

Aus der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung
(Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie der Wiederkäuer: Prof. Dr. W. Klee)
im Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Angefertigt unter der Leitung von: Prof. Dr. K. Nuss

Retrospektive Analyse des Informationsgehalts einer einmaligen Untersuchung der Blutwerte von Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen

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

von
Julia Carina Lomb
aus Mülheim an der Ruhr

München 2010

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun

Referent: Univ.-Prof. Dr. Nuss

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Mansfeld

Tag der Promotion: 13. Februar 2010

Meinen lieben Eltern und Großeltern

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	VII
VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN	X
I EINLEITUNG	1
II LITERATURÜBERSICHT	2
1. DEFINITION „KOMPLIZIERTE KLAUENERKRANKUNG“	2
2. KLAUENERKRANKUNGEN	2
2.1 Rusterholzsches Sohlengeschwür (<i>Pododermatitis septica circumscripta</i>).....	2
2.2 Sohlenwandgeschwür (<i>Pododermatitis septica circumscripta abaxialis</i>).....	3
2.3 Sohlenspitzengeschwür (<i>Pododermatitis septica traumatica</i>).....	4
2.4 Zwischenklauenphlegmone (<i>Phlegmona interdigitalis</i>).....	4
2.5 Klauengelenkentzündung	4
2.6 Klauenbeinfraktur.....	5
2.7 Behandlung schwerer Klauenerkrankungen.....	6
3. BLUTPARAMETER	8
3.1 Parameter des Säure-Basen-Haushalts	8
3.2 Blutbild.....	9
3.2.1 Erythrozytenzahl	9
3.2.2 Hämoglobin	10
3.2.3 Hämatokrit	11
3.2.4 Thrombozyten	12
3.2.5 Leukozyten.....	12
3.3 Substrate und Proteine.....	15
3.3.1 Glukose	15
3.3.2 L-Laktat	17
3.3.3 Harnstoff	17
3.3.4 Kreatinin	19
3.3.5 Bilirubin	19
3.3.6 Eiweiß	21
3.3.6.1 Gesamteiweiß.....	21
3.3.6.2 Albumin	22
3.3.6.3 Globuline	22
3.3.7 Glutaraldehydtest	24

3.3.8	β -Hydroxybutyrat	24
3.4	<i>Elektrolyte</i>	25
3.4.1	Natrium.....	25
3.4.2	Kalium.....	25
3.4.3	Chlorid.....	26
3.4.4	Kalzium	26
3.4.5	Magnesium	27
3.4.6	Phosphat	28
3.4.7	Anionenlücke	29
3.5	<i>Enzyme</i>	30
3.5.1	Aspartat-Aminotransferase.....	30
3.5.2	γ -Glutamyltransferase	31
3.5.3	Glutamat-Dehydrogenase.....	32
3.5.4	Kreatinkinase.....	32
3.5.5	Glutathionperoxidase	33
III	MATERIAL UND METHODEN	35
1.1	<i>Klinische Untersuchung und Dokumentation</i>	35
1.1.1	Anamnese, Eingangsuntersuchung und Allgemeinuntersuchung	35
1.1.2	Diagnostisches Vorgehen.....	36
1.1.3	Therapiemaßnahmen	39
1.1.3.1	Operationen	39
1.1.3.2	Behandlung von Zehenphlegmonen.....	40
1.1.4	Blutentnahme und -untersuchung.....	40
1.1.5	Behandlungsergebnis	42
1.2	<i>Eigene Untersuchungen</i>	43
1.2.1	Auswahl der Patienten.....	43
1.2.2	Daten- und Befundeingabe, spezielle Befunde	44
1.2.3	Einteilung der Patienten in Gruppen	46
1.2.4	Statistische Auswertung	46
1.2.4.1	Vergleiche mit den Referenzbereichen	46
1.2.4.2	Gruppenvergleiche	47
IV	ERGEBNISSE	49
1.	PATIENTEN	49

1.1	<i>Parameter des Allgemeinbefindens und der Eingangsuntersuchung</i>	51
1.2	<i>Vorbehandlung</i>	52
1.3	<i>Begleiterkrankungen</i>	52
1.4	<i>Klauenerkrankungen</i>	54
1.4.1	Anamnese und Allgemeinuntersuchung	54
1.4.2	Ursächliche Klauenerkrankung.....	55
1.4.3	Weitere lokale Befunde	57
1.5	<i>Behandlung und Heilungsverlauf</i>	58
1.6	<i>Ausgang</i>	60
1.6.1	Heilung oder Tötung	60
1.6.2	Dauer des Klinikaufenthalts und Klinikkosten.....	61
2.	BLUTPARAMETER VON KÜHEN MIT KOMPLIZIERTEN KLAUENERKRANKUNGEN ... 62	
2.1	<i>Blutwerte der Kühe mit komplizierten Klauenerkrankungen im Vergleich mit den Referenzwerten der Literatur</i>	62
2.2	<i>Vergleich der Gruppen „Geheilt“ und „Nicht Geheilt“</i>	64
2.3	<i>Vergleich der Gruppen „Geheilt“, „Wirtschaftliche Verwertung“ und „Euthanasiert“</i>	70
2.4	<i>Einfluss weiterer Faktoren auf die Blutparameter</i>	76
2.4.1	Anzahl der komplizierten Klauenerkrankungen	76
2.4.2	Lokale Komplikationen	77
2.4.3	Unkomplizierte Klauengeschwüre.....	77
2.4.4	Klauenrehe	79
2.4.5	Vorbehandlung.....	79
2.4.6	Krankheitsdauer	80
3.	ROC-ANALYSEN UND LOGISTISCHE REGRESSION	81
V	DISKUSSION	88
VI	ZUSAMMENFASSUNG	103
VII	SUMMARY	105
VIII	LITERATURVERZEICHNIS	107
IX	ANHANG	117
X	DANKSAGUNG	123

VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN

°C	Grad Celsius	E	Euthanasie, Tiere der Gruppe „Euthanasie“
α	Alpha	EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
β	Beta	Ery	Erythrozytenzahl
β -HBA/ BHBA	Beta-Hydroxybutyrat	G	Giga
γ	Gamma	G	geheilt, Tiere der Gruppe „Geheilt“
γ -GT/ GGT	Gamma-Glutamyltransferase	g	Gramm
μ l	Mikroliter	GE	Gesamteiweiß
μ mol	Mikromol	ggf.	gegebenenfalls
AG	Anionenlücke	Glb	Globuline
Alb	Albumin	Glc	Glukose
ANOVA	Univariate Varianzanalyse (Analysis of Variance)	GLDH	Glutamatdehydrogenase
AST	Aspartat-Aminotransferase	Glutar	Glutaraldehydtest
BE	Base Excess	GOT	Gebührenordnung für Tierärzte
Bili	Gesamt-Bilirubin	GSHPx	Glutathionperoxidase
bzw.	beziehungsweise	H	Hoch, über dem Referenzbereich liegend
Ca	Kalzium	H ⁺	Wasserstoffion
Ca ²⁺	ionisiertes Kalzium	Hb	Hämoglobin
CK	Kreatinkinase	HCO ₃ ⁻	Hydrogencarbonat
Cl	Chlorid	Hkt	Hämatokrit
dl	Deziliter	Hst	Harnstoff

i. v.	intravenös	N	Normal, im Referenzbereich liegend
I.E.	Internationale Einheiten	Na	Natrium
K	Kalium	NG	nicht geheilt, Tiere der Gruppe „Nicht Geheilt“
(K)BG	(Kompliziertes) Ballengeschwür	NPW	negativer prädiktiver Wert
kg	Kilogramm	OH ⁻	Hydroxid-Ion
KGE	Klauengelenkentzündung	P	anorganisches Phosphat
KGW	Körpergewicht	p. p.	post partum
Krea	Kreatinin	pCO ₂	Kohlendioxid-Partialdruck
(K)RSG	(Kompliziertes) Rusterholzsches Sohlengeschwür	Phl. Dig.	Phlegmona digitalis
(K)SSG	(Kompliziertes) Sohlenspitzen-geschwür	Phl. Int.	Phlegmona interdigitalis
(K)SWG	(Kompliziertes) Sohlenwandgeschwür	pO ₂	Sauerstoff-Partialdruck
Lak	L-Laktat	PPW	positiver prädiktiver Wert
Leu	Leukozytenzahl	ROC	Receiver Operating Characteristics
ln	Logarithmus naturalis	s.	siehe
mEq	Milli-Äquivalent	s. c.	subkutan
mg	Milligramm	sd	Standardabweichung
Mg	Magnesium	T	Terra
min	Minuten	T	Tief, unter dem Referenzbereich liegend
mm Hg	Millimeter Quecksilbersäule, Torr	Thr	Thrombozytenzahl
mmol	Milli-Mol	U	Unit
n	Anzahl der Tiere	u. a.	unter anderem

uA	ungemessene Anionen	\bar{x}	Mittelwert
uK	ungemessene Kationen	\bar{x}_{med}	Median
WV	wirtschaftliche Verwertung, Tiere der Gruppe „Wirtschaftliche Verwertung“	z. B.	zum Beispiel

I Einleitung

Klauenerkrankungen stellen aufgrund ihrer Häufigkeit – gerade in den heutigen, intensiv geführten Milchviehhaltungen – ein großes ökonomisches (Zeddies et al. 1997) und tierschutzrelevantes (Feist 2004; Whay et al. 2005) Problem dar. Komplizierte Klauenerkrankungen, als „Spitze des Eisbergs“, führen zu besonders schweren Störungen des Wohl- und des Allgemeinbefindens der Tiere. Es gehört zu den tierärztlichen Aufgaben, auf Schmerzen und Leiden bei Tieren hinzuweisen, die Ursachen zu erforschen und diese zu beseitigen (Westhues 1955; Grauvogl 1983).

Zusammen mit einer klinischen Untersuchung können sowohl die Analyse des Blutbilds (Jones und Allison 2007) als auch eine blutchemische Untersuchung (Russell und Roussel 2007) wertvolle Hinweise für die Diagnostik und für die Prognose einer Erkrankung liefern. Bislang durchgeführte Untersuchungen zu Blutparametern bei Kühen mit Klauenerkrankungen konzentrierten sich auf Tiere, die an Klauenrehe (Nilsson 1963; Maclean 1970; Bargai et al. 1992; Belge et al. 2004) oder unkomplizierten Sohlengeschwüren (Lischer 2000) litten. Von Blutwertveränderungen bei Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen wurde nur am Rande (Nilsson 1963; Maclean 1970) oder wenig differenziert (Meimandi Parizi und Khalafizadeh 2006) berichtet. Im Zusammenhang mit den Akute-Phase-Proteinen sind neuere Untersuchungen (Jawor et al. 2008; Smith et al. 2009) vorhanden. Inwieweit sich jedoch die Blutwerte bei Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen verändern und sich somit in der Diagnostik sowie für gezielte prognostische Aussagen einsetzen lassen, ist noch nicht untersucht.

Bei allen Rinderpatienten der Klinik für Wiederkäuer wurden in den Jahren 2004 bis 2007 bei der stationären Einnahme stets die gleichen Blutparameter bestimmt. Dadurch stand ein umfangreicher Datensatz zur Verfügung. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, anhand dieser Daten zu prüfen, ob und wie sich Blutparameter bei Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen verändern und ob sich aus den Veränderungen gegebenenfalls Hinweise für die Therapie und die Prognose ableiten lassen.

II Literaturübersicht

1. Definition „komplizierte Klauenerkrankung“

Betrifft eine Erkrankung der Klaue die unter der Lederhaut und der Subkutis liegenden Strukturen, handelt es sich um eine komplizierte Klauenerkrankung (Müller und Hermanns 2004; Nuss und Steiner 2004b). Die bei einer komplizierten Klauenerkrankung am häufigsten beteiligten Strukturen sind das Klauenbein – im Bereich seiner Spitze und am Tuberculum flexorium –, die tiefe Beugesehne im Bereich ihres Ansatzes, die Bursa podotrochlearis, das Klauensesambein, das Klauengelenk und die gemeinsame Fesselbeugesehnenscheide (Müller und Hermanns 2004).

2. Klauenerkrankungen

2.1 Rusterholzsches Sohlengeschwür (*Pododermatitis septica circumscripta*)

Ursachen und Pathogenese des „Sohlengeschwürs an der typischen Stelle“ werden von Rusterholz (1920) treffend beschrieben und deswegen wird es im deutschsprachigen Raum nach ihm benannt. Nach Murray et al. (1996) ist das typische Sohlengeschwür mit 28 % die am häufigsten von den Klauen ausgehende Lahmheitsursache beim Rind und die häufigste Diagnose an der lateralen Klaue der Beckengliedmaße. Verschiedene Faktoren werden als prädisponierend für die hohe Inzidenz und für das bevorzugte Auftreten an dieser Klaue genannt: die (hormonell bedingte) Auflockerung des Aufhängeapparats des Klauenbeins in der Klaue im Geburtszeitraum (Ossent 1999; Tarlton et al. 2002; Knott et al. 2007), das Absinken des Klauenbeins infolge Klauenrehe (Ossent und Lischer 1998), die Fehlbelastung durch Stallklauen (Rusterholz 1920), die vermehrte Bildung von Klauenhorn durch die Gangdynamik (Toussaint Raven 1989) und anatomische Unterschiede in der Klauengröße infolge eines Längenunterschiedes zwischen der lateralen und medialen Zehe (Nuss und Steiner 2004a; Paulus 2004; Nuss und Paulus 2006; Muggli 2007).

