($p = 0,972$). Der Tagesverlauf für TP stellte sich bei allen Untersuchungsgruppen als sehr stabil im Liniendiagramm dar. Den Ergebnissen fehlt jegliche Ähnlichkeit zu den Ergebnissen anderer Autoren. So oft von anderen Autoren die Abhängigkeit seiner Konzentration von der Tageszeit bei Mensch und Tier beschrieben wurde, so unterschiedlich weichen ihre Ergebnisse bezüglich ihres Tagesverlaufes voneinander ab (TRAIKTINGER, 1993). Eine Tagesdynamik konnte für TP beim Rind, Schwein, Schaf, Mensch und Pferd nachgewiesen werden (UNSHELM, 1969; BÖNING *et al.*, 1974; STAMPFLI *et al.*, 1980a; CASALE and DE NICOLA, 1984; GREPPI *et al.*, 1996; JASAREVIC, 1996; POOSCH, 1999). Bei der Betrachtung der Blutproteine sollte auch der Hämatokrit betrachtet werden. In der Arbeit von CASALE und DE NICOLA (1984) wurde festgestellt, dass die Plasmaproteine und Hämatokrit zu einer synchronisierten Akrophase neigten. Aufgrund dieser Ergebnisse ist davon auszugehen, dass die Tagesschwankungen in der Proteinkonzentration hauptsächlich circadianen Hämokonzentrationsänderungen zuzuordnen sind (TRAIKTINGER, 1993).

Die Proteinsynthese unterliegt bei den Eukaryoten circadianen Rhythmen (DONNER *et al.*, 1985). Auch bei Untersuchungen an Ratten konnte MAYERSBACH (1978) ebenfalls einen circadianen Rhythmus für die Proteinsynthese in der Leber nachweisen. Ein Rhythmus in der Proteinproduktion kann als weitere Ursache für die Periodizitäten des Totalproteins angesehen werden.

Bei der Untersuchung des Gruppeneffektes konnte eine Signifikanz von $p = 0,000$ ermittelt werden. Damit wurde gezeigt, dass die Gruppe einen hochsignifikanten Einfluss auf die TP-

Serumkonzentration hat. Die höchsten Konzentrationen wurden bei den Trockenstellern gemessen (MW = 80,8 g/l) und die niedrigsten hingegen bei den Saugkälbern (MW = 63,0 g/l). Eine Erklärung für die hohen Konzentrationen bei den Trockenstehern könnte eine veränderte Stoffwechsellage nach der Laktation sein. Der Futterharnstoff und das Eiweißangebot im Futter werden nicht mehr für die Eiweißsynthese in der Milchdrüse genutzt. Jedoch müssen die Rationsgehalte an Stickstoffverbindungen in der TMR berücksichtigt werden. Die niedrigen TP-Konzentrationen bei den Saugkälbern könnten zum einen durch niedrige Eiweißgehalte in der Milchtränke und im Futter verursacht werden, zum anderen wird bei den täglichen Gewichtszunahmen durch den Anabolismus Muskeleiweiß aufgebaut und so dem Blutserum wieder entzogen.

5.2.1.2 Albumin (Alb)

Die physiologische Konzentration für Albumin liegt nach KRAFT (2005) zwischen 30 - 40 g/l. Die Frischkalbergruppe (MW = 27,7 g/l), Niederleistungsgruppe (MW = 27,7 g/l), Neugeborenenengruppe (MW = 20,4 g/l) und Saugkälbergruppe (MW=23,5 g/l) liegen mit ihren Werten unterhalb der physiologischen Konzentration.

Für den Albuminwert konnte in der eigenen Untersuchung kein Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,983$). Eine Tagesdynamik war somit nicht zu ermitteln. Die Tagesprofile der Gruppenmittelwerte wiesen stabile Tagesverläufe auf. Diese Aussage deckt sich mit den Ergebnissen von STAMPFLI *et al.* (1980a). Hier konnte ebenfalls kein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden. Dem gegenüber stehen die Ergebnisse von UNSHELM (1969). In dieser Studie war ein signifikanter Einfluss der Tageszeit nachweisbar, mit einem Minimum um 16.00 Uhr und einem Maximum um 14.00 Uhr. Als Ursache für eine Tagesdynamik des Albuminwertes müssen die gleichen Einflussfaktoren wie beim Totalprotein in Betracht gezogen werden. Auf Hämokonzentration und Syntheserate der Leber sei an dieser Stelle hingewiesen.

Für den Albuminwert konnte in dieser Untersuchung ein signifikanter Einfluss ($p = 0,000$) der Gruppe nachgewiesen werden. Die höchsten Albuminkonzentrationen konnten bei der Kolostrumgruppe (MW = 33,4 g/l) gemessen werden, gefolgt von der Trockenstehergruppe (MW = 31,6 g/l). Die niedrigsten Werte wies die Neugeborenenengruppe auf (MW = 20,4 g/l). Als Ursache für höhere Werte bei der Kolostrum- und Trockenstehergruppe sowie die niedrigeren Konzentrationen bei der Neugeborenenengruppe müssen die gleichen Ursachen wie beim Totalprotein diskutiert werden.

5.2.1.3 Harnstoff (BUN)

Die gemessenen Harnstoffwerte liegen im Bereich der physiologischen Konzentration von 3,3 - 6,7 mmol/l. Einzig die Vorbereitergruppe liegt mit einem Mittelwert 2,2 mmol/l unter den angegebenen Arbeitswerten von KRAFT (2005). Als Ursache für die deutlichen Abweichungen vom physiologischen Rahmen ist vermutlich eine Nichtbeachtung der Futterart bei der Ermittlung von physiologischen Spannweiten zu nennen (TRAIKTINGER, 1993).

Für BUN konnte in der eigenen Untersuchung keine signifikante Tagesdynamik ermittelt werden. Der Zeiteffekt wurde mit $p = 0,781$ berechnet. Einen signifikanten Tageseinfluss konnten HAGEMEISTER und UNSHELM (1970) beim Rind darstellen. Auch bei Mensch, Pferd und Schaf konnten Tagesdynamiken nachgewiesen werden (KNOLL *et al.*, 1978; JASAREVIC, 1996; MILLETICH, 2002). Veränderungen der Blutharnstoffwerte resultieren zum einen aus der Bildung im Eiweißstoffwechsel und zum anderen aus unterschiedlicher renaler Ausscheidung (MILLETICH, 2002). Unter Umständen ist ein wechselnder Anfall des Harnstoffs für die Schwankungen verantwortlich. Es sind auch körperliche Belastungen als Auslöser erhöhter Harnstoffwerte beschrieben worden (SNOW *et al.*, 1982). Die Harnstoffkonzentration im Rinderserum ist vom Fütterungszeitpunkt abhängig (SCHMIDL and FORSTNER, 1985). Aufgrund dieser Abhängigkeit lassen sich Abweichungen der Ergebnisse verschiedener Autoren erklären. Die Höhe der Tagesschwankung ist von der Zusammensetzung der Ration abhängig (TRAIKTINGER, 1993). Da die aufgenommene Menge an Eiweiß eine wichtige Rolle bei der Ammoniakkonzentration des Pansens spielt und die Ammoniakkonzentration des Pansens mit dem Harnstoffgehalt des Blutes korreliert ($r = 0,95$), galt schon für HAGEMEISTER und UNSHELM (1970) ein fütterungsabhängiger Einfluss auf den Blutharnstoffgehalt als denkbar. In der eigenen Untersuchung war die Gesamtstichprobe in 8 Untersuchungsgruppen geteilt. Mit Ausnahme der Kälbergruppen, lag für jede Gruppe eine bedarfsgerechte Rationsgestaltung mit jeweils angepassten Rohproteingehalten (RP) vor. In Abhängigkeit vom Fütterungszeitpunkt konnte bei keiner Gruppe ein signifikanter Zusammenhang mit Tagesrhythmen gefunden werden. Der Einfluss der Gruppe war jedoch hochsignifikant ($p = 0,000$) und spiegelt sich in den unterschiedlichen Gruppenmittelwerten für Harnstoff wieder.

Neben der Produktion ist immer auch die Exkretion als mögliche Rhythmusursache für Harnstoff abzuklären (TRAIKTINGER, 1993). Der Harnstoffspiegel ist über die glomeruläre Filtration vom Flüssigkeitshaushalt des Blutes abhängig. Eine Hydrämie mit weniger konzentriertem Harn führt zu einer geringeren tubulären Reabsorption und folglich sinkt die Harnstoffkonzentration (SCHMIDL and FORSTNER, 1985).

Für die Harnstoffkonzentration konnte ein signifikanter Einfluss der Gruppe ($p = 0,000$) in dieser Arbeit nachgewiesen werden. Die höchsten Serumkonzentrationen wiesen die Tiere der Niederleistungsgruppe (MW = 7,3 mmol/l) auf. Die Ursache für die erhöhten Werte könnten in den höheren Eiweißgehalten der TMR bei gleichzeitig geringer Milchleistung (< 28 kg

Milch pro Tag) gegründet sein. Die niedrigsten Serumharnstoffkonzentrationen wurden bei der Vorbereitergruppe (MW = 2,2 mmol/l) gemessen.

5.2.1.4 Cholesterol (Chol)

Die physiologische Konzentration für Cholesterol liegt nach KRAFT (2005) zwischen 2 - 2,5 mmol/l. Die Grenzen wurden bei der Kolostrumgruppe (MW = 1,8 mmol/l), Neugeborenen- (MW = 1,2 mmol/l) und Saugkälbergruppe (MW = 1,85 mmol/l) unterschritten.

In der eigenen Studie konnte ein Einfluss der Tageszeit mit $p = 1,000$ signifikant ausgeschlossen werden. Der Cholesterolwert weist unter allen untersuchten Laborparametern den stabilsten Tagesverlauf auf. Die eigenen Ergebnisse decken sich mit den Beobachtungen von STAMPFLI *et al.* (1980a) und BITMAN *et al.* (1990), die in ihren Untersuchungen an Rindern ebenfalls keine 24-Stunden-Periodizität nachweisen konnten. RAO und RAMASARMA (1971) untersuchten das Cholesterol bei Ratten und konnten weder im Serum noch in der Leber eine Tagesdynamik nachweisen. Demgegenüber stehen die Untersuchungen von CASALE (1983) an Menschen, bei denen ein circadianer Rhythmus mit einer Amplitude von 2,5 % des Tagesmittels festgestellt wurde. TRAI NTINGER (1993) konnte beim Rind einen biphasischen Tagesrhythmus nachweisen. Das Cholesterol zeigte eine Übereinstimmung mit den Rhythmusschwankungen von RBC, TP, AP und GGT. Der Autor verwies hier auf relative und nicht auf absolute Schwankungen. Diese Schwankungen können in Verbindung mit der Hämodynamik stehen. JASAREVIC (1996) konnte beim Schaf die gleichen Zusammenhänge zwischen Cholesterol, RBC, TP, HKT, AST, GGT und GLDH darstellen und untermauert damit die Aussagen von TRAI NTINGER (1993).

Der Cholesterolwert wird durch einen signifikanten Gruppeneinfluss ($p = 0,000$) bestimmt. Die Hochleistungsgruppe weist unter allen untersuchten Gruppen die höchsten Werte auf (MW = 4,9 mmol/l). Hohe Cholesterolwerte werden maßgeblich durch die TMR-Zusammensetzung bestimmt. Da in dieser Gruppe jedes Tier eine Milchleistung von > 28 kg/d Milch produziert und die Ration sehr energiedicht gestaltet ist, kommt es zu einer höheren Konzentration des Metaboliten im Blut. Die niedrigsten Blutkonzentrationen wurden in dieser Arbeit bei den Neugeborenen ermittelt (MW = 1,2 mmol/l). Die Ursache für die niedrigen Werte sind vermutlich in der alleinigen Vollmilchtränke zu finden, bei gleichzeitig hohem Energieumsatz in der Wachstumsphase des Kalbes.

5.2.1.5 Bilirubin (Bili)

Der Referenzwert für Bilirubin beim Rind wird nach KRAFT (2005) mit $< 5,0 \mu\text{mol/l}$ und bei Kälbern bis zum 7. Tag post partum mit $< 8,5 \mu\text{mol/l}$ angegeben. In der eigenen Arbeit liegt die Neugeborenenengruppe mit einem Mittelwert von $9,6 \mu\text{mol/l}$ oberhalb des angegebenen Referenzwertes.

Der Einfluss der Tageszeit konnte in der eigenen Untersuchung mit $p = 0,504$ statistisch nicht gesichert werden. Jedoch zeigten die Neugeborenenengruppe, Saugkälbergruppe und die Frischkalbergruppe Tagesdynamiken. Die erhöhten Werte der Neugeborenenengruppe können als Ikterus haemolyticus neonatorum interpretiert werden. Werte bis $20 \mu\text{mol/l}$ können bei einem Inanitationsikterus infolge eines Energiemangels beobachtet werden. Da die Kälber in den eigenen Versuchen im Abstand von 12 Stunden um 3.00 Uhr und 15.00 Uhr mit einer Vollmilchtränke (ca. 3 - 4 Liter) versorgt wurden, müsste weiter untersucht werden, ob ein 12- Stunden-Rhythmus bei der Kälberfütterung eine Konzentrationserhöhung bei Neugeborenen und Saugkälbern zur Folge hat. Zu vermuten wäre an dieser Stelle auch, dass der Inanitationsikterus und der Ikterus haemolyticus neonatorum zusammen höhere Werte im Tagesverlauf zur Folge haben können. Die hohen Werte bei der Frischkalbergruppe könnten vermutlich durch die gesteigerte Fettmobilisation trotz ad libitum-Fütterung in dieser Laktationsphase verursacht sein. Schwankungen im Serumgehalt an indirektem Bilirubin sind auf das Hämoglobinangebot zurückzuführen. Die Metabolisierungsaktivität der Leber ist demnach nicht für Schwankungen im Gesamtbilirubingehalt verantwortlich (TRAI NTINGER, 1993). Bei Rindern können andere Autoren (TRAI NTINGER, 1993) keine Abhängigkeit der Bilirubinkonzentration von der Tageszeit finden. Circadiane Rhythmen wurden für Bilirubin unter anderem bei Mensch, Schaf und Pferd beschrieben (BALZER, 1953; CASALE *et al.*, 1982; PAULY, 1983; JASAREVIC, 1996; MILLETICH, 2002).

Für das Bilirubin konnte in dieser Untersuchung ein signifikanter Gruppeneinfluss ($p = 0,000$) nachgewiesen werden. Die höchsten Werte zeigte die Neugeborenenengruppe mit einem Wert von $9,6 \mu\text{mol/l}$. Als Ursache muss hier der Neugeborenenikterus verantwortlich gemacht werden. Die niedrigsten Konzentrationen wurden bei der Niederleistungsgruppe gemessen. Die Ursache kann in einer niedrigen Milchleistung mit einem entspannten Leberstoffwechsel begründet sein.

5.2.1.6 Glukose (Glu)

Beim adulten Rind gibt KRAFT (2005) für den Glukosewert einen Referenzwert von $2,2 - 3,3 \text{ mmol/l}$ und für Kälber $4,4 - 6,9 \text{ mmol/l}$ an. Bedingt durch die unterschiedliche Verdauungsphysiologie weisen Kälber höhere Glukosewerte auf als ausgewachsene Rinder (BAUMGARTNER, 1977). Vorbereitergruppe (MW = $5,0 \text{ mmol/l}$), Kolostrumgruppe (MW =

4,3 mmol/l), Niederleistungsgruppe (MW = 3,9 mmol/l), Neugeborenenengruppe (MW = 8,0mmol/l) und Saugkälbergruppe (MW = 7,4 mmol/l) liegen oberhalb der angegebenen Referenzwerte.

Der Einfluss der Tageszeit konnte mit einem Signifikanzniveau von $p = 0,007$ statistisch gesichert werden. Die Glukosekonzentration der ersten und zweiten 6.00 Uhr-Messung waren signifikant höher als um 14.00 Uhr und 2.00 Uhr (Tabelle 17 und Abb. 43). Die Verdauungsphysiologie von Kälbern (1 - 10 Tage p.p.) kann mit derer von Monogastriern verglichen werden, da die Vormägen zu diesem Zeitpunkt noch nicht ausreichend entwickelt sind. Beim Pferd konnte BEST (1979) postprandiale Spitzenwerte nach einer kohlenhydratreichen Futterration beobachten. Dieser Effekt ist im 24-Stunden-Diagramm bei der Saugkälbergruppe auffällig. Das Maximum wurde um 18.00 Uhr ermittelt (ca. 9,5 mmol/l). Etwas erhöhte Werte konnten zu beiden 6.00 Uhr-Messungen ermittelt werden (ca. 8,5 mmol/l). Die Minima zeigten sich um 14.00 Uhr und 2.00 Uhr (MW = 7,5 mmol/l). Die Maximalwerte lagen etwa 2-3 Stunden nach der Fütterung mit einer Vollmilchtränke. Somit ist der Glukosewert signifikant vom Fütterungszeitpunkt abhängig. Beim Rind liegen durch das Vorschalten der Vormägen andere verdauungsphysiologische Besonderheiten beim Futteraufschluss vor als bei den Monogastriern. Auch hier liegen Ergebnisse über den Verlauf der Glukosekonzentration vor. Den Einfluss der Tageszeit konnten HAGEMEISTER und UNSHELM (1970), ANDERSSON und LUNDSTROM (1984), MÜLLER *et al.* (1982), STAUFENBIEL *et al.*(1992), TRAITINGER (1993) in ihren Untersuchungen nachweisen. In der eigenen Untersuchung waren nur geringe Glukoseschwankungen bei ausgewachsenen Rindern nachweisbar. Die Werte schwankten je nach Untersuchungsgruppe um 3 - 4 mmol/l bei einer Standardabweichung von 0,23 - 1,1 mmol/l. Als zentraler Regulator im Kohlenhydratstoffwechsel scheint das Insulin unmittelbar für die Tagesschwankungen im Glukosehaushalt verantwortlich zu sein. Insulin führt durch seine Effekte auf den Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel zu einer Senkung des Blutzuckerspiegels (TRAITINGER, 1993). Die im Pansen entstehenden Propionate gelten als Vermittler der Insulinantwort auf die Fütterung (BORREBAEK *et al.*, 1990). Nach Ansicht von ANDERSSON und LUNDSTROM (1984) ist die postprandiale Zunahme an BHB, welche im Pansenepithel aus Butyrat entsteht, für die Insulinzunahme verantwortlich.

Der Glukosewert wird signifikant von der Gruppe beeinflusst ($p = 0,000$). Die höchsten Werte wurden im Rahmen dieser Arbeit bei der Neugeborenenengruppe (MW = 8,0 mmol/l) und niedrigsten bei der Frischkalber- und Hochleistungsgruppe ermittelt (MW = 3,1 mmol/l). Die niedrigen Werte in beiden Gruppen resultieren vermutlich aus der gesteigerten Milchproduktion und den damit verbundenen erhöhten Verbrauch von Glukose für die Milchzuckersynthese in dieser Phase der Laktation. Der Blutzuckerspiegel ist bei adulten Wiederkäuern im Vergleich zu Monogastriern niedrig, weil die Kohlenhydrate in den Vormägen der Wiederkäuer zu kurzkettigen Fettsäuren abgebaut und resorbiert werden (SOMMER, 1970b). Kälber mit überwiegender Milchernährung weisen einen im Vergleich zu ausgewachsenen Rindern sehr hohen Blutzuckerspiegel auf (ROSSOW, 1962).

5.2.1.7 Freie Fettsäuren (NEFA, non-esterfied fatty acids)

Nach STAUFENBIEL (2011) liegt der Referenzwert für die NEFA beim Rind außerhalb der Transitphase $< 0,4$ mmol/l. Im peripartalen Zeitraum können Werte bis $0,8$ mmol/l gemessen werden und gelten als eine physiologische Reaktion auf einen höheren Energieverbrauch mit Einsetzen der Laktation. Alle Untersuchungsgruppen lagen innerhalb der angegebenen Referenzwerte.

Der Einfluss der Tageszeit konnte mit einem Signifikanzniveau von $p = 0,047$ statistisch gesichert werden. Um 6.00 Uhr war die NEFA-Konzentration signifikant höher als um 22.00 Uhr. Im Tagesprofil waren deutliche Schwankungen der NEFA-Konzentrationen bei Kolostrum-, Frischkalber- und Hochleistungsgruppe zu beobachten. Ein deutliches Absinken konnte postprandial zwischen 18.00 Uhr und 2.00 Uhr beobachtet werden, wobei der Fütterungszeitpunkt bei diesen Gruppen zwischen 8.00 Uhr und 10.30 Uhr lag. Die höchsten Werte wurden bei diesen Gruppen um 6.00 Uhr gemessen. Die Ergebnisse dieser Arbeit decken sich mit den Aussagen anderer Autoren, die ebenfalls ein Absinken der NEFA-Konzentration nach der Fütterung beobachten konnten (PLAIZIER *et al.*, 2005; BORCHARDT, 2010). Auch beim Pferd konnten GREPPI *et al.* (1996) ein Absinken der NEFA bis acht Stunden nach der Fütterung beobachten. Dieser Effekt wird als Resultat einer Insulinausschüttung angesehen, wodurch es zu einer Hemmung der Lipolyse kommt (HERDT, 2000).

Die NEFA-Konzentration im Blut von Rindern wird nach eigenen Ergebnissen signifikant durch die Gruppenzugehörigkeit bestimmt ($p = 0,000$). Die signifikant höchsten Werte wurden bei den Tieren der Kolostrumgruppe (MW = $0,72$ mmol/l) und der Frischmelkergruppe (MW = $0,48$ mmol/l) bestimmt. Die niedrigsten Mittelwerte wurden mit $0,14$ mmol/l bei der Hochleistungs- und der Niederleistungsgruppe gemessen. Nach BAUMAN und CURRIE (1980) kommt es mit dem Einsetzen der Abkalbung zu einem höheren Bedarf der Milchdrüse an Energie und Nährstoffen. Der Zeitpunkt der maximalen negativen Energiebilanz liegt in den ersten 4 Wochen post partum (BUTLER and SMITH, 1989). Dadurch lassen sich erhöhte NEFA-Werte bei der Kolostrum- und Frischkalbergruppe erklären.

5.2.1.8 β -Hydroxybutyrat (BHB)

Der Referenzbereich für BHB im Serum beträgt nach KRAFT (2005) $0,05 - 0,5$ mmol/l. In der vorliegenden Arbeit liegen die Werte der Kolostrumgruppe (MW = $0,57$ mmol/l), Frischkalbergruppe (MW = $0,61$ mmol/l) und der Hochleistungsgruppe (MW = $0,65$ mmol/l) über dem angegebenen Referenzbereich. Die Ursache für das Vorliegen eines höheren basalen

Niveaus kann in einer negativen Energiebilanz in diesem Abschnitt der Laktation begründet sein.

Der Einfluss der Tageszeit konnte mit $p = 0,000$ signifikant nachgewiesen werden. Alle Untersuchungsgruppen, mit Ausnahme der Neugeborenenengruppe, wiesen im Tagesverlauf einen Anstieg der BHB-Konzentration mit maximalen Werten zwischen 18.00 Uhr und 22.00 Uhr auf. Die niedrigsten BHB-Werte wurden um 6.00 Uhr gemessen. Der Fütterungszeitpunkt lag bei der Frischkalber-, Kolostrum-, Hochleistungs-, Niederleistungs-, Trockensteher- und Vorbereitergruppe zwischen 8.00 Uhr und 10.30 Uhr. Die Kälber wurden um 3.00 Uhr und 15.00 Uhr getränkt. Die höchsten BHB-Konzentrationen konnten somit drei bis zehn Stunden nach der Fütterung beobachtet werden. Auch BORCHARDT (2010), NIELSEN *et al.* (2003), PLAIZIER *et al.* (2005) konnten in ihren Untersuchungen einen Anstieg der BHB-Konzentration nach der Futtervorlage beobachten.

Als Ursache für das Verhalten der BHB-Konzentration wird die Resorption von Butyrat und die anschließende Umwandlung zu BHB im Pansenepithel nach der Fütterung verantwortlich gemacht (NIELSEN *et al.*, 2003). Die Ausprägung der Tagesdynamik ist abhängig vom Laktationsstadium und dem basalem Niveau (BORCHARDT, 2010). Des Weiteren muss bei der Kolostrum-, Frischkalber- und Hochleistungsgruppe infolge einer negativen Energiebilanz von einer gesteigerten Lipomobilisation ausgegangen werden. Damit erhöht sich in diesen Laktationsabschnitten der Einfluss der hepato-genen Ketogenese auf die BHB-Konzentration.

Der Einfluss der Gruppe ist mit $p = 0,000$ signifikant. Die höchsten Gruppenmittelwerte (MW = 0,65 mmol/l) wiesen in dieser Untersuchung die Hochleistungstiere auf. Die Ursache ist in der ausgeprägten negativen Energiebilanz in diesem Laktationsstadium zu sehen. Die niedrigsten Werte (MW = 0,07 - 0,08 mmol/l) wiesen die Kälbergruppen auf. Als Ursache können der unterentwickelte Pansen bzw. Pansenphysiologie und die Fütterung einer energiereichen Vollmilchtränke angesehen werden.

5.2.1.9 Kreatinin (Crea)

Der Referenzbereich für Kreatinin ist nach KRAFT (2005) mit 88 -177 $\mu\text{mol/l}$ angegeben. KLEE *et al.* (1985) geben für das Kalb bei der Geburt einen Referenzbereich von $256 \pm 106 \mu\text{mol/l}$ und bei älteren Kälbern $108 \pm 28 \mu\text{mol/l}$ an. Alle untersuchten Gruppen liegen mit ihren Mittelwerten innerhalb der angegebenen Referenzbereiche.

Für Kreatinin kann in der eigenen Untersuchung kein Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden ($p = 0,925$). Die Ergebnisse decken sich mit den Beobachtungen von TRAITINGER (1993), der ebenfalls keine Tagesdynamik für Kreatinin im Serum von Rindern nachweisen konnte. Die Ergebnisse beim Rind stehen im Kontrast zu denen anderer Spezies. Bei Mensch,

Hund, Schaf und Schwein konnte der Einfluss der Tageszeit statistisch gesichert werden (KNOLL *et al.*, 1978; SINGER, 1985; JASAREVIC, 1996; POOSCH, 1999). JASAREVIC (1996) konnte in seiner Arbeit signifikant höhere Werte vier Stunden nach der Fütterung messen und verweist damit auf den Fütterungszeitpunkt als Einflussfaktor. SIROTA *et al.* (1950) erklären rhythmische Variationen des Serumkreatinins mit Fluktuationen im Muskelmetabolismus. Die erhöhten Konzentrationen zur Zeit der Aktivitätsphase bestärken diese Ansicht.

Für Kreatinin konnte in dieser Arbeit ein Gruppeneffekt ($p = 0,000$) nachgewiesen werden. Die höchsten Werte wurden in der Kolostrumgruppe (MW = 117 $\mu\text{mol/l}$) gemessen. Als Ursache für die erhöhten Werte scheint die Geburt eine Rolle zu spielen. Als Endprodukt des Muskelstoffwechsels kann es peripartal zu einer Erhöhung des Kreatininspiegels im Serum kommen. Die niedrigsten Werte wurden bei der Neugeborenenengruppe gemessen. Als Ursache für die niedrigere Serumkonzentration bei Kälbern kann in der geringeren Muskelmasse als bei ausgewachsenen Rindern gesehen werden. Der Gehalt an Kreatinin wird durch die Syntheserate und Muskelmasse bestimmt.

5.2.2 Enzyme

5.2.2.1 Aspartat-Amino-Transferase (ASAT)

Den Referenzbereich für die ASAT gibt KRAFT (2005) mit $< 80 \text{ U/l}$ an. Für Kolostrum- (MW = 95 U/L), Frischkalber- (MW = 99 U/l), Hochleistungs- (MW = 115) und der Niederleistungsgruppe (MW = 94 U/l) wurden höhere Werte gemessen.

Der Einfluss der Tageszeit auf die ASAT konnte in dieser Arbeit statistisch nicht nachgewiesen werden ($p = 0,929$). Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen decken sich nicht mit den Beobachtungen anderer Autoren. So konnten TRAITINGER (1993), PAGE *et al.* (1960), HAGEMASTER und UNSHELM (1968) beim Rind signifikante Tagesschwankungen für die ASAT nachweisen. Bei Hund (SINGER, 1985) und Mensch (CASALE and DE NICOLA, 1984) zeigt die ASAT ebenfalls einen circadianen Rhythmus.

Als Ursache für Tagesschwankungen von Enzymen geben SIMMONS *et al.* (1965) die physiologischen tageszeitabhängigen Veränderungen der inneren Körpertemperatur an. Mit der Erhöhung der Körpertemperatur kommt es zu einer Beschleunigung der Stoffwechselprozesse und damit zu einer gesteigerten Enzymaktivität (ZIERLER, 1956). Da jede körperliche Anstrengung zu einer Wärmeproduktion führt, kann allgemein die Aktivität als Ursache der periodischen Enzymaktivität angesehen werden (TRAITINGER, 1993).

Der Einfluss der Gruppe konnte für die ASAT statistisch gesichert werden ($p = 0,000$). Die höchsten Mittelwerte wurden bei der Hochleistungsgruppe (MW = 115 U/l) und die niedrigsten bei den Saugkälbern (MW = 29 U/l) gemessen. Das Alter der Tiere scheint insofern eine Rolle zu spielen, als die ASAT-Aktivität im Serum neugeborener Kälber niedriger liegt als bei erwachsenen Rindern. Bei älteren Kühen sinken die Werte wieder ab (BAUMGARTNER, 1977).

5.2.2.2 Kreatinkinase (CK)

KRAFT (2005) gibt für die CK einen Referenzbereich bis 100 U/l an. Eine Woche post partum können Werte bis 200 U/l gemessen werden. Mit Ausnahme der Kälbergruppen liegen alle anderen Untersuchungsgruppen oberhalb des angegebenen Referenzbereichs. Diese hohen Werte sind das Resultat von Extremwerten (bis 28 U/l) einiger Einzeltiermessungen in den Untersuchungsgruppen. Da mit Ausnahme der Kälbergruppen mittels einer Kanüle die Blutentnahme an der Schwanzvene durchgeführt wurde, kam es vermutlich lokal zu einer Gewebe- bzw. Zellschädigung. Verursacht wurde diese Schädigung durch die Korrektur der Kanüle nach mehrmaliger Blutentnahme. Es ist anzunehmen, dass die CK aus dem umliegenden Muskelgewebe freigesetzt wurde und zu erhöhten Werten bei der Blutanalyse führte. Die scheinbar erhöhten Werte sind damit nicht ein Resultat vermehrter körperlicher Belastung, sondern das Resultat einer in kurzen Zeitabständen wiederholten Blutentnahme. Bei den Kälbergruppen erfolgte die Blutentnahme mittels Venenkatheter. In diesen Gruppen wurden nur wenige Ausreißer und Extremwerte gemessen (Abb. 11, 48 und 49).

Der Einfluss der Tageszeit kann statistisch nicht nachgewiesen werden ($p = 0,479$). Beim Pferd konnte MILLETICH (2002) ebenfalls keinen circadianen Rhythmus nachweisen. Diese Ergebnisse stehen im Kontrast zu den Untersuchungen von POOSCH (1999), der beim Schwein eine Tagesdynamik für die CK nachweisen konnte. Das Enzym wird für eine rasche ATP-Gewinnung im Muskelstoffwechsel durch die Umwandlung von Kreatin in Kreatinin benötigt. Es wird daher eine größere Menge dieses Enzyms während der Aktivitätsphase der Tiere benötigt. Die Freisetzung des Enzyms aus der Muskelzelle könnte durch eine erhöhte Permeabilität der Zellwand bei einer erhöhten Stoffwechselaktivität zustande kommen (HIMMELSBACH, 1994). Der Zeitpunkt der maximalen Enzymaktivität lässt sich in der Arbeit von POOSCH (1999) mit der Fütterungszeit, also der Zeit der höchsten Aktivität erklären.

Der Einfluss der Gruppe kann in dieser Untersuchung statistisch gesichert werden ($p = 0,000$). Die höchsten CK-Konzentrationen wurden bei der Kolostrumgruppe gemessen (MW = 300 U/l). Die eigenen Ergebnisse decken sich mit den Angaben von KRAFT (2005) mit erhöhten CK-Werten bis eine Woche post partum. Die Geburt bzw. der Geburtsverlauf, der mit einer hohen physischen Belastung für das kalbende Tier verbunden ist, kann für die hohe CK-Konzentration post partum verantwortlich sein. Die niedrigsten CK-Werte wurden bei den

Kälbergruppen gemessen. Da die Kälber bis zum 14. Lebenstag in Einzelbuchten gehalten werden, kann die körperliche Belastung als gering eingestuft werden.

5.2.2.3 Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT)

Für die GGT gibt KRAFT (2005) einen Referenzbereich bis 50 U/l an. Alle Untersuchungsgruppen, mit Ausnahme der Kälbergruppen, liegen innerhalb des Referenzbereichs. Die Neugeborenen- und Saugkälbergruppe wiesen signifikant höhere Werte auf. Die Ursache der hohen GGT-Aktivität ist in der überdurchschnittlich guten Kolostrumversorgung zu sehen. Während der ersten Stunden ist die Blut-Darm-Schranke noch vermehrt permeabel, wodurch Antikörper aufgenommen werden können. Die Milchdrüse als parenchymatöses Organ besitzt neben Leber und Milz auch eine GGT-Aktivität. Beim Saugvorgang nimmt das Kalb mit dem Kolostrum die mütterliche GGT auf und im Dünndarm tritt sie durch die noch offene Blut-Darm-Schranke in das Blut des Kalbes über. Die gemessenen Werte können zur Beurteilung der Kolostrumversorgung des neugeborenen Kalbes herangezogen werden (BOSTEDT, 1983).

Seit langem ist bekannt, dass die GGT-Aktivität in bovinem Kolostrum etwa 1000-fach höher ist als im Serum, wobei zwischen den Kolostrum verschiedener Kühe erhebliche Unterschiede in der Aktivität bestehen. Die intestinale Resorption des GGT-Moleküls erfolgt parallel zur Aufnahme anderer Makromoleküle (Immunglobuline) (BRAKMANN, 2011). Entsprechend steigt die Aktivität der GGT nach Aufnahme adäquater Mengen von Kolostrum von basal ca. 10 U/l auf Werte um 1500 U/l an. Im Durchschnitt liegen die Werte bei Kälbern einen Tag post partum > 200 U/l. Nach Untersuchungen von BOSTEDT (1983) erreicht die GGT-Aktivität bei gesunden Kälbern um die 24. Lebensstunde ihren Höhepunkt, um dann in den folgenden Tagen allmählich wieder abzufallen.

In der eigenen Untersuchung konnten ähnlich hohe Werte gemessen werden. Bei der Neugeborenenengruppe wurden (ein Tag post partum) Mittelwerte von 1142 U/l und bei der Saugkälbergruppe (9 - 11 Tage post partum) Mittelwerte von 287 U/l gemessen. Eine Erklärung für die überdurchschnittlich hohen Werte in der eigenen Untersuchung kann mit dem Drenchen der Neugeborenen mit durchschnittlich 3,5 - 4,0 Litern Kolostrum direkt nach der Geburt erklärt werden. Das Drenchen von Kolostrum wird auf diesem Milchviehbetrieb standardmäßig bei allen neugeborenen Kälbern durchgeführt.

Der Einfluss der Tageszeit auf die GGT konnte in dieser Arbeit nicht nachgewiesen werden ($p = 0,911$). Die Ergebnisse dieser Untersuchung decken sich mit den Ergebnissen von TRAITINGER (1993), der ebenfalls beim Rind keinen Einfluss der Tageszeit nachweisen konnte. CASALE und DE NICOLA (1984) konnten beim Menschen auch keinen signifikanten Tagesrhythmus für die GGT feststellen ($p = 0,08$). Nur beim Schwein war es

POOSCH (1999) möglich, einen circadianen Rhythmus für das Enzym nachzuweisen. Als Ursache kommen laut POOSCH (1999) Schwankungen in der Aktivität des Leberstoffwechsels in Frage.

Der Einfluss der Gruppe konnte in dieser Untersuchung mit $p = 0,000$ statistisch gesichert werden. Dieser Effekt wird durch die hohen GGT-Werte der Kälbergruppen verursacht.

5.2.2.4 Glutamat-Dehydrogenase (GLDH)

Für die GLDH wird von KRAFT (2005) ein Referenzbereich bis 30 U/l angegeben. Die Hochleistungsgruppe liegt mit einem Mittelwert von 37 U/l über dem Normalwert. Eine Erklärung für eine erhöhte Aktivität der GLDH ist in einem angestregten Leberstoffwechsel in diesem Laktationsabschnitt zu sehen. Die Leber sorgt mit ihrem Stoffwechsel für die Bereitstellung von Metaboliten für die Milchsynthese.

Eine signifikante Tagesdynamik der GLDH-Aktivität konnte in dieser Untersuchung nicht nachgewiesen werden ($p = 0,995$). Die Ergebnisse stehen im Kontrast zu den Beobachtungen von HAGEMEISTER und UNSHELM (1968) die einen signifikanten circadianen Rhythmus der GLDH-Aktivität in ihren Untersuchungen nachweisen konnten. Beim Schaf (JASAREVIC, 1996) und beim Hund (SINGER, 1985) zeigte das Enzym einen stabilen Tagesverlauf ohne signifikanten Tagesrhythmus.

Der Einfluss der Gruppe konnte signifikant nachgewiesen werden ($p = 0,000$). Die höchsten Werte wurden bei den Tieren gemessen, die sich in der frühen bis späten Phase der Laktation befanden, wie zum Beispiel Frischkalber- (MW = 26 U/l), Hochleistungs- (MW = 37 U/l) und der Niederleistungsgruppe (MW = 22 U/l). Die niedrigsten Werte wiesen die Tiere der Vorbereitergruppe (MW = 11 U/l) auf.

5.2.3 Mengenelemente

5.2.3.1 Kalzium (Ca)

Der Referenzbereich für den Serumkalziumspiegel bei Rind wird nach KRAFT (2005) mit 2,3 - 3,0 mmol/l angegeben. Alle Untersuchungsgruppen befanden sich mit ihren Mittelwerten innerhalb der Referenzspanne.

Der Tageszeiteinfluss auf den Serumkalziumspiegel konnte statistisch nicht gesichert werden ($p = 0,657$). Die Ergebnisse dieser Arbeit stehen im Kontrast zu den Beobachtungen anderer Autoren. So konnten beim Rind (STAMPFLI *et al.*, 1980a), Schaf (JASAREVIC, 1996), Pferd (GREPPI *et al.*, 1996) und Huhn (SLOAN *et al.*, 1974) circadiane Rhythmen im Serumkalziumspiegel beobachtet werden. JASAREVIC (1996) verweist in seiner Arbeit auf Korrelationen der Tagesschwankungen von Ca, Na, K und Cl und dem signifikanten Fütterungseinfluss. Eine weitere Möglichkeit ist die Beeinflussung des circadianen Rhythmus über die Hormone Calcitonin und Parathormon (POOSCH, 1999). Der Blutspiegel von Kalzium wird über diese beiden Hormone gesteuert (SCHEUNERT and TRAUTMANN, 1987). Für beide Hormone werden in der Literatur Schwankungen im Tagesverlauf beschrieben. El-HAJJ FULEIHAN *et al.* (1997) beschreibt in seiner Arbeit einen diurnalen Rhythmus des Parathormon beim Menschen. Bei der Ratte konnten Tagesschwankungen im Calcitoninspiegel nachgewiesen werden (MILHAUD *et al.*, 1972).

Der Gruppeneinfluss auf den Kalziumspiegel konnte in dieser Untersuchung nachgewiesen werden ($p = 0,000$). LUMSDEN *et al.* (1980), BERGLUND und OLTNER (1983) konnten in ihren Untersuchungen einen signifikanten Alterseinfluss nachweisen. Mit zunehmendem Alter sinkt der Serumkalziumspiegel. Auch in der vorliegenden Arbeit konnten die höchsten Serumkalziumwerte bei der Neugeborenen- (MW = 2,9 mmol/l) und der Saugkälbergruppe (MW = 2,8 mmol/l) gemessen werden. Die Ursache für die hohen Blutkalziumspiegel liegt vermutlich in der Vertränkung von Milch. Zum anderen ist die Resorptionsfähigkeit des Dünndarms in der Wachstumsphase der Tiere durch den höheren Bedarf für Kalzium erhöht (ENGELHARDT, 2000). Die niedrigsten Serumkalziumwerte wiesen die Tiere der Kolostrumgruppe auf (MW = 2,1 mmol/l). Im Zeitraum von einem Tag ante partum bis zwei Tage post partum kommt es zur Absenkung des Gesamtkalziums auf 2,0 mmol/l (physiologische Hypokalzämie). Die Werte des ionisierten Kalziums können auf Werte von 1,0 mmol/l absinken (KRAFT, 2005).

5.2.3.2 Anorganisches Phosphat (P)

KRAFT (2005) gibt für das anorganische Phosphat eine physiologische Konzentration im Serum von 1,6 - 2,3 mmol/l an. Eine Hyperphosphatämie ist bei Jungtieren als normal einzustufen (2,6 - 3,5 mmol/l bis zum Alter von zwei Monaten). In der vorliegenden Arbeit konnten ebenfalls höhere Werte bei der Saugkälbergruppe gemessen werden (MW = 2,4 mmol/l). Alle Untersuchungsgruppen lagen mit ihren Mittelwerten innerhalb der angegebenen Referenzspanne.

Der Einfluss von Tageszeiteffekten auf den Serumspiegel des anorganischen Phosphat konnte in dieser Untersuchung nicht nachgewiesen werden ($p = 0,945$). Die Ergebnisse dieser Arbeit decken sich nicht mit den Beobachtungen anderer Autoren. Beim Schaf (JASAREVIC, 1996),

Schwein (POOSCH, 1999), Pferd (LEPAGE *et al.*, 1991; GREPPI *et al.*, 1996) und Mensch (KNOCHEL, 1985) konnten circadiane Rhythmen des anorganischen Phosphats beobachtet werden. GREPPI *et al.* (1996) verweisen in ihrer Untersuchung auf den signifikanten Einfluss der Fütterung hin, da es etwa vier Stunden nach der Fütterung zu einem starken Anstieg der Serumkonzentration von im Mittel 1,2 mmol/l kam. In der Arbeit von HIMMELSBACH (1994) wird auf den Zusammenhang von Tagesschwankungen beim Phosphat und der Stoffwechselaktivität in der Leber hingewiesen. Eine Zunahme entsteht durch eine vermehrte Spaltung von energiereichen Phosphaten (ATP) und eine Abnahme bei einem Anstieg des Kohlenhydratstoffwechsels.

Der Gruppeneinfluss auf den Serumspiegel war in dieser Untersuchung signifikant nachweisbar ($p = 0,000$). Die niedrigsten Werte konnten in der Kolostrum- und Niederleistungsgruppe gemessen werden (MW = 1,6 mmol/l). Bei den Kolostrumtieren kann es ein bis zwei Tage post partum zu einer physiologischen Absenkung der Phosphatkonzentration bis auf 1,25 mmol/l kommen (KRAFT, 2005). Die höchsten Konzentrationen konnten bei den Kälbergruppen (MW = 2,1 mmol/l bei Neugeborenen und 2,4 mmol/l bei Saugkälbern) gemessen werden. Durch das Vertränken von Milch wird dem Organismus liegt ein höheres Phosphatangebot vor und führt damit zu einem höheren Serumspiegel.

5.2.3.3 Chlorid (Cl)

KRAFT (2005) zufolge bewegen sich die Referenzwerte für Chlorid im Serum zwischen 95,0 -100,0 mmol/l. In dieser Arbeit liegen die Trockenstehergruppe mit einem Mittelwert von 111,0 mmol/l und die Kolostrumgruppe mit einem Mittelwert von 106,0 mmol/l über den angegebenen Referenzbereich. Die Hochleistungs- (MW = 95,0 mmol/l), Neugeborenen- (MW = 96,0 mmol/l) und die Saugkälbergruppe liegen unterhalb des Referenzbereichs.

Der Einfluss der Tageszeit auf die Serumchloridkonzentration konnte in dieser Untersuchung nicht nachgewiesen werden ($p = 0,9689$). Im Tagesprofil lässt der Linienschart der Hochleistungsgruppe einen 12-Stunden-Rhythmus mit höheren Werten (ca. 98,0 mmol/l) zur 6.00 Uhr-Messung und 18.00 Uhr-Messung erkennen. Die niedrigsten Werte wurden mit 92,5 mmol/l um 2.00 Uhr und 14.00 Uhr gemessen. Da die Zeiteffekte in der Varianzanalyse statistisch nicht gesichert werden konnten, handelt es sich bei dem scheinbaren 12-Stunden-Rhythmus um zufällige Effekte. Entgegen den Ergebnissen in der vorliegenden Arbeit konnten STAMPFLI *et al.* (1980a) beim Rind und POOSCH (1999) beim Schwein diurnale Rhythmen der Serumchloridkonzentration nachweisen. JASAREVIC (1996) verweist in seiner Arbeit auf den signifikanten Einfluss des Fütterungszeitpunktes mit höheren Konzentrationen der Mineralstoffe nach der Futtermittelaufnahme.

Der Gruppeneffekt konnte in der eigenen Untersuchung varianzanalytisch ($p = 0,000$) nachgewiesen werden. Zu hohe und niedrige Serumkonzentrationen des Chlorids können durch die Rationsgestaltung der TMR und Viehsalzangebot verursacht werden.

5.2.3.4 Kalium (K)

In der Literatur wird der Referenzbereich für Kalium mit 3,5 - 4,5 mmol/l angegeben (KRAFT, 2005). Mit Ausnahme der Kälbergruppen liegen die gemessenen Werte innerhalb des angegebenen Referenzbereichs. Die Neugeborenenengruppe (MW = 5,1 mmol/l) und die Saugkälbergruppe (MW = 4,8mmol/l) liegen mit ihren Werten über dem Referenzbereich. Die Ergebnisse dieser Arbeit decken sich mit den Ergebnissen anderer Autoren. GARTNER *et al.* (1966), TUMBLESON *et al.* (1973) und STAMPFLI *et al.* (1980b) konnten in ihrer Studie eine Abnahme der Serumkonzentration mit zunehmendem Alter beobachten.

Der Einfluss der Tageszeit auf die Kaliumkonzentration konnte in der vorliegenden Arbeit nicht nachgewiesen werden. Alle ablesbaren Tagesschwankungen im Liniendiagramm der Gruppenmittelwerte sind durch zufällige Effekte verursacht worden. Die Ergebnisse dieser Arbeit decken sich nicht mit den Ergebnissen anderer Autoren. Beim Schwein (POOSCH, 1999) und beim Schaf (JASAREVIC, 1996) konnten die Autoren circadiane Rhythmen signifikant nachweisen. JASAREVIC (1996) verweist in seiner Arbeit auf eine positive Korrelation von Natrium, Kalium und Chlorid und macht für deren Tagesdynamik den Fütterungszeitpunkt und die Nierenfunktion verantwortlich.

Der Gruppeneinfluss konnte in der vorliegenden Untersuchung signifikant nachgewiesen werden ($p = 0,000$). Hohe Kaliumkonzentrationen im Blutserum sind durch das K-Angebot in der Futtration bzw. der Milchtränke (\emptyset 1,4 g/l) bei den Kälbern erklärbar.

5.2.3.5 Natrium (Na)

Der Referenzwert für die Serumnatriumkonzentration wird nach KRAFT (2005) mit 135 - 157 mmol/l angegeben. Alle Untersuchungsgruppen liegen mit ihren Mittelwerten innerhalb des Referenzbereichs.

Der Einfluss von Tageszeiteffekten konnte in dieser Untersuchung mit $p = 0,947$ nicht nachgewiesen werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit decken sich nicht mit den Ergebnissen von UNSHELM und HAGEMEISTER (1971), die deutliche Tagesdynamiken in ihrer Studie nachweisen konnten. Bei den Spezies Schaf und Schwein konnten die Autoren im

Chronogramm ebenfalls circadiane Rhythmen beobachten (JASAREVIC, 1996; POOSCH, 1999). JASAREVIC (1996) beschreibt in seiner Arbeit identische Tagesverläufe bei den Na- und Cl-Konzentrationen. Der Verlauf dieser Untersuchungsergebnisse zeigt einen direkten zeitlichen Zusammenhang mit der Fütterung. Dieser Effekt kann auch circadiane Veränderungen in der Nierenfunktion widerspiegeln.

Der Einfluss des Gruppeneffektes konnte in der eigenen Arbeit signifikant nachgewiesen werden. Die höchsten Natriumkonzentrationen wurden bei der Vorbereiter- (MW = 143,5 mmol/l) und der Kolostrumgruppe (MW = 143,1 mmol/l) analysiert. Die niedrigsten Konzentrationen fanden sich bei der Trockenstehergruppe (MW = 133,3 mmol/l). Die Ursache für Differenzen im Natriumspiegel können mit dem unterschiedlichen Angebot an Salz in der Futtermittelration erklärt werden.

5.2.3.6 Magnesium (Mg)

Der Referenzbereich für Mg im Blutserum beträgt nach KRAFT (2005) 0,8 - 1,3 mmol/l. Alle Untersuchungsgruppen liegen mit ihren Mittelwerten innerhalb des Referenzbereichs.

Der Einfluss von Tageszeiteffekten konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht nachgewiesen werden ($p = 0,456$). In den Untersuchungen von POOSCH (1999), STAMPFLI *et al.* (1980a), UNSHELM und HAGEMEISTER (1971) konnten beim Rind und Schwein signifikante Tagesdynamiken für den Mg-Wert dargestellt werden. Wie bei den anderen Mineralstoffen auch, orientiert sich der Serumspiegel an der mit dem Futter aufgenommenen Magnesiummenge. In der Untersuchung von JASAREVIC (1996) ließen sich nahezu identische Tagesverläufe der P- und Mg-Konzentrationen erkennen. Jedoch zeigten sich wie auch in der eigenen Untersuchung beim Schaf keine circadiane Rhythmen.

Der Gruppeneffekt konnte in dieser Untersuchung signifikant nachgewiesen werden ($p = 0,000$). Die höchsten Werte zeigten sich mit einem Mittelwert von 1,0 mmol/l bei Hochleistungsgruppe. Die niedrigsten Konzentrationen (MW = 0,8 mmol/l) waren bei den Kälbergruppen messbar.

5.3 Harnparameter

5.3.1 Kreatinin und Säuren-Basen-Haushalt

5.3.1.1 Kreatinin (Crea)

Für die Kreatininausscheidung im Harn gibt STAUFENBIEL (2011) einen Referenzbereich $< 10000 \mu\text{mol/l}$ an. Die Vorbereiter- und Kolostrumgruppe liegen mit ihren Werten oberhalb des Referenzbereichs. Nach STAUFENBIEL (2011) deuten Kreatininwerte von mehr als $10000 \mu\text{mol/l}$ auf eine reduzierte Wasseraufnahme hin. Unter Berücksichtigung der räumlichen abdominalen Verhältnisse in den letzten Wochen ante partum erscheint es wahrscheinlich, dass die Kühe weniger Wasser aufnehmen können, was die hohen Kreatininwerte der Vorbereiter (3 - 0 Wochen a.p.) erklären würde. Wenn sich einige Zeit nach dem Abkalben die räumlichen Verhältnisse im Abdomen der Kühe wieder normalisieren, steigen Futter- und Wasseraufnahme. Im Harn sinken die Kreatininkonzentrationen (BENDER, 2002). Die Aussagen decken sich mit den Ergebnissen der eigenen Untersuchung, da bei der Frischkalbergruppe bereits die niedrigsten Kreatininkonzentrationen im Gruppenvergleich gemessen werden konnten.

Der Einfluss der Tageszeit konnte in der eigenen Untersuchung nicht nachgewiesen werden ($p = 0,886$). Die Ergebnisse dieser Arbeit decken sich mit den Ergebnissen anderer Autoren, die beim Rind ebenfalls keinen Tagesrhythmus für die Kreatininausscheidung im Harn nachweisen konnten (DE GROOT and AAFJES, 1960; KETZ, 1960; BOEHNCKE, 1980).

Der Einfluss des Gruppeneffektes konnte in dieser Untersuchung mit $p = 0,000$ signifikant nachgewiesen werden. Die höchsten Harnkonzentrationen wurden bei der Vorbereitergruppe gemessen (MW = $18033 \mu\text{mol/l}$). Im Gruppenvergleich wies die Frischkalbergruppe die niedrigsten Kreatininkonzentrationen im Harn auf (MW = $5868 \mu\text{mol/l}$).

5.3.1.2 Harn-pH-Wert

Der Harn-pH liegt beim ruminanten Rind unter normalen Fütterungsbedingungen im schwach alkalischen Bereich von $\text{pH} = 7,8 - 8,4$ (STAUFENBIEL, 2011). Alle Untersuchungsgruppen liegen mit ihren Mittelwerten ($\text{pH} = 8,0 - 8,5$) im Referenzbereich bzw. geringfügig darüber.

Zeiteffekte auf den pH-Wert des Harns konnten in dieser Untersuchung nicht nachgewiesen werden ($p = 0,725$). Die Ergebnisse decken sich mit den Aussagen von JESSEN (2010), der im Rahmen von Fütterungsversuchen mit sauren Salzen in einer Vorbereitergruppe keine signifikante Tagesdynamik nachweisen konnte. Ohne tageszeitliche Schwankungen des Harn-pH verlief auch eine Untersuchung bei Schafen, die im Abstand von 12 Stunden mit Heu

gefüttert wurden und einmal täglich ein mit CaCl_2 versetztes Mineralfutter erhielten (WESTENHOFF, 2000). Bei einer Studie zum Einsatz von sauren Salzen zur Gebärparese-Prophylaxe konnten LÖFFLER (2005), GOFF und HORST (1998) und BEENING (1998) signifikante Tagesrhythmen des pH-Wert bestimmen. Die Versuchstiere zeigten etwa 3 - 4 Stunden nach der Fütterung die tiefsten pH-Werte. In einer Kontrollgruppe ohne Salzzusätze waren jedoch keine Schwankungen innerhalb von 24 Stunden nachweisbar (LÖFFLER, 2005). Die pH-Schwankungen des Harns könnten durch zusätzliche tagesdynamische Veränderungen des Pansen-pH erklärt werden, die sich dann mit den Effekten der anionischen Salze addieren. Individuelle Unterschiede des Pansen-pH hängen offenbar von der Futterraufnahmemenge, der Anzahl der Mahlzeiten, der Sortierung bestimmter Futterbestandteile aus der Futtermischung, der Speichelflussrate, der Passagerate des Panseninhaltes und der Absorptionsrate der flüchtigen Fettsäuren zusammen (ROSSOW, 2008).

Der Gruppeneinfluss auf den pH-Wert konnte in der Varianzanalyse mit $p = 0,000$ signifikant nachgewiesen werden. Die niedrigsten Werte weisen die Tiere der Kolostrumgruppe auf. Im Tagesprofil der Gruppenmittelwerte (Abb. 21) ist ein Anstieg von 7,6 um 10.00 Uhr auf 8,25 um 2.00 Uhr abzulesen. Kühe können zum Geburtszeitpunkt erniedrigte pH-Werte aufweisen, da es zu einer reduzierten Futterraufnahme vor der Kalbung kommt. Die Kühe reagieren darauf mit einer nicht kompensierten Acidose. Auch Jessen (2010) konnte in seiner Untersuchung diese Beobachtung machen. Nach der Geburt normalisiert sich das Fressverhalten und die Werte steigen wieder an. Der pH-Wert korreliert bei dieser Gruppe mit abnehmenden NH_4^+ -Werten im Tagesverlauf (Abb. 24). Die höchsten pH-Werte konnten mit einem Mittelwert von $\text{pH} = 8,5$ in der Trockenstehergruppe gemessen werden. Die Ursache für den hohen Wert in dieser Gruppe ist vermutlich in der rohfaserreichen bzw. energiereduzierten Rationsgestaltung zu sehen.

5.3.1.3 Basen, Säuren und NSBA

Für die Basenausscheidung im Harn gibt DIRKSEN *et al.* (2002) einen Referenzbereich von 20 - 250 mmol/l an. Alle Untersuchungsgruppen liegen im Bereich der physiologischen Konzentration. Es konnte in dieser Arbeit kein signifikanter Tagesrhythmus bei der Basenausscheidung gefunden werden ($p = 0,175$). Der Einfluss der Gruppe konnte signifikant ($p = 0,000$) nachgewiesen werden.

Nach DIRKSEN *et al.* (2002) liegt der physiologische Bereich der Säuren im Harn zwischen 20 - 120 mmol/l. Alle Untersuchungsgruppen liegen mit ihren Mittelwerten innerhalb der Referenzspanne. Der Einfluss der Tageszeit ($p = 0,007$), sowie der Gruppeneinfluss ($p = 0,000$) waren in dieser Untersuchung signifikant nachzuweisen.

Für die NSBA geben KRAFT (2005) und DIRKSEN *et al.* (2002) beim Milchrind einen Optimalbereich von 80 - 220 mmol/l an. Die untersuchten Gruppen liegen mit ihren Mittelwerten innerhalb des angegebenen Bereichs. In dieser Untersuchung konnten signifikante Tages- ($p = 0,040$) und Gruppeneinflüsse ($p = 0,000$) varianzanalytisch ermittelt

werden. LÖFFLER (2005) konnte in ihrer Untersuchung im Rahmen des Einsatzes saurer Salze zur Gebärpäreseprophylaxe ebenfalls signifikante Tagesschwankungen beobachten. Die Tagesdynamik ist dabei stark an der Futteraufnahme orientiert. Auffällig war ein Absinken der NSBA drei bis vier Stunden nach der Fütterung (LÖFFLER, 2005). JESSEN (2010) konnte in seiner Untersuchung hingegen keine signifikanten Tagesschwankungen der NSBA beobachten. In der eigenen Untersuchung wurden die niedrigsten NSBA-Werte um 14.00 Uhr gemessen. Die Futtervorlage fand bei allen Gruppen zwischen 7.00 Uhr und 11.00 Uhr statt. Somit stimmen die Ergebnisse mit den von LÖFFLER (2005) überein. Der Abfall der NSBA ist mit einer vermehrten Ausscheidung von Säuren (Abb. 23) und der verminderten Basenexkretion (Abb. 22) im Harn zu erklären. Der Einfluss des Fütterungszeitpunktes ist in dieser Studie signifikant.

Der Gruppeneinfluss konnte in dieser Arbeit signifikant nachgewiesen werden ($p = 0,000$). Die höchsten Konzentrationen wies die Frischkalbergruppe (MW = 206 mmol/l) gefolgt von der Hochleistungsgruppe (MW = 160 mmol/l) auf. Die niedrigsten Werte konnten in der Kolostrumgruppe gemessen werden (MW = 91 mmol/l). Die NSBA wird durch die Rationszusammensetzung und der aufgenommenen Futtermenge beeinflusst. Zum Zeitpunkt der Geburt ist die Futteraufnahme reduziert und damit sinkt die NSBA.

5.3.1.4 BSQ

Der physiologische Bereich des BSQ liegt beim Milchrind zwischen 2,5 - 4,8 und bei Hochleistungskühen zwischen 1,5 - 2,4 (DIRKSEN *et al.*, 2002). Mit Ausnahme der Frischkalbergruppe (MW = 5,4), liegen alle Untersuchungsgruppen innerhalb des Referenzbereichs.

Der Einfluss der Tageszeit war signifikant nachzuweisen ($p = 0,003$). Der BSQ war um 14.00 Uhr (MW = 3,0 mmol/l) signifikant niedriger als um 6.00 Uhr (2. Messung, MW = 4,5 mmol/l). Der zeitliche Verlauf des BSQ korreliert mit der NSBA. Der Abfall des BSQ im Tagesverlauf bis 14.00 Uhr und der folgende Anstieg bis 6.00 Uhr werden durch die vermehrte bzw. verminderte Basen- und Säurenexkretion verursacht. Fütterungszeitpunkt und Rationsgestaltung bestimmen, wann und in wieweit es zur Auslenkung des BSQ im Tagesverlauf kommt.

Der Einfluss der Gruppe war in dieser Untersuchung signifikant nachzuweisen ($p = 0,000$). Die niedrigsten BSQ-Werte konnten in der Vorbereitergruppe gemessen werden (MW = 2,2). Auch BAUERFELD (2003) ermittelte in seiner Untersuchung niedrigere BSQ-Werte in der Vorbereitungsphase (ca. 1,5). Zwischen der ersten und fünften Woche post partum waren signifikante Steigerungen des BSQ-Wertes bis auf 2,5 zu verzeichnen. Durch den Einsatz von sauren Salzen in der Vorbereitungsphase wurde eine milde Acidose induziert, die ein verstärktes Ansäuern des Harns zur Folge hatte. In der eigenen Untersuchung wurde bei der Vorbereitergruppe keine Anionenration eingesetzt. Die im Gruppenvergleich niedrigen Werte beruhen vermutlich auf der allgemein verminderten Futteraufnahme in den letzten 14 Tagen

vor der Geburt. Die signifikant erhöhten Werte in der Frischkalbergruppe (MW = 5,4) weisen auf eine fütterungsbedingte alkalotische Belastung hin (STAUFENBIEL, 2011).

5.3.1.5 Ammoniumion (NH_4^+)

Der Referenzbereich für NH_4^+ beim Milchrind wird von DIRKSEN *et al.* (2002) mit < 10 mmol/l angegeben. Nach STAUFENBIEL und GELFERT (2001) sind NH_4^+ -Konzentrationen mit Werten über 10 mmol/l ein sicherer Hinweis auf bakteriell bedingte Zersetzungsprozesse. Bei Hochleistungskühen mit konzentrierter Fütterung gibt DIRKSEN *et al.* (2002) einen physiologischen Bereich < 25 mmol/l an. In der eigenen Untersuchung bewegen sich alle Untersuchungsgruppen innerhalb der von DIRKSEN *et al.* (2002) angegebenen Referenzspanne für Milchrinder (< 10 mmol/l).

Der Einfluss der Tageszeit auf die NH_4^+ -Konzentration konnte in dieser Untersuchung nicht beobachtet werden ($p = 0,649$). Literaturquellen über Aussagen zur Tagesdynamik des Ammoniumion liegen zu diesem Zeitpunkt nicht vor.

Der Einfluss der Gruppe konnte in der Varianzanalyse signifikant nachgewiesen werden ($p = 0,000$). Die höchsten Werte (MW = 10,8 mmol/l) wurden in der Kolostrumgruppe gemessen. Hier zeigte sich im Tagesverlauf ein starker Abfall der NH_4^+ -Konzentration (Abb. 24). Dieser Konzentrationsabfall korreliert mit einem gleichzeitigen Anstieg des pH-Werts (Abb. 21). Die niedrigsten Werte konnten in der Frischkalbergruppe gemessen werden (MW = 3,0 mmol/l).

5.3.2 Mengenelemente

5.3.2.1 Kalzium (Ca)

Als Referenzwert für die Kalziumausscheidung im Harn von Rindern gibt ROSSOW (1987) eine Konzentration von $< 1,5$ mmol/l an. Bei trockenstehenden Kühen können Konzentrationen von 4 - 5 mmol/l und darüber gemessen werden (GELFERT and STAUFENBIEL, 2002). Alle Gruppen liegen innerhalb des Referenzbereichs. In der Trockenstehergruppe konnte ein Mittelwert von 6,2 mmol/l gemessen werden. Die Ursache für die vermehrte Ausscheidung ist im Überangebot in der Ration zu sehen. Da keine Milchsynthese in der Trockenstehphase stattfindet, gibt es für das überschüssige Kalzium keine Verwendung im Stoffwechsel und wird über den Urin ausgeschieden. Niedrige Werte (MW = 0,4 mmol/l) bei Kolostrum-, Frischkalber- und Hochleistungsgruppe beruhen auf dem gegenteiligen Effekt.

Der Einfluss von Tageszeiteffekten konnte in dieser Untersuchung nicht gefunden werden ($p = 0,921$). Die Ergebnisse decken sich mit den Aussagen von JESSEN (2010) und FRÖMER (2005), die im Rahmen von Fütterungsversuchen keine signifikante Tagesdynamik finden konnten. In der Untersuchung von SPIEKER (1989) fand sich ein Rhythmus mit erhöhten Ausscheidungen von Kalzium am Mittag und einem Minimum in der Nacht. Den Einfluss des Melk- und Fütterungszeitpunktes schloss SPIEKER (1989) aus, da unterschiedliche Fütterungszeiten keine abweichenden Ausscheidungsmuster aufwiesen. Es wurde der Verdacht geäußert, dass es sich bei den zu beobachteten Schwankungen um andere, in unterschiedlichen Stoffwechsellagen der Tiere zu verschiedenen Tageszeiten begründete Ursachen handle. Dies ist nicht unbedingt auf die „innere Uhr“ zurückzuführen. Auch äußere Einflüsse, wie zum Beispiel die Haltung der Tiere, können ausschlaggebend sein.

Der Gruppeneffekt ließ sich in dieser Arbeit varianzanalytisch nachweisen ($p = 0,000$).

5.3.2.2 Kalium (K)

Der Referenzbereich für die physiologische Konzentration von Kalium im Harn liegt nach ROSSOW (1987) zwischen 140 - 320 mmol/l. Alle Untersuchungsgruppen lagen mit ihren Werten innerhalb der angegebenen Spanne.

Der tageszeitliche Effekt auf die Kaliumkonzentration im Harn konnte varianzanalytisch ($p = 0,006$) ermittelt werden. Die Kaliumkonzentration war um 14.00 Uhr (MW = 134 mmol/l) signifikant niedriger gegenüber der ersten 6.00 Uhr-Messung (MW = 180 mmol/l). Dieser Effekt ist im Diagramm der Gruppenmittelwerte (Abb. 28) bei allen Untersuchungsgruppen auffällig. Der Einfluss von Melkzeiten kann ausgeschlossen werden, da auch Trockensteher und Vorbereiter erniedrigte Werte um 14.00 Uhr aufwiesen. Der Einfluss der Fütterung könnte hier in Betracht gezogen werden, wodurch es zu kurzfristigen Elektrolytverschiebungen im Tagesverlauf kommt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung decken sich nicht mit den Ergebnissen von SPIEKER (1989) und KETZ (1960), die in ihren Untersuchungen keine deutlichen Kaliumschwankungen im Tagesverlauf finden konnten. Die Konzentrationen bewegten sich zwischen 85 - 150 mmol/l.

Der Einfluss der Gruppe auf den Kaliumwert im Harn stellte sich in dieser Studie ebenfalls als signifikant dar ($p = 0,000$). Die höchsten Werte wurden in der Hochleistungsgruppe gemessen (MW = 208 mmol/l) und die niedrigsten Werte in der Kolostrumgruppe (MW = 122 mmol/l). Die Ursache für die unterschiedlichen Harnkonzentrationen können möglicherweise in der Rationszusammensetzung im Futter der Gruppen gefunden werden.

5.3.2.3 Magnesium (Mg)

ROSSOW (1987) gibt als Referenzbereich für die Magnesiumausscheidung im Harn 3,7 - 16,5 mmol/l an. Die untersuchten Gruppen liegen in diesem Referenzbereich. Die Hochleistungsgruppe liegt mit einem Wert von 17,9 mmol/l minimal über diesem Bereich. Ein Magnesiumüberschuss in der Ration führt zu einem deutlichen Anstieg der Magnesiumausscheidung über die Nieren (JONAS, 1971; GRÜNDER, 1991).

Der Tageszeiteinfluss auf die Magnesiumkonzentration konnte mit $p = 0,236$ statistisch nicht gesichert werden. SPIEKER (1989) kam in seiner Untersuchung zu dem gleichen Ergebnis. Die Werte schwankten zwischen 6 - 8,8 mmol/l.

Der Gruppeneffekt auf die Magnesiumkonzentration im Harn war signifikant ($p = 0,000$). Die höchsten Konzentrationen wurden in der Hochleistungsgruppe und die niedrigsten in der Frischkalbergruppe gemessen. Die Ausscheidung von Magnesium wird einzig durch das Angebot in der Ration bestimmt (JONAS, 1971).

5.3.2.4 Natrium (Na)

Der Referenzwert für die Konzentration von Natrium im Harn von Rindern liegt bei $> 8,7$ mmol/l (ROSSOW, 1987). Alle untersuchten Gruppen liegen mit ihren Mittelwerten über dem angegebenen Referenzwert.

Der Einfluss von Tageszeiteffekten konnte in dieser Untersuchung nicht bestätigt werden. Die Ergebnisse decken sich mit den Aussagen von KETZ (1960), der ebenfalls keinen circadianen Rhythmus in der Natriumexkretion beobachten konnte. Die Ergebnisse stehen im Kontrast zu den Aussagen anderer Autoren. KETZ (1960) fand ein Ausscheidungsmaximum am Mittag und ein Minimum in der Nacht. BOEHNCKE (1981) konnte in seiner Untersuchung bei Milchkühen höhere Werte am Morgen und am Mittag messen. Danach sanken bis 21 Uhr die Werte wieder ab. Als Ursache der Tagesschwankungen führte er rhythmische Veränderungen der Aldosteronkonzentration an. In einer Studie an Kälbern konnte BOEHNCKE (1971) einen Höhepunkt für die Natriumausscheidung nach der Tränkeaufnahme feststellen.

Der Einfluss des Gruppeneffektes war in dieser Untersuchung signifikant nachweisbar ($p = 0,000$). Die höchste Natriumausscheidung wurde in der Frischkalbergruppe (MW = 44 mmol/l) und die niedrigste in der Vorbereitergruppe gemessen. Die Höhe der renalen Natriumausscheidung richtet sich nach dem Angebot in der Ration (ROSENBERGER, 1990).

5.3.2.5 Chlorid (Cl)

Der Referenzbereich für die Chloridausscheidung über den Harn beträgt nach ROSSOW (1987) 40 - 160 mmol/l. Die Hochleistungsgruppe lag mit einem Wert von 11,0 mmol/l unterhalb des angegebenen Referenzbereichs.