Durch die genannten Faktoren entsteht eine primär mechanisch bedingte Läsion der Lederhaut (van Amstel und Shearer 2006), die zu Hämorrhagien und Nekrosen führt (Collick et al. 1997). Wenn die dadurch bedingte Nekrose schwerwiegend genug ist, wird die Hornbildung dauerhaft gestört und nach Abrieb des Sohlenhorns kommt die

Lederhaut in Form eines Sohlengeschwürs zum Vorschein (Ossent und Lischer 1998). Die typische Lokalisation liegt auf Höhe des Tuberculum flexorium des Klauenbeins.

Werden die einfachen Formen des Sohlengeschwürs nicht behandelt, können sich Sekundärinfektionen des Sohlengeschwürs auf die tiefer gelegenen Strukturen der Klaue ausbreiten (Greenough 1987; Nuss und Steiner 2004b). Infolge der Lokalisation der Eintrittsstelle sind vor allem das Tuberculum flexorium des Klauenbeins und die Fazies flexoria des Sesambeins, das Endstück der tiefen Beugesehne, das Klauengelenk, die Bursa podotrochlearis und die Fesselbeugesehnenscheide betroffen (Müller et al. 2002). Außerdem ist eine Generalisation der Entzündung, meist in Form einer Thromboembolie, möglich (Müller et al. 2002).

2.2 Sohlenwandgeschwür (*Pododermatitis septica circumscripta abaxialis*)

Das Sohlenwandgeschwür ist in der Untersuchung Murrays et al. (1996) die am zweithäufigsten diagnostizierte Klauenerkrankung und wird ebenso als zweithäufigster Grund für eine septische Arthritis des Klauengelenks genannt (Starke et al. 2007). Nach Collis et al. (2004) sind auch bei diesem Geschwür die lateralen Klauen der Beckengliedmaßen prädisponiert, da bei ihnen eine geringere Zugfestigkeit in der weißen Linie nachgewiesen wird als bei den medialen Klauen. Die Linea alba ist aufgrund ihres Aufbaus und der weicheren Konsistenz des Horns besonders anfällig für Schäden. Sie wird zudem durch Klauenrehe geschwächt (Ossent und Lischer 1998; Mülling 2002) und durch den Hufmechanismus besonders beansprucht. Mülling (2002) unterscheidet demzufolge primäre Erkrankungen ohne vorhergehende Schwächung der weißen Linie von sekundären Erkrankungen mit vorangegangener Schwächung der weißen Linie. In beiden Fällen ist nachfolgend eine Infektion der Epidermis und Eiterbildung durch bakterielle Besiedlung möglich (Mülling 2002). Der Eiter kann sich unter dem Wand- und Sohlenhorn ausbreiten und in die Bursa podotrochlearis oder, aufgrund der Nähe zur abaxialen Gelenkaussackung (Müller und Hermanns 2004), in das Klauengelenk einbrechen (Collick et al. 1997). Die Stelle des Einbruchs in die Bursa podotrochlearis liegt meist auf halber Höhe der Wand, am Übergang zwischen Wand- und Ballenhorn (Nuss und Steiner 2004b).

2.3 Sohlenspitzen­geschwür (Pododermatitis septica traumatica)

Auch das Sohlenspitzen­geschwür tritt hauptsächlich, jedoch weniger dominant, an der lateralen Klaue der Hintergliedmaßen auf (Nuss et al. 1990; Miskimins 1994; Kofler 1999). Die Erkrankung ist meist die Folge unsachgemäßer Klauenpflege (49 %). Weitere Ursachen sind Klauenrehe (30,2 %), übermäßige Abnutzung der Sohle und Fremdkörper (11,3 %) (Kofler 1999). Die Dermis ist an der Klauenspitze direkt mit dem Klauenbein verbunden (Maierl und Mülling 2004). Aus diesem Grund, und weil eine kompakte knöcherne Sohlenplatte apikal nicht vorhanden ist, kann sich eine Infektion schnell auf das Klauenbein ausbreiten (Nuss et al. 1990) und eine schnell voranschreitende Osteolyse verursachen.

2.4 Zwischenklauenphlegmone (Phlegmona interdigitalis)

Die Zwischenklauenphlegmone macht nach Murray et al. (1996) 5 % aller Klauenerkrankungen aus. In einer anderen Untersuchung ist sie der dritthäufigste Grund für eine Klauengelenkentzündung, die eine Zehenamputation erfordert (Starke et al. 2007). Durch Mischinfektionen nach Hautläsionen im Interdigitalspalt mit Anaerobiern, u.a. *Fusobacterium necrophorum* (Clark et al. 1985), entsteht eine nekrotisierende Infektion der Haut und Unterhaut (Bergsten 1997), die typischerweise mit starker Lahmheit und Fieber einhergeht. Andere Erreger, wie *Arcanobacterium pyogenes* und hämolysierende Streptokokken, können die Wunde sekundär infizieren (Nuss und Steiner 2004b). Die Infektion breitet sich schnell im Weichteilgewebe aus und kann dann auch auf das Klauengelenk sowie die anderen tiefer liegenden Strukturen übergreifen (Bergsten 1997; Reinöhl-DeSouza und Kofler 2006).

2.5 Klauengelenkentzündung

Die Klauengelenkentzündung entsteht in erster Linie aus tiefreichenden Rusterholzschens Sohlengeschwüren (Bicalho et al. 2006), Sohlenwandgeschwüren oder Interdigitalphlegmonen (Bicalho et al. 2007; Starke et al. 2007). Nach Müller und Hermanns (2004) ist das Klauengelenk allerdings häufiger bei Sohlenwandgeschwüren als bei Rusterholzschens Sohlengeschwüren beteiligt. Seltener wird eine Infektion des

Gelenks durch eine hämatogene Streuung verursacht (Nuss 1988; Nuss und Weaver 1991).

In einer pathologisch-anatomischen Untersuchung (Müller et al. 2002) von Klauen, die wegen einer Klauengelenkinfektion amputiert werden mussten, war die Synovialmembran zu Granulationsgewebe verändert und die Synovia meist fibrinhaltig, seltener purulent oder jauchig.

Die Infektion des Klauengelenks kann auf die angrenzenden Knochen übergreifen und sich somit weiter ausbreiten.

2.6 Klauenbeinfraktur

Die Fraktur der Phalanx distalis gehört zu den häufigsten Frakturen beim Rind (Köstlin und Petzoldt 1985). Die Klauenbeinfraktur tritt vor allem an den Innenklauen der Schulter- und den Außenklauen der Beckengliedmaßen auf. Ätiologisch lassen sich spontane Frakturen, in der Regel durch ein starkes Trauma verursacht, und pathologische Frakturen, nach einer Vorschädigung des Knochens und leichtem Trauma, unterscheiden (Nuss und Steiner 2004b). Frakturen des Klauenbeins sind gedeckt oder offen. Offene Splitterfrakturen kommen in der Untersuchung von Köstlin und Petzoldt (1985) mit 39,7 % am häufigsten vor. Das Klauengelenk ist in dieser Untersuchung bei 76,7 % aller Frakturen beteiligt.

Im Fall einer tiefreichenden Infektion des Tuberculum flexorium kommt es zu einer Abrissfraktur, oder besser zu einem knöchernen Ausriss des Ansatzes der tiefen Beugesehne. Weiterhin tritt eine pathologische Fraktur des Klauenbeins oft als Folge eines Sohlenspitzeneschwürs auf (Müller und Hermanns 2004). Chronische Klauenrehe kann durch eine Vorschädigung des Klauenbeins pathologische Frakturen begünstigen (Nuss und Steiner 2004b).

2.7 Behandlung schwerer Klauenerkrankungen

Da die rein medikamentöse Behandlung von komplizierten Klauenerkrankungen, bedingt durch die starken Veränderungen der Strukturen (Müller und Hermanns 2004), nicht erfolgversprechend ist, ist ein operativer Eingriff indiziert (Nuss 2004a; Nuss 2004b). Sowohl die Art der Entzündung und die Anzahl der betroffenen Strukturen, als auch wirtschaftliche Faktoren, wie Nutzungsart, Leistung, Trächtigkeit und Alter des Tieres, beeinflussen die Wahl der anzuwendenden Methode. Grundlegend ist, dass das infizierte Gewebe dabei vollständig entfernt wird (Nuss und Weaver 1991; Pejsa et al. 1993).

Ist eine Infektion auf bestimmte Strukturen beschränkt, wie beispielsweise auf das Endstück der tiefen Beugesehne, ist eine Resektion der veränderten Anteile ausreichend (Nuss 2004a). Für die Therapie eines Sohlenspitzeneschwürs kann eine Resektion der Klauenbeinspitze genügen (Nuss et al. 1990; Kofler 1999), wenn das Ausmaß der osteolytischen Veränderungen nicht mehr als 50 % des Klauenbeins betrifft (Kofler 1999). Bei nur einer betroffenen Klaue pro Tier führt die Resektion in der Untersuchung Koflers (1999) bei jedem so behandelten Tier zur Heilung. Nuss et al. (1990) berichten von einer durchschnittlichen postoperativen Nutzungsdauer von 24 Monaten.

Weitere klauenerhaltende Operationen sind die Resektion des Endstückes der tiefen Beugesehne, der tiefen Beugesehne und des Klauensesambeins sowie die Klauengelenkresektion. Die Operationstechnik entstand vor etwa 50 Jahren, wurde von vielen Autoren modifiziert und rückt in den letzten Jahren wieder mehr in den Mittelpunkt des Interesses (Köstlin und Nuss 1988; Nuss und Weaver 1991; Desrochers und St. Jean 1995; Bicalho et al. 2007). Nachteile der Resektionstechniken sind der höhere postoperative Aufwand und die damit verbundenen Kosten, sowie ein erhöhtes Komplikationsrisiko (Nuss und Weaver 1991; Kofler et al. 2007). Nuss (1988) sowie Heppelmann et al. (2009) fassen die in der Literatur genannten Überlebenszeiten nach dieser Operation sowie die Überlebenszeiten nach der Resektion des distalen Sesambeins und der Klauenamputation zusammen (Tabelle 1).

Tabelle 1: "Langfristige Überlebenszeiten (Produktivität) nach einer Klauenoperation von Milchrindern, (geordnet) nach Autor" (Heppelmann et al. 2009).

(Durchgeführte) Operation	Resektion des Klauensambenscherle (1970)	Klauengelenkresektion			Zehenamputation							
		Funk (1977)	Nuss (1988)	Heppelmann (2004)	Meyer Buch-tien (1971)	Funk (1977)	Güller und Mar-tig (1977)	Ziffer (1980)	Kofler (1991)	Pejsa et al. (1993)	Heppel-mann (2004)	
Anzahl der Rinder	171	78	251*	26	188	88	55	422	37	41	26	
Kontrollzeitraum (in Jahren)	5,0	10,0	7,0	4,0	4,0	5,5	6,5	4,0	1,5-5,3	19	4,0	
Mittlere Überlebenszeit (in Monaten)	12,1 ^a	20 ^a	18 ^a	10,9 ^b	k. D.	15,6 ^a	16,5 ^a	13,5 ^a	14,9 ^a	20 ^a	13,5 ^b	
Prozentualer Anteil der Kühe, die innerhalb dieses Zeitraums post OP geschlachtet wurden (in Monaten)	3	16,0	k. D.	20,7	11,5	23,4	k. D.	k. D.	17,8	k. D.	k. D.	15,4
	6	24,0	21,8	9,2	19,2	29,2	24,4	k. D.	16,6	43,8	k. D.	19,2
	12	25,0	k. D.	k. D.	23,1	22,4	k. D.	55,0	24,7	21,9	31,7	11,5
	24	18,0	k. D.	k. D.	26,9	21,0	k. D.	20,0	25,4	-	24,4	34,6
	36	15,0	k. D.	k. D.	11,5	4,0	k. D.	17,5	9,6	-	k. D.	11,5
	48	50,5	k. D.	k. D.	Nach-unters. > 36 Monate	-	k. D.	5,0	5,2	-	k. D.	Nach-unters. > 36 Monate
	60	1,5	k. D.	k. D.		-	k. D.	2,5	0,7	-	k. D.	
72	-	k. D.	k. D.		-	k. D.	-	-	-	k. D.		
Postoperative Überlebenszeit (in Monaten)	<12	k. D.	44,6	46,6	53,8	75,0	58,6	55,0	59,1	65,7	31,7	46,2
	>12	k. D.	56,4	53,4	46,2	k. D.	41,4	k. D.	k. D.	-	k. D.	53,8
	>24	k. D.	30,7	30,3	19,2	k. D.	19,5	k. D.	k. D.	34,3	31,7	19,2
	>36	k. D.	17,9	18	7,7	k. D.	8,5	k. D.	k. D.	-	k. D.	7,7
	>48	k. D.	7,6	6,4	k. D.	k. D.	3,6	k. D.	k. D.	-	k. D.	k. D.
	>60	k. D.	k. D.	2,0	k. D.	k. D.	k. D.	k. D.	k. D.	-	k. D.	k. D.
	>72	k. D.	k. D.	0,4	k. D.	k. D.	k. D.	k. D.	k. D.	-	k. D.	k. D.

^a Mittelwert; ^b Median; k. D. = keine Daten ; * Diskrepanz zur Originalarbeit, dort 281 Tiere.