Der Einfluss der Tageszeit konnte in dieser Untersuchung signifikant nachgewiesen werden ($p = 0,025$). Die Chloridkonzentration war um 18.00 Uhr (MW = 54,1 mmol/l) signifikant niedriger gegenüber 6.00 Uhr (erste Messung, MW = 85,2 mmol/l). Ein Zusammenhang zwischen der Chloridausscheidung sowie den Fütterungs- und Melkzeiten konnte in dieser Untersuchung nicht dargestellt werden. FRÖMER (2005) fand einen signifikanten Einfluss der Tageszeit mit niedrigeren Konzentrationen um 11.00 Uhr und 19.00 Uhr, der jedoch sowohl für die salzbehandelten Tiere als auch für die Kontrolltiere nachzuweisen war, was auf einen salzunabhängigen Einfluss schließen lassen muss. Ein Fütterungseinfluss wäre jedoch auf Grund der zeitlichen Beziehung (jeweils 4 - 5 Stunden nach Fütterung) denkbar. Auch auf die renale Regulation der Chloridausscheidung sein an dieser hingewiesen.

In dieser Studie konnte der Gruppeneinfluss signifikant nachgewiesen werden ($p = 0,000$). Im Gruppenvergleich konnten die höchsten Chloridwerte im Harn bei Trockenstehergruppe (MW = 136,3 mmol/l) und die niedrigsten in der Hochleistungsgruppe (MW = 11,0 mmol/l) gemessen werden. Die niedrigen Werte können durch ein zu niedriges Salzangebot im Futter verursacht sein. Zum anderen findet man erniedrigte Chloridwerte bei einer deutlich alkalotischen Stoffwechsellage. Bei letzteren kommt es zu einem Überangebot an HCO_3^- , welches im Tausch gegen Chlor im Urin ausgeschieden wird (GELFERT and STAUFENBIEL, 2002).

6. Schlussfolgerungen

- Bei den Blut- und Harnparametern konnten circadiane Rhythmen für Glukose, NEFA, BHB, Säuren (Harn), NSBA, BSQ, Chlorid (Harn) und Kalium (Harn) nachgewiesen werden. In der Literatur sind für diese Parameter Tagesschwankungen beschrieben, die sich mit den eigenen Ergebnissen decken. Als besonderer Einflussfaktor muss für die Stoffwechselfparameter Glukose, NEFA, BHB, Säuren (Harn), NSBA, BSQ der Fütterungszeitpunkt berücksichtigt werden. Diese deutlich festzustellenden fütterungsabhängigen Tagesschwankungen bedürfen einer klinischen Berücksichtigung.
- Der Ausscheidungsrythmus beim Chlorid erfolgte unabhängig von Fütterungs- und Melkzeiten. Der Einfluss von äußeren Faktoren (Futter- bzw. Salzaufnahme) oder inneren Faktoren (renale Regulation) auf den Ausscheidungsrythmus wäre denkbar, ist in dieser Arbeit nicht abschließend geklärt.
- Bei der Bestimmung der untersuchten Blut- und Harnparameter ist es nicht gleichgültig, wann eine Probenentnahme erfolgt. Um einen Vergleich der Messergebnisse durchführen zu können, ist die Probenentnahme zu gleichen Tageszeiten (bei konstanten Fütterungszeiten) empfehlenswert. Es sollte stets darauf geachtet werden, dass die Proben an verschiedenen Tagen zur gleichen Zeit erfolgt, da durch die Schwankungsbreite ein falsches Bild der vorherrschenden Stoffwechselsituation entstehen kann. Die Chronogramme der Gruppenmittelwerte können hierbei als Richtwerte dienen.
- Das Über- und Unterschreiten von Referenzbereichen durch ein Tagesmaximum bzw. Minimum kann zu einer falschen Interpretation der Laborwerte führen. Werden zum Zeitpunkt dieser Auslenkungen Proben entnommen, kann der Eindruck geweckt werden, dass es sich um pathologische Zustände handelt.
- Von den untersuchten Parametern stellten sich die Tagesverläufe von TP, Alb, Chol, Harnstoff, GLDH, P, Cl, Na, Ca als sehr stabil mit geringen Schwankungen der Gruppenmittelwerte im Tagesverlauf dar.
- Besonders starke Tagesschwankungen waren bei BHB, Crea (Harn), Basen (Harn), Säuren (Harn), NSBA, BSQ, K, Mg (Harn), Cl (Harn), K (Harn), und Na (Harn) zu verzeichnen. Bei den Kälbergruppen waren die Parameter Bilirubin, Glu und GGT auffällig.
- Der Einfluss der Gruppe war bei allen untersuchten Parametern signifikant nachweisbar. Durch die Gruppe waren in dieser Untersuchung das Alter, Laktationsstadium bzw. Trockenstehphase, Milchleistung, Futterzusammensetzung, Kalbezeitpunkt definiert worden. Diese Faktoren haben in unterschiedlicher Weise

einen Einfluss auf die Höhe und den Verlauf der Konzentrationen von Blut- und Harnparametern und müssen bei der Interpretation von Laborparametern berücksichtigt werden, da es auch bei klinisch gesunden Tieren zu stärkeren Auslenkung von Laborparametern kommen kann.

- Die Konzentrationsverläufe der untersuchten Parameter waren im 24-Stunden-Profil im Gruppenvergleich größer als innerhalb einer Gruppe. Darum sollte bei der Beurteilung der Stoffwechselsituation einer Herde auch das Laktationsstadium der beprobten Tiere beachtet werden. Zu empfehlen wäre die Blutentnahme von mindestens 8 - 10 Tieren einer Gruppe. Aus den Werten sollten Mittelwerte gebildet werden, um ein besseres Gesamtbild innerhalb Untersuchungsgruppe zu erhalten. Werden die Proben verschiedener Gruppen gemischt, sind die Ergebnisse nicht repräsentativ bzw. sie vermitteln einen falschen Eindruck der vorherrschenden Stoffwechselsituation.
- Es zeigten sich bei einigen Parametern deutliche Altersunterschiede. So konnten höhere Glu-, Ca- und P-Werte bei den Kälbern gegenüber den adulten Tieren gemessen werden. Bei BHB, ASAT und Mg wiesen die Kälber deutlich geringere Konzentrationen gegenüber den Adulten auf. Für BHB, Ca und Mg sollten bei den Kälbern eigene Referenzwerte gebildet werden, soweit dies zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht erfolgt ist. Bei den Parametern Glu, ASAT und P sind bereits Referenzwerte für Kälber beschrieben.
- Vorsicht ist bei der Interpretation des CK-Wertes geboten, wenn die Blutentnahme aus der Schwanzvene erfolgte. Durch die Gewebeschädigung nach mehrmaligem Einstechen mit der Kanüle innerhalb kurzer Zeitabstände kann es zur vermehrten Freisetzung des Enzyms aus dem geschädigten Gewebe kommen und führt damit zu einem Konzentrationsanstieg in der Untersuchungsprobe. Somit ist eine Fehlinterpretation möglich. Genaue CK-Ergebnisse erhält man bei der Blutentnahme aus den großen Körpervenen, wie zum Beispiel aus der V. jugularis.
- In dieser Untersuchung wiesen 24 von 31 Laborparametern keine Normalverteilung in der Gesamtstichprobe auf. Die Anwendung und Aussagekraft von parametrischen Tests bei der Untersuchung von Laborparametern ist kritisch zu beurteilen. Ein Großteil der Laborparameter zeichnete sich anhand der Histogramme durch eine linksschiefe Verteilungsform aus.

7. Zusammenfassung

Tagesschwankungen von Laborparametern beim Milchrind

Die Blut- und Harnuntersuchung zur Einschätzung der Tiergesundheit und Stoffwechselsituation in Hochleistungsherden ist ein integraler Bestandteil der Bestandsbetreuung. Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung von Blut- und Harnparametern auf Tagesschwankungen. Im Rahmen dieser Untersuchung sollten auch die Einflussfaktoren auf Blut- und Harnparameter im Tagesverlauf dargestellt werden. Dazu wurden von März 2010 bis Februar 2011 in einem konventionellen Milchviehbetrieb Blut und Harnproben entnommen. Anhand der Proben wurden Tagesprofile von Metaboliten, Enzymen und Mineralstoffen erstellt. Zu dieser Untersuchung wurden 8 Untersuchungsgruppen gebildet, die sich am Alter und dem Laktationsstadium orientierten. Im Rahmen dieser Untersuchung erfolgte die Einteilung der Probanden in eine Neugeborenen-, Saugkälber-, Trockensteher-, Vorbereiter-, Kolostrum-, Frischlaktierer-, Hochleistungs- und Niederleistungsgruppe. Die Gruppen bestanden aus 10 bis 11 klinisch gesunden Tieren. Die Blut- und Harnprobenentnahmen wurden im vierstündigen Abstand um 6.00 Uhr, 10.00 Uhr, 14.00 Uhr, 18.00 Uhr, 22.00 Uhr, 2.00 Uhr und 6.00 Uhr über einen Zeitraum von 24 Stunden durchgeführt. Bei den ausgewachsenen Tieren erfolgte die Blutprobenentnahme aus der V. caudalis mediana und bei den Kälbern durch Katheterisieren der V. jugularis externa. Die Harnproben konnten durch eine manuelle Stimulation dorsal des Euterspiegels gewonnen werden. Die Serum- und Harnprobenaufbereitung schloss sich unmittelbar an die Probenentnahme an. Im Blutserum wurden die Parameter Totalprotein, Albumin, Harnstoff, Cholesterol, Bilirubin, Glukose, NEFA, BHB, Kreatinin, ASAT, CK, GGT, GLDH, Kalzium, anorganisches Phosphat, Chlorid, Kalium, Natrium und Magnesium analysiert. Im Harn wurden die Parameter Kreatinin, pH, Basen, Säuren, Ammoniumion, NSBA, BSQ, Kalzium, Kalium, Magnesium, Natrium und Chlorid bestimmt. Die Blut- und Harnparameter wurden mit der zweifaktoriellen Varianzanalyse auf Tageszeit- und Gruppeneinfluss untersucht.

Nur wenige Parameter zeigten anhand der Histogramme eine Normalverteilung. Ein überwiegender Teil der Laborwerte wies eine linksschiefe Verteilungsform auf. Die Anwendung und Aussagekraft von parametrischen Tests ist bei der Untersuchung von Laborparametern kritisch zu beurteilen. Bei Glukose, NEFA, BHB, Säuren (Harn), NSBA, BSQ, Chlorid (Harn) und Kalium (Harn) konnten signifikante Tageszeiteinflüsse nachgewiesen werden. Mit Ausnahme des Harn-Chloridwertes konnte bei den analysierten Parametern der Fütterungszeitpunkt als maßgebliche Einflussgröße dargestellt werden. Für den Harn-Chloridwert konnte in der Varianzanalyse der Einfluss der Tageszeit nachgewiesen werden, aber die Ursache konnte hier nicht direkt benannt werden. Zu vermuten wäre eine renale Regulation oder die Futterraufnahme. Von den untersuchten Parametern stellten sich die Tagesverläufe von TP, Alb, Chol, Harnstoff, GLDH, P, Cl, Na, Ca als besonders stabil dar. Besonders starke Tagesschwankungen waren bei BHB, Crea (Harn), Basen (Harn), Säuren (Harn), NSBA, BSQ, K, Mg (Harn), Cl (Harn), K (Harn), und Na (Harn) zu verzeichnen. Die Bili-, Glu- und GGT-Konzentrationen waren in den Kälbergruppen höheren Schwankungen

unterworfen als bei den Adulten. Der Gruppeneinfluss war bei allen untersuchten Parametern signifikant. Damit haben Alter, Laktationsstadium bzw. Trockenstehphase, Milchleistung und Futterzusammensetzung einen signifikanten Einfluss auf die Messhöhe und den Verlauf von Laborparametern. Deutliche Altersunterschiede zeigten sich bei Glukose, Kalzium und anorganischem Phosphat. Es konnten bei diesen Parametern deutlich höhere Konzentrationen in den Kälbergruppen gemessen werden. Bei BHB, ASAT und Magnesium wiesen die Kälber wiederum deutlich niedrigere Konzentrationen gegenüber den Adulten auf. Große Sorgfalt ist bei der Blutentnahme zur Bestimmung der Kreatinkinase geboten, da bereits geringe Gewebeerletzungen nach einer mehrmaligen Blutentnahme aus der Schwanzvene zu einem deutlichen Auslenken des CK-Wertes führen können. Eine Blutentnahme aus den großen Körpervenen ist hier zu empfehlen.

Abschließend können anhand der Ergebnisse die folgenden Empfehlungen zur Probenentnahme und Interpretation ausgesprochen werden: Ein bestimmter Zeitpunkt zur Probenentnahme kann anhand der Ergebnisse nicht empfohlen werden. Damit kann der Zeitpunkt der Probenentnahme an die betrieblichen Abläufe angepasst werden. Jedoch sollte bei einer Verlaufsuntersuchung auf den Zeitpunkt der Probenentnahme geachtet werden, da sich sonst die Vergleichswerte bei unterschiedlichen Entnahmezeitpunkten deutlich voneinander unterscheiden können, ohne dass ein pathologischer Zustand vorliegen muss. Bei der Beurteilung der Herdengesundheit ist die Einteilung in verschiedene Kontrollgruppen empfehlenswert. Die Einteilung sollte sich nach dem Alter (juvenil <-> adult) und Laktationsstadium bzw. Trockenstehphase der Probanden richten. In den Gruppen sollten mindestens 8 bis 10 Proben entnommen werden, um ein besseres Gesamtbild einer Untersuchungsgruppe zu erhalten. Um die erhobenen Ergebnisse vergleichend bewerten zu können, ist mit dieser Arbeit ein Instrument gegeben, um in Hochleistungsherden anhand der Tagesprofile und Diagramme eine Aussage über den Stoffwechsel- und Gesundheitsstatus geben zu können. Die Ergebnisse zu den untersuchten Parametern können somit vergleichend betrachtet werden.

8. Summary

Day variations of Laboratory Parameters of Dairy Cattle

The blood and urine tests for assessing the animal health and metabolic status in high yielding herds are an integral part of herd management. The objective of this study was the testing of different blood and urine parameters in regard to daily fluctuations. This investigation is supposed to include factors that influence blood and urine parameters during the course of the day. Blood and urine samples, were collected in a conventional dairy farm from March 2010 to February 2011. Based on the samples daily profiles of metabolites, enzymes and minerals have been created. For this study, eight study groups were set up based on the stage of lactation and age profile. In this study the classification of the subjects were new-born, suckling calves, dry cows, close ups, colostrum, fresh cows, high-and low-yielding group. The groups consisted of 10 to 11 clinically healthy animals. The blood and urine test sampling were carried out in four-hour intervals at 6 am, 10 am, 2pm, 6pm, 10pm, 2am and 6am over a period of 24 hours. Regarding adult animals, the blood sample was taken from the vena caudalis mediana and regarding the calves through the external jugular vein catheterization. The urine samples were obtained by a manual stimulation of the dorsal udder levels. The serum and urine sample processing was right after the sampling was conducted. In the blood serum parameters total protein, albumin, urea, cholesterol, bilirubin, glucose, NEFA, BHB, creatinine, AST, CK, GGT, GLDH, calcium, inorganic phosphate, chloride, potassium, sodium and magnesium were analysed. The parameters creatinine, pH, bases, acids, ammonium, NSBA, BSQ, calcium, potassium, magnesium, sodium and chloride were determined in the urine. The blood and urine parameters were examined with the two-factorial variance analysis in regards to the influence of the day time of day and group.

Only a few parameters on the basis of the histograms showed a normal distribution. A major part of the lab values showed a left-skewed distribution shape. The application and validity of parametric tests should be assessed critically in the study of laboratory parameters. In terms of glucose, NEFA, BHB, acids (urine), NSBA, BSQ, chloride (urine) and potassium (urine) significant time of day influences were detected. The time of the feeding could be determined as a main influencing factors with an exception of the urinary chloride value. For the urine chloride value the influence of time of day was proven in the analysis of variance, but the cause could not be named here directly. A renal regulation or feed intake is assumed to be influential. Among the investigated parameters the daily curves of TP, Alb, Chol, urea,

glutamate dehydrogenase, P, Cl, Na, Ca are particularly consistent. Particularly strong daily fluctuations were recorded at BHB, Crea (urine), bases (urine), acids (urine), NSBA, BSQ, K, Mg (urea), Cl (urine), K (urine), and Na (urine recorded). The Bili, Glu, and GGT concentrations were subject to greater fluctuations in the groups of calves than in the adult animals. The group effect was significant for all parameters examined. Therefore age, stage of lactation and dry period, milk yield and feed composition have a significant influence on the level height and the course of laboratory parameters. Significant differences were found in glucose, calcium and inorganic phosphate in relation to age. In the groups of calves these parameters were measured in significantly higher concentrations. The calves reported significantly lower levels compared to adults in relation to BHB, AST and magnesium. Great care must be shown when taking blood samples for the determination of creatine kinase, since even small tissue injuries after multiple blood sampling from the tail vein can result in a significant deflection of the CK-value. A blood sample from the large body veins is recommended here.

In conclusion the results can be expressed by the following recommendations for sampling and interpretation: A certain time of specimen collection based on the results cannot be recommended. Therefore the time of the sample collection can be adjusted according to the operational processes. However, care shall be taken in a course of study at the time of sampling, otherwise the comparative values of the sampling time points may differ significantly from each other, without a pathological state. Dividing the herd into different control groups is recommended for assessing its all-over health. The classification should be based on the age (juvenile - adult) and lactation stage and dry period of the subjects. At least 8 to 10 samples within the groups shall be taken to obtain a better overall picture of a study group. This project paper is an instrument to evaluate the highlighted results in order to provide a statement regarding the metabolism and health status in high yielding herds. The results of the studied parameters can thus be compared.

9. Literaturverzeichnis

- ANDERSSON, L., LUNDSTROM, K., 1984. Milk and blood ketone bodies, blood isopropanol and plasma glucose in dairy cows; methodological studies and diurnal variations. Zentralbl. Veterinärmed. A 31, 340-349.
- ASCHOFF, J., 1955. Exogene und endogene Komponente der 24-Stundenperiodik bei Tier und Mensch. Naturwiss. 42, 569-575.
- ASCHOFF, J., 1963. Gesetzmäßigkeiten der biologischen Tagesperiodik. Dtsch. Med. Wochenschr. 88, 1930-1937.
- ASCHOFF, J., 1979. Circadian rhythm: General features and endokrinological aspects. Endocrine rhythms. In: Krieger, D. T. Raven press, New York.
- BALZER, E., 1953. 24 Stunden-Rhythmus des Serumbilirubins. Acta Med Scand Suppl 278, 67-70.
- BARAKAT, M.Z., HASSANEIN, R.R., 1969. Biochemical analysis and seasonal variation of certain cow blood constituents. Zentralbl. Veterinärmed. A 16, 220-228.
- BAUERFELD, J., 2003. Untersuchungen zur Prophylaxe der Gebärparese bei Kühen durch Verfütterung anionenangereicherter Rationen in der Trockenstehperiode. Diss. Vetmed. Universität Leipzig, Leipzig.
- BAUMAN, D.E., CURRIE, W.B., 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. J Dairy Sci 63, 1514-1529.
- BAUMGARTNER, W., 1977. Zur Aussagekraft klinisch - chemischer Laborbefunde in der Krankheitsdiagnostik beim Rind. Habil.-Schr. Vetmed. Univ. Wien.
- BEENING, S., 1998. Untersuchungen zu den Effekten einer Veränderung des Kationen-Anionen-Verhältnisses (DCAB) in Wiederkäuerrationen auf Parameter des Säuren-Basen-Status und auf die Mineralstoffbilanz. Diss. Vetmed. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover.
- BENDER, S., 2002. Einsatz der Harnuntersuchung zur Beurteilung des Säure-Base- und Mineralstoffhaushaltes im Rahmen der prophylaktischen Bestandsbetreuung von Milchviehherden. Diss. Vetmed. FU Berlin, Berlin.
- BERGLUND, B., OLTNER, R., 1983. Blood levels of leukocytes, glucose, urea, creatinine, calcium, inorganic phosphorus and magnesium in dairy heifers from three months of age to calving. Zentralbl. Veterinärmed. A 30, 59-71.
- BEST, I., 1979. Normal Values of Different Blood and Plasma Parameters in Thorough Breeds and Trotting Horses 2. Prakt Tierarzt 60, 765-778.
- BICKHARDT, K., 1992. Protein- und Enzym-Stoffwechsel. In: Pareys Studentexte ; 69. Parey, Berlin u.a., pp. 115- 122.

- BINES, J.A., HART, I.C., MORANT, S.V., 1983. Endocrine control of energy metabolism in the cow: diurnal variations in the concentrations of hormones and metabolites in the blood plasma of beef and dairy cows. *Horm Metab Res* 15, 330-334.
- BIRGEL JUN., E.H., STEFFEN, S., ZERBE, H., 1997. Untersuchungen zum Enzymprofil im Vorbereitungsstadium der Geburt beim Rind. *Prakt. Tierarzt* 78, 120-126.
- BITMAN, J., WOOD, D.L., LEFCOURT, A.M., 1990. Rhythms in cholesterol, cholesteryl esters, free fatty acids, and triglycerides in blood of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 73, 948-955.
- BOEHNCKE, E., 1971. Methodische Studien zur Elektrolytausscheidung bei männlichen Saugkälbern und Jungbullen. *Diss. Vetmed. Univ. München, München*.
- BOEHNCKE, E., 1980. Untersuchungen zur Kreatininausscheidung bei Mastkälbern und zur endogenen Kreatininclearance bei Jungbullen. *Zentralbl. Veterinärmed. A* 27, 421 – 428.
- BOEHNCKE, E., 1981. Zur Diagnostik der Natriumversorgungslage von Milchkühen. *Prakt. Tierarzt* 62, 954-960.
- BOEHNCKE, E., RIEDER, I., 1974. Untersuchungen zur Kreatininausscheidung wachsender Mastkälber. *Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkunde* 33, 268 – 274.
- BÖNING, D., SCHWEIGART, U., KUNZE, M., 1974. Diurnal variations of protein and electrolyte concentrations and of acid-base status in plasma and red cells of normal man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 32, 239-250.
- BORCHARDT, S., 2010. Untersuchungen zum Einsatz der NEFA und der BHB zur Stoffwechselüberwachung von Transitzühen unter besonderer Berücksichtigung von gepoolten Serumproben. *Mensch & Buch Verl., Berlin*.
- BORREBAEK, B., HALSE, K., TVEIT, B., DAHLE, H.K., CEH, L., 1990. Plasma glucose, ketone bodies, insulin, glucagon and enteroglucagon in cows: diurnal variations related to ketone levels before feeding and to the ketogenic effects of feeds. *Acta Vet Scand* 31, 5-15.
- BOSTEDT, H., 1974. Enzymaktivitäten im Blutserum von Rindern in der Zeit um die Geburt. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr* 87, 365-371.
- BOSTEDT, H., 1983. Vergleichende Untersuchung über die Entwicklung des Enzymprofils im Blut von Kälbern und Lämmern in der neonatalen Adaptationsperiode. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr* 96, 431-438.
- BOUDA, J., 1998. Selected biochemical parameters for estimation of energy metabolism in dual purpose cows. *The Bovine Proceedings* 31, 293-294.
- BRADFORD, B.J., ALLEN, M.S., 2008. Negative energy balance increases periprandial ghrelin and growth hormone concentrations in lactating dairy cows. *Domest Anim Endocrinol* 34, 196-203.

- BRAKMANN, K., 2011. Untersuchungen zum Einfluss eines variierten Energie- und oder Proteingehaltes in der Vorbereitungs fütterung primiparer Kühe auf das Geburtsverhalten und die perinatale Vitalität der Kälber. Mensch und Buch Verl., Diss. Vetmed. FU Berlin, Berlin.
- BRAUN, J.P., BENARD, P., BURGAT, V., RICO, A.G., 1983. Gamma Glutamyl Transferase in domestic animals. *Vet Res Commun* 6, 77-90.
- BROBST, D., 1983. Pathophysiologic and adaptive changes in acid-base disorders. *J Am Vet Med Assoc* 183, 773-780.
- BUBNA-LITTITZ, H., 1980. Biologische Rhythmenforschung und ihre Beziehung zur Klinik. *Wien, Tierärztl. Monatsschr.* 67, 127-133.
- BUBNA-LITTITZ, H., JAKSCH, W., 1986. Orientierungsstudie über Tagesschwankungen von Blutparametern bei Pferden verschiedenen Alters. *Wien, Tierärztl. Monatsschr.* 73, 293-299.
- BUHMANN, M., GRÜNDER, H.D., 1985. Der Wert von Harn- oder Blutuntersuchungen für die Beurteilung der Kalziumversorgung bei Milchkühen. *Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.* 92, 259-262.
- BÜNNING, E., 1960. Opening adrss: Biological Clocks. *Clod Spring Harbor Symp.* 25, 1-9.
- BÜNNING, E., 1963. Die physiologische Uhr. Zeitmessung in Organismen mit ungefähr tagesperiodischen Schwingungen. Springer, Berlin u.a.
- BÜNNING, E., 1978. Evolution der zirkadianen Organisation. *Arzneimittelforschung* 28, 1811-1813.
- BÜNNING, E., 1986. Evolution der zirkadianen Rhythmik und ihrer Nutzung zur Tageslängenmessung. *Naturwiss.* 73, 70-77.
- BUSATO, A., FAISSLE, D., KUPFER, U., BLUM, J.W., 2002. Body condition scores in dairy cows: associations with metabolic and endocrine changes in healthy dairy cows. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med* 49, 455-460.
- BUTLER, W.R., SMITH, R.D., 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci* 72, 767-783.
- CALL, J.W., BUTCHER, J.E., SHUPE, J.L., LAMB, R.C., BOMAN, R.L., OLSON, A.E., 1987. Clinical effects of low dietary phosphorus concentrations in feed given to lactating dairy cows. *Am J Vet Res* 48, 133-136.
- CARLSON, G.P., 1997. Fluid, electrolyte, and acid-base balance. In: KANEKO, J.J., HARVEY, J.W., Bruss, M.L. (Eds.), In: *Clinical biochemistry of domestic animals*. Acad. Press, San Diego u.a., pp. 485-516.
- CASALE, G., 1983. Circadian rhythms and aging. *Minerva Med* 74, 1233-1240.

- CASALE, G., DE NICOLA, P., 1984. Circadian rhythms in the aged: a review. Arch Gerontol Geriat 3, 267-284.
- CASALE, G., LAZZARONI, L., D' ANGELO, R., 1982. Ricerche sui ritmi circadiani nell'anziano. III. Ritmo circadiano della bilirubina. Acta Gerontol 32, 9-13.
- DAVENPORT, H.W., 1973. Säure-Basen-Regulation. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- DE GROOT, T., AAFJES, J., 1960. On the constancy of creatinine excretion in the urine of the dairy cow. Br. Vet. J. 116, 409 – 418.
- DIRKSEN, G., ROSENBERGER, G., BAUMGARTNER, W., 2002. Innere Medizin und Chirurgie des Rindes mit 108 Übersichten ; Literaturverzeichnis auf CD-ROM. Parey, Berlin.
- DOIZE, J., BOUCHAT, C., PAQUAI, R., 1979. Diurnal changes in blood ketone bodies, glucose and lipids according to energy intake in adult sheep. Annal. Biol. Anim. 19, 393-404.
- DONNER, B., HELMBOLDt-CAESAR, U., RENSING, L., 1985. Circadian rhythm of total protein synthesis in the cytoplasm and chloroplasts of *Gonyaulax polyedra*. Chronobiol Int 2, 1-9.
- DOXEY, D.L., 1971. Laboratory aids to clinical diagnosis in equine practice. Equine Vet J 3, 25-30.
- EI-HAJJ FULEIHAN, G., KLERMAN, E.B., BROWN, E.N., CHOE, Y., BROWN, E.M., CZEISLER, C.A., 1997. The parathyroid hormone circadian rhythm is truly endogenous--a general clinical research center study. J Clin Endocrinol Metab 82, 281-286.
- ENGELHARDT, W., 2000. Physiologie der Haustiere 78 Tabellen. Enke, Stuttgart.
- ENGELHARDT W. und AURICH C. 2010. Physiologie der Haustiere 90 Tabellen. Enke, Stuttgart.
- ENGLE, T.E., FELLNER, V., SPEARS, J.W., 2001. Copper status, serum cholesterol, and milk fatty acid profile in Holstein cows fed varying concentrations of copper. J Dairy Sci 84, 2308-2313.
- FETTMAN, M.J., 2004. Fluid and electrolyte metabolism. In: THRALL, M.A. (Ed.), In: Veterinary hematology and clinical chemistry. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, pp. x, 518 p.
- FILAR, J., 1979. Über den Gehalt an β -Hydroxybutyrat, Azetazetat und Azeton im Blut von gesunden und an Ketose erkrankten Kühen. Wien, Tierärztl. Monatsschr. 66, 377-380.
- FINCO, D.R., 1997. Kidney function. In: KANEKO, J.J., HARVEY, J.W., BRUSS, M.L.H. (Eds.), In: Clinical biochemistry of domestic animals. Academic Press, San Diego u. a., pp. 441-484.

FRAHM, K., GRAF, F., KRAUSSLICH, H., OSTERKORN, K., 1978. Enzymaktivitäten in Rinderorganen 2. Mitteilung: Organanalysen bei Holstein-Friesian-Kühen. Zentralbl. Veterinarmed. A 25, 297-306.

FRÖMER, S., 2005. Untersuchungen zum Effekt verschiedener Anionenergänzungen auf die renale Elektrolytausscheidung und ihre diagnostische Aussagekraft hinsichtlich eines Einsatzes in der Gebärdpareseprophylaxe bei Milchkühen. Mensch-und-Buch-Verl., Diss. Vetmed. FU Berlin, Berlin.

FÜRLI, B., DABBAGH, M.N., FÜRLI, M., 1998. Reperfusionsschäden: theoretisch begründet – beim Nutztier beeinflussbar? In: Füll M, (Hrsg.). Stoffwechselbelastung, -diagnostik und -stabilisierung beim Rind. Leipziger Samstagsakademie; Leipzig, pp. 149-162.

FÜRLI, M., 1989. Vorkommen, Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik und medikamentelle Beeinflussung von Leberschäden beim Rind. Habilschr. Vetmed. Universität Leipzig, Leipzig.

FÜRLI, M., 1993. Diagnostik und Therapie chronischer Störungen des Säure-Basen-Haushaltes (SBH) bei Rindern. Prakt. Tierarzt 75, 49-54.

FÜRLI, M., 2004. Stoffwechselkontrollen und Stoffwechselüberwachung bei Rindern. Nutztierpraxis Aktuell 9, 8-17.

FÜRLI, M., 2005. Physiologische Bereiche herdendiagnostischer Stoffwechselfparameter im Blutserum/-plasma von Rindern. In: Kraft, W., Dürr, U.M. (Eds.), In: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. Schattauer, Stuttgart u.a., pp. 49-92.

FÜRLI, M., KIRBACH, H., 1997. „Neues“ zur Harnreaktion (NSBA) bei Wiederkäuern. 6. Jahrestagung der Fachgruppe „Innere Medizin und klinische Laboratoriumsdiagnostik“ in der DVG, 05.-09.03.1997, München.

FÜRLI, M., KNOBLOCH, B., 1994. Einfluss von Glucocorticosteroiden auf die Leberfunktion fastender Schafe. Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 101, 460-462.

FURTMAYR, L., 1975. Untersuchungen über Metabolitkonzentrationen und Enzymaktivitäten im Blutserum von Hochleistungsrindern. Diss. Vetmed. Univ. München, München.

GABRIS, J., DURAN, A., 1988. Changes in ALT, AST and alkaline phosphatase activity in the blood of dairy cows over a 24-hour period. Vet Med (Praha) 33, 469-474.

GARTNER, R.J., RYLEY, J.W., BEATTIE, A.W., 1966. Values and variations of blood constituents in grazing Hereford cattle. Res Vet Sci 7, 424-434.

GELFERT, C.C., STAUFENBIEL, R., 2002. Einsatz der Harnuntersuchung in der Bestandsbetreuung von Milchviehherden. Veterinärspiegel 3, 123-125.

GIBSON, J.P., FIELD, A.C., WIENER, G., 1987. Concentrations of blood constituents in genetically high and low milk-production lines of British Friesian and Jersey cattle around calving and in early lactation. *Anim Prod.* 44, 183-199.

GIEBISCH, G., WINDHAGER, E., 2003. Transport of urea, glucose, phosphate, calcium, magnesium, and organic solutes. In: In: BARON, W.F., BOULPAEP, E.L.H. (Eds.), *Medical physiology*. Saunders-Verlag.

GOFF, J.P., 2000. Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 16, 319-337, vii.

GOFF, J.P., 2004. Macromineral disorders of the transition cow. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 20, 471-494, v.

GOFF, J.P., HORST, R.L., 1998. Effect of time after feeding on urine pH determinations to assess response to dietary cation-anion adjustment. *J. Anim. Sci.* 76, 173.

GREILING, H., ARNDT, T., 1995. *Lehrbuch der klinischen Chemie und Pathobiochemie 361 Tabellen ; mit einem Register zum Gegenstandskatalog sowie einem Verzeichnis der klinisch-chemischen Meßgrößen*. Schattauer, Stuttgart u.a.

GREPPI, G.F., CASINI, L., GATTA, D., ORLANDI, M., PASQUINI, M., 1996. Daily fluctuations of haematology and blood biochemistry in horses fed varying levels of protein. *Equine Vet J* 28, 350-353.

GRÜNDER, H.-D., 1991. Aussagefähigkeit von Blutuntersuchungsbefunden. *Prakt. Tierarzt Coll. Vet.* XXII, 12-17.

GÜRTLER, H., 1989. Die Physiologie der Verdauung. In: Kolb, E. (Ed.), In: *Lehrbuch der Physiologie der Haustiere*. Fischer, Jena, p. 365.

GWINNER, E., 1986. Circannual Rhythms in the Control of Avian Migrations. *Adv Stud Behav* 16, 191-228.

HAGEMEISTER, H., UNSHELM, J., 1968. Individuelle, tages- und tageszeitabhängige Schwankungen von Blutbestandteilen beim Rind. 2. Das Verhalten der Enzymaktivität von GOT, GPT, LDH, MDH, GLDH und alkalische Phosphatase. *Zentralbl. Veterinarmed.* A 15, 499-509.

HAGEMEISTER, H., UNSHELM, J., 1970. Individuelle, tages- und tageszeitabhängige Schwankungen von Blutbestandteilen beim Rind. 8. Das Verhalten der Milchsäure (Laktat), der Brenztraubensäure (Pyruvat), des Harnstoffs und des Blutzuckers. *Zentralbl. Veterinarmed.* A 17, 13-26.

HARTMANN, H., BERCHTHOLD, J., 1997. Pathogenese und Diagnostik von systemischen Azidosen bei Tieren mit Schlussfolgerungen für wirksame Therapieverfahren. *Tierärztl. Prax.* 25, 611-624.

HASKINS, S.C., 1977. An overview of acid-base physiology. *J Am Vet Med Assoc* 170, 423-428.

- HEITMANN, R.N., DAWES, D.J., SENSENIG, S.C., 1987. Hepatic ketogenesis and peripheral ketone body utilization in the ruminant. *J Nutr* 117, 1174-1180.
- HERDT, T.H., 2000. Ruminant adaptation to negative energy balance. Influences on the etiology of ketosis and fatty liver. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 16, 215-230, v.
- HIMMELSBACH, E., 1994. Chemische und hämatologische Parameter beim Galopperrennpferd im Zusammenhang mit Leistung. Diss. Vetmed. Univ. Wien, Wien.
- HOFMEISTER, W., 1867. Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig.
- HOLLISTER, L.E., WRIGHT, A., 1965. Diurnal variation of serum lipids. *J Atheroscler Res* 5, 445-450.
- HORST, R.L., 1986. Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in the dairy cow. *J Dairy Sci* 69, 604-616.
- JASAREVIC, M., 1996. Chronobiologische hämatologische Untersuchungen beim Schaf. Diss. Vetmed. Univ. Wien.
- JENKINS, S.J., GREEN, S.A., CLARK, P.A., 1982. Clinical chemistry reference values of normal domestic animals in various age groups--as determined on the ABA-100. *Cornell Vet* 72, 403-415.
- JESSEN, A., 2010. Untersuchungen zur Verbesserung des praktischen Einsatzes von Anionenrationen zur sicheren und wirkungsvollen Prophylaxe der Hypokalzämie auf Herdenebene. Mensch und Buch Verl., Diss. Vetmed. FU Berlin, Berlin.
- JONAS, K., 1971. Mineralstoffbestimmung im Harn -- Methoden und Bedeutung als diagnostische Möglichkeit zur rechtzeitigen Erkennung von Fehlernährung bei Milchkühen. *Monatsh Veterinarmed* 26, 441-445.
- KANEKO, J.J., 1997. Hepatic Function. In: Tennant, B.C. (Ed.), In :Clinical biochemistry of domestic animals. Acad. Press, San Diego u.a., pp. 327- 352.
- KAPPEL, L.C., INGRAHAM, R.H., MORGAN, E.B., ZERINGUE, L., WILSON, D., BABCOCK, D.K., 1984. Relationship between fertility and blood glucose and cholesterol concentrations in Holstein cows. *Am J Vet Res* 45, 2607-2612.
- KAUPPINEN, K., 1983. Prevalence of bovine ketosis in relation to number and stage of lactation. *Acta Vet Scand* 24, 349-361.
- KETZ, H.A., 1960. Untersuchungen zur Nierenfunktion und renalen Elektrolytausscheidung bei Kalb und Rind. *Arch. Exper. Veterinärmed.* 14, 331 - 335.
- KLEE, W., SEITZ, A., D., E.-E., 1985. Creatinine and urea blood level of healthy newborn calves with regard to their kidney function. *Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.* Oct 8;92(10), 405-407.

- KNOCHEL, J.P., 1985. Deranged phosphorus metabolism. In: Seldin, D.W., Giebisch, G. (Eds.), In: *The Kidney: Physiology and pathophysiology*. Raven Press,, New York, pp. 1397-1416.
- KNOLL, E., WISSER, H., REBEL, F.C., 1978. Abhängigkeit der Konzentrationen von Kreatinin und Harnstoff im Serum von der Tageszeit bei normaler und eingeschränkter Nierenfunktion. *Z Klein Chem Klin Biochem* 16, 567-570.
- KOLB, E., GÜRTLER, H., 1989. *Lehrbuch der Physiologie der Haustiere Band 1 und 2*. Fischer, Stuttgart u.a.
- KRAFT, W., 2005. *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*. Schattauer.
- KRAMER, J.W., 1989. Clinical Enzymology. In: Kaneko, J.J. (Ed.), In: *Clinical biochemistry of domestic animals*. Acad. Pr., San Diego u.a., pp. 338- 360.
- KUTAS, F., 1965. Determination of Net Acid-Base Excretion in the Urine of Cattle. A Method for the Estimation of Acid-Base Equilibrium. *Acta Vet Acad Sci Hung* 15, 147-153.
- LARSON, B.L., TOUCHBERRY, R.W., 1959. Blood Serum Protein Level as a Function of Age. *J Anim Sci* 18, 983-990.
- LeBLANC, S.J., 2006. Monitoring Programs For Transition Dairy Cows. *World Buiatric Congress*, Nizza, Italien, pp. 460-472.
- LEFCOURT, A.M., 1990. Circadian and ultradian rhythms in ruminants: relevance to farming and science. *Prog Clin Biol Res* 341B, 735-753.
- LEPAGE, O.M., DesCOTEAUX, L., MARCOUX, M., TREMBLAY, A., 1991. Circadian rhythms of osteocalcin in equine serum. Correlation with alkaline phosphatase, calcium, phosphate and total protein levels. *Can J Vet Res* 55, 5-10.
- LÖFFLER, L., 2005. Untersuchungen zum Einfluss intraruminal verabreichter "Saurer Salze" auf den systemischen Säuren-Basen-Status (Henderson-Hasselbalch-Modell, Stewart-Modell) bei Kühen. *Mensch & Buch Verl., Diss. Vetmed. FU Berlin, Berlin*.
- LOTTHAMMER, K.H., 1981. Gesundheits- und Fruchtbarkeitsstörungen beim Milchrind. Klinisch-chemische Untersuchungen als Hilfsmittel zur Herdendiagnostik (Klärung der Ursachen). *Tierarztl. Prax.* 9, 541-551.
- LOTTHAMMER, K.H., BOEHNKE, H.J., MORAWIETZ, M., 1988. Beziehungen zwischen verschiedenen Blutparametern als Kriterien für Stoffwechselstörungen und dem Milchzellgehalt bei Milchrindern. *Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.* 95, 379-384.
- LUMSDEN, J.H., MULLEN, K., ROWE, R., 1980. Hematology and biochemistry reference values for female Holstein cattle. *Can J Comp Med* 44, 24-31.
- LÜTH, P., 1964. Zur Lehre von den biologischen Rhythmen im Altertum. *Hippokrates* 35, 191-193.

- MALZ, C., 1986. Bedeutung und klinische Anwendungsmöglichkeiten der Chronobiologie unter besonderer Berücksichtigung des Rindes eine Literaturstudie. Diss. Vetmed. Tierärztl. Hochschule Hannover, Hannover.
- MAYER, D., 2004. Die Rolle des PHEX-Gens in der Phosphathomöostase. Diss. Vetmed. Ludwig-Maximilians-Universität München, München.
- MAYERSBACH, H.V., 1978. Die Zeitstruktur des Organismus. *Arzneimittel-Forsch* 28, 1824-1836.
- MILHAUD, G., PERAULT-STaub, A.M., STaub, J.F., 1972. Diurnal variation of plasma calcium and calcitonin function in the rat. *J Physiol* 222, 559-567.
- MILLETICH, S., 2002. Circadiane Rhythmen hämatologischer und chemischer Blutparameter beim Hengst. Diss. Vetmed. Univ. Wien, Wien.
- MÜLLER, I., GOTTSCHILD, C., KOLB, E., SEIDEL, G., 1982. Untersuchungen über den Gehalt an Glukose, an freien Fettsäuren, an Insulin, an Ca, an P und an Mg sowie über die Aktivität der alkalischen Phosphatase im Blutplasma von 10 laktierenden Jersey-Rindern über einen Zeitraum von 24 Stunden. *Mh Vet.-Med.* 37, 103-108.
- NELSON, A.B., MAC VICAR, R.W., ARCHER, W.M., MEISKE, J.C., 1955. Effect of a high salt intake on the digestibility of ration constituents and on nitrogen, sodium, and chloride retention by steers and wethers. *J. Anim. Sci.* 14, 825-830.
- NIELSEN, N.I., INGVARTSEN, K.L., LARSEN, T., 2003. Diurnal variation and the effect of feed restriction on plasma and milk metabolites in TMR-fed dairy cows. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med* 50, 88-97.
- PAGE, H.M., ERWIN, E.S., NELMS, G.E., 1960. Effect of Solar Radiation on Variations of Blood Constituents in Cattle. *J Dairy Sci* 43, 99-100.
- PAULY, J.E., 1983. Chronobiology: anatomy in time. *Am J Anat* 168, 365-388.
- PAYNE, M.J., ROWLANDS, G.J., MANSTON, R., DEW, S.M., 1973. A statistical appraisal of the results of metabolic profile tests on 75 dairy herds. *Brit Vet J* 129, 370-381.
- PFEFFER, E., 1873. *Physiologische Untersuchungen*. Leipzig.
- PFEFFER, E., 2000. Mengenelemente. In: Engelhardt, W. (Ed.), In: *Physiologie der Haustiere* 78 Tabellen. Enke, Stuttgart, pp. 606-609.
- PFEFFER, W., 1875. *Die periodischen Bewegungen der Blattoorgane*. Engelmann, Leipzig.
- PLAIZIER, J.C., FAIRFIELD, A.M., AZEVEDO, P.A., NIKKHAH, A., DUFFIELD, T.F., CROW, G.H., BAGG, R., DICK, P., McBRIDE, B.W., 2005. Effects of monensin and stage of lactation on variation of blood metabolites within twenty-four hours in dairy cows. *J Dairy Sci* 88, 3595-3602.

- POOSCH, C., 1999. Diurnale Rhythmen in der Hämatologie des Schweines. Diss. Vetmed. Univ. Wien, Wien.
- POULSEN, J.S., 1974. Variations in the metabolic acid-base balance and some other clinical chemical parameters in dairy herds during the year. Nord Vet Med 26, 1-12.
- RAO, G.S., RAMASARMA, T., 1971. Rhythmic activity of biogenesis of cholesterol. Environ. Physiol. 1, 188.
- REINBERG, A., SMOLENSKY, M., 1983. Introduction to chronobiology. In: Reinberg, A., Smolensky, M.H. (Eds.), IN: Biological rhythms and medicine cellular, metabolic, physiopathologic, and pharmacologic aspects. Springer, New York u.a., pp. 1-21.
- REINHARDT, T.A., HORST, R.L., GOFF, J.P., 1988. Calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis in ruminants. Vet Clin North Am Food Anim Pract 4, 331-350.
- RENSING, L., 1973. Biologische Rhythmen und Regulation. Fischer, Stuttgart.
- RICHTER, A., 1928. Über die Tagesschwankungen des Blutzuckers beim Rinde. Biochem.Z. 194, 376-384.
- RICO, A.G., BRAUN, J.P., BENARD, P., THOUVENOT, J.P., 1977. Blood and tissue distribution of gamma glutamyl transferase in the cow. J Dairy Sci 60, 1283-1287.
- ROMER, H., WAGENSEIL, F., OESTERLE, P., ALBRECHT, E., UNGLAUB, W., 1992. Rindergesundheitsdienst und klinisch-chemische Befunde. Tierärztl. Umsch. 47, 416-427.
- ROSENBERGER, G., 1990. Die klinische Untersuchung des Rindes. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- ROSOL, T.J., CAPEN, C.C., 1997. Calcium-regulating hormones and diseases of abnormal mineral (Calcium, Phosphorus, Magnesium) metabolism. In: KANEKO, J. J., J. W. HARVEY, M. L. BRUSS (Hrsg.): Clinical biochemistry of domestic animals. Academic Press, San Diego u. a., pp. 619-702.
- ROSSOW, N., 1962. Ergebnisse mit der enzymatischen Blutzuckerbestimmung bei klinisch gesunden Rindern. Mh. Vet.-Med. 7, 348 - 51.
- ROSSOW, N., 1987. Stoffwechselüberwachung bei Haustieren Probleme, Hinweise und Referenzwerte. IAT, Eberswalde-Finow.
- ROSSOW, N., 2008. Beziehungen zwischen Milchfettdepression und subakuter Pansenazidose. <http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=132>.
- ROSSOW, N., STAUFENBIEL, R., 1983. Störungen des Lipidstoffwechsels bei der Milchkuh unter besonderer Berücksichtigung der Lipolyse. Mh Vet-Med. 38, 404-409.
- RUKKWAMSUK, T., KRUIP, T.A., WENSING, T., 1999. Relationship between overfeeding and overconditioning in the dry period and the problems of high producing dairy cows during the postparturient period. Vet Q 21, 71-77.

SACHS, J., 1857. Über das Bewegungsorgan und die periodischen Bewegungen der Blätter von Phaseolus und Oxalis. *Botanische Zeitung* 15, 814.

SATO, H., MATSUMOTO, M., HANASAKA, S., 1999. Relations between plasma acetate, 3-hydroxybutyrate, FFA, glucose levels and energy nutrition in lactating dairy cows. *J Vet Med Sci* 61, 447-451.

SATTLER, T., FÜRLI, M., 2004. Creatine kinase and aspartate aminotransferase in cows as indicators for endometritis. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med* 51, 132-137.

SCHEUNERT, A., TRAUTMANN, A.H., 1987. *Lehrbuch der Veterinärphysiologie*. Paul Parey, Berlin und Hamburg.

SCHILLINGER, D., 1980. Prüfung eines neuen Miniphotometers (COMPUR M 1001) für die quantitative Bestimmung von Gesamt-Bilirubin, Glukose, Gesamt-Cholesterin und Gesamt-Eiweiß im Plasma bzw. Serum des Rindes. *Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr.* 93, 104-108.

SCHMIDL, M., FORSTNER, V., 1985. *Veterinärmedizinische Laboruntersuchungen für die Diagnose und Verlaufskontrolle*. Boehringer, Mannheim.

SCHOLZ, H., 1980. Untersuchungen über Auswirkungen eines subklinischen Magnesiummangels auf Nährstoffversorgung und -verfügbarkeit beim Wiederkäuer. *Habil.-Schr. Tierärztl. Hochsch. Hannover, Hannover*.

SCHOLZ, H., 1991. Supervision of the metabolic status of dairy cows by testing blood and milk. *Der Praktische Tierarzt* 0032-681X, 32 -35.

SCHREIBER, R., 1980. Probleme der Mineralstoffversorgung und des Mineralstoffhaushaltes der landwirtschaftlichen Nutztiere. *Tierärztl. Umschau* 35(12), 856-862.

SCHRÖDER, U.J., STAUFENBIEL, R., 2006. Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *J Dairy Sci* 89, 1-14.

SCHWARZMAIER, A., 1984. Untersuchungen über Beziehungen Blutparametern, Milchhaltsstoffen sowie der Gesundheit und Fruchtbarkeit von Milchrindern. *Diss. Vetmed FU Berlin, Berlin*.

SCHWENDENWEIN, I., 1995. *Selektive Labordiagnostik nichtinfektiöser Erkrankungen Hund - Katze - Pferd ; 14 Tabellen*. G. Fischer, Jena ; Stuttgart.

SETZ, A.M., 2000. Lipoprotein-Konzentrationen im Blutserum gesunder und kranker Kühe und Kälber. *Diss. Vetmed. Univ. Leipzig, Leipzig*.

SHAFFER, L., ROUSSEL, J.D., KOONCE, K.L., 1981. Effects of age, temperature-season, and breed on blood characteristics of dairy cattle. *J Dairy Sci* 64, 62-70.

SILBERNAGEL, S., DESPOPOULOS, A., 1991. *Taschenatlas der Physiologie*. Thieme u.a., Stuttgart u.a..

SIMMONS, K.R., DRACY, A.E., ESSLER, W.O., 1965. Diurnal temperature patterns in unrestrained cows. *J Dairy Sci* 48, 1490-1493.

SINGER, U., 1985. Biologische Rhythmen beim Hund Diss. Vetmed. Univ. München.

SIROTA, J.H., BALDWIN, D.S., VILLARREAL, H., 1950. Diurnal variations of renal function in man. *J Clin Invest* 29, 187-192.

SLOAN, D.R., ROLAND, D.A., Sr., HARMS, R.H., 1974. Circadian rhythms of serum calcium in hens and the relationship of serum calcium to shell quality. *Poult Sci* 53, 2003-2009.

SNOW, D.H., KERR, M.G., NIMMO, M.A., ABBOTT, E.M., 1982. Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse. *Vet Rec* 110, 377-384.

SOMMER, H., 1969. Überwachung der Gesundheit des Rindes mit Hilfe klinisch-chemischer Untersuchungsmethoden. *Arch. exper. Vet. Med.* 24(3), 735-776.

SOMMER, H., 1970a. Bestimmung, physiologischer Bereich und Beurteilung des Blutserum-Gesamt-Cholesterins beim Rind. *Prakt. Tierarzt* 51(12), 43-44.

SOMMER, H. 1970b Bestimmung, physiologischer Bereich und Beurteilung des Blutzuckers beim Rind. *Prakt. Tierarzt.* 51(12), 179 - 180.

SOMMER, H., 1970c. Zur Überwachung der Gesundheit des Rindes mit Hilfe klinisch-chemischer Untersuchungsmethoden. *Arch. Exp. Veterinärmed.* 24, 735-776.

SPIEKER, R., 1989. Der Einfluss der Tageszeit auf die renale Ausscheidung einiger Mineralstoffe bei Rindern . *Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr.* 102, 52-56.

STAMM, D., 1966. Tagesschwankungen der Konzentrationen diagnostisch wichtiger Blutbestandteile, *Habil.-Schr., Univ. Gießen.*

STAMPFLI, G., ANETZHOFER, J., STIRNIMANN, J., 1980a. Der Einfluss der Tageszeit auf hämatologische und klinisch-chemische Parameter bei der Milchkuh, *Schweiz Arch Tierheilkd* 122, 327-340.

STAMPFLI, G., BUHLER, J.L., TSCHUDI, P., 1980b. Hämatologische und klinisch-chemische Blutwerte bei Aufzuchtrindern, *Schweiz Arch Tierheilkd* 122, 363-374.

STANTON, B.A., KOEPPEN, B.M., 1998. The kidney. In: BERNE, R.M., LEVY, M.N.H. (Eds.), *Physiology.* Mosby-Verlag.

STAUFENBIEL, R., 1999. Stoffwechselüberwachung der Milchkuhherde als Mittel zur Stabilisierung von Leistung und Gesundheit. *Dr. Pieper Tagungsbericht 1999 über das 3. Symposium zu den Fragen der Fütterung und des Managements von Hochleistungskühen, Neuruppin.*

STAUFENBIEL, R., 2011. Persönliche Mitteilung.

STAUFENBIEL, R., GELFERT, C.C., 2001. Erste Ergebnisse der Stoffwechselüberwachung von deutschen Hochleistungsherden aus Sicht zweier Forschungsaufenthalte in den USA und Kanada. Internationales Symposium Fütterung der Hochleistungskuh, 10.01.2001, Neuruppin.

STAUFENBIEL, R., RISCHK, U., SCHUMACHER, B., BECKER, W., 1992. Beurteilung der Insulin- und Glucoseregulation bei der Milchkuh mittels Tagesprofilen, dem einfachen und modifizierten Glucosetoleranztest. Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 99, 69-75.

STEVENS, J.B., OLSON, W.G., 1984. Free fatty acid-induced hypocalcemia in food-deprived dairy cattle. Am J Vet Res 45, 2448-2450.

STULL, C.L., RODIEK, A.V., 1988. Responses of blood glucose, insulin and cortisol concentrations to common equine diets. J Nutr 118, 206-213.

SZASZ, G., 1974. The effect of temperature on enzyme activity and on the affinity of enzymes to their substrates. Z Klin Chem Klin Biochem 12, 166-170.

TAKAHASHI, J.S., ZATZ, M., 1982. Regulation of circadian rhythmicity. Science 217, 1104-1111.

TILGER, M., 2005. Biologische Rhythmen bei Nutztieren. Diss. Vetmed. Univ. München, München.

TOLLERSRUD, S., GEDDE-DAHL, T.W., 1971. Diurnal and seasonal variations of serum enzyme activity in cattle and sheep. Acta Vet Scand 12, 393-401.

TOMAS, F.M., POTTER, B.J., 1976. The site of magnesium absorption from the ruminant stomach. Br J Nutr 36, 37-45.

TRAIKTINGER, J., 1993. Chronobiologie in Hämatologie und klinischer Chemie beim Rind zur klinischen Relevanz und zur Ursachenfindung von Tagesschwankungen bei Blutparametern der Milchkuh. Diss. Vetmed Univ. Wien, Wien.

TUMBLESON, M.E., BURKS, M.F., WINGFIELD, W.E., 1973. Serum protein concentrations, as a function of age, in female dairy cattle. Aging and serum proteins. Cornell Vet 63, 65-71.

TUMBLESON, M.E., HUTCHESON, D.P., PFANDER, W.H., 1971. Age related serum cholesterol, glucose, and total bilirubin concentrations of female dairy cattle. Proc Soc Exp Biol Med 138, 1083-1085.

TUREK, F.W., 1994. Circadian rhythms. Recent Prog Horm Res 49, 43-90.

TVEIT, B., LINGAAS, F., SVENDSEN, M., SJAASTAD, O.V., 1992. Etiology of acetonemia in Norwegian cattle. 1. Effect of ketogenic silage, season, energy level, and genetic factors. J Dairy Sci 75, 2421-2432.

UHLIG, A., SCHAFER, M., JOHANNSEN, U., 1988. Untersuchungen zur Leberfunktion der Milchkühe im peripartalen Zeitraum. 2. Mitteilung: Verhalten labordiagnostischer Kennwerte mit Beziehung zur Leberfunktion. Arch Exp Veterinarmed 42, 108-117.

- UNDERWOOD, H., 1977. Circadian organization in lizards: the role of the pineal organ. *Science* 195, 587-589.
- UNSHELM, J., 1969. Individuelle, tages- und tageszeitabhängige Schwankungen von Blutbestandteilen beim Rind. 6. Das Verhalten der Gesamteiweisskonzentration und ihrer Komponenten. *Zentralbl. Veterinarmed. A* 16, 808-819.
- UNSHELM, J., HAGEMEISTER, H., 1971. Individual, diurnal and time-of-day variations in the blood constituents of cattle. *J Interdiscipl Cycle Res* 2(3), 283-289.
- UNSHELM, J., RAPPEN, W.H., 1968. Individuelle, tages- und tageszeitabhängige Schwankungen von Blutbestandteilen beim Rind. I. Das Verhalten der Mineralstoffe Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium und anorganischer Phosphor. *Zentralbl. Veterinarmed. A* 15, 418-437.
- WAGNER, E., 2000. Chronobiologie. In: Sauermost, R., Freudig, D. (Eds.), In: *Lexikon der Biologie in fünfzehn Bänden*. Spektrum, Akad. Verl., Heidelberg, pp. 465-472.
- WANG, C., BEEDE, D.K., 1992. Effects of ammonium chloride and sulfate on acid-base status and calcium metabolism of dry Jersey cows. *J Dairy Sci* 75, 820-828.
- WESTENHOFF, R.A., 2000. Zum Einsatz (Akzeptanz, Wirkung auf den Mineralstoffwechsel und Säuren-Basen-Haushalt) von gecoatetem Calciumchlorid beim Wiederkäuer. Diss. Vetmed. Tierärztl. Hochschule Hannover, Hannover.
- WIESNER, E., 1978. Wörterbuch der Veterinärmedizin. Fischer, Jena u.a.
- WISSER, H., BREUER, H., 1981. Circadian Changes of Clinical Chemical and Endocrinological Parameters. *J Clin Chem Clin Bio* 19, 323-337.
- WOLLNIK, F., SCHMIDT, B., 1995. Seasonal and daily rhythms of body temperature in the European hamster (*Cricetus cricetus*) under semi-natural conditions. *J Comp Physiol B* 165, 171-182.
- WYLIE, A.R., WOODS, S., CARSON, A.F., McCOY, M., 2008. Periprandial changes in metabolite and metabolic hormone concentrations in high-genetic-merit dairy heifers and their relationship to energy balance in early lactation. *J Dairy Sci* 91, 577-586.
- ZIERLER, K.L., 1956. Movement of aldolase from excised rat diaphragm. *Am J Physiol* 185, 1-11.
- ZINN, J.G., 1759. Von dem Schläfe der Pflanzen. *Hamburgisches Magazin* 22, 49-50.

10. Anhang A

Verlaufsdigramme

Totalprotein

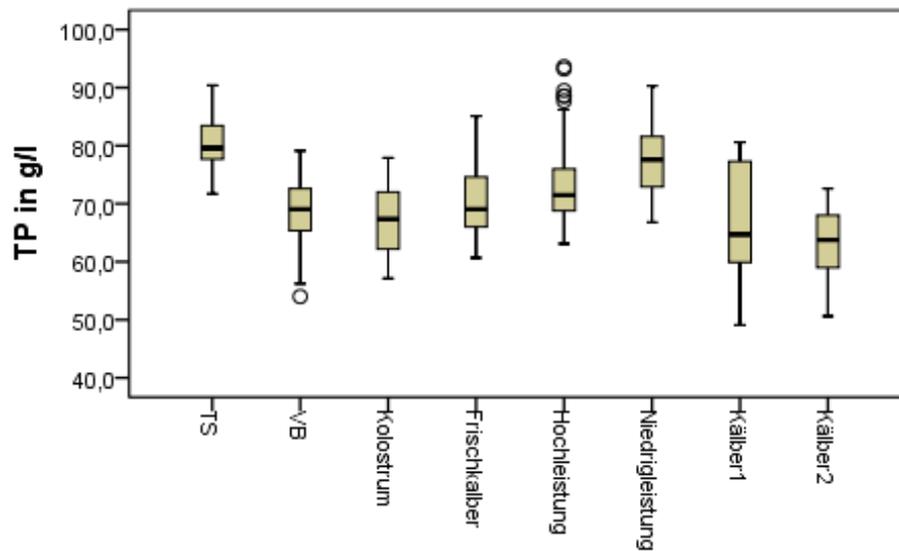


Abbildung 32: Boxplotdarstellung der gemessenen TP-Konzentration in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

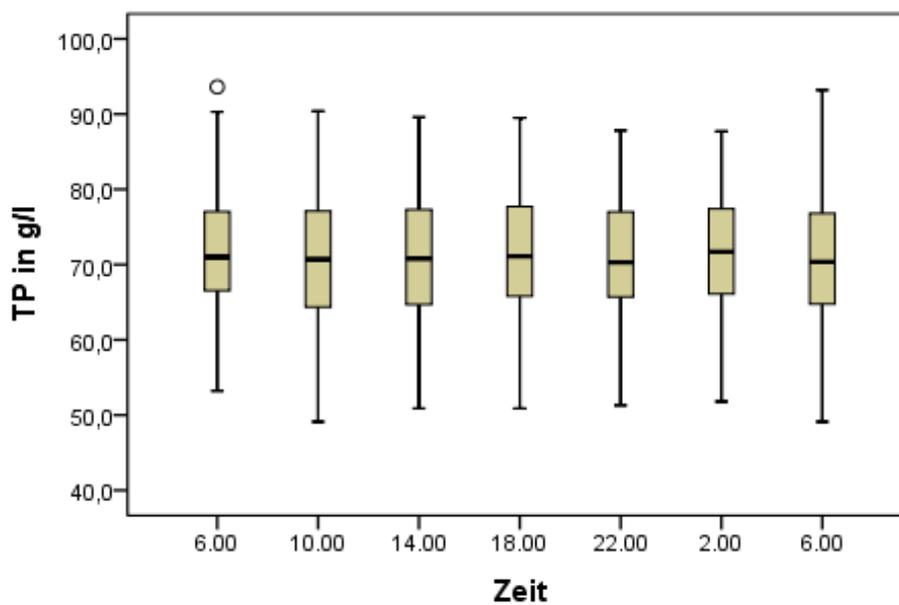


Abbildung 33: Boxplotdarstellung des TP-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Albumin

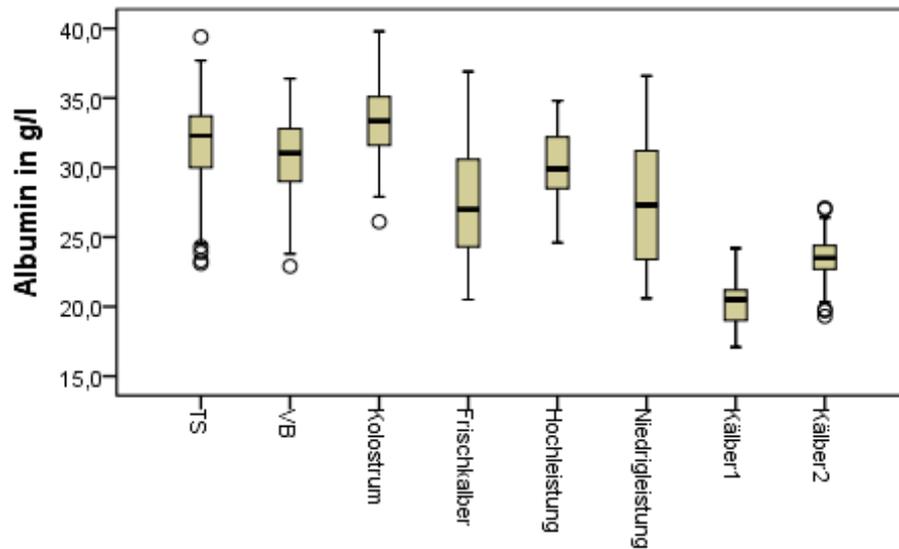


Abbildung 34: Boxplotdarstellung der gemessenen Alb-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

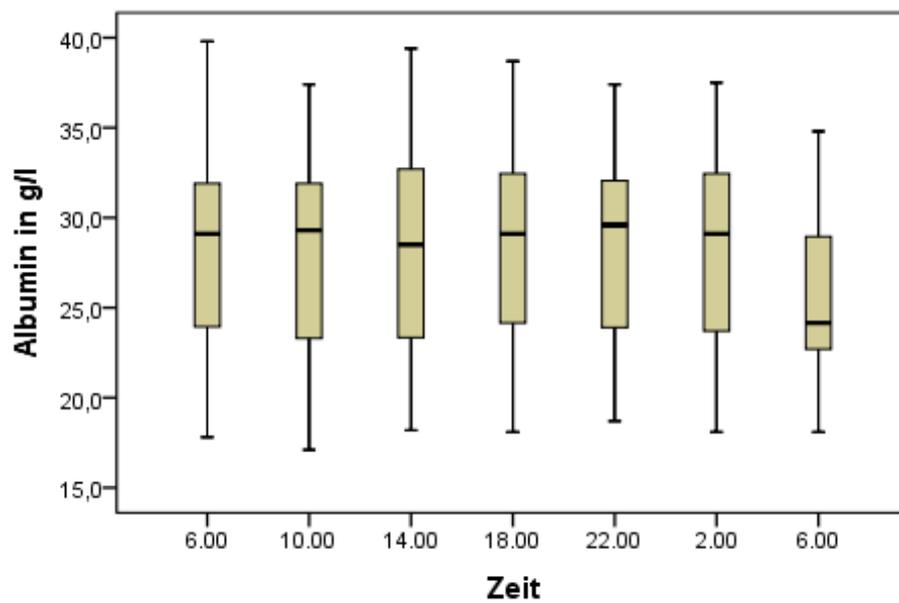


Abbildung 35: Boxplotdarstellung des Alb-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Harnstoff

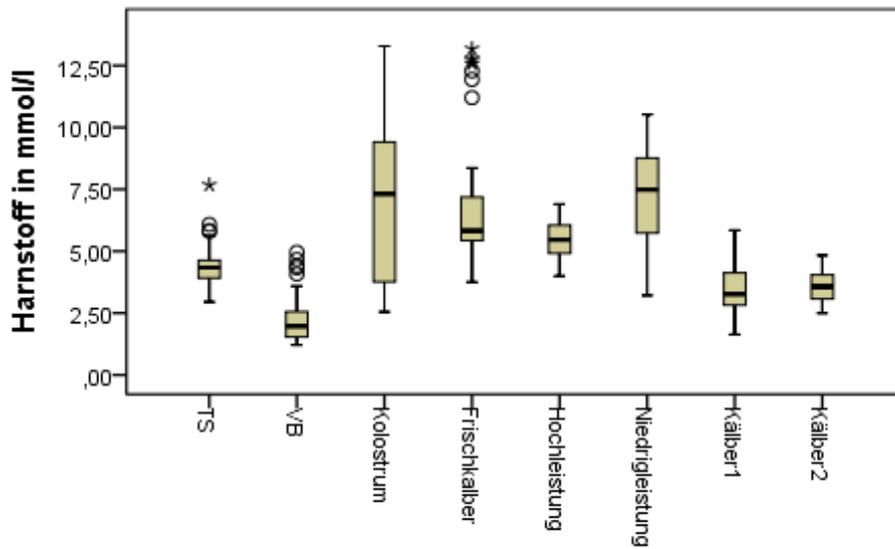


Abbildung 36: Boxplotdarstellung der gemessenen Harnstoff-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

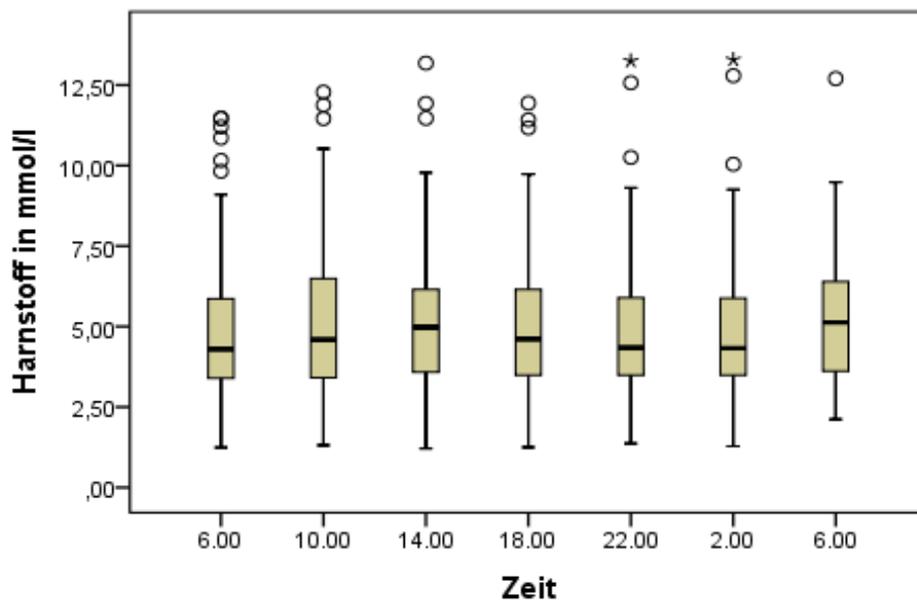


Abbildung 37: Boxplotdarstellung des Harnstoff-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Cholesterol