Ist die Infektion weit fortgeschritten oder bestehen wirtschaftliche Einschränkungen, ist die Zehenamputation indiziert (Pfeiffer 1912; Osman 1970; Kofler und Fessl 1989; Jahn-Falk und Martin 1997; Nuss und Steiner 2004b). Von den meisten Autoren (Funk 1976; Funk 1977; Merkens 1977; Köstlin und Nuss 1988; Bicalho et al. 2007), nicht jedoch von Kofler et al. (2007) und von Starke et al. (2007), wird eine längere postoperative Lebensspanne nach Klauengelenkresektion festgestellt. Die letztgenannte

Untersuchung, in der kein signifikanter Unterschied konstatiert wird, ist die einzige prospektive. In ihr ist die Nutzungsdauer der Tiere gegenüber früheren Untersuchungen allerdings nach beiden Operationstechniken stark verkürzt. Das Vorgehen bei der Klauengelenkresektion ist widersprüchlich beschrieben. Auch die Kippklauenprophylaxe wird wenig objektiv beurteilt – sie wird bei drei Tieren dieser Untersuchung gar nicht angewendet, weil sie an einem Sohlengeschwür an der Innenklaue leiden (Heppelmann 2004; Nuss 2009). Allerdings zeigen bei der letztgenannten Untersuchung (Starke et al. 2007) nach einer Klauenamputation mehr Tiere eine Pododermatitis circumscripta an der verbliebenen Partnerklaue als nach einer Klauengelenkresektion, was wegen des Fehlens von Behandlungsmöglichkeiten in der Regel zur Verwertung des Tieres führt. Der geringere Aufwand spricht aber vor allem bei weniger wertvollen Tieren dafür, eine Klauenamputation vorzunehmen (Nuss und Weaver 1991).

3. Blutparameter

Die Untersuchung der verschiedenen Blutkomponenten ermöglicht es, sowohl den Gesundheitsstatus einer Herde als auch den eines einzelnen Tieres einzuschätzen (Eldon et al. 1988). Das Blutbild (Jones und Allison 2007) kann ebenso wie die blutchemischen Parameter (Yokus und Cakir 2006; Russell und Roussel 2007) in Zusammenhang mit der klinischen Untersuchung sowohl eine diagnostische und therapeutische Hilfestellung geben, als auch bei der Prognosestellung von Nutzen sein. Damit die erhobenen Werte jedoch richtig beurteilt werden können, müssen sowohl tierindividuelle Faktoren wie Alter, Rasse, Trächtigkeit, Kalbung als auch bestandsspezifische Faktoren wie Haltung und Fütterung berücksichtigt werden (Baumgartner und Skalicky 1979; Eldon et al. 1988; Stöber und Gründer 1990).

3.1 Parameter des Säure-Basen-Haushalts

Zur Einschätzung des Säure-Basen-Status werden der pH-Wert, der Kohlenstoffdioxid- und Sauerstoffpartialdruck ($p\text{CO}_2$ und $p\text{O}_2$), das Bikarbonat (HCO_3^-) und der Basenexzess (BE) bestimmt. Der BE beschreibt die Menge an Säure bzw. Base (H^+ -

bzw. OH⁻-Ionen in mmol/l), die bei einem pCO₂ von 40 mmHg und einer Temperatur von +37°C benötigt wird, um (humanes) Blut auf ein pH von 7,40 zu titrieren (Zander 1995). Bis auf das HCO₃⁻ und den BE zeigen die Werte signifikante (pH; $p < 0,01$) bzw. hochsignifikante (pCO₂, pO₂; $p < 0,001$) Unterschiede zwischen venösem und arteriellem Blut (Nagy et al. 1994). Ist vor allem die metabolische, nicht die respiratorische Komponente des Säure-Basen-Status von Interesse, sollte venöses Blut für die Untersuchung entnommen werden (Constable 2008). Nicht kompensierte metabolische Azidosen bzw. Alkalosen sind durch den gemeinsamen Abfall bzw. Anstieg des pH-Werts und der Bikarbonat-Konzentration gekennzeichnet.

Beim erwachsenen Rind zählen die Laktat- und die Ketoazidose zu den metabolischen Azidosen (Carlson und Bruss 2008). Eine metabolische Alkalose wird beim Rind typischerweise infolge von Obstruktionen des proximalen Gastrointestinaltrakts in Form der hypochlorämischen Alkalose beobachtet. Durch den möglichen Austausch von H⁺- und K⁺-Ionen zwischen dem Intra- und dem Extrazellulärraum beeinflusst, kann auch die Kaliumkonzentration den Säure-Basen-Haushalt des Tieres bedingt beeinflussen.

Nilsson (1963) untersucht das Blut von an Klauenrehe leidenden Kühen der Rassen Schwedische Schwarz- und Rotbunte. Von den Parametern der Blutgasanalyse untersucht Nilsson (1963) nur den pH-Wert. Der Mittelwert ist mit $7,52 \pm 0,02$ signifikant niedriger als der von Carlström (1961) ermittelte Normalwert von $7,65 \pm 0,01$, bei den Tieren der eigenen Kontrollgruppe untersucht Nilsson den pH-Wert nicht.

3.2 Blutbild

3.2.1 Erythrozytenzahl

Über die roten Blutkörperchen findet der Gasaustausch bzw. der Transport von Sauerstoff und CO₂ statt (Jones und Allison 2007). Während Mammerickx et al. (1978a) eine Abnahme der Erythrozytenzahl bei Rindern bis zu einem Alter von fünf bis sechs Jahren feststellen, steigt sie in der Untersuchung Baumgartners (1979) zumindest bis zur zweiten Abkalbung an. Bei Kühen aus Herden mit einer hohen (> 7258 kg) durchschnittlichen Milchleistung liegen die Erythrozytenzahlen signifikant ($p < 0,05$) höher als bei Kühen aus Herden mit geringerer Milchleistung (Jones et al. 1982).

Beträgt die Zahl der Erythrozyten weniger als $5 \times 10^6/\mu\text{l}$ oder liegt der Hämoglobingehalt niedriger als 8 g/dl, liegt eine Anämie vor (Cole et al. 1997); (Tabelle 2). Die bei den Haussäugetieren am häufigsten vorkommende Anämie resultiert aus einer Entzündung (Stockham 2000) und ist typischerweise moderat, nicht regenerativ, normozytär und normochrom. Entzündungszytokine führen dabei zu einer Herabsetzung der Eisenverfügbarkeit, einer Verminderung der Überlebenszeit der Erythrozyten und zu einer Reduktion der Erythropoese (Waner und Harrus 2000). Daneben spielen beim Wiederkäuer chronisches Nierenversagen und Ernährungsdefizite (Eisen, Kupfer, Kobalt) hinsichtlich der Entstehung einer nichtregenerativen Anämie eine Rolle (Jones und Allison 2007). Auch bei stark unterernährten Tieren werden Anämien beobachtet (Watson und Canfield 2000).

Bei der Untersuchung der Erythrozytenzahlen ergeben sich nach Nilsson (1963) keine Unterschiede zwischen Tieren, die an verschiedenen Formen der Klauenrehe erkrankt sind. Auch Maclean (1970) findet keine signifikanten Veränderungen bei Rindern, die an einer Klauenrehe leiden. Bei den Milchkühen sind nur die Werte bei solchen, die zusätzlich an einer Retentio secundinarum oder einer Metritis erkrankt sind, vergleichsweise hoch. Eine einzelne Kuh mit multiplen Abszessen weist Werte unterhalb des Referenzbereichs auf (Maclean 1970).

In Blutproben von an akuter Klauenrehe leidenden Kälbern finden Bargai et al. (1992) eine signifikante ($p < 0,001$) Erhöhung der Gesamtzahl der Erythrozyten. Meimandi Parizi und Khalafizadeh (2006) untersuchen die Blutparameter von 38 stark lahmen Kühen, die zum Teil auch ein schlechtes Allgemeinbefinden zeigen, und vergleichen sie mit einer Kontrollgruppe von 34 nicht lahmen, gesunden Kühen. Die Erythrozytenkonzentrationen sind bei den stark lahmen Kühen im Mittel signifikant ($p < 0,05$) niedriger als bei den gesunden Tieren.

3.2.2 Hämoglobin

Der Hämoglobingehalt gibt die Kapazität der Erythrozyten an, Sauerstoff zu transportieren. Sein Wert entspricht im Normalfall einem Drittel des Hämatokrits (Jones und Allison 2007), die in der Literatur genannten Referenzbereiche sind wie die der anderen Parameter des Blutbilds in Tabelle 2 dargestellt. Abhängigkeiten vom Alter werden kontrovers beschrieben. Sowohl Mammerickx et al. (1978a) als auch Shaffer et

al. (1981) stellen keine Altersabhängigkeit fest, Baumgartner (1979) hingegen berichtet über einen Anstieg des Hämoglobins mit dem Alter, Stöber und Gründer (1990) beschreiben hingegen dessen Abfall. Rinder der Rasse Braunvieh weisen einen vergleichsweise niedrigen Mittelwert auf (Baumgartner 1979; Shaffer et al. 1981) und Fleckvieh-Kühe zeigen signifikant niedrigere Werte als die anderen von Doornenbal (1977) untersuchten (Fleisch-) Rassen. Weibliche Tiere haben im Vergleich zu männlichen signifikant ($p < 0,01$) niedrigere Werte (Doornenbal 1977), wobei für Herden mit mittlerer und hoher durchschnittlicher Milchleistung (> 6350 kg) signifikant höhere Werte als bei Herden mit geringerer durchschnittlicher Milchleistung vorliegen ($p < 0,01$) (Jones et al. 1982). Der Hämoglobingehalt des Blutes von Kühen fällt zum Trächtigkeitseende hin signifikant ab ($p < 0,001$) (Baumgartner 1979).

Bei Kühen mit Klauenrehe und solchen mit Klauengeschwüren stellt Nilsson (1963) Erhöhungen der Hämoglobinmittelwerte im Vergleich zur Kontrollgruppe fest. Am deutlichsten ist der Unterschied bei Kühen mit akuter Rehe und ohne Begleiterkrankung. Auch rehekranken Mastrinder (Maclean 1970) und an Klauenrehe erkrankte Kälber (Bargai et al. 1992) zeigen signifikant erhöhte Hämoglobinwerte. Bei stark lahmen Kühen ist der Hämoglobingehalt im Vergleich zu gesunden Tieren signifikant ($p < 0,05$) erniedrigt (Meimandi Parizi und Khalafizadeh 2006).

3.2.3 Hämatokrit

Der Hämatokrit ist ein aus Erythrozytengröße und -zahl ermittelter Wert (Jones und Allison 2007), der den Anteil der zellulären Blutbestandteile am gesamten Blutvolumen beschreibt. Erhöhte Werte des Hämatokrits entstehen bei einer Dehydratation des Tieres, erniedrigte Werte kennzeichnen eine Anämie (Stöber und Gründer 1990). Über die Abhängigkeit des Hämatokrits vom Alter des Tieres liegen unterschiedliche Angaben vor. Shaffer et al. (1981) finden mit zunehmendem Alter der Tiere einen signifikanten ($p < 0,01$) Abfall, Mammerickx et al. (1978a) können keine Veränderungen des Hämatokrits feststellen. Bezüglich des Geschlechts werden für weibliche Tiere signifikant ($p < 0,01$) höhere Werte als für männliche nachgewiesen (Doornenbal 1977). In den ersten Trächtigungsmonaten werden Maximalwerte erreicht (Baumgartner 1979). Bei Herden mit hoher Milchleistung liegt der Hämatokrit höher ($p < 0,05$) als bei Herden mit niedriger Milchleistung (Jones et al. 1982).

Während Nilsson (1963) bei Kühen mit Klauenrehe keine signifikanten Veränderungen bezüglich des Hämatokrits feststellt, sind die Werte bei den an Klauenrehe leidenden Mastrindern signifikant erhöht (Maclean 1970). Eine Erhöhung zeigen auch die von Bargai et al. (1992) untersuchten Kälber. Bei Kühen mit starker Lahmheit stellen Meimandi Parizi und Khalafizadeh (2006) signifikant ($p < 0,05$) erniedrigte Werte fest.

3.2.4 Thrombozyten

Die Blutplättchen dienen der primären Hämostase nach Endothelläsionen (Mischke 2005; Jones und Allison 2007). Selten tritt eine primäre, persistierende Thrombozytose (essentielle Thrombozythämie) auf, die durch eine Knochenmarkerkrankung hervorgerufen wird. Weitaus häufiger ist eine sekundäre oder reaktive Thrombozytose (Mandell 2000), z. B. nach Anstrengung, Stress oder einer Entzündung (Jones und Allison 2007). Sepsis, Endotoxämie, Vaskulitis oder eine disseminierte intravasale Gerinnung führen zu einer Thrombozytopenie. Diese ist durch den Abfall der Gesamtzahl unter 100 000 Blutplättchen/ μl (Jones und Allison 2007) gekennzeichnet. Angaben über Veränderungen der Thrombozytenzahlen bei Klauenerkrankungen konnten in der gesichteten Literatur nicht gefunden werden.

3.2.5 Leukozyten

Die Gesamtzahl der Leukozyten und auch die Anteile der einzelnen Zellfraktionen werden durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Die Gesamtleukozytenzahl ist bei Rindern bis zu einem Alter von drei Jahren höher als bei Rindern, die älter als drei Jahre sind (Stöber und Gründer 1990). Auch das Verhältnis der einzelnen Fraktionen der weißen Blutzellen zueinander verändert sich mit dem Alter. Während in den ersten Lebenswochen die neutrophilen Granulozyten dominieren, übernehmen nach etwa zwei Wochen die Lymphozyten den größeren Anteil (Kramer 2000). Das adulte Rind hat ein lymphozytäres Blutbild (Kraft et al. 2005) mit einem Verhältnis der Neutrophilen zu den Lymphozyten von 1:2 (Taylor 2000; Jones und Allison 2007).