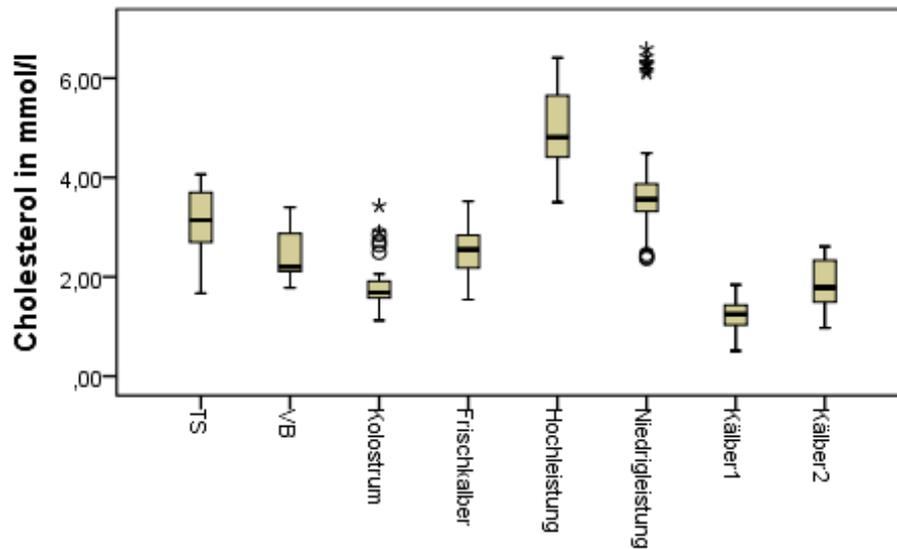


Abbildung 38: Boxplotdarstellung der gemessenen Cholesterol-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

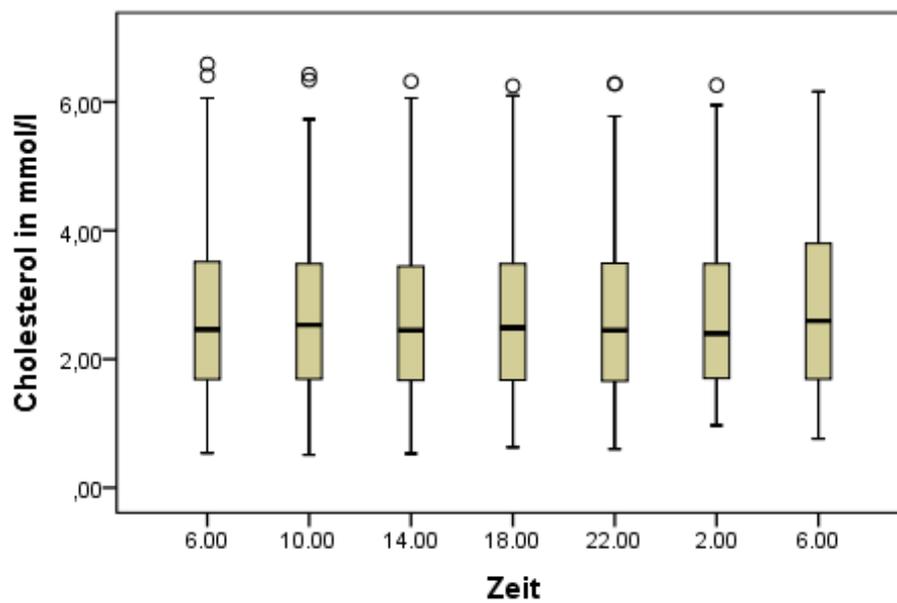


Abbildung 39: Boxplotdarstellung des Chol-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Bilirubin

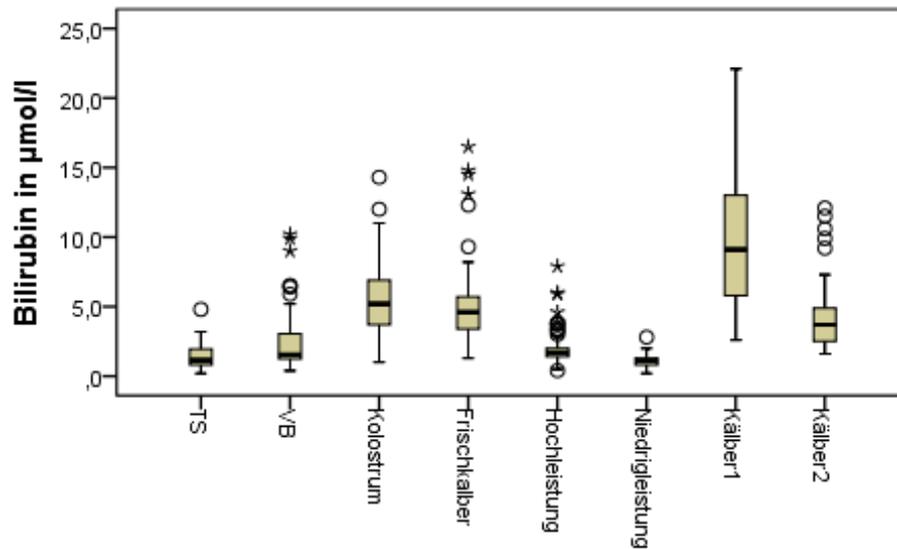


Abbildung 40: Boxplotdarstellung der gemessenen Bilirubin-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

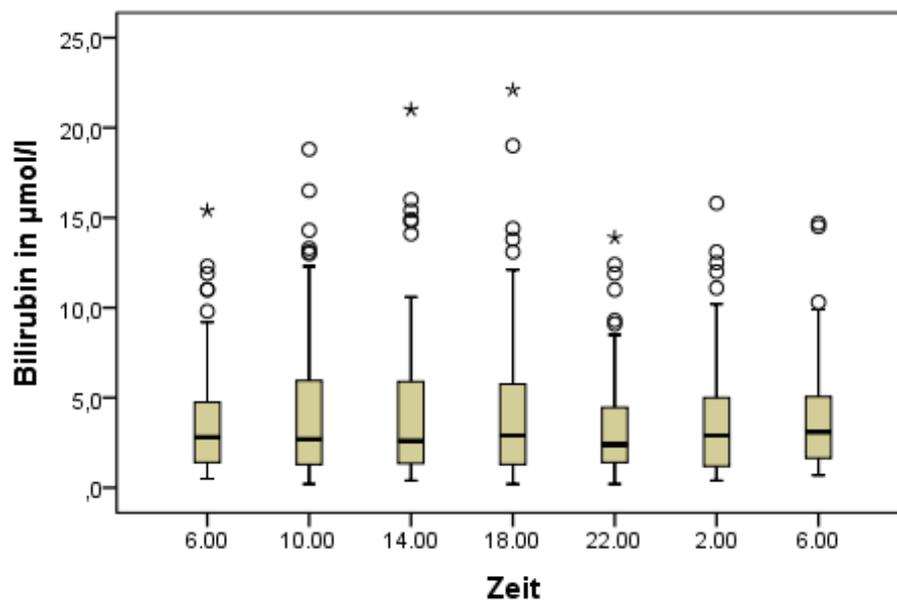


Abbildung 41: Boxplotdarstellung des Bilirubin-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Glukose

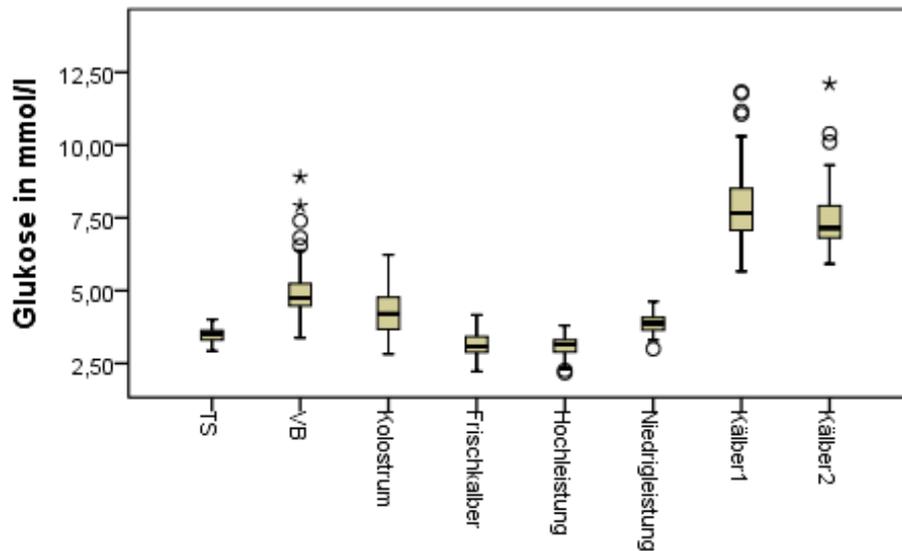


Abbildung 42: Boxplotdarstellung der gemessenen Glukose-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

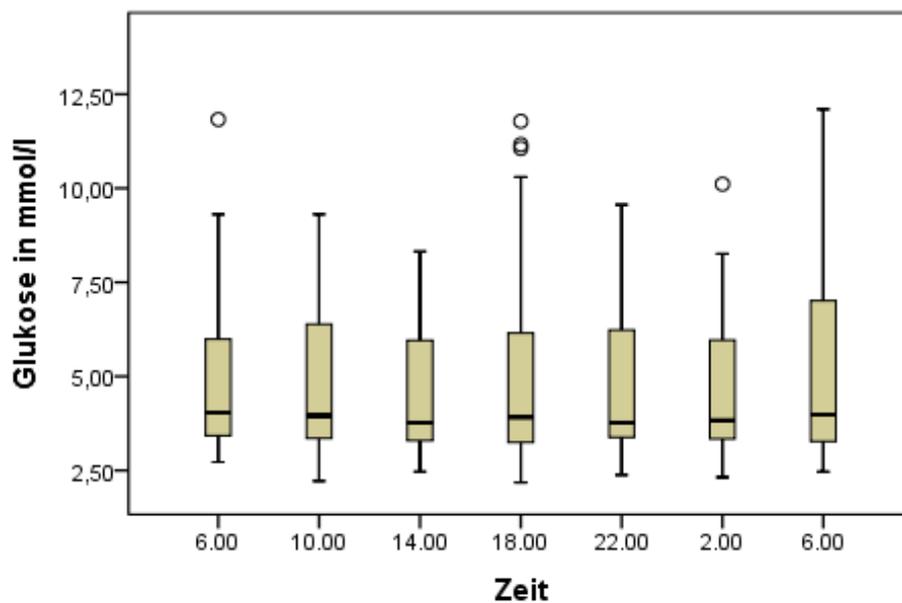


Abbildung 43: Boxplotdarstellung des Glukose-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Freie Fettsäuren

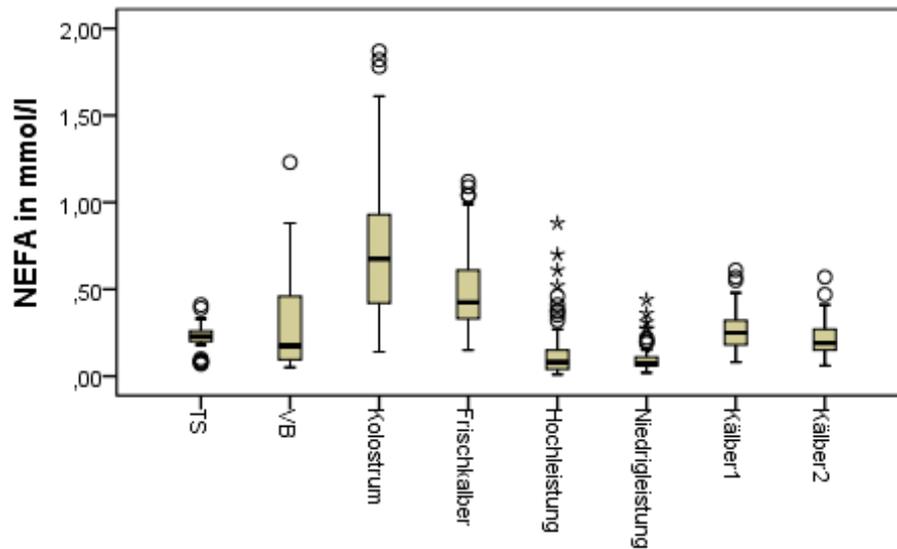


Abbildung 44: Boxplotdarstellung der gemessenen NEFA-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

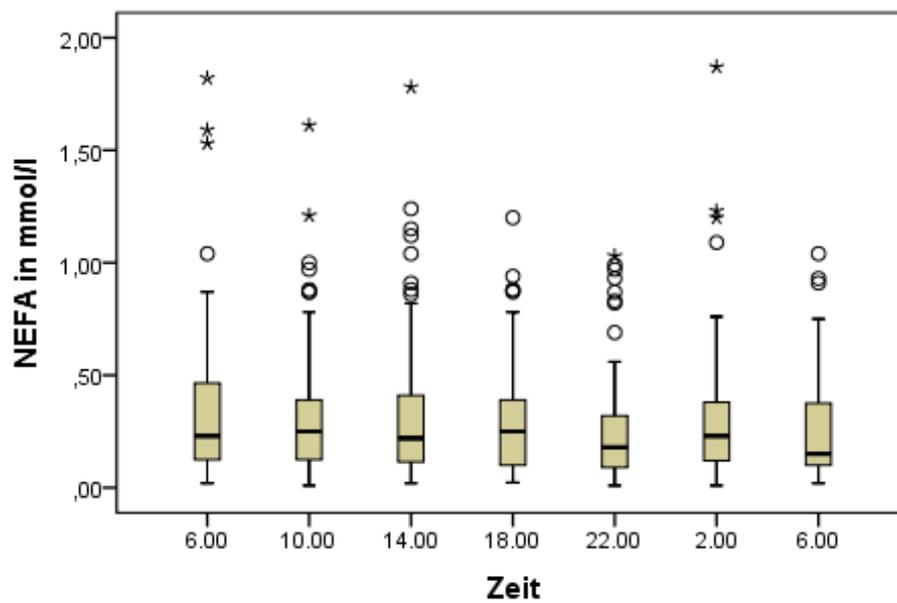


Abbildung 45: Boxplotdarstellung des NEFA-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

β -Hydroxybutyrat

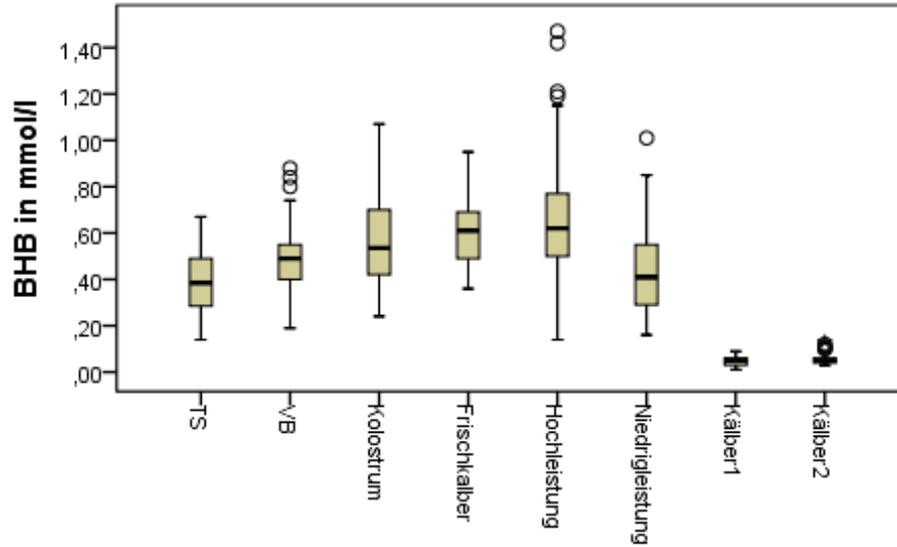


Abbildung 46: Boxplotdarstellung der gemessenen BHB-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

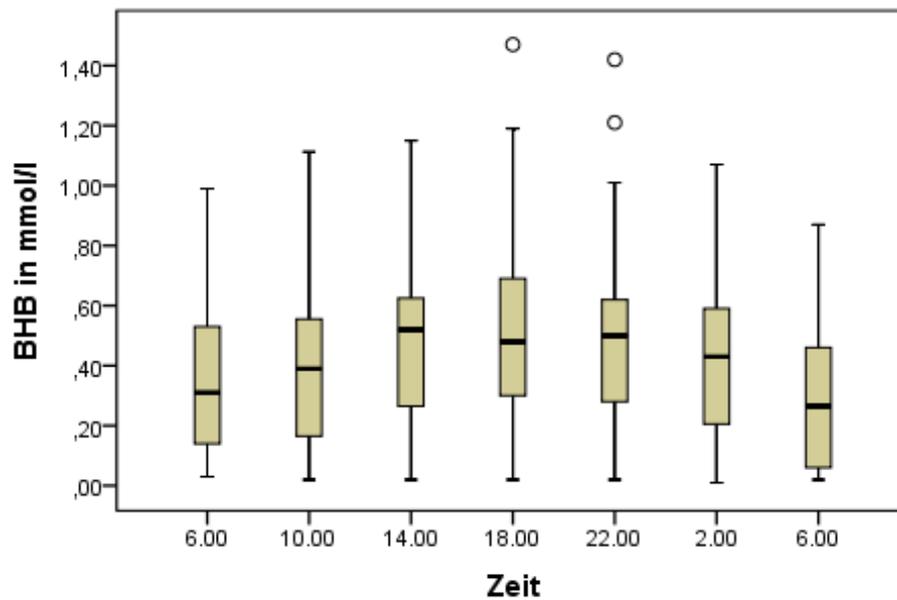


Abbildung 47: Boxplotdarstellung des BHB -Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Kreatinin

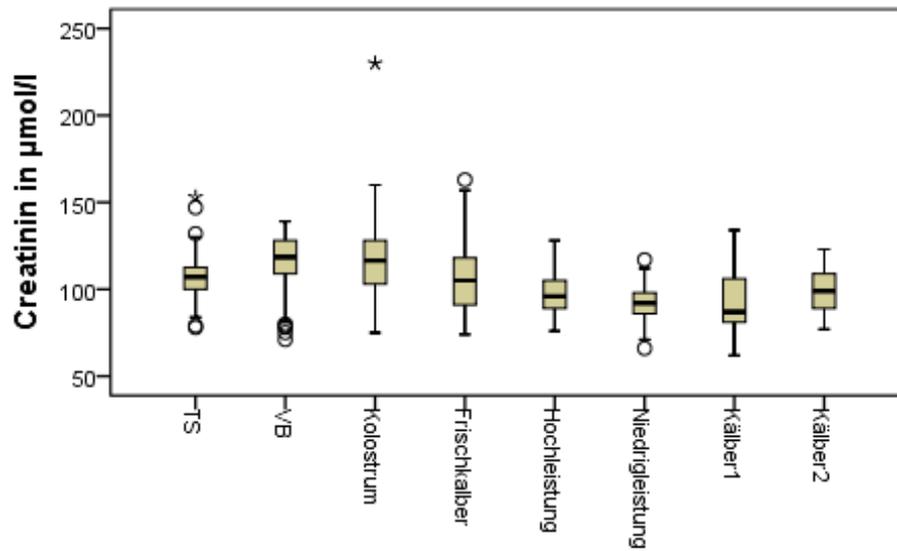


Abbildung 48: Boxplotdarstellung der gemessenen Kreatinin-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

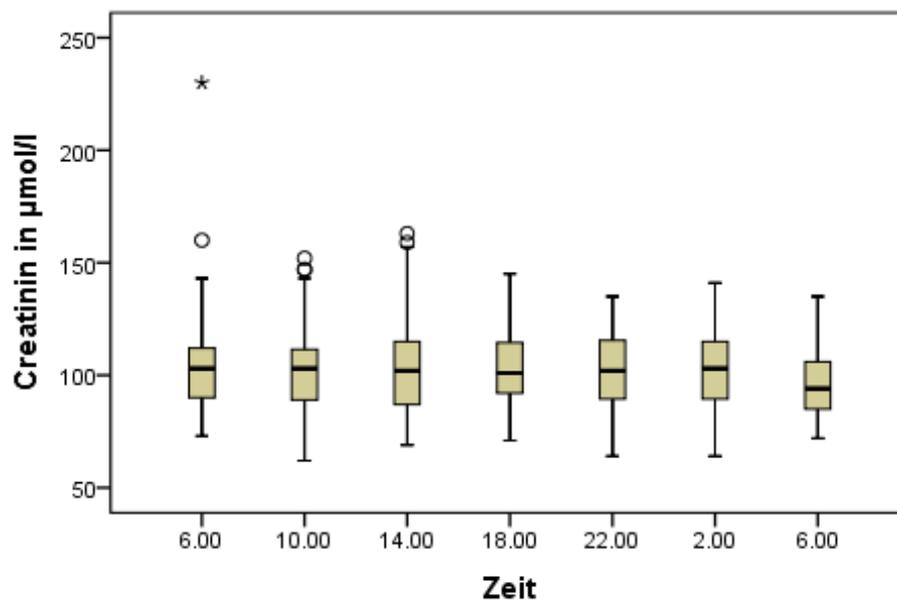


Abbildung 49: Boxplotdarstellung des Kreatinin-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Aspartat-Aminotransferase

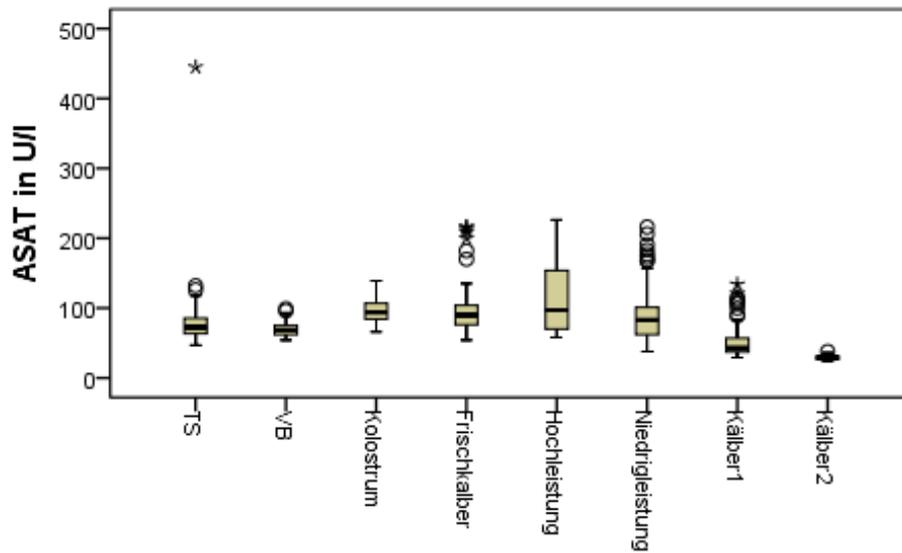


Abbildung 50: Boxplotdarstellung der gemessenen ASAT-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

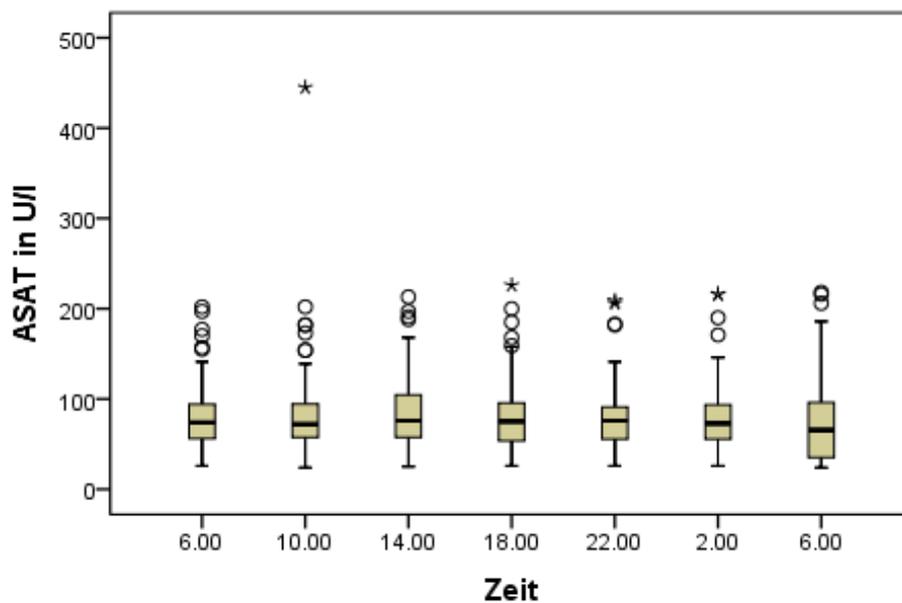


Abbildung 51: Boxplotdarstellung des ASAT-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Kreatinkinase

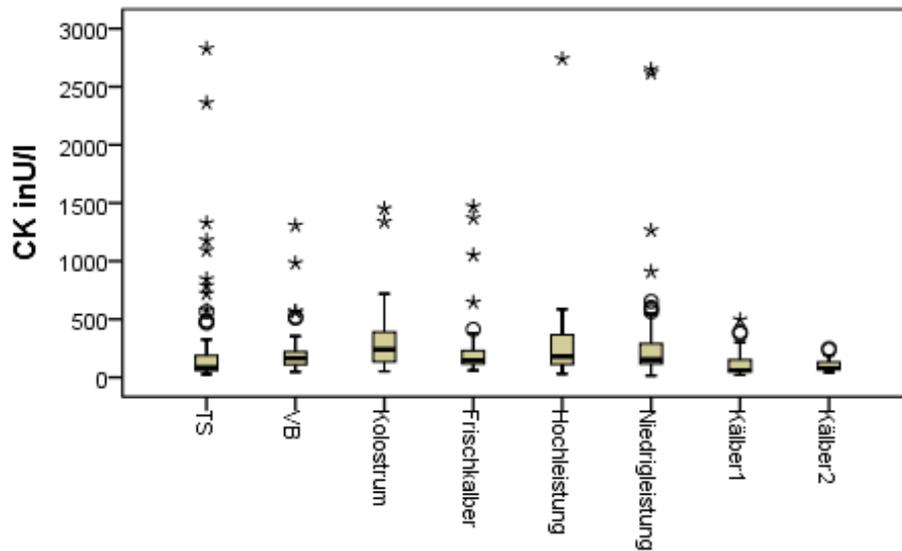


Abbildung 52: Boxplotdarstellung der gemessenen CK-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

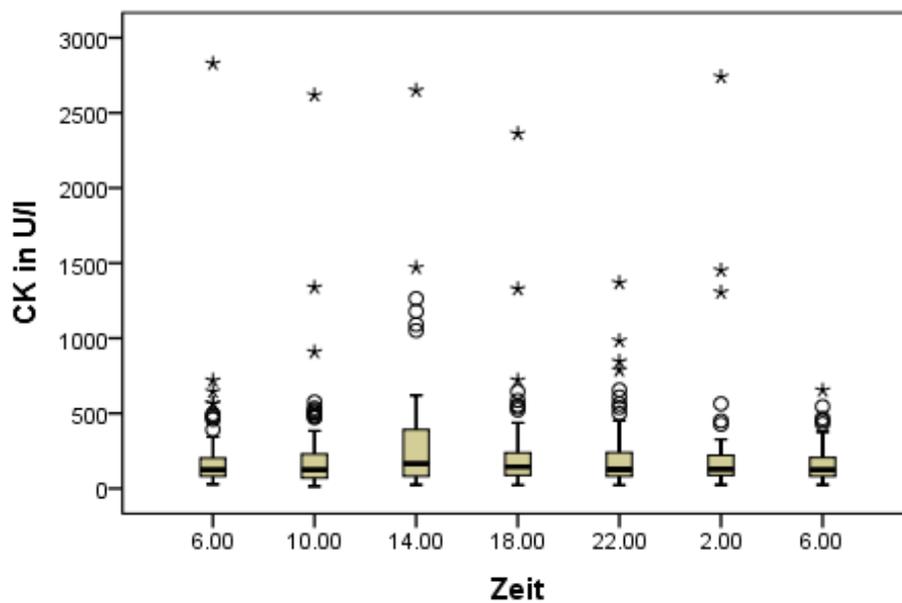


Abbildung 53: Boxplotdarstellung des CK-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Gamma-Glutamyl-Transferase

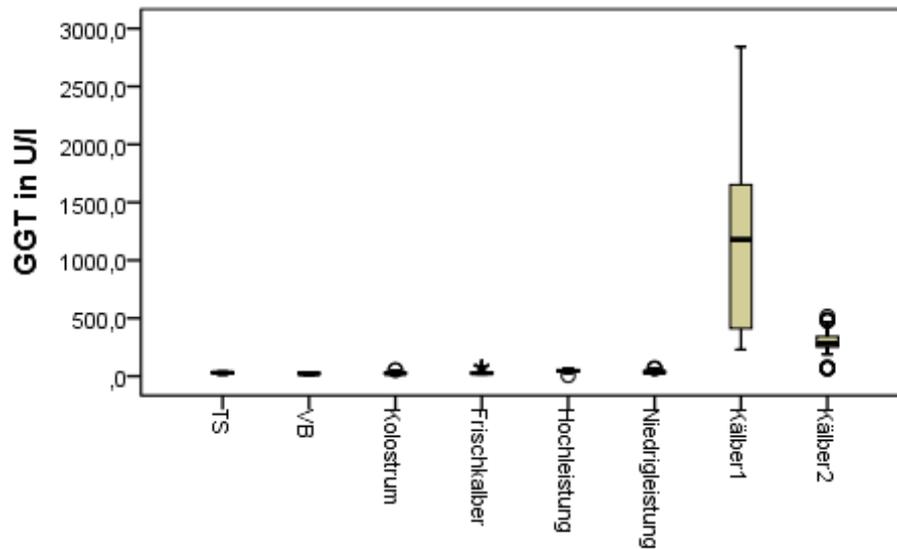


Abbildung 54: Boxplotdarstellung der gemessenen GGT-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

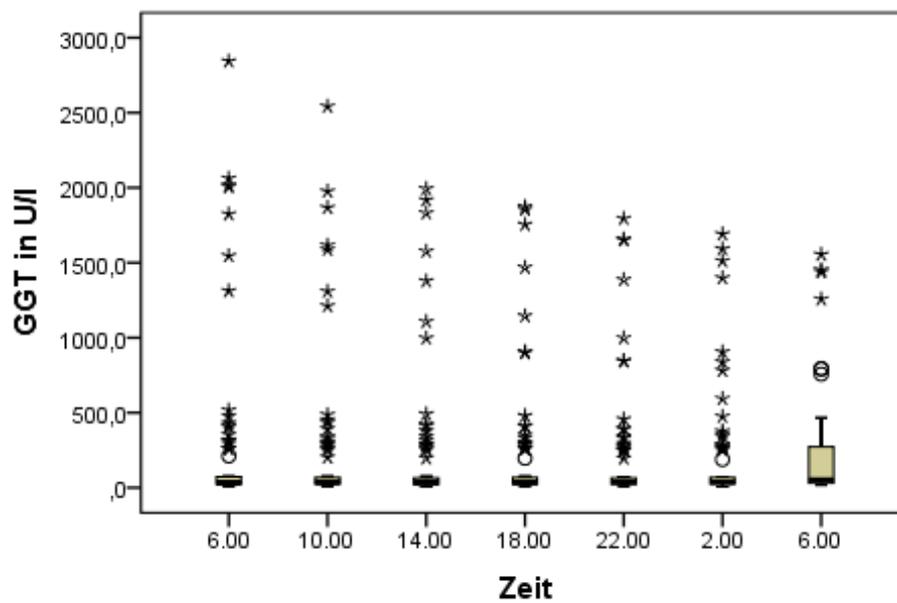


Abbildung 55: Boxplotdarstellung des GGT-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Glutamat-Dehydrogenase

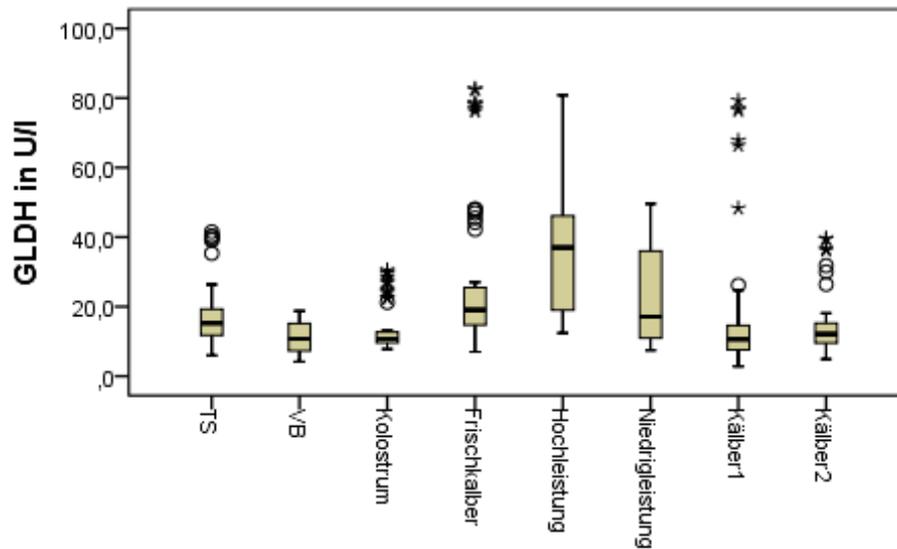


Abbildung 56: Boxplotdarstellung der gemessenen GLDH-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

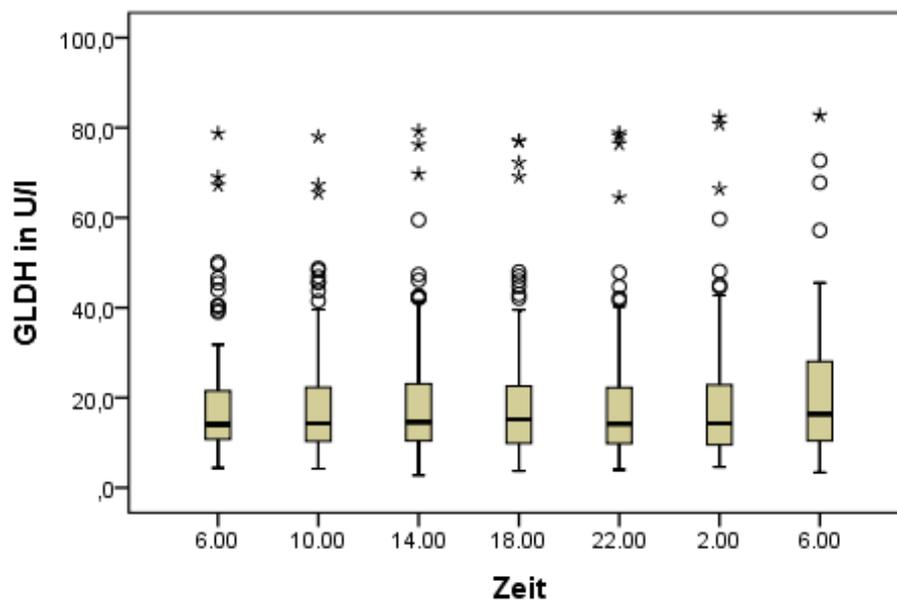


Abbildung 57: Boxplotdarstellung des GLDH-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Kalzium

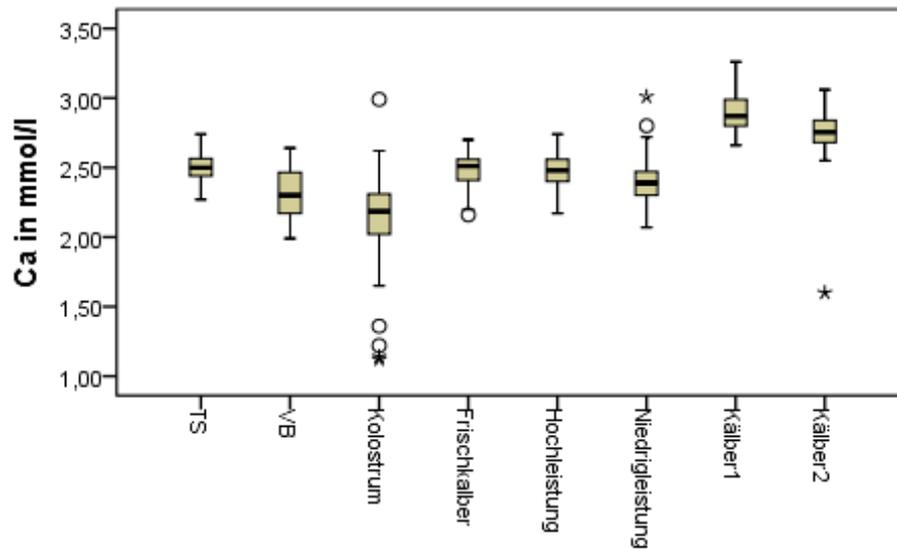


Abbildung 58: Boxplotdarstellung der gemessenen Serumkalzium-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

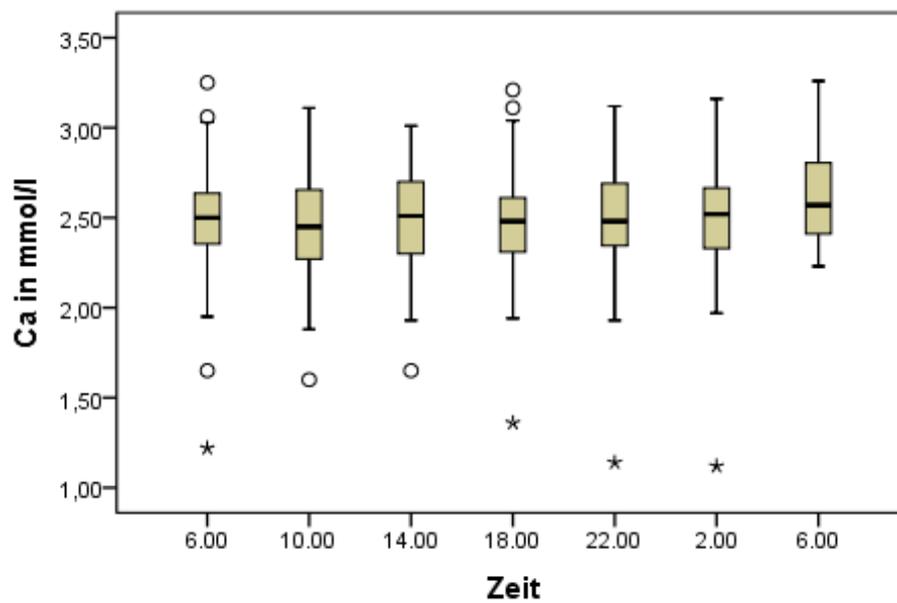


Abbildung 59: Boxplotdarstellung des Serumkalzium-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

anorganisches Phosphat

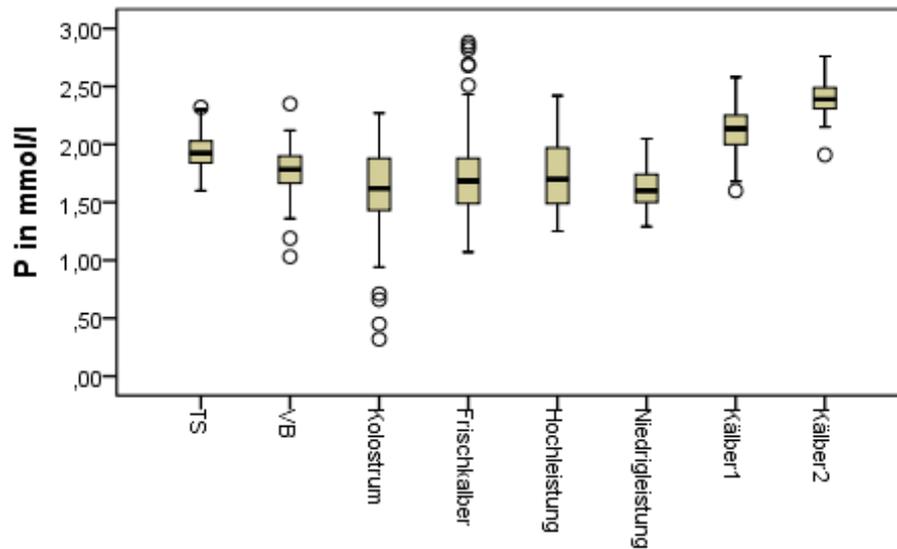


Abbildung 60: Boxplotdarstellung der gemessenen Serumphosphat-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

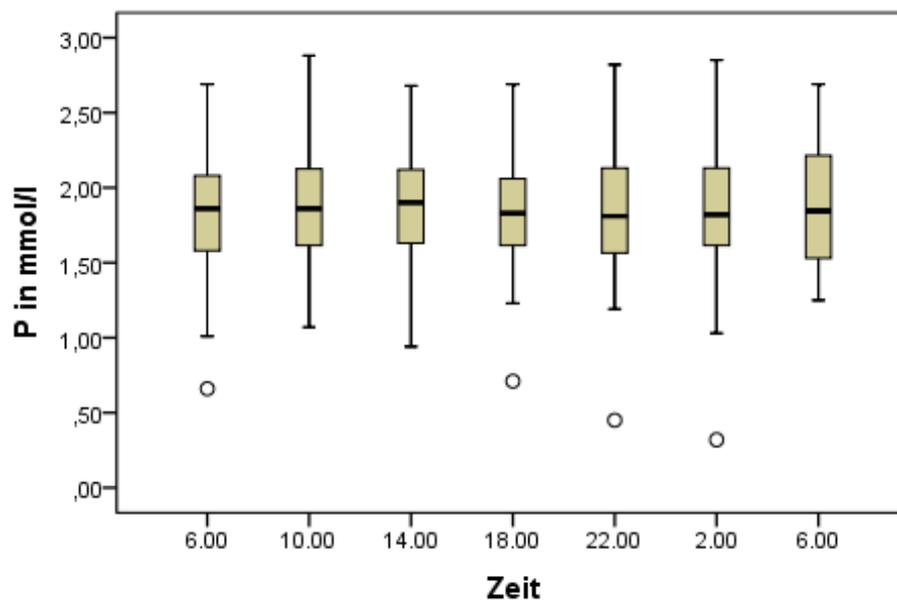


Abbildung 61: Boxplotdarstellung des Serumphosphat-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Chlorid

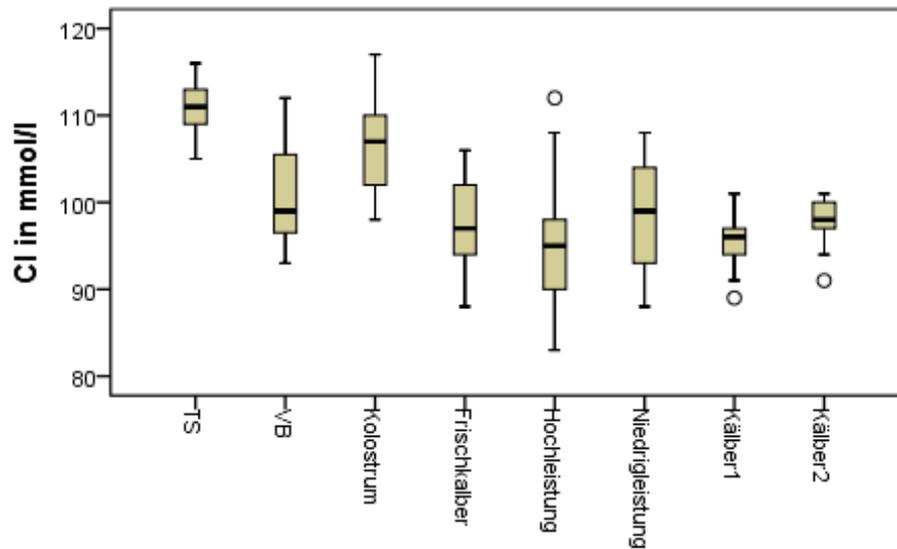


Abbildung 62: Boxplotdarstellung der gemessenen Serumchlorid-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

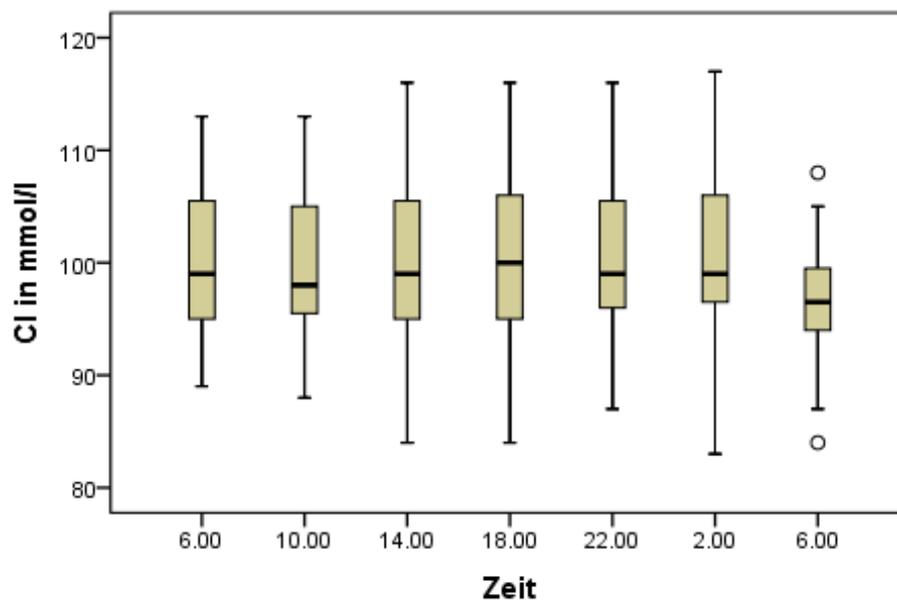


Abbildung 63: Boxplotdarstellung des Serumchlorid-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Kalium

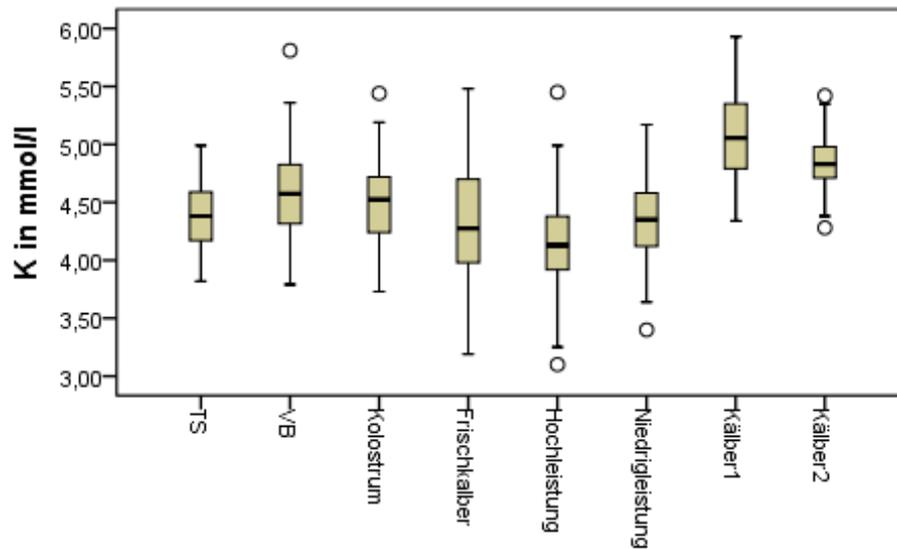


Abbildung 64: Boxplotdarstellung der gemessenen Serumkalium-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

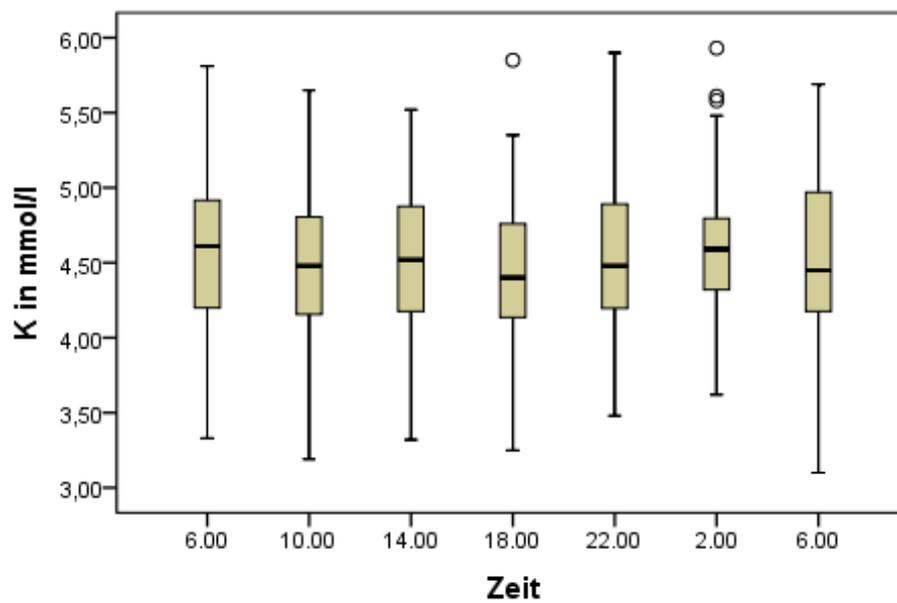


Abbildung 65: Boxplotdarstellung des Serumkalium-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Natrium

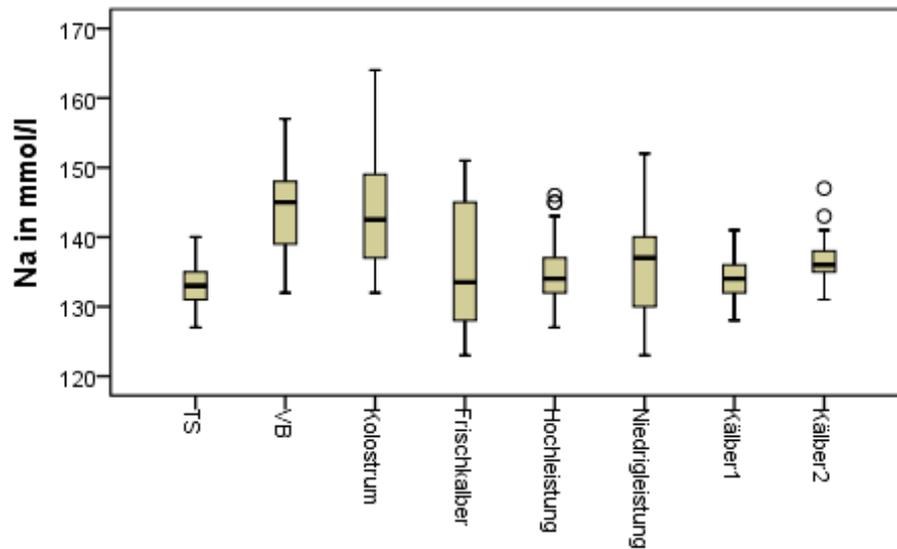


Abbildung 66: Boxplotdarstellung der gemessenen Serumnatrium-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

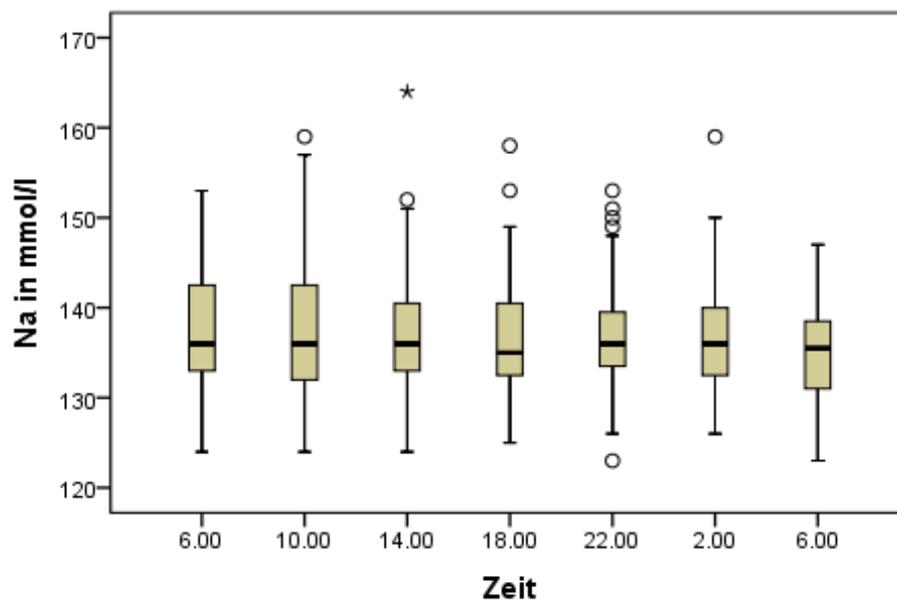


Abbildung 67: Boxplotdarstellung des Serumnatrium-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Magnesium

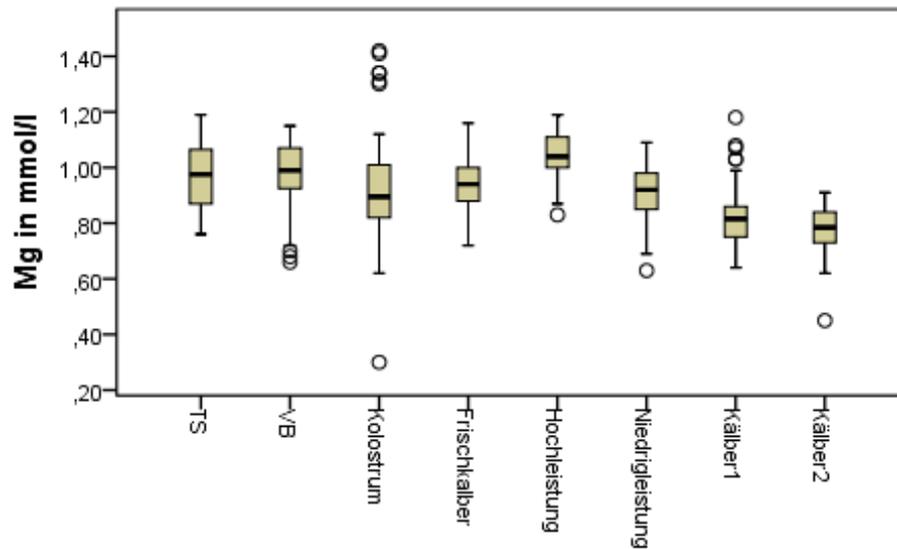


Abbildung 68: Boxplotdarstellung der gemessenen Serummagnesium-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

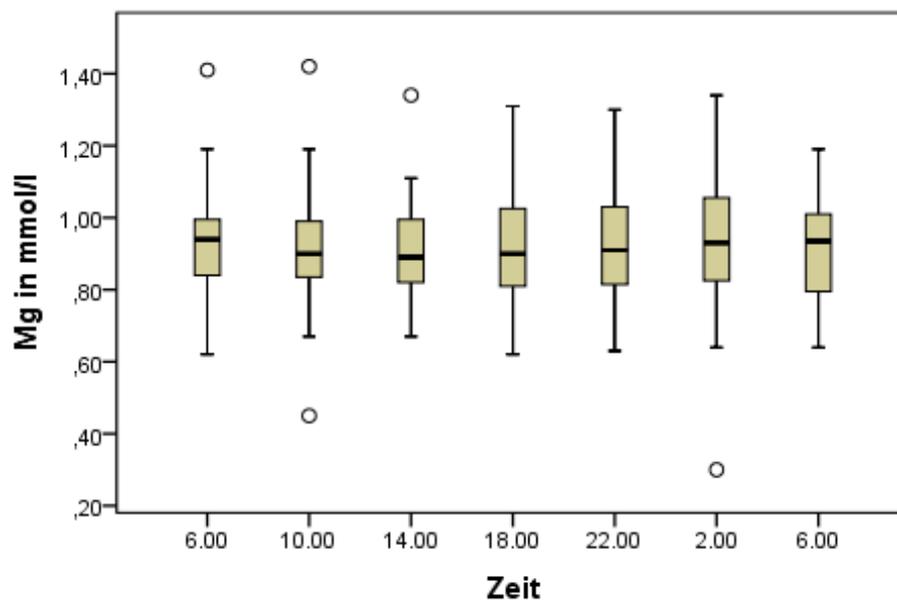


Abbildung 69: Boxplotdarstellung des Serummagnesium-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Kreatinin/Harn

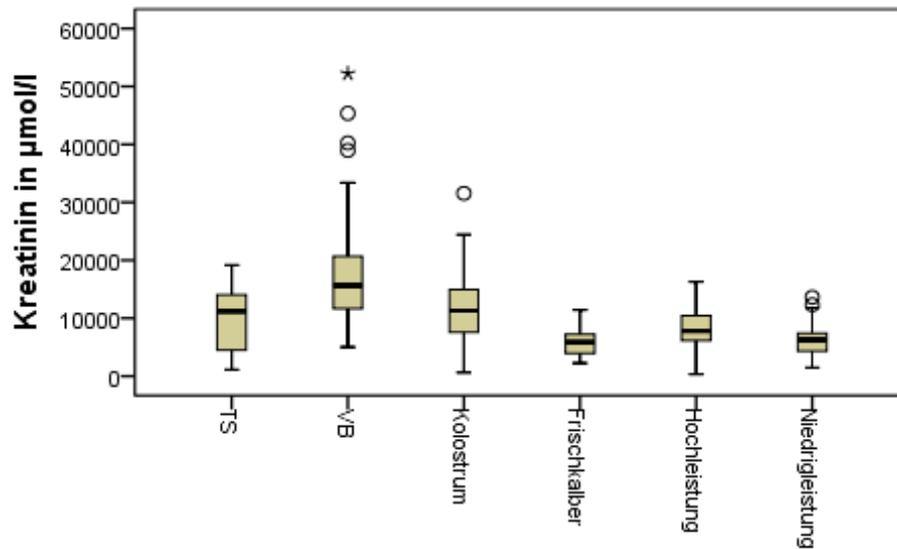


Abbildung 70: Boxplotdarstellung der gemessenen Harnkreatinin-Konzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

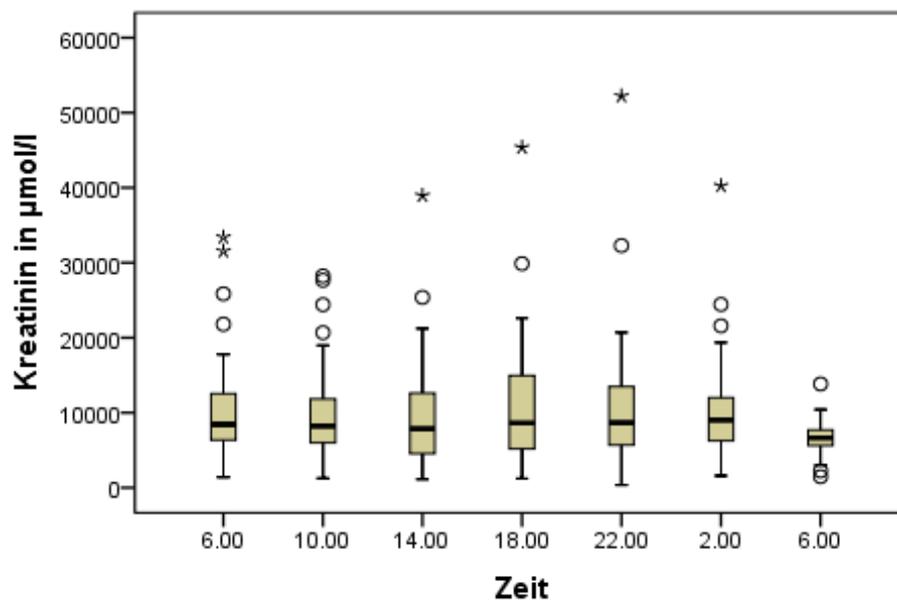


Abbildung 71: Boxplotdarstellung der Kreatininausscheidung im Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

pH/Harn

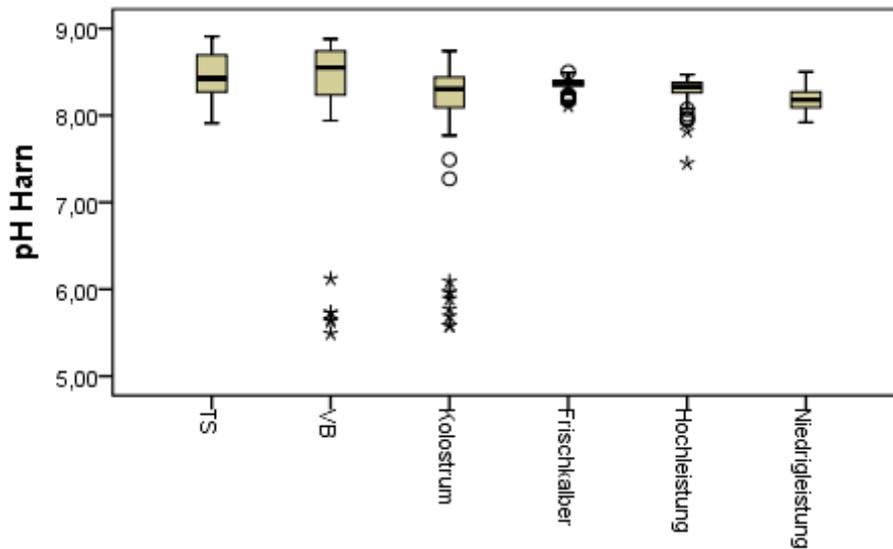


Abbildung 72: Boxplotdarstellung der gemessenen pH-Konzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

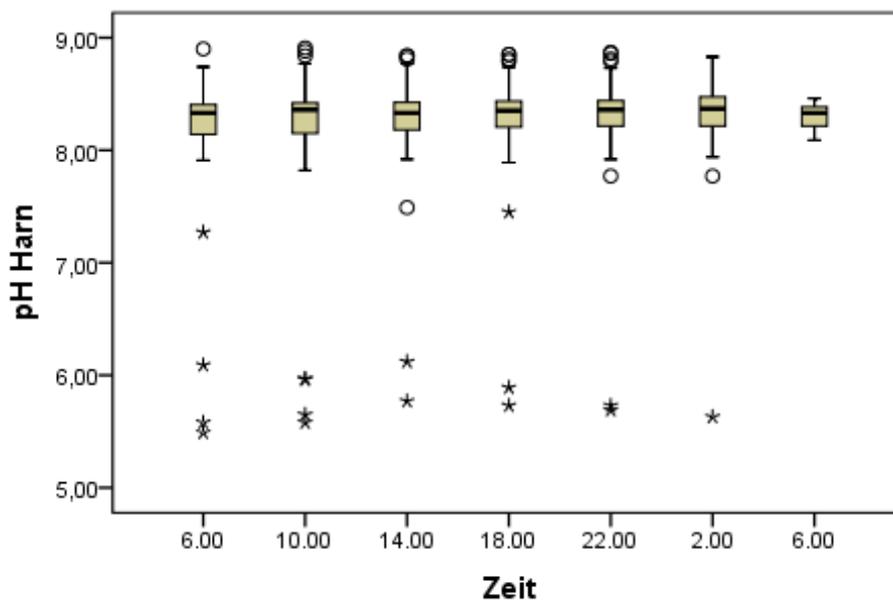


Abbildung 73: Boxplotdarstellung des Harn-pH-Wert im Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Basen/Harn

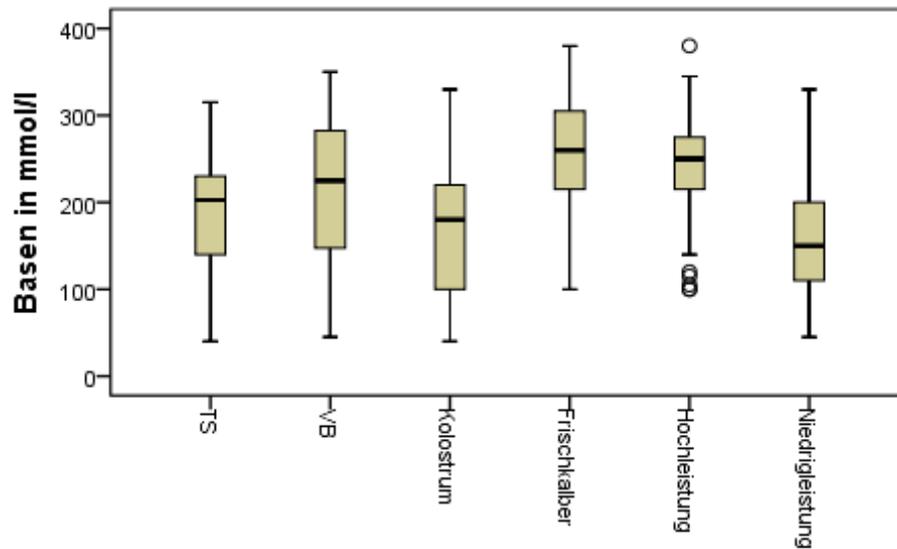


Abbildung 74: Boxplotdarstellung der gemessenen Basenkonzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

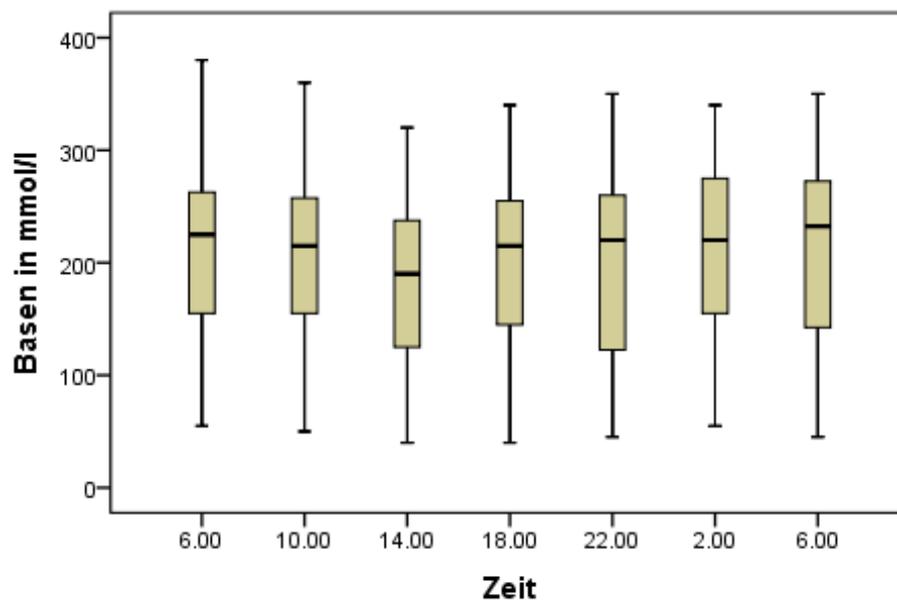


Abbildung 75: Boxplotdarstellung der Basenausscheidung im Harn als Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Säuren/Harn

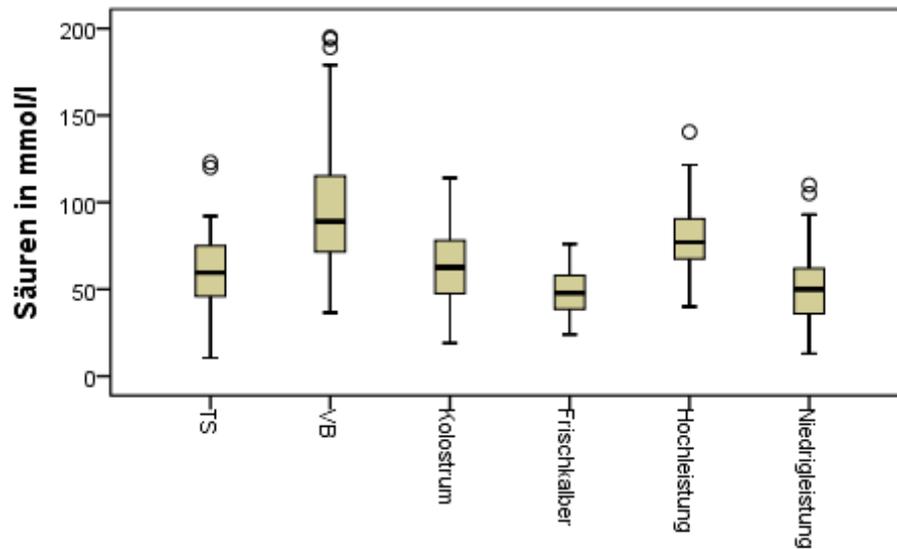


Abbildung 76: Boxplotdarstellung der gemessenen Säurenkonzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

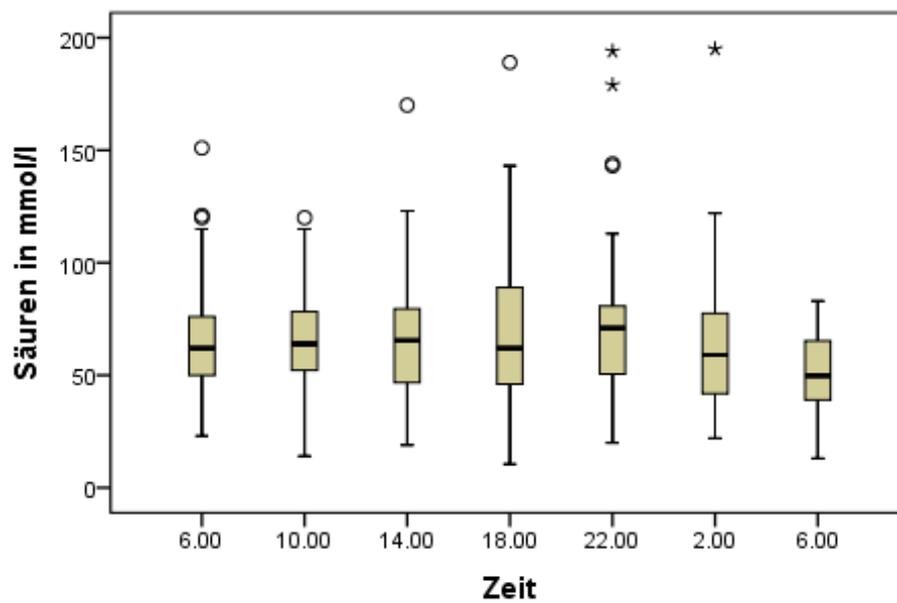


Abbildung 77: Boxplotdarstellung der Säureausscheidung im Harn als Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Ammoniumion/Harn