Signifikante Unterschiede in der mittleren Leukozytenzahl bestehen zwischen den Rassen (Mammerickx et al. 1978b). Das Laktationsstadium hat keine Auswirkung auf

die Gesamtzahl der Leukozyten, aber Herden mit hoher Milchleistung weisen signifikant ($p < 0,01$) höhere Leukozytenzahlen auf als Herden mit mittlerer oder geringer Milchleistung (Jones et al. 1982). Baumgartner (1979) stellt einen signifikanten ($p < 0,001$) Abfall der Lymphozyten mit dem letzten Drittel der Trächtigkeit bei Fleckviehkühen sowie einen Anstieg der segmentkernigen Granulozyten in dieser Zeit fest. Nach Stöber und Gründer (1990) ist die Gesamtleukozytenzahl zum Zeitpunkt der Kalbung und bis zu einer Woche danach erhöht.

Da bei gleichzeitigen, unterschiedlichen Zu- und Abnahmen der einzelnen Leukozytenfraktionen die Gesamtleukozytenzahl unverändert bleibt, ist die Beurteilung des Differentialblutbilds von größerer Bedeutung als die Beurteilung der Gesamtleukozytenzahl (Jones und Allison 2007). Je nach Stadium haben Entzündungsprozesse verschiedene Auswirkungen auf das Differentialblutbild. Generell ist eine entzündliche Reaktion beim Rind oft durch Veränderungen im Differentialblutbild bei einer im Referenzbereich liegenden Gesamtleukozytenzahl gekennzeichnet (Taylor 2000).

Bei akuten entzündlichen Prozessen (24-48 Stunden) liegt beim Rind gewöhnlich eine Leukopenie vor (Taylor 2000), verursacht durch eine transiente Neutropenie (Andresen 1970). Am häufigsten treten Leukopenien bei Kühen mit Erkrankungen des Gastrointestinaltrakts, des Euters und der Geschlechtsorgane auf, selten hingegen bei muskuloskeletalen Erkrankungen oder solchen des Atmungsapparates, des Nervensystems oder des Harnapparats (Andresen 1970). Eine signifikant höhere Inzidenz von Leukopenien zeigen Kühe nach Andresen (1970) im ersten Monat post partum. Entwickelt sich eine chronische Entzündung, liegen die Konzentrationen der einzelnen Zellfraktionen dann häufig wieder im Normalbereich (Jones und Allison 2007). Aufregung und Stress führen zur Neutrophilie ohne Linksverschiebung, Lymphopenie, Eosinopenie und Monozytose (Jones und Allison 2007). Beim Rind ist dieses „Stressleukogramm“ jedoch weniger ausgeprägt als bei anderen Haustierspezies (Kramer 2000).

In der Untersuchung Nilssons (1963) liegt die Konzentration der Leukozyten nur bei den Kühen mit chronischer Klauenrehe und akutem Reheschub signifikant niedriger als bei gesunden. Diese Tiere zeigen im Differentialblutbild, ebenso wie die Tiere mit akuter Rehe und Rehe mit Ketose, eine Basopenie. Bei allen anderen Gruppen befinden

sich die Werte im Referenzbereich. Bei Kühen, die zusätzlich zu der Rehe oder allein ein „Panaritium“ aufweisen, sind die Werte tendenziell höher. Im Differentialblutbild lassen sich ein signifikanter Anstieg der neutrophilen Granulozyten und eine Basophilie erkennen. Kühe, die zusätzlich zur Rehe auch Klauengeschwüre haben, zeigen ebenfalls eine Tendenz zu hohen Leukozytenzahlen, bei ihnen ist die Fraktion der Eosinophilen deutlich erhöht und die der Basophilen erniedrigt. Auch bei Tieren mit chronischer Rehe weist Nilsson eine leichte Basophilie nach. Bei Kühen mit akuter Klauenrehe steigen die Werte der Leukozyten in seiner Untersuchung zunächst an, bevor sie im weiteren Verlauf deutlich absinken. Kühe mit Klauenrehe und Nachgeburtverhalten zeigen eine signifikante Lymphozytose.

In der Studie Macleans (1970) werden keine signifikanten Veränderungen des weißen Blutbilds festgestellt. Die einzige Ausnahme mit signifikant erhöhten Konzentrationen der neutrophilen Granulozyten bilden zwei Kühe mit Abszessen bzw. Peritonitis.

Bei den 38 Kühen mit hochgradiger Lahmheit sind die Gesamtleukozytenzahl und die Konzentrationen der neutrophilen Granulozyten sowie der Monozyten signifikant erhöht ($p < 0,05$). Die Anteile der Lymphozyten und der eosinophilen Granulozyten sind nicht verändert (Meimandi Parizi und Khalafizadeh 2006).

Tabelle 2: In der Literatur (Stöber und Gründer 1990; Kramer 2000) angegebene Referenzbereiche der Parameter des Blutbilds.

Parameter	Referenzbereiche für klinisch gesunde Rinder (Stöber und Gründer 1990)	Referenzbereiche für Rinder (Kramer 2000)
Erythrozytenzahl (T/l)	5,0-8,0	5,0-10,0
Hämoglobin (g/l)	80-120	80-150
Hämatokrit (%)	30-40	24-46
Thrombozytenzahl (G/l)	200-800	100-800
Leukozytenzahl (G/l)	5,0-10,0	4,0-12,0

G = Giga ($\times 10^9$), T = Terra ($\times 10^{12}$)

3.3 Substrate und Proteine

3.3.1 Glukose

Der Glukosemetabolismus des Wiederkäuers unterscheidet sich wesentlich von dem der Monogastrier, da kaum eine Absorption von Glukose über den Magen-Darm-Trakt stattfindet (Russell und Roussel 2007). Stattdessen werden vor allem die im Pansen von Mikroorganismen gebildeten flüchtigen Fettsäuren Acetat, Propionat und Butyrat aufgenommen. Die Oxidation des Acetats ist die wesentliche Energiequelle der Wiederkäuer, Propionat dient zur Glukosesynthese (Kaneko 1997).

Die Serumkonzentration der Glukose (Tabelle 6) sinkt bei Rindern mit dem Alter ab (Baumgartner und Skalicky 1979; Shaffer et al. 1981; Doornenbal et al. 1988; Eldon et al. 1988). Im peripartalen Zeitraum sind die Werte am höchsten, während der Laktation sinken sie signifikant ($p < 0,05$) (Haraszti et al. 1982; Doornenbal et al. 1988). Giger et al. (1997) messen zwei Wochen post partum die niedrigsten Konzentrationen und stellen einen Anstieg bis zum 3. Monat der Laktation fest. Tiere der Rassen Holstein Friesian und Braunvieh haben im Vergleich mit den anderen untersuchten Rassen die niedrigsten Glukosewerte (Shaffer et al. 1981).

Neben Stress und Aufregung bewirken Obstruktionen im oberen Gastrointestinaltrakt, neurologische Erkrankungen, Milchfieber und bestimmte Medikamente (Xylazin, Glukokortikoide, Glukoseinfusion) eine Hyperglykämie. Ein spezieller Stressauslöser, der in Zusammenhang mit Hyperglykämien beschrieben wird, ist der Transport (Knowles 1999; Knowles et al. 1999). Der Anstieg der Glukosekonzentration ist nach dem ersten gemessenen Zeitintervall von 14 Stunden am deutlichsten (Knowles et al. 1999). Eine Hypoglykämie tritt u. a. bei Septikämien oder einer Ketose auf (Russell und Roussel 2007).

Kühe mit akuter Klauenrehe zeigen in der Untersuchung Nilssons (1963) eine nicht signifikante Erhöhung der Glukosekonzentration. Lischer et al. (2000a) untersuchen verschiedene blutchemische Parameter bei 160 Milchkühen (Untersuchung 1) mit unkomplizierten Sohlengeschwüren unterschiedlichen Grades (Tabelle 3). Von diesen 160 Kühen leiden 66 % außerdem an subklinischer oder chronischer Klauenrehe. Zwar liegt die Glukosekonzentration bei vielen der Kühe oberhalb des Referenzbereichs, jedoch zeigen sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen (Lischer et al. 2000a).

Tabelle 3: Blutwerte von Kühen mit unkomplizierten Sohlengeschwüren (Untersuchung 1, (Lischer et al. 2000a)) und von Kühen während des Heilungsverlaufs unkomplizierter Sohlengeschwüre (Untersuchung 2, (Lischer et al. 2001)).

Parameter	Einheit	Untersuchung 1 (n = 160)			Untersuchung 2 (n = 74)		
		T	H	S	T	H	S
Glukose	mmol/l	7,0 %	57,0 %	-	72,3 %	1,7 %	↑A
Harnstoff	mmol/l	5,0 %	30,4 %	↑a c d,↑↑e,↓↓b	-	29,7 %	-
Bilirubin	µmol/l	6,3 %	29,7 %	↑↑↑e	4,3 %	24,9 %	↑A, B
Kalzium	mmol/l	5,7 %	4,4 %	-	6,0 %	9,9 %	-
Magnesium	mmol/l	23,4 %	4,4 %	-	25,8 %	3,4 %	-
Phosphor	mmol/l	43,6 %	3,8 %	-	31,2 %	5,4 %	↑A, B
γ-GT	U/l	-	5,7 %	↓b	-	7,6 %	-
AST	U/l	-	5,7 %	↑↑a, ↑↑↑e	-	5,4 %	↑A, ↑↑B
CK	U/l	-	2,5 %	↑d, ↑↑e	n .u	n .u.	n .u.

T, H = prozentuale Anteile der Werte, die unter (T) oder über (H) dem Referenzbereich (Mittelwert ± 2sd) liegen. ↑ Werte erhöht, ↓Werte erniedrigt.

S = signifikante Unterschiede (ANOVA) zwischen Gruppen; ↑,↓: $p < 0,05$; ↑↑,↓↓: $p < 0,01$; ↑↑↑,↓↓↓: $p < 0,001$

a: bei einem oder mehreren unkomplizierten Sohlengeschwüren in früherer Laktation

b: bei chronischer Lahmheit (> 10 Tage)

c: bei zusätzlicher subklinischer oder chronischer Klauenrehe

d: bei zwei oder mehr Sohlengeschwüren

e: bei mittel- bis hochgradigen Sohlengeschwüren

A: bei schlechtem 30-Tage-Heilungsverlauf

B: bei einer Überhornungszeit von > 30 Tagen

n. u. = nicht untersucht

In einer weiteren Untersuchung beschreiben Lischer et al. (2001) den Heilungsverlauf von unkomplizierten Sohlengeschwüren bei 74 Milchkühen in Anbindehaltung (Untersuchung 2). Bei Kühen mit schlechtem 30-Tage-Heilungsverlauf werden signifikant ($p < 0,05$) höhere Glukosewerte gemessen als von Kühen mit gutem Heilungsverlauf.

3.3.2 L-Laktat

L-Laktat entsteht infolge einer Störung der Gewebepfusion durch anaerobe Glykolyse. Eine Erhöhung der Konzentrationen des L-Laktats (Tabelle 6) ist demnach ein Zeichen von Ischämie und Nekrose. Andererseits tritt eine Erhöhung auch bei Pansenazidose sowie hypovolämischem oder septischem Schock auf (Russell und Roussel 2007).

(Gesamt-)Laktat und Kortisol verwenden El-Ghoul und Hofmann (2002) zur Messung der Stressreaktionen von 35 Rindern mit Klauenerkrankungen im Vergleich zu denen von 35 klinisch gesunden Deutschen Schwarzbunten Kühen. Die klauenkranken Tiere weisen signifikant höhere Laktatkonzentrationen ($p < 0,01$) als die gesunden Tiere auf. Bei einer zweiten Messung während der Klauenbehandlung steigt der Laktatspiegel signifikant ($p < 0,01$) an. Von den erkrankten Kühen haben diejenigen mit Pododermatitis septica circumscripta die höchsten, die mit Klauenrehe die niedrigsten Werte. Die Werte des Kortisols sind bei den Kühen mit Klauenerkrankung zu jedem Zeitpunkt höher als bei den gesunden Kühen.

3.3.3 Harnstoff

Beim Milchrind ist der in der Leber aus Ammoniak gebildete Harnstoff (Finco 1997; Kraft und Dürr 2005b) ein wichtiger Indikator für die Protein- (Reinartz und Hofmann 1989) und die Energieversorgung (Fürll 2004). Die Harnstoffwerte steigen mit dem Alter signifikant an ($p < 0,05$) und sind bei laktierenden Kühen höher als bei trockenstehenden ($p < 0,05$) (Doornenbal et al. 1988). Auch Giger et al. (1997) verzeichnen einen leichten Anstieg der Harnstoffkonzentration, vor allem aber eine große Streuung der Werte post partum. Während der zweiten Trächtigkeit sind die Harnstoffkonzentrationen signifikant ($p < 0,001$) höher als in der ersten (Baumgartner und Skalicky 1979). Dieselben Tiere zeigen ab Mitte der ersten Trächtigkeit bis zur Geburt einen signifikanten Abfall der Konzentration ($p < 0,01$). Teinturier et al. (1984) berichten hingegen von konstanten Harnstoffwerten während der Trächtigkeit. Sie stellen weiterhin fest, dass die Werte im ersten Monat p. p. signifikant erhöht sind und im zweiten dann signifikant abfallen.

Ursachen für einen Anstieg der Harnstoffkonzentration im Blut werden gemäß ihrer

Lokalisation in prärenal (z. B. Dehydratation, Kreislaufstörungen, körperliche Belastung), renal (z. B. Nephritis, Glomerulonephritis, Nephropathie) und postrenal (Obstruktion oder Ruptur der Harnwege) eingeteilt. Beim Rind tritt eine Azotämie meist prärenal infolge von Kreislaufstörungen auf.