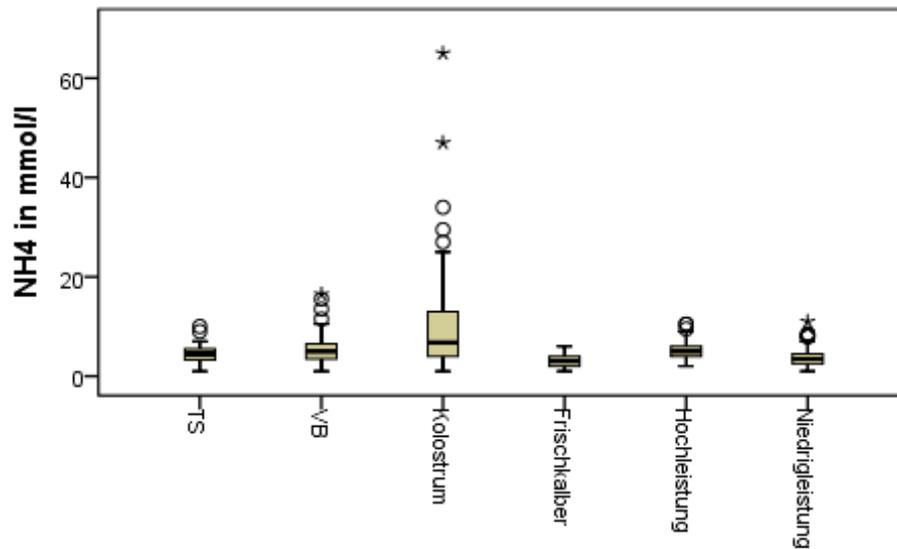


Abbildung 78: Boxplotdarstellung der gemessenen Ammoniumionkonzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

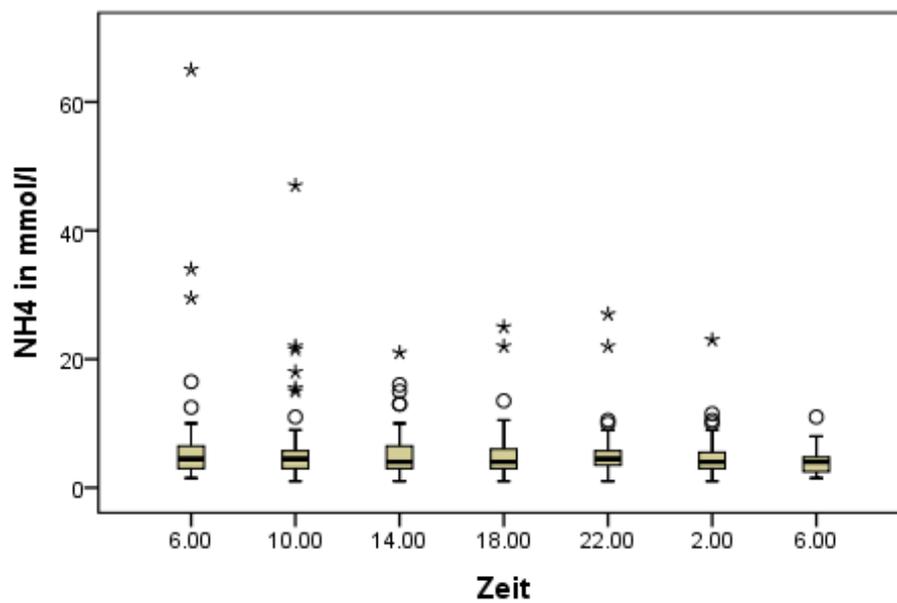


Abbildung 79: Boxplotdarstellung der Ammoniumionkonzentration im Harn als Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Netto Säuren-Basen-Ausscheidung

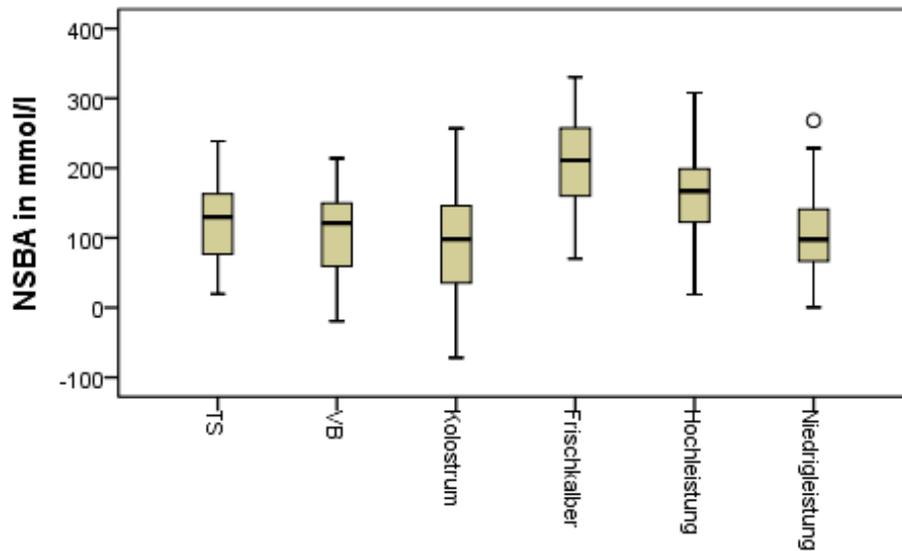


Abbildung 80: Boxplotdarstellung der gemessenen NSBA-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

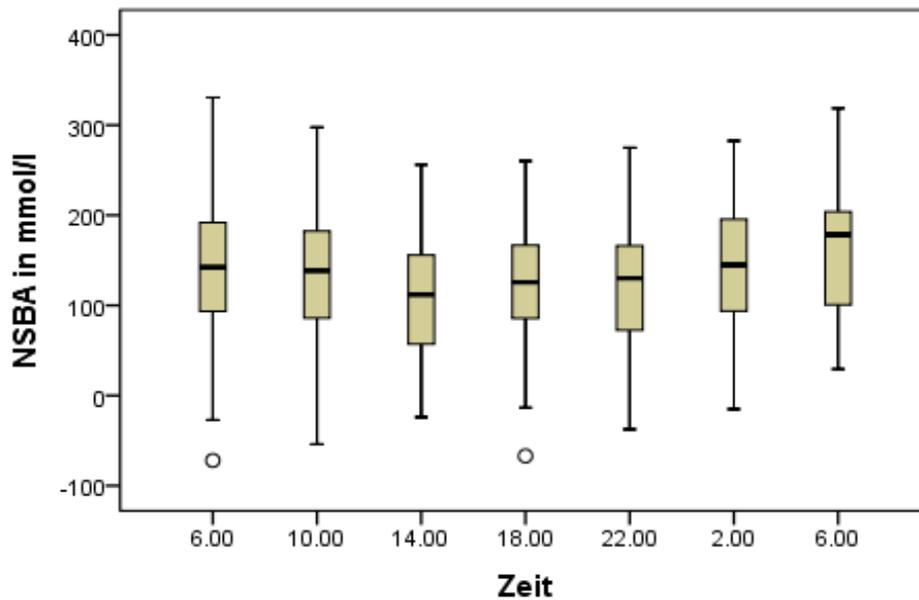


Abbildung 81: Boxplotdarstellung der NSBA-Konzentration im Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Basen-Säuren-Quotient

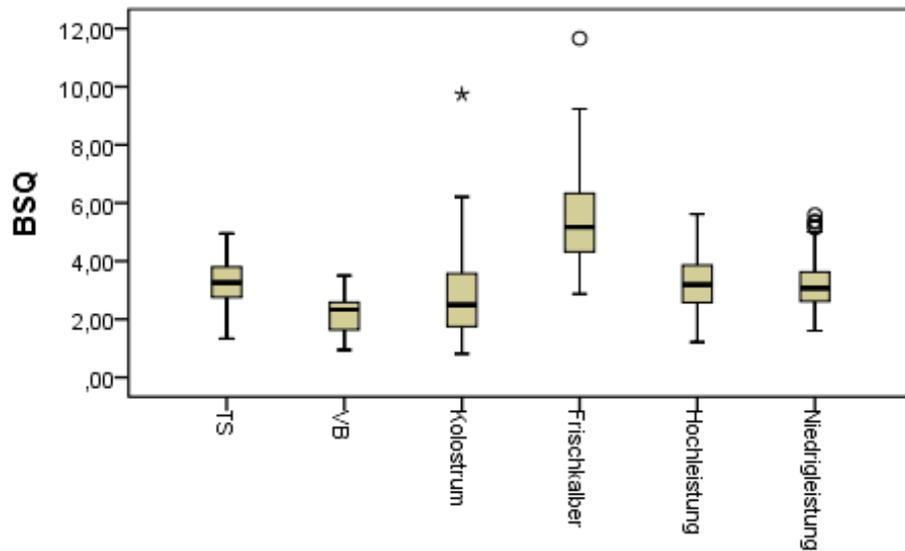


Abbildung 82: Boxplotdarstellung des berechneten BSQ in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

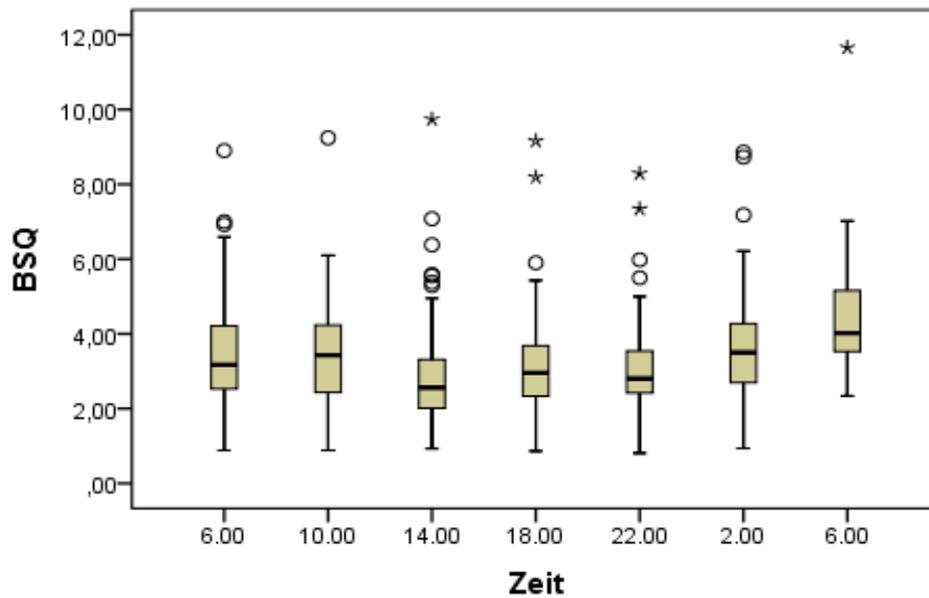


Abbildung 83: Boxplotdarstellung des BSQ im Tagesprofil unter Einbeziehung aller berechneten Einzelwerte

Kalzium/Harn

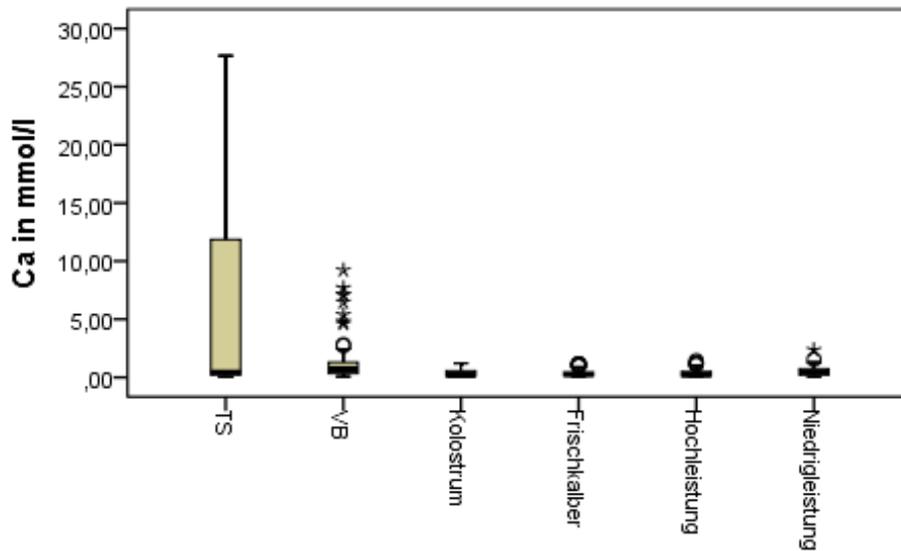


Abbildung 84: Boxplotdarstellung der gemessenen Ca-Konzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

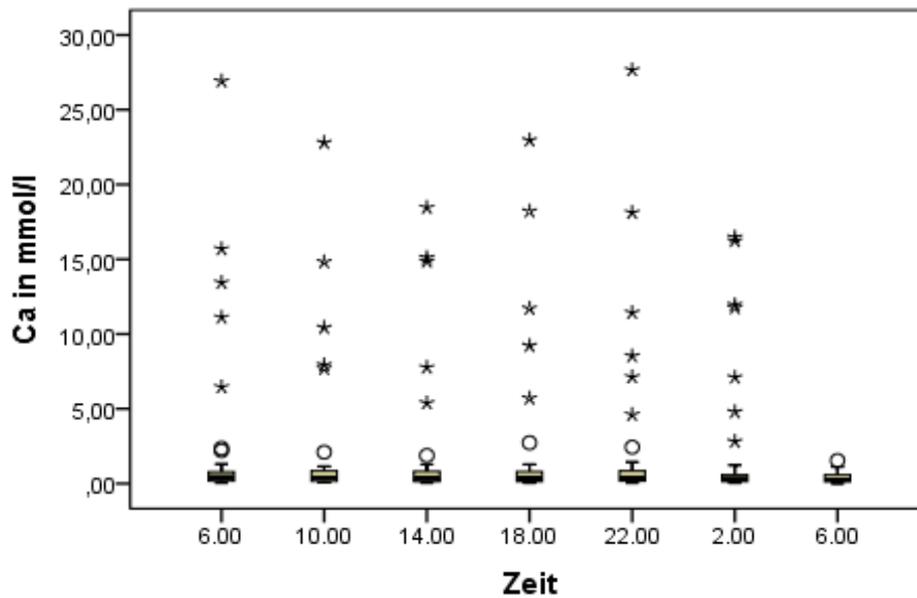


Abbildung 85: Boxplotdarstellung der Ca-Ausscheidung im Harn als Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Natrium/Harn

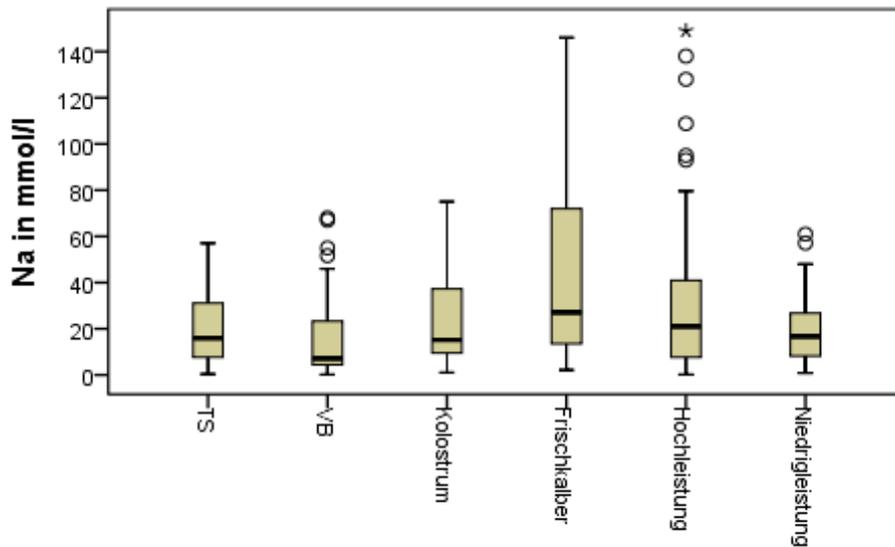


Abbildung 86: Boxplotdarstellung der gemessenen Na-Konzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

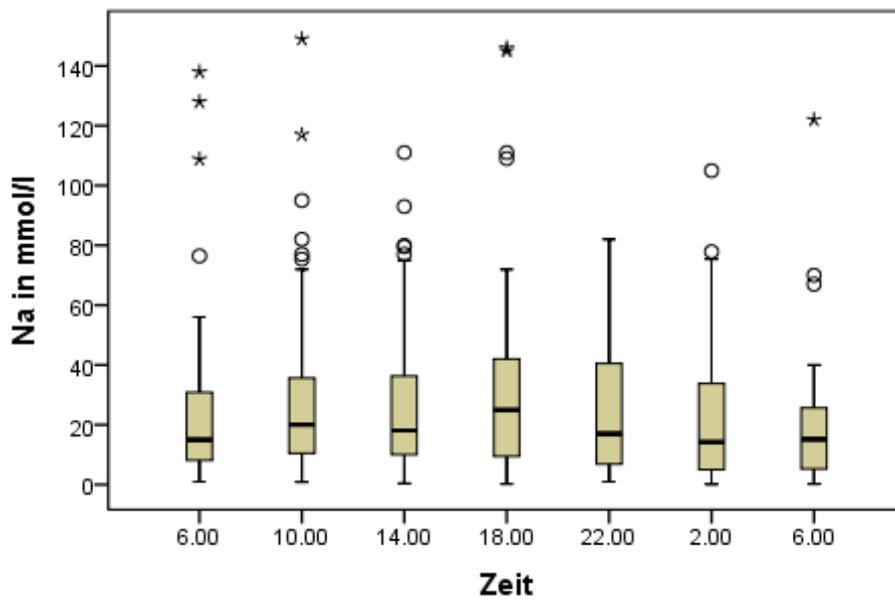


Abbildung 87: Boxplotdarstellung der Na-Ausscheidung im Harn als Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Kalium/Harn

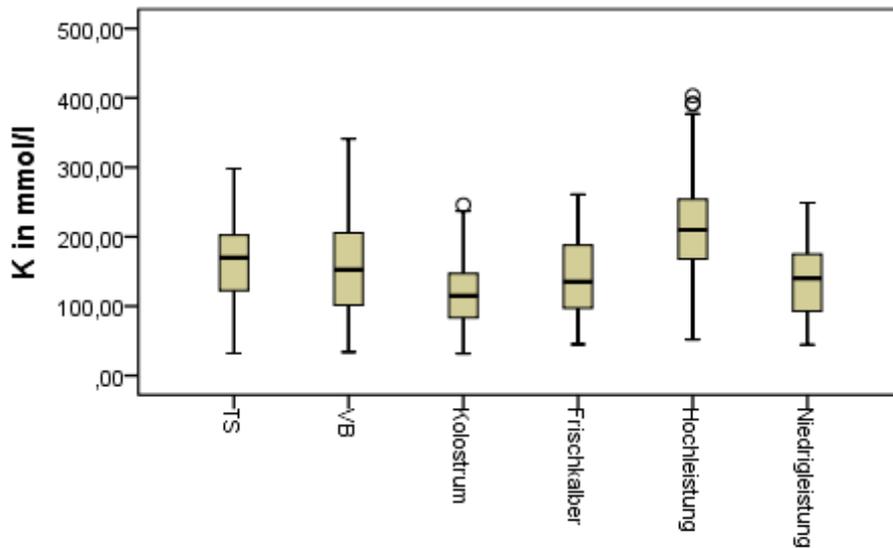


Abbildung 88: Boxplotdarstellung der gemessenen K-Ausscheidung im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

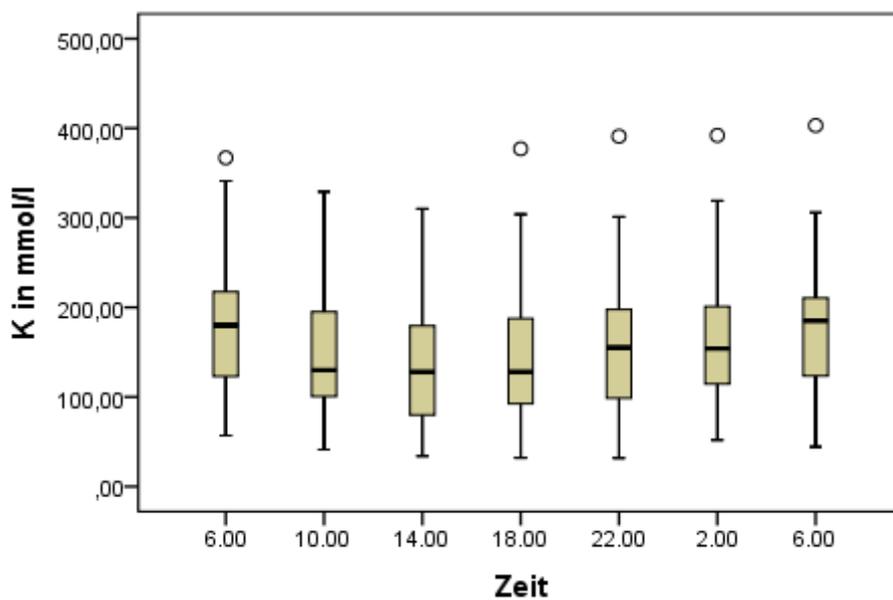


Abbildung 89: Boxplotdarstellung der K-Ausscheidung im Harn unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Chlorid/Harn

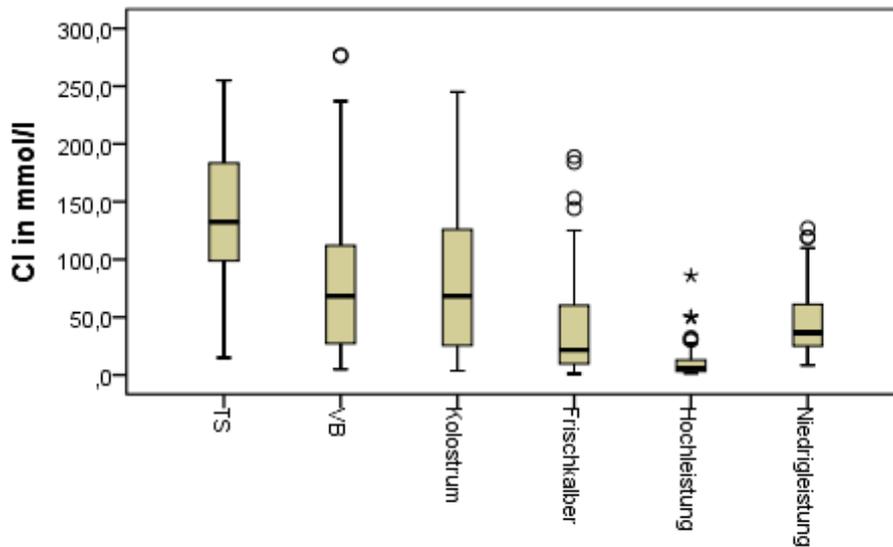


Abbildung 90: Boxplotdarstellung der gemessenen Cl-Konzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

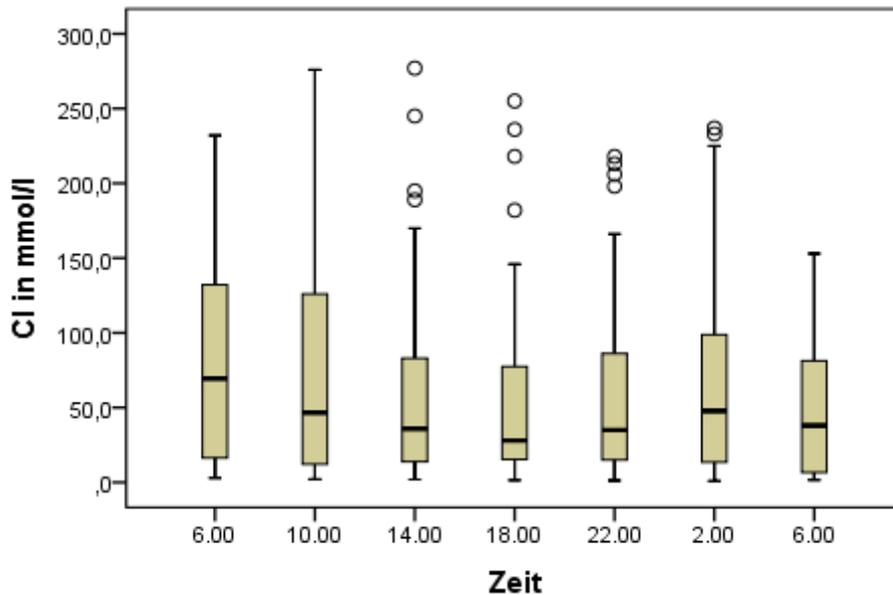


Abbildung 91: Boxplotdarstellung der Cl-Ausscheidung im Harn als Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Magnesium/Harn

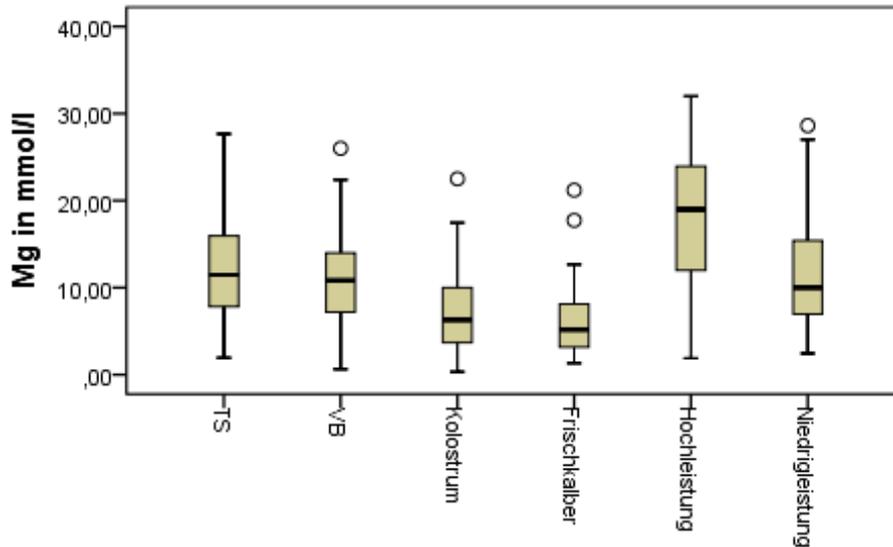


Abbildung 92: Boxplotdarstellung der gemessenen Cl-Konzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen

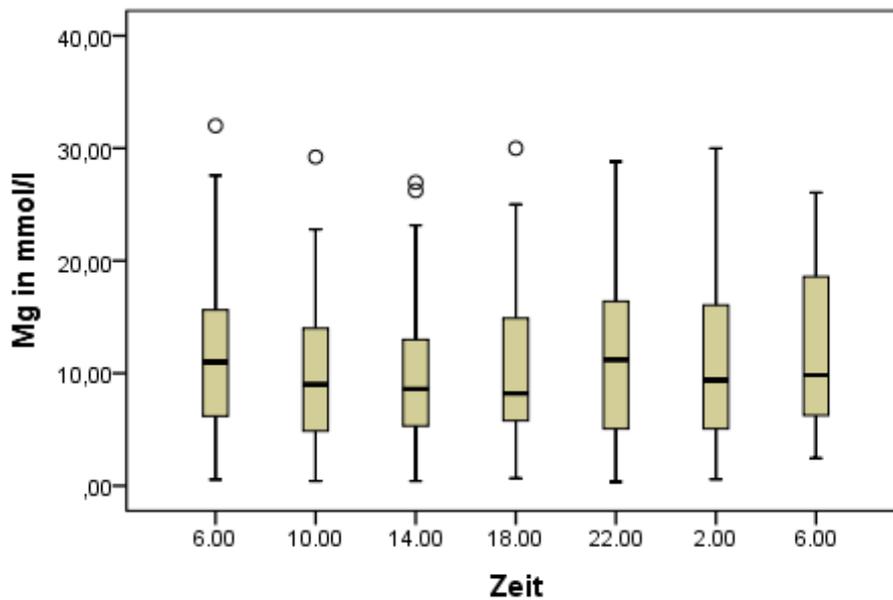


Abbildung 93: Boxplotdarstellung der Mg-Ausscheidung im Harn unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte

Anhang B Histogramme der Häufigkeit von Einzelmessungen

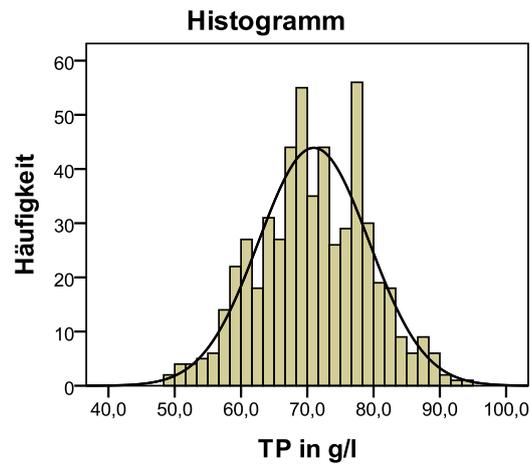


Abbildung 94: Häufigkeit der Einzelmessungen des TP (n=550)

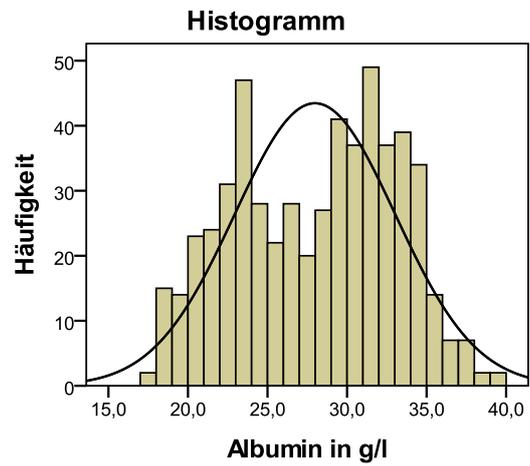


Abbildung 95: Häufigkeit der Einzelmessungen des Alb (n=550)

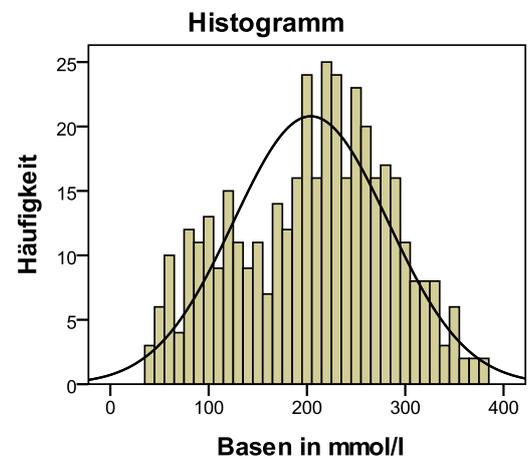


Abbildung 96: Häufigkeit der Einzelmessungen der Basen (n=410)

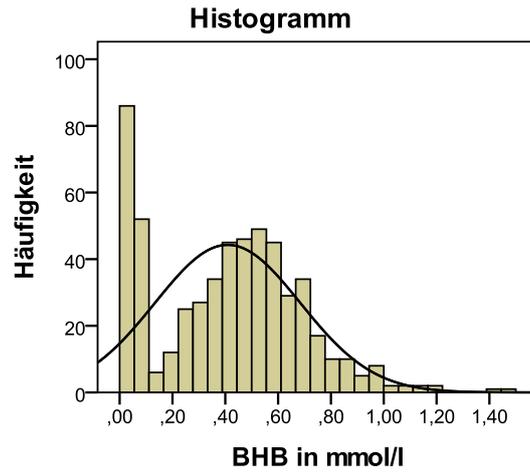


Abbildung 97: Häufigkeit der Einzelmessungen der BHB (n=550)

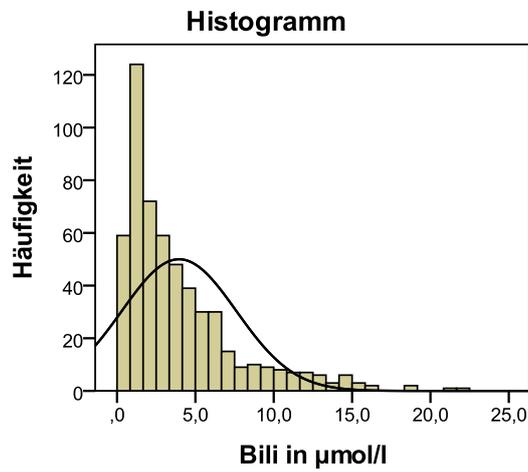


Abbildung 98: Häufigkeit der Einzelmessungen des Bilirubins (n=550)

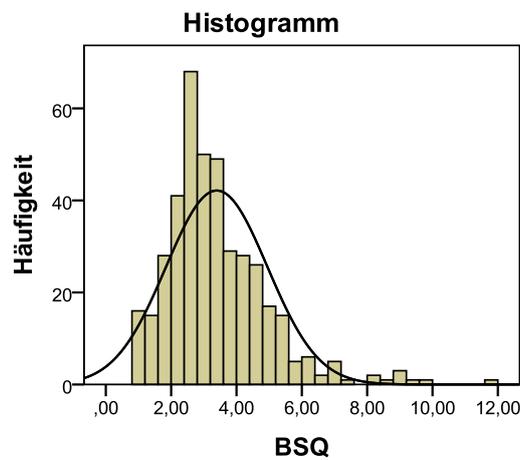


Abbildung 99: Häufigkeit der Einzelmessungen des BSQ (n=410)

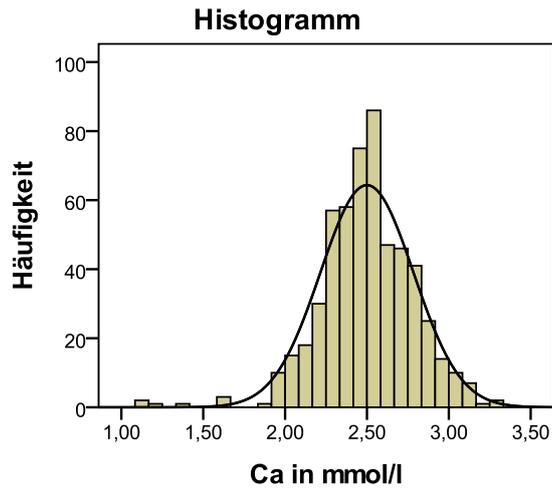


Abbildung 100: Häufigkeit der Einzelmessungen des Ca (n=550)

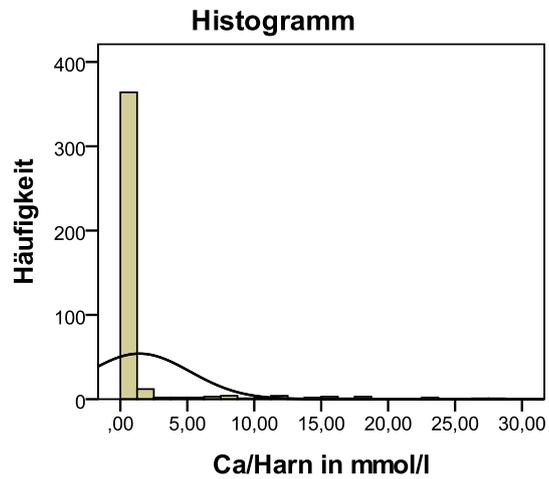


Abbildung 101: Häufigkeit der Einzelmessungen des Ca/Harn (n=410)