Tabelle 4: Blutwerte von Kühen mit Anzeichen für eine (sub)klinische Klauenrehe (Untersuchung 3, (Lischer et al. 2000c)) und von gealpten Kühen während des Heilungsverlaufs unkomplizierter Sohlengeschwüre (Untersuchung 4, (Lischer et al. 2000b)).

Parameter	Einheit	Untersuchung 3 (n = 100)			Untersuchung 4 (n = 60)		
		T	H	S	T	H	S
Glukose	mmol/l	7,8 %	—	↑a	20,0%	—	—
Harnstoff	mmol/l	—	45,0 %	—	—	40,7 %	—
β-HBA	μmol/l	—	23,2 %	↓↓↓a	10,0%	20,0 %	↑A
Kalzium	mmol/l	4,0 %	—	↑↑↑a	3,3%	3,3 %	—
Magnesium	mmol/l	0,7 %	—	↑↑↑a	—	3,3 %	—
Phosphor	mmol/l	45,8 %	—	↓↓↓,↑↑↑*	40,7%	—	—
GLDH	U/l	—	62,3 %	↑b	—	59,3 %	—
γ-GT	U/l	—	5,1 %	↑b (p < 0,06)	—	6,9 %	—
AST	U/l	—	22,6 %	↓a ↑↑b	—	22,0 %	↑↑A

T, H = prozentuale Verteilung der Mittelwerte, die unter (T) oder über (H) dem Referenzbereich (Mittelwert ± 2sd) lagen

S = signifikante Unterschiede zwischen Gruppen (errechnet mit Messwiederholungs-Varianzanalyse (ANOVA)); ↑,↓: p < 0,05; ↑↑,↓↓: p < 0,01; ↑↑↑,↓↓↓: p < 0,001

↑ Werte gestiegen/erhöht... ↓Werte gesunken/erniedrigt...

a: im Verlauf der Alpung

b: bei Kühen mit Sohlenblutungen/depigmentiertem Horn

* von Erhebung 1 zu 2 gesunken, von Erhebung 2 zu 3 gestiegen

A: bei schlechtem 30-Tage-Heilungsverlauf

Eine Erniedrigung der Harnstoffkonzentration tritt infolge einer Verminderung der Futteraufnahme (Kraft und Dürr 2005b; Radostits et al. 2007; Russell und Roussel 2007), bei erhöhten Verlusten über den Speichel und bei einer Reduktion des Pansenmetabolismus auf.

Bei 160 Kühen mit unkomplizierten Sohlengeschwüren (Lischer et al. 2000a) sind deutliche Unterschiede hinsichtlich der Harnstoffkonzentration zu verzeichnen. Weitere Untersuchungen (Tabelle 4) an Kühen mit verschiedenen unkomplizierten Klauenerkrankungen (Lischer et al. 2000c) und (Lischer et al. 2000b) zeigen jedoch keine Unterschiede mehr auf.

3.3.4 Kreatinin

Kreatinin wird im Skelettmuskel aus Kreatin gebildet und in konstanter Rate an die Körperflüssigkeit abgegeben (Radostits et al. 2007). Die Ursachen für eine Erhöhung der Kreatininkonzentration entsprechen denen des Harnstoffs. Der Kreatininspiegel wird zudem durch die Muskelmasse beeinflusst: Tiere mit einer größeren Muskelmasse haben höhere Kreatininwerte (Radostits et al. 2007). Da die Kreatininkonzentration im Serum weniger stark als die Harnstoffkonzentration von exogenen Faktoren beeinflusst wird, eignet es sich beim Wiederkäuer besser für die Beurteilung der Nierenfunktion (Russell und Roussel 2007).

In der Trockenstehzeit und vor der Kalbung steigt der Kreatininspiegel an und fällt nach der Kalbung sowie während der Laktation wieder ab (Tainturier et al. 1984; Doornenbal et al. 1988). Über eine Beeinflussung des Kreatininspiegels durch Klauenerkrankungen konnten keine Literaturangaben gefunden werden.

3.3.5 Bilirubin

Bilirubin ist ein Abbauprodukt des Hämoglobins, entsteht aber auch beim Abbau von Myoglobin, Zytochromen und Katalasen. Das Gesamtbilirubin setzt sich aus unkonjugiertem/indirektem und aus konjugiertem/direktem Bilirubin zusammen: Bei einem Hämoglobinabbau wird es an Albumin gebunden (= indirektes Bilirubin) zur Leber transportiert, wo es an Glukuronsäure gekoppelt (= direktes Bilirubin) und dann mit der Gallenflüssigkeit ausgeschieden wird (Russell und Roussel 2007). Der Anteil an indirektem Bilirubin steigt bei akuter Hämolyse an, während direktes Bilirubin bei intra- oder posthepatischer Gallenobstruktion vermehrt im Serum nachweisbar ist (Russell und Roussel 2007).

Der Gesamtgehalt des Serum-Bilirubins ist bei Rindern im Vergleich zu dem anderer Tierarten gering (Dirksen 1990) und sinkt zudem mit dem Alter weiter ab (Doornenbal et al. 1988). In den Wochen nach der Kalbung sind die Bilirubinkonzentrationen höher als ante partum (Giger et al. 1997), bei Kühen ist dieser Anstieg deutlicher als bei Kalbinnen (Rowlands und Manston 1983).

Tabelle 5: Blutwerte von Kühen während des Heilungsverlaufs leichtgradiger Sohlengeschwüre (Untersuchung 5, (Lischer et al. 2003)).

Parameter	Einheit	Untersuchung 5 (n = 24)		
		T	H	S
Glukose	mmol/l	9,7 %	5,6 %	—
Harnstoff	mmol/l	16,7 %	16,7 %	—
Bilirubin	µmol/l	5,6 %	20,3 %	—
Kalzium	mmol/l	2,8 %	14,6 %	—
Magnesium	mmol/l	43,1 %	—	↓a
Phosphor	mmol/l	16,0 %	5,5 %	↑a
GLDH	U/l	—	55,9 %	↑a
γ-GT	U/l	—	12,5 %	↑a ↓b
AST	U/l	—	2,1 %	↓b
CK	U/l	—	6,2 %	—

T, H = prozentuale Verteilung der Mittelwerte, die unter (T) oder über (H) dem Referenzbereich (Mittelwert ± 2sd) lagen

S = signifikante Unterschiede zwischen Gruppen (errechnet mit Messwiederholungs-Varianzanalyse (ANOVA))

↑ Werte erhöht/gestiegen... ↓Werte erniedrigt/gesunken...

a: bei Tieren, deren histologische Hornstruktur im Verlauf gleich blieb oder sich verschlechterte (nur bei wenigen einzelnen Messungen signifikant)

b: während des Heilungsverlaufs, unabhängig der Hornqualität

Bei Kühen mit „mittel- bis hochgradigen Sohlengeschwüren“ werden von Lischer et al. (2000a) signifikant ($p < 0,001$) höhere Bilirubinwerte gemessen als bei Kühen mit „leichtgradigen Sohlengeschwüren“ (Tabelle 3). In einer weiteren Untersuchung beurteilen Lischer et al. (2003) den Heilungsverlauf von „leichtgradigen, unkomplizierten Sohlengeschwüren“, indem sie die Hornqualität vor deren Behandlung

und an Tag 50 nach der Behandlung histologisch untersuchen (Untersuchung 5). Es sind zwar Abweichungen einiger Bilirubinwerte vom Referenzbereich nachweisbar, ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen mit guter oder schlechter Hornqualität bzw. guter und schlechter Heilung ist jedoch nicht erkennbar.

3.3.6 Eiweiß

3.3.6.1 Gesamteiweiß

Das Gesamteiweiß (GE) setzt sich aus dem Albumin sowie den α -, β - und γ -Globulinen zusammen (Thomas 2000) (Tabelle 6). Die Konzentration des Gesamtproteins steigt mit dem zunehmenden Alter wegen der Erhöhung des γ -Globulinanteils an (Shaffer et al. 1981; Doornenbal et al. 1988; Stöber und Gründer 1990). Während Doornenbal et al. (1988) keine Beeinflussung durch die Laktation feststellen, weisen Yokus und Cakir (2006) signifikant höhere ($p < 0,01$) GE-Konzentrationen bei laktierenden Kühen im Vergleich zu nicht laktierenden Kühen nach.

Dehydratation führt zu einem Anstieg der GE-Konzentration im Blut. Selten, u.a. bei akuten Blutungen, tritt ein Verlust aller Komponenten des GE auf. Der GE-Gehalt wird hingegen meist durch Veränderungen der einzelnen Fraktionen beeinflusst (Stöber und Gründer 1990). Damit einher geht eine Änderung des Albumin-Globulin-Verhältnisses, das beim Rind normalerweise 0,8-1,2 beträgt (Kraft und Dürr 2005a). Es ist bei chronischer Stimulation des Immunsystems oder bei chronischen Lebererkrankungen in der Regel vermindert (Russell und Roussel 2007).

In den Untersuchungen von Nilsson (1963) ist die Konzentration des Gesamtproteins bei Kühen mit akuter oder subakuter Klauenrehe nicht signifikant erhöht, die Albumin-Globulin-Ratio bei Tieren mit akuten Reheerscheinungen im Vergleich zu den Normalwerten jedoch signifikant niedriger. Von Klauenrehe betroffene Kälber zeigen signifikant erhöhte Werte des GE ($p < 0,01$) infolge Erhöhung des Globulinanteils (Bargai et al. 1992). Belge et al. (2004) vergleichen die Proteinkonzentrationen von 40 Kühen mit chronischer Klauenrehe mit denen von 10 Kontrolltieren. Die erkrankte Gruppe zeigt signifikant ($p < 0,001$) erhöhte Proteinkonzentrationen.

3.3.6.2 Albumin

Albumin ist ein von der Leber gebildetes Protein, das für die Aufrechterhaltung des onkotischen Drucks im Blutplasma (Russell und Roussel 2007) sowie für den Transport von Molekülen und Ionen (Thomas 2000) sorgt. Es zählt außerdem zu den „negativen“ Akute-Phase-Proteinen, die Albumin-Bildungsrate ist demzufolge bei Entzündungen vermindert (Gruys et al. 1994; Eckersall 2007).

Eine Abhängigkeit der Albuminkonzentration vom Alter der Tiere besteht nicht (Shaffer et al. 1981). Zur Kalbung hin fallen die Werte ab (Rowlands und Manston 1983), vor allem bei (sub)klinisch fettleber- oder ketosekranken Kühen (Haraszti et al. 1982), steigen danach aber wieder leicht an (Giger et al. 1997). Bei Herden mit hoher Milchleistung liegt die Konzentration des Albumins signifikant höher ($p < 0,01$) als bei Herden mit geringer Leistung (Jones et al. 1982). Von den Rassen zeigen die Holstein Friesian die niedrigsten Werte (Shaffer et al. 1981). Bei heißem Wetter sind die Albuminkonzentrationen am höchsten.

Eine Erhöhung der Albuminkonzentration kann allein durch Dehydratation entstehen. Eine Hypalbuminämie tritt infolge einer Verminderung der Albuminbildungsrate (z.B. bei chronischen Lebererkrankungen oder bei Entzündungen) oder aufgrund erhöhter Verluste auf. Die erhöhten Verluste erfolgen über die Niere, den Gastrointestinaltrakt, über Blutungen oder aber infolge Exsudation (Russell und Roussel 2007). Als weitere Ursachen für eine Hypalbuminämie werden bakterielle Infektionen (Stöber und Gründer 1990) und lange Hungerzustände genannt (Kraft und Dürr 2005a).

Kühe mit akuter Rehe haben in Nilssons (1963) Untersuchungen signifikant erniedrigte Albuminkonzentrationen.

3.3.6.3 Globuline

Globuline werden in α -, β - und γ -Fraktionen unterteilt. Die Gesamtglobulinkonzentration steigt mit dem Alter signifikant ($p < 0,01$) an (Liberg 1973; Mallard et al. 1983). Kühe der Rasse Holstein Friesian haben höhere Konzentrationen als Kühe der Rasse Brown Swiss (Shaffer et al. 1981). Die γ -Globulinfraktion ist am niedrigsten bei Herden mit hoher Milchleistung ($p < 0,01$) (Jones et al. 1982).

Die α - und β -Globuline setzen sich größtenteils aus verschiedenen Akute-Phase-Proteinen zusammen (Thomas 2000), die infolge von Entzündungsprozessen von der Leber gebildet und freigesetzt werden (Eckersall und Conner 1988; Eckersall 2007). Fibrinogen gehört zu den β -Globulinen und wird beim Rind zusammen mit den γ -Globulinen semiquantitativ mit dem Glutaraldehydtest (s. u.) bestimmt. Die γ -Globuline setzen sich zum größten Teil aus den von den Lymphozyten synthetisierten Immunglobulinen zusammen (Russell und Roussel 2007). Ihre Konzentration steigt zum einen als Reaktion auf chronische Entzündungen, zum anderen auch aufgrund von Neoplasien, immun-medierten Erkrankungen und Leberleiden an (Thomas 2000).

Tabelle 6: In der Literatur (Stöber und Gründer 1990; Kaneko et al. 2008) angegebene Referenzbereiche der Substrate und Proteine.

Parameter	Referenzbereiche für klinisch gesunde Rinder (Stöber und Gründer 1990)	Referenzbereich Rind (Kaneko et al. 2008)
Glukose (mmol/l)	2,4-3,3	2,50-4,16
Laktat (mmol/l)	0,4-1,0	0,56-2,22
Harnstoff (mmol/l)	1,7-7,5	7,14-10,7
Kreatinin (μ mol/l)	88-133	88,4-177
Harnstoff/Kreatinin	keine Angabe	keine Angabe
Gesamt-Bilirubin (μ mol/l)	0,9-7,0	0,17-8,55
Gesamteiweiß (g/l)	60-80	67,4-74,6
Albumin (g/l)	30-40	30,3-35,5
Globulin (g/l)	30-40	30,0-34,8
β -HBA (mmol/l)	keine Angabe	0,41 \pm 0,03*

*Angabe von Mittelwert \pm sd, da keine Angabe des Referenzbereichs vorliegt.

Die Globulinkonzentrationen im Zusammenhang mit Klauenrehe werden von Nilsson (1963) untersucht. Bei subakuter Klauenrehe zeigen die γ -Globuline einen deutlichen Anstieg, während bei akuter Rehe die α 1-Globuline tendenziell erhöht sind. Für die Untersuchung der Rolle von Entzündungsprodukten bei der Entstehung von subklinischer Klauenrehe bestimmen Laven et al. (2004) u. a. das Gesamteiweiß sowie

Albumin und Fibrinogen bei erstlaktierenden Kühen mit Bluteinlagerungen im Sohlenhorn. Sie können jedoch keine statistisch signifikanten Beziehungen zwischen den Veränderungen der untersuchten Proteine und den Klauenhorneinblutungen nachweisen. Bei Kühen mit entzündlich bedingten Klauenerkrankungen weisen Jawor et al. (2008) hingegen erhöhte Konzentrationen von Akute-Phase-Proteinen, u. a. Fibrinogen, nach. Diese Konzentrationen sinken nach einer Therapie, bei Kühen ohne Heilungskomplikationen deutlicher als bei Kühen mit Heilungskomplikationen, wieder ab.

3.3.7 Glutaraldehydtest

Der Glutaraldehydtest nach Sandholm (1974) stellt einen semiquantitativen, unspezifischen Nachweis der γ -Globuline und des Fibrinogens in bovinem Vollblut dar. Durch die Reaktion des Glutaraldehyds mit den Aminogruppen der Proteine entsteht eine makroskopisch sichtbare Verklumpung, wobei zwischen der Zeit, die bis zum Eintritt der Koagulation vergeht, und der Proteinkonzentration im Blut eine umgekehrt proportionale Korrelation besteht (Sandholm 1974; Doll et al. 1985). Mit der Verwendung von EDTA-Blut ist die höchste Testgenauigkeit zu erreichen (Metzner et al. 2007). Die kürzeste Zeitspanne zwischen einem negativen (> 15 min) und einem stark positiven Ergebnis (< 3 min) liegt bei sieben Tagen. Umgekehrt dauert es mindestens 21 Tage, bis der Test nach einem positiven Ergebnis (< 3 min) wieder negativ ausfällt (Metzner et al. 2007). Wegen der erst mit dem Alter steigenden Konzentrationen der Globuline ist der Test bei Jungtieren in der Regel negativ (Stöber und Gründer 1990). Untersuchungen über die Anwendung des Tests bei Klauenerkrankungen konnten in der vorliegenden Literatur nicht gefunden werden.

3.3.8 β -Hydroxybutyrat

Das β -Hydroxybutyrat (β -HBA) ist einer der drei Ketonkörper, die bei Energiemangel in der Leber gebildet werden. Zu Beginn der Laktation wird von Giger et al. (1997) eine deutliche Zunahme bei großer Streuung der Werte beobachtet. Bis zum dritten Monat p. p. erreichen die Werte wieder den Referenzbereich. Anhand der Konzentration der β -HBA-Konzentration im Blut kann eine Ketose diagnostiziert werden (Whitaker et al.

1983; Moore 1997). Während bei einer subklinischen Ketose die Werte dieses Ketonkörpers ab Tag 5-9 p. p. erhöht sind, steigen sie aufgrund einer (sub)klinischen Fettlebererkrankung schon 20 Tage vor der Kalbung an (Haraszti et al. 1982). Die Konzentration sinkt während der Alpmgung signifikant ($p < 0,001$) und ist bei Kühen mit schlechtem Heilungsverlauf von Sohlengeschwüren signifikant höher als bei Kühen, deren Sohlengeschwüre gut heilen ($p < 0,05$; Tabelle 4) (Lischer et al. 2000b; Lischer et al. 2000c).

3.4 Elektrolyte

3.4.1 Natrium

Natrium ist das Kation mit der höchsten Konzentration in der extrazellulären Flüssigkeit und hält dessen Volumen aufrecht. Die in der Literatur genannten Referenzbereiche sind wie die der anderen Elektrolyte in Tabelle 7 aufgeführt. Weibliche Tiere haben signifikant ($p < 0,01$) höhere Natriumkonzentrationen als männliche (Doornenbal 1977). Entsprechendes ($p < 0,001$) gilt für Fleckvieh-Kühe im Vergleich zu Braunvieh-Kühen (Baumgartner 1979).

Hypernatriämien entstehen durch erhöhte Natriumaufnahme bei Einschränkung der Wasseraufnahme (Carlson und Bruss 2008) oder Wasserverlust (Kraft 2005a). Hyponatriämien sind oft in erhöhten Verlusten begründet, z. B. durch Diarrhö, entstehen z. B. aber auch durch Nierenversagen oder Rupturen des Harntrakts (Russell und Roussel 2007). Kühe mit chronischer Klauenrehe zeigen nach der Untersuchung von Belge (2004) keine signifikanten Veränderungen der Blutspiegel dieses Elektrolyts.

3.4.2 Kalium

Kalium ist das Hauptkation der intrazellulären Flüssigkeit und findet sich nur zu einem geringen Anteil in der Extrazellulärflüssigkeit (Russell und Roussel 2007). Weibliche Rinder haben signifikant ($p < 0,01$) höhere Werte als männliche (Doornenbal 1977). Bei laktierenden Kühen ist die Kaliumkonzentration signifikant höher als bei nicht laktierenden ($p < 0,05$). Kühe, die sich in der späten Trächtigkeit befinden, zeigen signifikant ($p < 0,05$) niedrigere Werte als nicht trächtige Tiere (Yokus und Cakir

2006).

Sekundäre Erhöhungen der Kaliumkonzentration infolge einer metabolischen Azidose (durch einen Austausch mit H^+ -Ionen) sowie Erniedrigungen infolge einer metabolischer Alkalose treten häufig auf (Russell und Roussel 2007). Weiterhin führen schwere Gewebs-(Muskel-)Schädigungen zu einem Anstieg der extrazellulären Kaliumkonzentration (Kraft 2005a). Hypokaliämien treten als Folge einer Reduktion der Futteraufnahme (Stöber und Gründer 1990; Sweeney 1999) oder nach Verlusten über die Niere oder über den Gastrointestinaltrakt auf (Carlson und Bruss 2008). Auch Glukoseinfusionen oder Propylenglykol (Sweeney 1999), u.a. in Verbindung mit Insulingaben (Carlson und Bruss 2008), und eine stressinduzierte Ausschüttung von Katecholaminen (Carlson und Bruss 2008) können zu einer Reduktion der Kaliumkonzentration im Extrazellulärraum führen. Die Kaliumkonzentration ist bei Kühen mit chronischer Klauenrehe nicht signifikant verändert (Belge et al. 2004).

3.4.3 Chlorid

Chlorid ist das Anion mit der höchsten Konzentration in der Extrazellulärflüssigkeit. Da Chlorid zusammen mit Natrium durch die Niere reguliert wird, ergeben sich Verschiebungen meist parallel (Russell und Roussel 2007). So steigen die Natriumkonzentrationen bei Dehydratation an (Carlson und Bruss 2008). Eine respiratorische Alkalose oder Azidose kann aber auch durch eine Hyper- oder Hypochlorämie, ohne Änderung der Natriumkonzentration, kompensiert werden (Carlson und Bruss 2008). Beim Rind führen typischerweise Obstruktionen der proximalen Anteile des Gastrointestinaltrakts in Verbindung mit einem abomasoruminalem Refluxsyndrom zu einer hypochlorämischen metabolischen Alkalose. Kühe mit chronischer Klauenrehe zeigen keine signifikante Veränderung der Chloridkonzentration (Belge et al. 2004).

3.4.4 Kalzium

Nur ein relativ kleiner Teil des Körperkalziums zirkuliert mit dem Blut, der größere Anteil befindet sich in den Knochen. Von dem im Blut befindlichen Kalzium liegen 50 % in der biologisch aktiven Form vor (Ca^{2+}), das restliche Kalzium ist entweder an

Albumin oder an Anionen gekoppelt (Russell und Roussel 2007). Die Konzentrationen des Minerals nehmen mit dem Alter signifikant ab (Shaffer et al. 1981; Doornenbal et al. 1988; Eldon et al. 1988). Giger et al. (1997) stellen einen – wenn auch nur leichten – Rückgang der Kalziumkonzentration nach der Kalbung fest. Weitere signifikante Unterschiede in den Konzentrationen bestehen zwischen hoch- und geringproduzierenden Milchviehherden: bei erstgenannten liegen die Kalziumwerte signifikant höher ($p < 0,01$) (Jones et al. 1982).

Die messbare Kalziumkonzentration wird zum einen vom Blut-pH, zum anderen von der Albuminkonzentration beeinflusst. Bei einer Azidose steigt der Anteil des ionisierten Kalziums an, bei einer Alkalose fällt er hingegen ab. Sinkt der Albuminspiegel, so verringert sich auch die Gesamtkalziumkonzentration (Russell und Roussel 2007). Am häufigsten wird eine Hypokalzämie beim Rind in Zusammenhang mit der hypokalzämischen Gebärparese gesehen. Hyperkalzämien werden beim Wiederkäuer vor allem auf eine exzessive Kalzium- oder Vitamin D₃-Supplementation zurückgeführt (Russell und Roussel 2007).

Bei Kühen mit chronischer Klauenrehe sind im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant niedrigere Kalziumwerte nachweisbar (Belge et al. 2004). Nur ein geringer Anteil der Kühe mit unkomplizierten Sohlengeschwüren und/oder subklinischer Klauenrehe zeigt jeweils Abweichungen der Kalziumkonzentration über oder unter den Referenzbereich (Lischer et al. 2000a; Lischer et al. 2000b; Lischer et al. 2000c; Lischer et al. 2001; Lischer et al. 2003) (Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5).

3.4.5 Magnesium

Das mit dem Blutserum zirkulierende Magnesium liegt zu 55 % ionisiert vor. Der restliche Anteil ist protein- oder ionengebunden (Russell und Roussel 2007). Wie die Kalzium- nimmt auch die Magnesiumkonzentration mit dem Alter ab (Baumgartner 1979; Eldon et al. 1988). Weitere auf die Magnesiumkonzentration Einfluss nehmende Faktoren sind Trächtigkeit, Laktation, Milchleistung und Rasse. Bei in der ersten Trächtigkeit befindlichen Kühen weist Baumgartner (1979) erhöhte Magnesiumwerte nach ($p < 0,001$). Trächtige, laktierende Kühe zeigen nach Yokus und Cakir (2006) signifikant ($p < 0,05$) niedrigere Werte als nicht belegte Kühe. Giger et al. (1997) stellen einen stetigen Anstieg in den ersten beiden Laktationsmonaten fest. Bei Herden mit

hoher Milchleistung liegt die durchschnittliche Konzentration des Magnesiums signifikant ($p < 0,01$) über der von wenig leistenden Herden (Jones et al. 1982). Rinder der Rasse Fleckvieh zeigen signifikant ($p < 0,001$) höhere Mittelwerte als Braunviehkühe (Baumgartner 1979). Im Sommer messen Yokus und Cakir (2006) niedrigere Werte als in den anderen Jahreszeiten.

Eine Hypomagnesiämie tritt in Verbindung mit und als Ursache der Weidetetanie auf. Da der Magnesiumbedarf kontinuierlich über das Futter gedeckt werden muss (Kraft 2005b), führt eine verminderte Futteraufnahme zu erniedrigten Konzentrationen des Elektrolyts. Bei Nierenerkrankungen können die Magnesiumwerte erhöht sein (Russell und Roussel 2007). Kühe mit gleichbleibender oder sich verschlechternder Hornqualität zeigen signifikant ($p < 0,05$) niedrigere Magnesiumwerte als Kühe mit sich verbessernder Hornqualität (Lischer et al. 2003) (Tabelle 5).

3.4.6 Phosphat

Wie Kalzium und Magnesium befindet sich auch ein Großteil des Phosphats im Knochen. Das sich im Plasma befindende Mineral liegt als dissoziiertes Ion in den drei möglichen Formen H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} oder PO_4^{3-} vor (Russell und Roussel 2007). Die Phosphatkonzentration sinkt wie die des Kalziums und des Magnesiums mit dem Alter ab (Baumgartner 1979; Shaffer et al. 1981; Doornenbal et al. 1988). Yokus und Cakir (2006) können keine physiologischen Schwankungen dieses Parameters feststellen, Baumgartner (1979) findet jedoch eine signifikante ($p < 0,01$) Erhöhung der Phosphatkonzentration ab der 6. Trächtigkeitswoche sowie einen Abfall im letzten Drittel der Trächtigkeit. Giger et al. (1997) beschreiben ebenfalls einen Rückgang der Phosphatkonzentrationen mit der Abkalbung. Die nach der Kalbung einsetzende Laktation führt zu einer Verschiebung des Phosphats in die Milch und dadurch oft zu einer akuten Erniedrigung des Phosphats im Serum (Goff 2000). Die durch eine Hypokalzämie bedingte erhöhte Konzentration des Parathormons fördert die Erniedrigung der Phosphatkonzentration durch eine vermehrte Ausscheidung über den Speichel und die Niere. Bei Braunvieh-Kühen lassen sich signifikant ($p < 0,001$) niedrigere Werte nachweisen als bei Fleckvieh-Kühen (Baumgartner 1979).