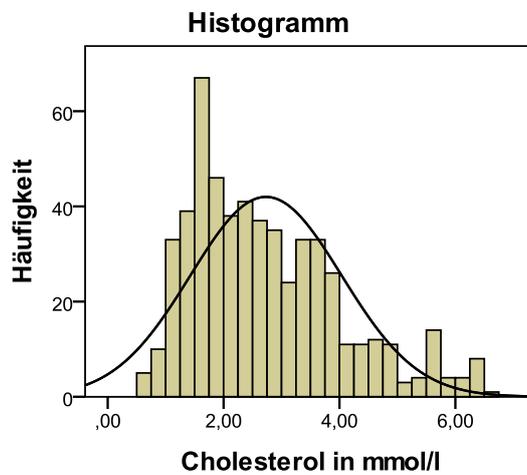


Abbildung 102: Häufigkeit der Einzelmessungen des Cholesterol (n=550)

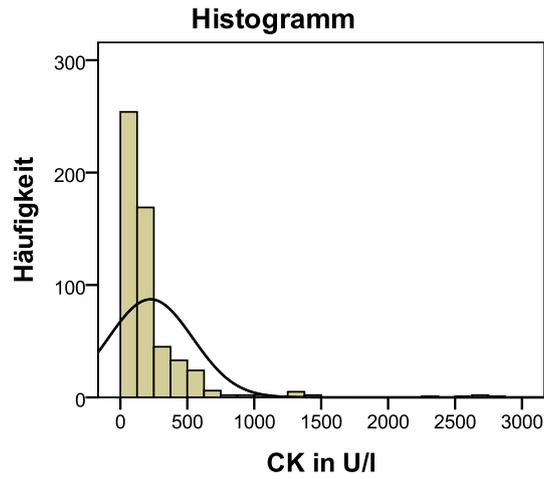


Abbildung 103: Häufigkeit der Einzelmessungen der CK (n=550)

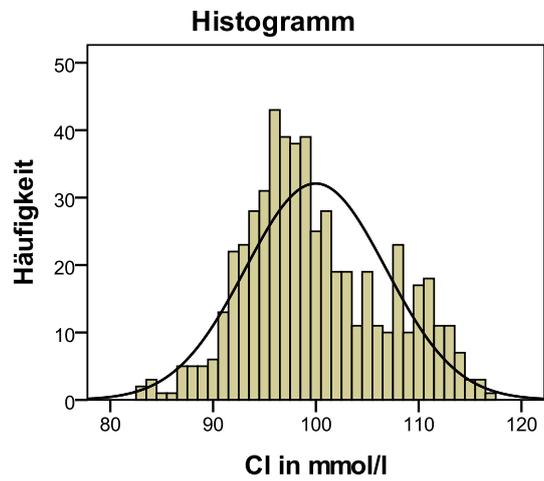


Abbildung 104: Häufigkeit der Einzelmessungen des Cl (n=550)

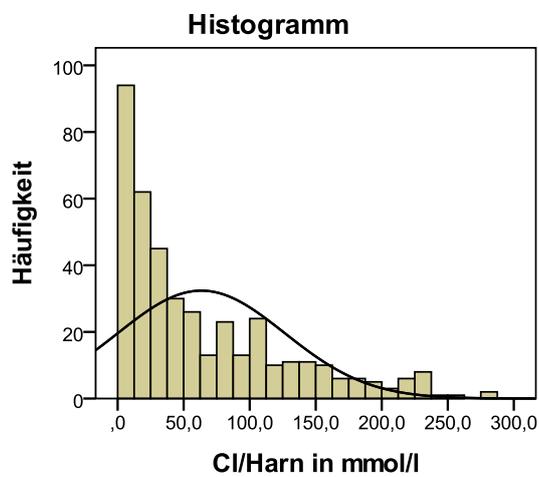


Abbildung 105: Häufigkeit der Einzelmessungen des Cl/Harn (n=410)

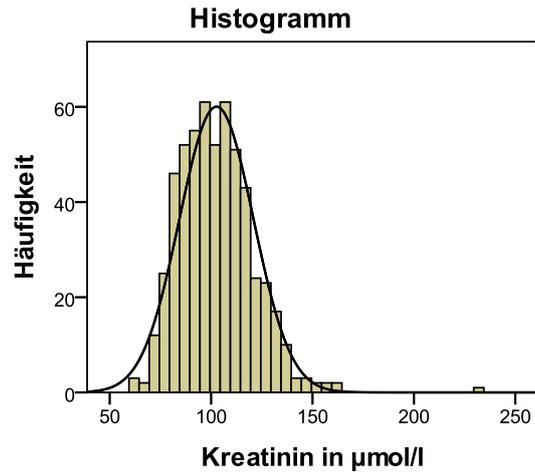


Abbildung 106: Häufigkeit der Einzelmessungen des Kreatinins (n=550)

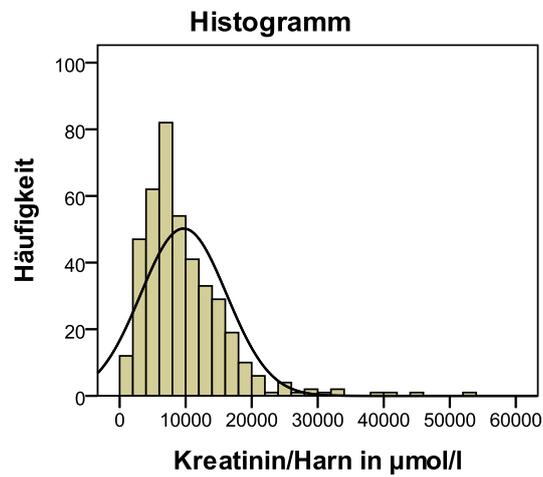


Abbildung 107: Häufigkeit der Einzelmessungen des Kreatinin/Harn (n=410)

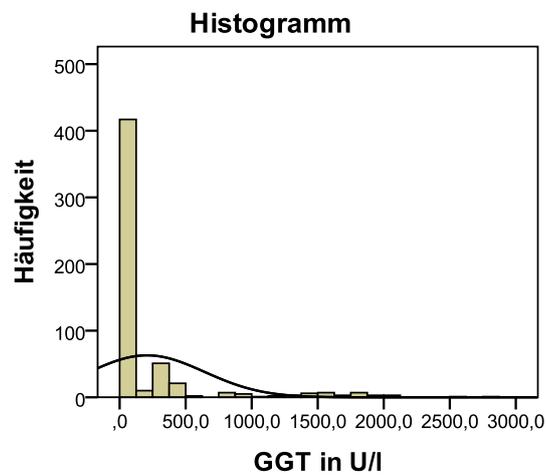


Abbildung 108: Häufigkeit der Einzelmessungen der GGT (n=550)

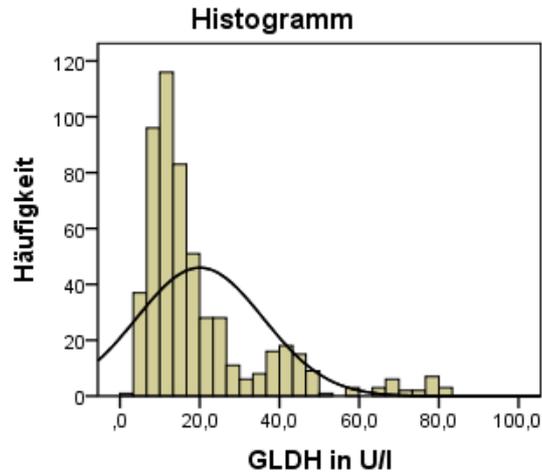


Abbildung 109: Häufigkeit der Einzelmessungen der GLDH (n=550)

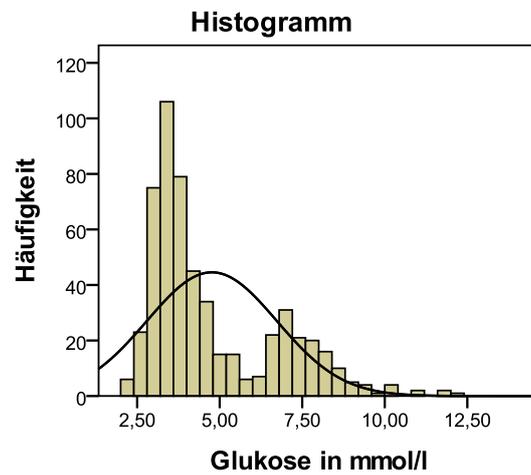


Abbildung 110: Häufigkeit der Einzelmessungen der Glukose (n=550)

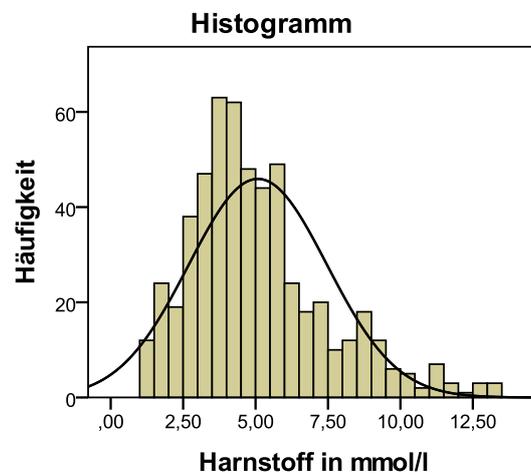


Abbildung 111: Häufigkeit der Einzelmessungen des BUN (n=550)

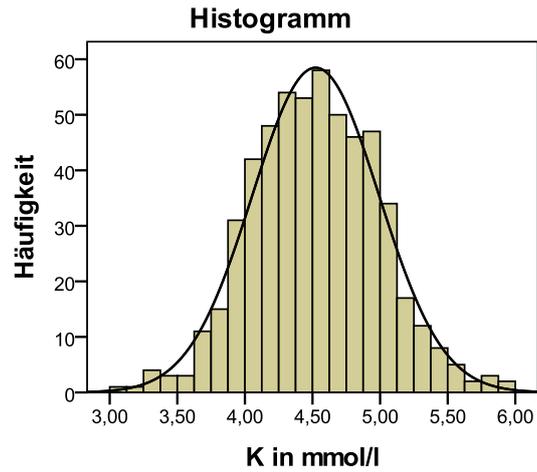


Abbildung 112: Häufigkeit der Einzelmessungen des K (n=550)

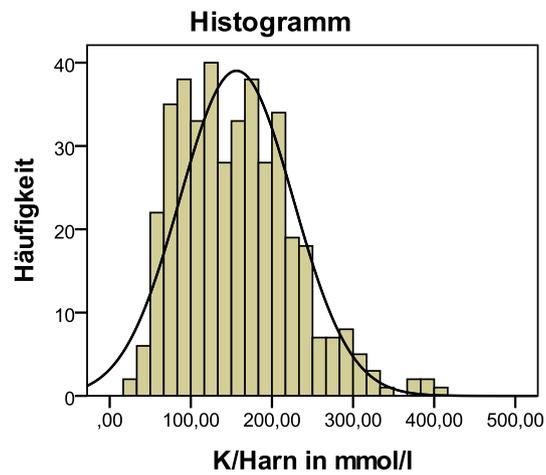


Abbildung 113: Häufigkeit der Einzelmessungen des K/Harn (n=410)

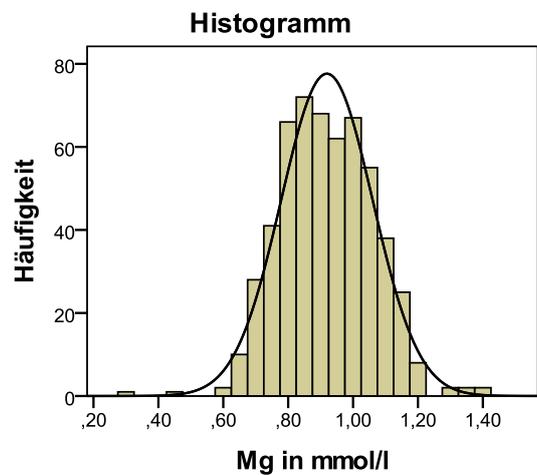


Abbildung 114: Häufigkeit der Einzelmessungen des Mg (n=550)

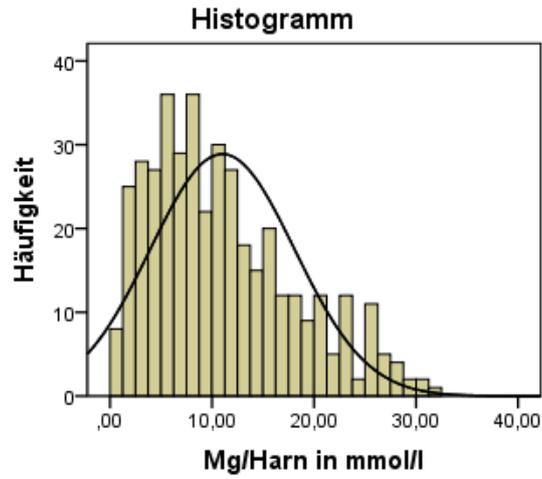


Abbildung 115: Häufigkeit der Einzelmessungen des Mg/Harn (n=550)

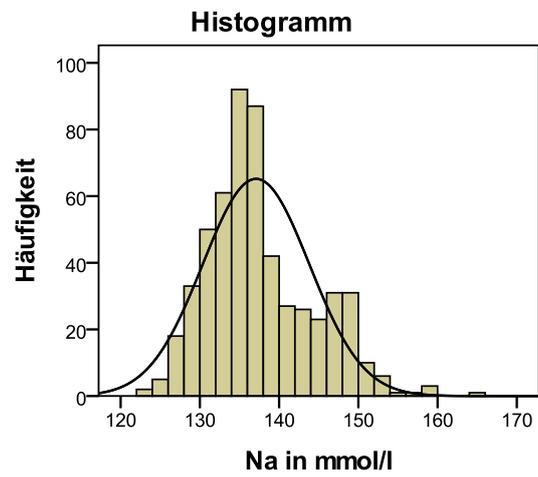


Abbildung 116: Häufigkeit der Einzelmessungen des Na (n=550)

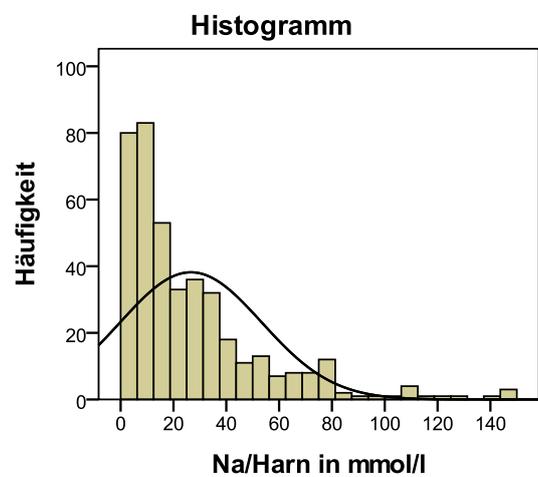


Abbildung 117: Häufigkeit der Einzelmessungen des Na/Harn (n=410)

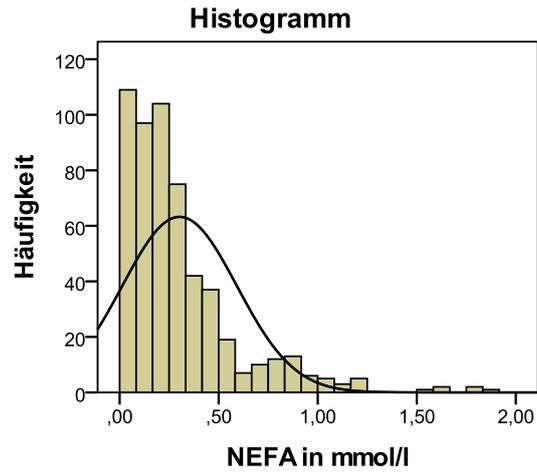


Abbildung 118: Häufigkeit der Einzelmessungen der NEFA (n=550)

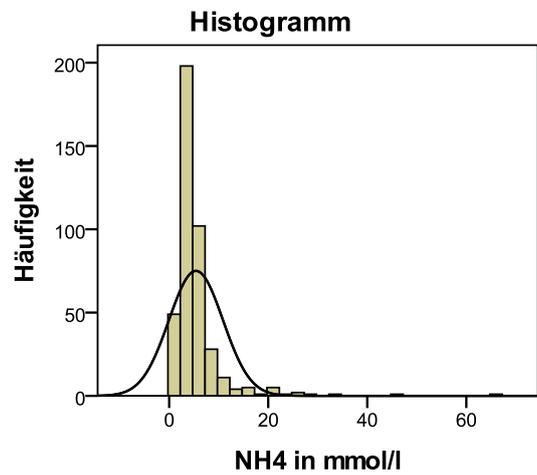


Abbildung 119: Häufigkeit der Einzelmessungen des NH_4^+ (n=410)

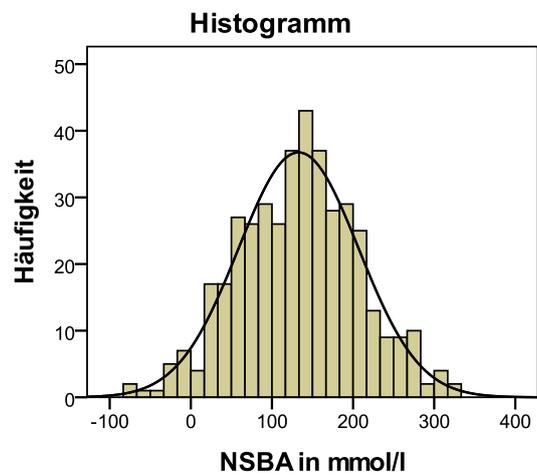


Abbildung 120: Häufigkeit der Einzelmessungen der NSBA (n=410)

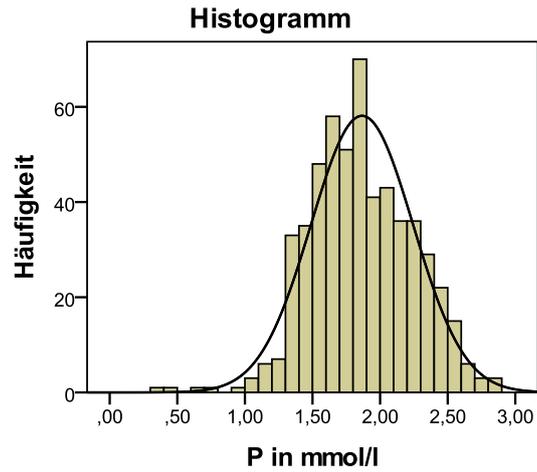


Abbildung 121: Häufigkeit der Einzelmessungen des P (n=550)

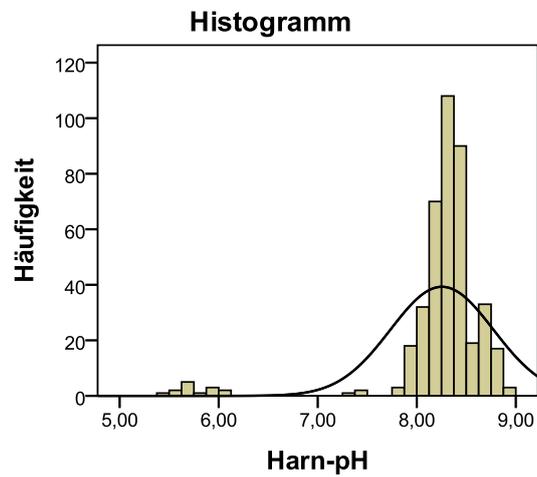


Abbildung 122: Häufigkeit der Einzelmessungen des Harn-pH (n=410)

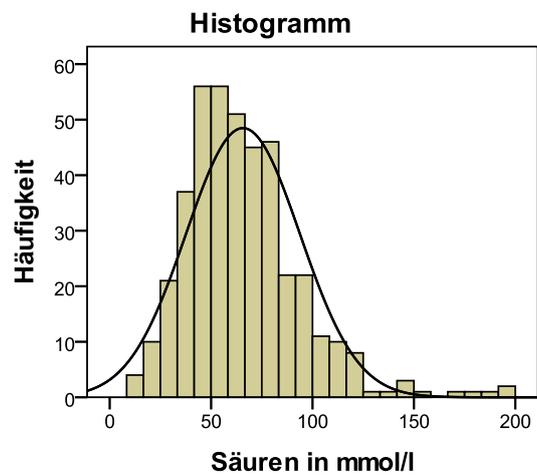


Abbildung 123: Häufigkeit der Einzelmessungen der Säuren (n=410)

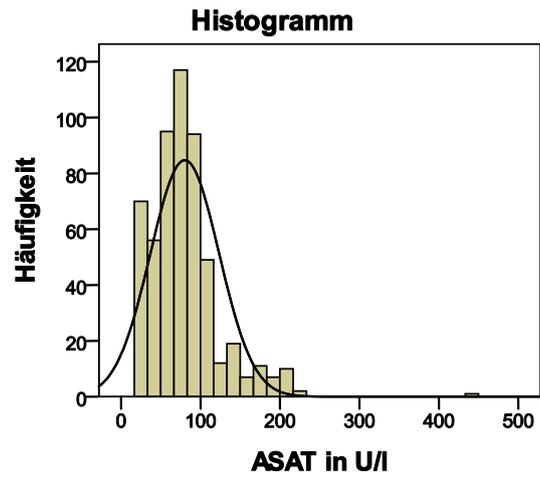


Abbildung 124: Häufigkeit der Einzelmessungen der ASAT (n=550)

11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: TP-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	52
Abbildung 2: Albumin-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	53
Abbildung 3: BUN-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	55
Abbildung 4: Chol-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	56
Abbildung 5: Bilirubin-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	58
Abbildung 6: Glu-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte.....	60
Abbildung 7: NEFA-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	61
Abbildung 8: BHB-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	63
Abbildung 9: Kreatinin-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	64
Abbildung 10: ASAT-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	66
Abbildung 11: CK-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	67
Abbildung 12: GGT-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	69
Abbildung 13: GLDH-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	70
Abbildung 14: Ca-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	72
Abbildung 15: P-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte im Serum.....	73
Abbildung 16: Cl-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	75
Abbildung 17: K-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte.....	76
Abbildung 18: Na-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	78
Abbildung 19: Mg-Tagesprofil der Gruppenmittelwerte	79
Abbildung 20: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der Harn-Kreatinin-Konzentration	81
Abbildung 21: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte des Harn-pH	82
Abbildung 22: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der Harn-Basen-Konzentration	84
Abbildung 23: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der Harn-Säuren-Konzentration	85
Abbildung 24: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der NH_4^+ -Konzentration im Harn.....	87
Abbildung 25: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der NSBA-Konzentration	88
Abbildung 26: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte des BSQ	90
Abbildung 27: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der Harn-Kalzium-Konzentration	91
Abbildung 28: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der Harn-Kalium-Konzentration	93
Abbildung 29: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der Harn-Magnesium-Konzentration	94
Abbildung 30: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der Harn-Natrium-Konzentration	96
Abbildung 31: Verlaufsdiagramm der Mittelwerte der Harn-Chlorid-Konzentration	97
Abbildung 32: Boxplotdarstellung der gemessenen TP-Konzentration in den jeweiligen Untersuchungsgruppen.....	143
Abbildung 33: Boxplotdarstellung des TP-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte.....	143
Abbildung 34: Boxplotdarstellung der gemessenen Alb-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen.....	144
Abbildung 35: Boxplotdarstellung des Alb-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte.....	144
Abbildung 36: Boxplotdarstellung der gemessenen Harnstoff-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	145
Abbildung 37: Boxplotdarstellung des Harnstoff-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	145

Abbildung 38: Boxplotdarstellung der gemessenen Cholesterol-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	146
Abbildung 39: Boxplotdarstellung des Chol-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte.....	146
Abbildung 40: Boxplotdarstellung der gemessenen Bilirubin-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	147
Abbildung 41: Boxplotdarstellung des Bilirubin-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	147
Abbildung 42: Boxplotdarstellung der gemessenen Glukose-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	148
Abbildung 43: Boxplotdarstellung des Glukose-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	148
Abbildung 44: Boxplotdarstellung der gemessenen NEFA-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen.....	149
Abbildung 45: Boxplotdarstellung des NEFA-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	149
Abbildung 46: Boxplotdarstellung der gemessenen BHB-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen.....	150
Abbildung 47: Boxplotdarstellung des BHB -Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	150
Abbildung 48: Boxplotdarstellung der gemessenen Kreatinin-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	151
Abbildung 49: Boxplotdarstellung des Kreatinin-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	151
Abbildung 50: Boxplotdarstellung der gemessenen ASAT-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen.....	152
Abbildung 51: Boxplotdarstellung des ASAT-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	152
Abbildung 52: Boxplotdarstellung der gemessenen CK-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen.....	153
Abbildung 53: Boxplotdarstellung des CK-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte.....	153
Abbildung 54: Boxplotdarstellung der gemessenen GGT-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen.....	154
Abbildung 55: Boxplotdarstellung des GGT-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte.....	154
Abbildung 56: Boxplotdarstellung der gemessenen GLDH-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen.....	155
Abbildung 57: Boxplotdarstellung des GLDH-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	155
Abbildung 58: Boxplotdarstellung der gemessenen Serumkalzium-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	156
Abbildung 59: Boxplotdarstellung des Serumkalzium-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	156
Abbildung 60: Boxplotdarstellung der gemessenen Serumphosphat-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	157

Abbildung 61: Boxplotdarstellung des Serumphosphat-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	157
Abbildung 62: Boxplotdarstellung der gemessenen Serumchlorid-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	158
Abbildung 63: Boxplotdarstellung des Serumchlorid-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	158
Abbildung 64: Boxplotdarstellung der gemessenen Serumkalium-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	159
Abbildung 65: Boxplotdarstellung des Serumkalium-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	159
Abbildung 66: Boxplotdarstellung der gemessenen Serumnatrium-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	160
Abbildung 67: Boxplotdarstellung des Serumnatrium-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	160
Abbildung 68: Boxplotdarstellung der gemessenen Serummagnesium-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	161
Abbildung 69: Boxplotdarstellung des Serummagnesium-Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	161
Abbildung 70: Boxplotdarstellung der gemessenen Harnkreatinin-Konzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	162
Abbildung 71: Boxplotdarstellung der Kreatininausscheidung im Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	162
Abbildung 72: Boxplotdarstellung der gemessenen pH-Konzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	163
Abbildung 73: Boxplotdarstellung des Harn-pH-Wert im Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	163
Abbildung 74: Boxplotdarstellung der gemessenen Basenkonzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	164
Abbildung 75: Boxplotdarstellung der Basenausscheidung im Harn als Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	164
Abbildung 76: Boxplotdarstellung der gemessenen Säurenkonzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	165
Abbildung 77: Boxplotdarstellung der Säureausscheidung im Harn als Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	165
Abbildung 78: Boxplotdarstellung der gemessenen Ammoniumionkonzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	166
Abbildung 79: Boxplotdarstellung der Ammoniumionkonzentration im Harn als Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	166
Abbildung 80: Boxplotdarstellung der gemessenen NSBA-Konzentrationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen.....	167
Abbildung 81: Boxplotdarstellung der NSBA-Konzentration im Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	167
Abbildung 82: Boxplotdarstellung des berechneten BSQ in den jeweiligen Untersuchungsgruppen.....	168
Abbildung 83: Boxplotdarstellung des BSQ im Tagesprofil unter Einbeziehung aller berechneten Einzelwerte	168

Abbildung 84: Boxplotdarstellung der gemessenen Ca-Konzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	169
Abbildung 85: Boxplotdarstellung der Ca-Ausscheidung im Harn als Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	169
Abbildung 86: Boxplotdarstellung der gemessenen Na-Konzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	170
Abbildung 87: Boxplotdarstellung der Na-Ausscheidung im Harn als Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	170
Abbildung 88: Boxplotdarstellung der gemessenen K-Ausscheidung im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	171
Abbildung 89: Boxplotdarstellung der K-Ausscheidung im Harn unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	171
Abbildung 90: Boxplotdarstellung der gemessenen Cl-Konzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	172
Abbildung 91: Boxplotdarstellung der Cl-Ausscheidung im Harn als Tagesprofil unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	172
Abbildung 92: Boxplotdarstellung der gemessenen Cl-Konzentrationen im Harn in den jeweiligen Untersuchungsgruppen	173
Abbildung 93: Boxplotdarstellung der Mg-Ausscheidung im Harn unter Einbeziehung aller gemessenen Einzelwerte	173
Abbildung 94: Häufigkeit der Einzelmessungen des TP (n=550).....	174
Abbildung 95: Häufigkeit der Einzelmessungen des Alb (n=550)	174
Abbildung 96: Häufigkeit der Einzelmessungen der Basen (n=410).....	174
Abbildung 97: Häufigkeit der Einzelmessungen der BHB (n=550)	175
Abbildung 98: Häufigkeit der Einzelmessungen des Bilirubins (n=550)	175
Abbildung 99: Häufigkeit der Einzelmessungen des BSQ (n=410)	175
Abbildung 100: Häufigkeit der Einzelmessungen des Ca (n=550).....	176
Abbildung 101: Häufigkeit der Einzelmessungen des Ca/Harn (n=410).....	176
Abbildung 102: Häufigkeit der Einzelmessungen des Cholesterol (n=550).....	176
Abbildung 103: Häufigkeit der Einzelmessungen der CK (n=550).....	177
Abbildung 104: Häufigkeit der Einzelmessungen des Cl (n=550)	177
Abbildung 105: Häufigkeit der Einzelmessungen des Cl/Harn (n=410)	177
Abbildung 106: Häufigkeit der Einzelmessungen des Kreatinins (n=550).....	178
Abbildung 107: Häufigkeit der Einzelmessungen des Kreatinin/Harn (n=410).....	178
Abbildung 108: Häufigkeit der Einzelmessungen der GGT (n=550)	178
Abbildung 109: Häufigkeit der Einzelmessungen der GLDH (n=550)	179
Abbildung 110: Häufigkeit der Einzelmessungen der Glukose (n=550)	179
Abbildung 111: Häufigkeit der Einzelmessungen des BUN (n=550).....	179
Abbildung 112: Häufigkeit der Einzelmessungen des K (n=550)	180
Abbildung 113: Häufigkeit der Einzelmessungen des K/Harn (n=410)	180
Abbildung 114: Häufigkeit der Einzelmessungen des Mg (n=550).....	180
Abbildung 115: Häufigkeit der Einzelmessungen des Mg/Harn (n=550).....	181
Abbildung 116: Häufigkeit der Einzelmessungen des Na (n=550).....	181
Abbildung 117: Häufigkeit der Einzelmessungen des Na/Harn (n=410)	181
Abbildung 118: Häufigkeit der Einzelmessungen der NEFA (n=550)	182
Abbildung 119: Häufigkeit der Einzelmessungen des NH ₄ ⁺ (n=410).....	182

Abbildung 120: Häufigkeit der Einzelmessungen der NSBA (n=410).....	182
Abbildung 121: Häufigkeit der Einzelmessungen des P (n=550).....	183
Abbildung 122: Häufigkeit der Einzelmessungen des Harn-pH (n=410).....	183
Abbildung 123: Häufigkeit der Einzelmessungen der Säuren (n=410).....	183
Abbildung 124: Häufigkeit der Einzelmessungen der ASAT (n=550).....	184

12. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Basen und Säuren im Harn.....	32
Tabelle 2: Diagnostische Bedeutung des BSQ nach DIRKSEN <i>et al.</i> (2002).....	33
Tabelle 3: Untersuchungsgruppen mit Tierzahl, Alter und Untersuchungszeitraum.....	39
Tabelle 4: Untersuchungsgruppen und Lokalisation der Blutentnahme am Tier.....	41
Tabelle 5: Untersuchungsgruppen und Blutprobenentnahmezeitpunkte	42
Tabelle 6: Untersuchungsgruppen und Harnprobenentnahmezeitpunkte	42
Tabelle 7: Analysemethoden der Blutparameter	44
Tabelle 8: Analysemethoden der Harnparameter	45
Tabelle 9: Arbeitsschritte und Berechnung der NSBA	46
Tabelle 10: Statistische Ergebnisse zur Untersuchung auf Normalverteilung mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test	48
Tabelle 11: Statistische Ergebnisse zu den transformierten Laborparametern	49
Tabelle 12: TP-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt.....	51
Tabelle 13: Alb-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt.....	53
Tabelle 14: BUN-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	54
Tabelle 15: Chol-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	56
Tabelle 16: Bilirubin-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	58
Tabelle 17: Glukose-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	59
Tabelle 18: NEFA-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	61
Tabelle 19: BHB-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	62
Tabelle 20: Kreatinin-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	64
Tabelle 21: ASAT-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	65

Tabelle 22: CK-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt.....	67
Tabelle 23: GGT-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	68
Tabelle 24: GLDH-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	70
Tabelle 25: Ca-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt.....	71
Tabelle 26: P-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt.....	73
Tabelle 27: Cl-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt.....	74
Tabelle 28: K-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt.....	76
Tabelle 29: Na-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt.....	77
Tabelle 30: Mg-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt.....	79
Tabelle 31: Harnkreatinin-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	80
Tabelle 32: Harn-pH-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	82
Tabelle 33: Basen-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	83
Tabelle 34: Säuren-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	85
Tabelle 35: Ammoniumion-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	86
Tabelle 36: NSBA-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	88

Tabelle 37: BSQ-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	89
Tabelle 38: Harn-Kalzium-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	91
Tabelle 39: Harn-Kalium-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	92
Tabelle 40: Harn-Magnesium-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	94
Tabelle 41: Harn-Natrium-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	95
Tabelle 42: Harn-Chlorid-Mittelwerte und Standardabweichung der einzelnen Untersuchungszeitpunkte im Tagesverlauf und Mittelwerte der Untersuchungsgruppen sowie Angabe von Zeit- und Gruppeneffekt	97
Tabelle 43: Ergebnisübersicht zum Einfluss von Zeit- und Gruppeneffekt auf die Laborparameter	98

Danksagung

Ich möchte mich ganz besonders bei Herrn Prof. Dr. Staufenbiel für die Überlassung des Themas und die stets freundliche und überaus kompetente Betreuung bedanken. Sie standen mir stets mit Rat und Tat zur Seite und hatten immer ein offenes Ohr bei Problemen.

Herrn Dr. Hilmert, Frau Bäumer und Frau Waberowski danke ich für die Bestimmung der Laborparameter und die Unterstützung bei der Arbeit.

Ich möchte mich bei Frau Dr. Anna Kosmol für den höchst informativen Recherchekurs und die Hilfestellung im Umgang mit Endnote 4 und Microsoft Word bedanken.

Mein Dank gilt den Mitarbeitern des Gut Hohen Luckow. Ein besonderer Dank ist an Martin Moos und die Mitarbeiter des TMF gerichtet. Ich habe mich im Kreise aller Mitarbeiter sofort wohl und aufgenommen gefühlt.

Ich bedanke mich bei meinen Eltern, dass sie mir das Studium ermöglicht haben und für die allseitige Unterstützung und Rücksichtnahme. Des Weiteren bin ich meiner Schwester für die Anregungen und der Hilfestellung beim Erstellen dieser Arbeit verpflichtet.

Mein Dank gilt Christian J., der beim Schreiben dieser Arbeit stets für eine willkommene Abwechslung sorgte.

Selbstständigkeitserklärung

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

Berlin, den 25.04.2013

Jan-Peter Thurmann