Der Phosphatgehalt im Blut wird stark von der Phosphataufnahme aus dem Futter beeinflusst (Stöber und Gründer 1990; Goff 2000), so dass Anorexie zu einer

Hypophosphatämie führt (Kraft 2005b). Ein Mangel an Phosphat kann nach Gerloff und Swenson (1996) zu Muskelschwäche und zu Festliegen führen. Sie führen auch das Auftreten von Sohlengeschwüren und „atypischer“ Klauenrehe auf die Mangelversorgung der untersuchten Kühe mit Phosphat zurück. Kühe mit chronischer Hypophosphatämie zeigen außerdem öfter Knochenbrüche als Folge einer Osteoporose oder Osteomalazie, sowie eine erhöhte Inzidenz von Lahmheiten (Shupe et al. 1988).

Während die Phosphatwerte bei Kühen mit schlechter Heilung der Sohlengeschwüre (Lischer et al. 2001) bzw. schlechter Hornqualität (Lischer et al. 2003) erhöhte Werte gegenüber den Vergleichstieren aufweisen, liegt ein Großteil der Phosphatwerte bei den Kühen unter dem Referenzbereich (Tabellen 3-5).

3.4.7 Anionenlücke

Die Anionenlücke errechnet sich aus den im Serum gemessenen Konzentrationen der Kationen und Anionen und soll Aufschluss über die Konzentration der nicht gemessenen Anionen geben. Dadurch können die Ursachen von Imbalancen des Säure-Basen-Haushalts (Carlson und Bruss 2008), insbesondere von metabolischen Azidosen (Oh und Carroll 1977), ermittelt werden. Der Referenzbereich beträgt beim Rind 12-20 mEq/l (Hartmann et al. 1997).

Tabelle 7: In der Literatur (Stöber und Gründer 1990; Kaneko et al. 2008) angegebene Referenzbereiche der Elektrolyte.

Parameter	Referenzbereiche für klinisch gesunde Rinder (Stöber und Gründer 1990)	Referenzbereich Rind (Kaneko et al. 2008)
Natrium (mmol/l)	135-155	132-152
Kalium (mmol/l)	4,0-5,0	3,9-5,8
Chlorid (mmol/l)	90-110	97-111
Kalzium (mmol/l)	2,0-3,0	2,43-3,10
Magnesium (mmol/l)	0,8-1,1	0,74-0,95
Phosphat (mmol/l)	1,6-2,3	1,81-2,10

Da beim Rind die Konzentrationen des Kaliums stark variieren können, sollte dieses Elektrolyt bei der Berechnung der Anionenlücke immer berücksichtigt werden (Constable 2008):

$$AL = [Na^+] + [K^+] + [uK] = [Cl^-] + [HCO_3^-] + [uA] \quad (1) \text{ oder}$$

$$AL = ([Na^+] + [K^+]) - ([Cl^-] + [HCO_3^-]) \text{ (mEq/l)} = [uA] - [uK] \quad (2)$$

(uA = ungemessene Anionen; uK = - ungemessene Kationen)

Erhöhungen der Anionenlücke treten infolge von Keto- oder Laktatazidosen oder auch von ungenügender Säureausscheidung, z. B. aufgrund einer Minderdurchblutung der Niere, auf (Gabow 1985). Erniedrigungen entstehen durch eine Hypalbuminämie (Figge et al. 1998) oder eine Erhöhung der Konzentration der ungemessenen Kationen.

3.5 Enzyme

3.5.1 Aspartat-Aminotransferase

Die Aspartat-Aminotransferase (AST) befindet sich vor allem in der Leber und im Muskelgewebe, mit den überwiegenden Aktivitäten in der Skelettmuskulatur (Keller 1971). Hohe Konzentrationen finden sich zudem im Uterusgewebe (Sattler und Fülll 2004), in den Zellen der Labmagenwand (Fülll 2002) und auch in den Erythrozyten (Keller 1971). Eine Erhöhung der Serumaktivität kann infolgedessen durch Schäden der Leber oder der Muskulatur verursacht sein, aber auch infolge Labmagenverlagerungen und Endometritiden auftreten.

Eine Altersabhängigkeit der Enzymaktivität im Serum besteht nicht (Doornenbal et al. (1988). Gegen Ende der Laktation ist die Aktivität am höchsten. Im Gegensatz dazu berichten Lumsden et al. (1980) von höheren Aktivitäten zu Beginn der Laktation und niedrigeren in der Trockenstehphase. Bei Herden mit geringer Milchleistung sind die AST-Aktivitäten vergleichsweise ($p < 0,01$) niedrig (Jones et al. 1982). Bezüglich der Jahreszeit werden die höchsten Werte bei mittelwarmen Temperaturen und die niedrigsten bei kaltem Wetter gemessen (Shaffer et al. 1981).

Die Interpretation dieses Parameters muss die Werte anderer leber- und muskelspezifischen Enzymen berücksichtigen (Kraft und Dürr 2005c; Russell und Roussel 2007). Liegt die Ursache einer Konzentrationserhöhung der AST in einer Muskelläsion, steigt der AST-Wert im Gegensatz zur Kreatinkinase (CK) langsam an.

Der Peak liegt bei 72 bis 96 Stunden nach der Läsionsentstehung. Auch der Abbau der AST erfolgt langsamer als der der Kreatinkinase, so dass die Rückkehr in den Referenzbereich länger dauert (Moore 1997). Liegt eine Endometritis vor, so steigen die Aktivitäten der CK stärker als die der AST (Sattler und Fürll 2004).

Eine signifikante Erhöhung der Serum-AST-Aktivität beobachtet Maclean (1970) bei Kühen, die zusätzlich zu einer Klauenrehe auch Sohlengeschwüre aufweisen. Kühe mit schweren Sohlengeschwüren und Hinweisen auf Klauenrehe zeigen höhere AST-Aktivitäten als die jeweiligen Vergleichsgruppen (Lischer et al. 2000a; Lischer et al. 2000c). Bei Tieren mit schlechtem Heilungsverlauf von unkomplizierten Sohlengeschwüren stellen Lischer et al. (2000b) und Lischer et al. (2001) höhere Werte fest als bei Tieren mit gutem Heilungsverlauf. Die Aktivität wird in einer weiteren Untersuchung (Lischer et al. 2003) im Verlauf der Heilung niedriger (Tabellen 3-5).

3.5.2 γ -Glutamyltransferase

Die aus dem Blutserum nachweisbare γ -Glutamyltransferase (γ -GT) stammt fast ausschließlich aus den Zellmembranen der Leber und der Gallenblase (Russell und Roussel 2007) und wird deswegen für die Leberdiagnostik verwendet. In Tabelle 8 finden sich die in der Literatur angegebenen Referenzbereiche sowie die der anderen Enzyme.

Unglaub et al. (1973) stellen keine signifikanten Aktivitätsschwankungen des Enzyms als Folge von Gravidität, Laktationsstadium oder Rasse fest. In anderen Untersuchungen werden hingegen Abhängigkeiten von allen drei Faktoren nachgewiesen: Zum einen sind die Werte bei trockenstehenden Kühen und bei solchen, die sich in der Hochlaktation (Tag 10 bis Tag 45 p. p.) befinden, signifikant ($p < 0,001$) höher als bei Kühen zwischen Tag 46 nach der Abkalbung und Laktationsende (Lumsden et al. 1980). Baumgartner und Skalicky (1979) beobachten einen signifikanten ($p < 0,01$) Rückgang der Werte bei Fleckviehkühen ab Mitte der ersten Trächtigkeit und auch, dass die Mittelwerte der Braunviehtiere höher liegen als die der Fleckviehkühe ($p < 0,001$).

Die Serumaktivität der γ -GT steigt vor allem bei mit einer Cholestase einhergehenden

Lebererkrankungen (Moore 1997; Russell und Roussel 2007). Belge et al. (2004) ermitteln signifikant erhöhte γ -GT-Aktivitäten bei Kühen mit chronischer Klauenrehe. Kühe mit akuter Lahmheit weisen höhere Werte als Kühe mit chronischer Lahmheit auf (Lischer et al. 2000a). Kühe mit Anzeichen für Klauenrehe haben ebenfalls erhöhte Werte (Lischer et al. 2000c) und Tiere mit tendenziell schlechter Hornqualität (Lischer et al. 2003) zeigen höhere Werte als die Tiere mit guter Hornqualität (Tabellen 3-5).

3.5.3 Glutamat-Dehydrogenase

Die Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) befindet sich in hohen Konzentrationen in den Leberzellen (Keller 1971). Erhöhte GLDH-Aktivitäten im Serum liegen vor allem bei mit Zellschäden einhergehenden Lebererkrankungen vor. Rinder der Rasse Fleckvieh zeigen keine Aktivitätsschwankungen im peripartalen Zeitraum und die höchsten Mittelwerte im Winter (Keller 1971).

Sowohl bei Kühen mit Anzeichen für Klauenrehe (Lischer et al. 2000c) als auch bei Kühen mit schlechter Hornqualität (Lischer et al. 2003) finden sich signifikant ($p < 0,05$) höhere GLDH-Werte als in der jeweiligen Vergleichsgruppe (Tabelle 4 und 5).

3.5.4 Kreatinkinase

Die Kreatinkinase (CK) ist ein muskelspezifisches Enzym, das schon bei kleinen Muskelschäden in das Blut freigesetzt wird. Sie gilt deswegen als sensitiver Marker für Muskelläsionen. Bei Schädigungen wird der Höchstwert der Konzentration nach 24-48 Stunden erreicht. Aufgrund der kurzen Halbwertszeit fallen die Werte auch rasch wieder ab. Neben dem Muskelgewebe sind die Zellen der Labmagenwand (Fürl 2002) und das Uterusgewebe (Sattler und Fürl 2004) weitere Lokalisationen der CK.

Die Aktivitäten der CK fallen mit dem Alter signifikant ($p < 0,01$) ab (Shaffer et al. 1981). Bei einer Gruppe von 13 Fleckviehtieren liegen die CK-Werte in der zweiten Trächtigkeit im Vergleich zur ersten signifikant ($p < 0,001$) höher, bei Braunviehtieren werden im Mittelwert signifikant ($p < 0,001$) geringere Aktivitäten gemessen als bei Fleckviehtieren (Baumgartner und Skalicky 1979).

Schon kleinere Muskelschäden führen zu einem Anstieg um das Drei- bis Vierfache des Referenzwertes (Moore 1997). Die Höhe des CK-Anstiegs korreliert positiv mit dem Ausmaß des Schadens (Kramer und Hoffmann 1997) und so kann bei stark erhöhten Werten von schweren Muskelschäden ausgegangen werden (Stöber und Gründer 1990). Der Anstieg der CK-Aktivität ist bei Endometritiden deutlicher als der Anstieg der AST-Aktivität. Kühe mit chronischer Klauenrehe zeigen nur eine leichte Erhöhung der Kreatinkinaseaktivität (Belge et al. 2004). Lischer et al. (2000a) verzeichnen hingegen signifikant höhere Werte der CK bei Kühen mit mehreren Sohlengeschwüren und bei Kühen mit mittel- bis hochgradigen Sohlengeschwüren (Tabelle 3).

Tabelle 8: In der Literatur (Stöber und Gründer 1990; Kaneko et al. 2008) angegebene Referenzbereiche der Enzyme.

Parameter	Referenzbereich für klinisch gesunde Rinder (Stöber und Gründer 1990)	Referenzbereich Rind (Kaneko et al. 2008)
AST (U/l)	10-50	78-132
γ -GT (U/l)	7-14	6,1-17,4
GLDH (U/l)	1,0-8,0	31
CK (U/l)	20-100	4,8-12,1
GSHPx (U/g Hb)	100-200	keine Angabe

3.5.5 Glutathionperoxidase

Die Aktivität der im Zytoplasma von Erythrozyten vorkommenden Form der Glutathionperoxidase (GSHPx) (Arthur und Beckett 1994), die zusammen mit Vitamin E die Zelle vor oxidativer Zerstörung schützt (Gerloff 1992), korreliert beim Rind positiv mit der Selenkonzentration. Sie kann deswegen zur Bestimmung der Selenversorgung verwendet werden (Koller et al. 1984). Niedrige Selenkonzentrationen kommen vor allem in Zusammenhang mit der Haltung auf Selen-armen Weiden vor (Kolb und Seehawer 2001). Wittmeier (2008) untersucht die GSHPx-Aktivitäten aller Rinder, die im Zeitraum 1997 bis 2005 in der Klinik für Wiederkäuer, Oberschleißheim eingestallt sind. Sie stellt bei 4,83 % der Rinder eine GSHPx-Aktivität unter 130 U/g Hb und bei 2,59 % eine GSHPx-Aktivität unter 100 U/g Hb fest.

Selenmangel wirkt sich negativ auf die Aktivität von Phagozyten und von neutrophilen Granulozyten aus. Diese Herabsetzung der Immunabwehr macht sich vor allem durch Fruchtbarkeitsprobleme und Mastitiden bemerkbar (Braun et al. 1991; Kolb und Grün 1995). Auch Muskelerkrankungen werden mit niedrigen Selenkonzentrationen in Verbindung gebracht (Braun et al. 1991). In diesem Zusammenhang sind die enzootische Myodystrophie des präruminanten Kalbes und die Überlastungsmyopathie des ruminierenden Rindes zu nennen. Wittmeier (2008) stellt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer erniedrigten GSHPx-Aktivität und dem Vorkommen von Klauenerkrankungen fest.

III Material und Methoden

In der vorliegenden Untersuchung wurden die bei der Einstellungsuntersuchung einmalig bestimmten Blutwerte von Kühen, die an einer oder mehreren komplizierten Klauenerkrankungen litten, retrospektiv ausgewertet. Dabei sollten die Abweichungen der erhobenen Parameter von den Referenzbereichen dargestellt und ihre Signifikanz errechnet werden. Die Ziele der Arbeit lagen darin, die Brauchbarkeit der Blutparameter für die Diagnostik und Therapie von komplizierten Klauenerkrankungen zu evaluieren, speziell jedoch ihre prognostische Aussagekraft zu prüfen und daraus resultierend das Kosten-Nutzen-Verhältnis abzuschätzen.

Alle die Patienten betreffenden Daten wurden den Krankenakten der Klinik für Wiederkäuer der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München entnommen. Der Zeitraum der Datenerhebung erstreckte sich vom 01. Januar 2004 bis zum 31. Dezember 2007. Nur die Werte von weiblichen Rindern, die älter als drei Jahre waren, wurden mit einbezogen. Als „kompliziert“ galten Klauenerkrankungen, wenn tiefer als die Subkutis liegende Strukturen der Zehe betroffen waren. Alle vorliegenden weiteren Informationen zu den Kühen wurden für die Interpretation der Ergebnisse ebenfalls gesammelt und ausgewertet.

1.1 Klinische Untersuchung und Dokumentation

1.1.1 Anamnese, Eingangsuntersuchung und Allgemeinuntersuchung

Im Vorbericht wurden Informationen zum Patienten als Einzeltier und zum Bestand anhand der üblichen Klinikkarte (Abbildung 1) aufgenommen. Alle Tiere wurden nach der Erhebung der Anamnese und der Einstellung einer klinischen Allgemeinuntersuchung nach Rosenberger (1990) unterzogen und die Ergebnisse auf der Krankenakte festgehalten. In der Regel wurden die Rinder gewogen, nur bei manchen orthopädischen Patienten verzichtete man aufgrund der schweren Lahmheit auf das Führen über die Waage. Bei diesen Tieren wurde das Gewicht geschätzt.

Während des Klinikaufenthalts erfolgte stets am Morgen die klinische allgemeine und spezielle Untersuchung eines jeden Tieres. Neben den Untersuchungsergebnissen wurden die Milchleistung quantitativ und die Menge des aufgenommenen Futters

klassifiziert („gut“/ „mäßig“/ „schlecht“/ „nicht gefressen“) erfasst. Die rektale Temperatur wurde morgens und abends dokumentiert. Bei orthopädischen Patienten wurden außerdem die Haltung bzw. die Belastung der Gliedmaße(n) und ggf. der Sitz des Verbands geprüft und die Befunde dokumentiert.

1.1.2 Diagnostisches Vorgehen

Eine erste Beurteilung der Lahmheit fand bei der Einstellungsuntersuchung statt. Die spezielle Untersuchung erfolgte dann in der Regel während des Aufstehvorgangs, während des Stehens und während des Gehens. Der proximal der Klauen lokalisierte Bewegungsapparat wurde am stehenden Tier untersucht. Zur Dokumentation der Schwere der Lahmheiten wurden bei einer Stützbeinlahmheit üblicherweise sechs Grade unterschieden (Tabelle 9), wobei die Rinder auf hartem, ebenem Boden geführt wurden. Die Beschreibung „klammer Gang“ wurde als eigener Lahmheitsgrad dokumentiert.

Tabelle 9: Einteilung der Lahmheitsgrade bei Stützbeinlahmheiten.

Score	Lahmheitsgrad	Beurteilungskriterien
0	Lahmheitsfrei	Das Rind belastet alle vier Gliedmaßen während des Stehens und des Gehens vollständig und gleichmäßig.
1	Undeutlich geringgradige Lahmheit	Während des Vorführens ist für den ausgebildeten Untersucher eine veränderte Belastung erkennbar.
2	Geringgradige Lahmheit	Das Rind entlastet die Gliedmaße im Stehen leicht. Die Stützbeinphase ist erkennbar verkürzt.
3	Deutlich geringgradige Lahmheit	Während des Stehens Entlastungshaltung oder Trippeln. Die Verkürzung der Stützbeinphase ist deutlich sichtbar.
4	Mittelgradige Lahmheit	Das Rind entlastet eine Gliedmaße konstant. Die Stützbeinphase ist während des Gehens stark verkürzt, die Gliedmaße wird jedoch noch regelmäßig kurz aufgesetzt.
5	Hochgradige Lahmheit	Die Gliedmaße wird im Stand hoch gehalten. Beim Vorführen wird nicht oder nur in Situationen, in denen es unvermeidlich ist (Rutschgefahr, Antreiben), aufgefüt.

Klinik-Nr.: /	Tierart	Besitzer	Bestand:	Untersucher:	Entlassungsstatus:	nach:
Einstellung:	Rasse		Zahl:	Zucht / Mast / beides	offen / geheilt / gebessert /	Hause / LGL /
Entlassung:	Geschlecht		IBR-frei / Impfbetrieb / unbekannt	mit / ohne Zukauf	Weiterbehandlung / Verwertung /	Patho / TBA /
	Alter		Tier:	Körpergewicht:	euth. / verendet / verwendet eingeleitet	andere Klinik /
	OM re	HTA:				Verwertung
	OM li	PIP:	Nachzucht / Zukauf			
Vorbericht:	fruchtig seit: letzte Kalbung: steht trocken / wird gemolken Milchleistung Fütterung: TMR / Grünfütter Sonstiges Aufstallung: Weide letzte Klauenpflege:		Diagnose(n):			
Körperhaltung:	Verhalten:		Ernährungszustand:			
Haarkleid	Herzfrequenz: /min	Abdomenform	Pangensaat:			
Hautturgor	Intens.	Pansen:	Farbe			
Bulbi	Rhythmus	Mot. /2/ Int.	Viskos.			
Schleimhäute	Abges.	Füllg.	Geruch			
Lymphknoten	Geräusche	Schichtig.	Infus.			
	Skleralgefäße	FK-Proben:	pH			
	Venen	RÜ. Griff	Kot:			
	Katheter-/Spontan-/prov. Harn	Schm. Perik.	Menge			
Atemfrequenz /min	Farbe	Stab. P.	Farbe			
Typ	pH	PA	Konsistenz			
Auskult.	Transpar.	SA	Zerkl.			
	Spez. Gew.	Bauchdecke	Beimeng.			
	Sonstige.	Dammotorik	Geruch			
NAH / / /	Euter	Leberperk.	ZNS:			
Lungenperkussion	Milch		unauff./nicht näher unters./s.U.			
	CMT		Sonstige Befunde:			
	VR(A)	HR(B)				
		VL(C)				
		HL(D)				

Abbildung 1: Klinikarte der Klinik für Wiederkäuer zur Dokumentation der Befunde der Eingangsuntersuchung.

Die weitere Diagnostik fand in einem speziellen Untersuchungs- und Behandlungsraum statt. Nach Ausschluss von zusätzlichen Erkrankungen des Bewegungsapparats wurden die Kühe zur Diagnostik von Klauenerkrankungen auf dem hydraulischen Kippwagen in Seitenlage abgelegt. Die Untersuchung erfolgte stets nach dem gleichen Schema (Nuss und Steiner 2004a). Nach entsprechender Indikation wurde(n) die betroffene(n) Zehe(n) in zwei zueinander senkrecht stehenden Ebenen geröntgt und gegebenenfalls sonographisch untersucht. Die in der Klinik gestellten Diagnosen (Tabelle 10) orientierten sich an den Definitionen von Nuss und Steiner (2004b). Weit kaudal im Ballenbereich lokalisierte Rusterholzsche Sohlengeschwüre wurden jedoch, entsprechend den Vermerken auf den Klinikkarten, als „Ballengeschwür“ bezeichnet und gesondert dokumentiert. Die in Tabelle 10 angeführten Bezeichnungen und Abkürzungen werden im weiteren Text verwendet.

Tabelle 10: Komplizierte Klauenerkrankungen und deren Abkürzungen.

Bezeichnung	In der Klinik verwendete Abkürzung
Pododermatitis circumscripta axialis (Rusterholzsches Sohlengeschwür)	(K)RSG
Pododermatitis circumscripta abaxialis (Eitrig-hohle Wand, Sohlenwandgeschwür)	(K)SWG
Pododermatitis septica traumatica (Sohlenspitzen­geschwür)	(K)SSG
Ballengeschwür (kaudal gelegenes Rusterholzsches Sohlengeschwür)	(K)BG
Klauengelenkentzündung	KGE
Phlegmona interdigitalis (Zwischenklauenphlegmone)	-
Phlegmona digitalis (Zehenphlegmone)	-
Offene Klauenbeinfraktur	-

(K) = Kompliziert

Bei den Zwischenklauen- und Zehenphlegmonen handelte es sich stets um länger bestehende Erkrankungen, die bereits erfolglos vorbehandelt worden waren und mittel- bis hochgradige Lahmheiten zur Folge hatten. Die betroffenen Tiere wurden stets in Seitenlage untersucht. Nach einer funktionellen Klauenpflege wurde der Zwischenklauenspalt gereinigt und inspiziert. War die Diagnose Zehenphlegmone durch

Ausschluss anderer Klauenerkrankungen gesichert, wurde neben der klinischen und gegebenenfalls röntgenologischen Beurteilung eine Ultraschalluntersuchung durchgeführt.

1.1.3 Therapiemaßnahmen

Bis auf die Zehenphlegmonen wurden alle genannten komplizierten Klauenerkrankungen operativ behandelt. Die Entscheidung, ob ein Tier behandelt, der Verwertung zugeführt oder euthanasiert werden sollte, fiel aufgrund medizinischer und wirtschaftlicher Gründe sowie in Absprache mit dem Haustierarzt und dem Besitzer. Vor jeder Operation wurde den Kühen für mindestens 12 Stunden das Futter vorenthalten, damit einem starken Aufgasen des Pansens in Seitenlage vorgebeugt wurde. Dadurch sollte die Einschränkung der Atemtätigkeit, die zu Stress, Angstzuständen und Abwehrreaktionen führt, verhindert werden. Eine Sedation der Tiere wurde nur in den letzten Monaten des Untersuchungszeitraums regelmäßig vorgenommen.

Für die Operation wurden die Zehen durch intravenöse Verabreichung von 30 ml Procain-Hydrochlorid 2% distal eines Stauschlauches anästhesiert. Zudem wurden die Kühe systemisch mit Benzylpenicillin-Procain, 20.000 I.E./kg Körpergewicht (KGW) s.c., einmal täglich über fünf Tage und dem nicht-steroidalen Antiphlogistikum Ketoprofen, 3 mg/kg KGW s.c. oder i.v., einmal täglich über drei Tage behandelt.

1.1.3.1 Operationen

Die Klauenamputation wurde nach Pfeiffer (1912) mit geringgradigen Modifikationen (Nuss 2004a) durchgeführt. Je nach Stärke der Infektion oder Resezierbarkeit des infizierten Gewebes heilte die Wunde entweder primär – komplettes Vernähen der Wunde – oder sekundär – nach Einlegen von Gaze und Antibiotikumzusatz (ein Viertel einer zerstoßenen Terramycin[®]-Uterusschaumtablette, Oxytetracyclinhydrochlorid, 500 mg/Tablette, Pfizer GmbH, Karlsruhe). Nach der Operation wurde ein Druckverband angelegt. Der erste Verbandswechsel erfolgte nach allen Operationen, zusammen mit dem Ziehen der Tamponade, am dritten bis fünften postoperativen Tag. Die Fäden wurden gegebenenfalls mit dem zweiten Verbandswechsel am zwölften Tag nach der

Operation gezogen.

Die Klauengelenkresektion wurde nach der von Nuss (1988) sowie Köstlin und Nuss (1989) beschriebenen Methode durchgeführt. Die Resektion der oberflächlichen und tiefen Beugesehne erfolgte wie von Nuss und Hänichen (1995) erläutert. Die Resektion des Endstücks der tiefen Beugesehne wurde in der Klinik nach den Angaben von Clemente (1989) durchgeführt. Die Wunden wurden ebenfalls mit Gaze austamponiert. Die operierte Klaue wurde nach diesen Operationen jeweils durch einen Druckverband geschützt und die Partnerklaue mit einem Federbügelkothurn versehen. Die weitere Behandlung erfolgte wie nach der Amputation.

1.1.3.2 Behandlung von Zehenphlegmonen

Nekrotische Beläge im Zwischenklauenspalt oder infizierte Hyperplasien wurden mit dem Skalpell abgetragen. War die Phlegmone nicht in Sehnenscheiden oder Gelenke eingebrochen, wurde das Tier initial systemisch mit Benzylpenicillin (20000 I.E./kg KGW i.v.) und an mindestens vier Folgetagen mit Benzylpenicillin-Procaïn (20000 I.E./kg KGW s.c.) behandelt. Unterstützend wurde Ketoprofen (3 mg/kg KGW) für zwei bis drei Tage s.c. oder i.v. appliziert. In manchen Fällen wurde die betroffene Gliedmaße zusätzlich lokal durch eine intravenöse Stauungsantibiose (eine Million I.E. Benzylpenicillin i.v.) behandelt und entweder mit einer hyperämisierenden Salbe und einem Polster-Sackverband oder mit einem „Angussverband“ versorgt.

1.1.4 Blutentnahme und -untersuchung

Die Blutproben wurden stets aus der Vena jugularis entnommen. Bei einzelnen Patienten erfolgte, wenn die spezielle Diagnostik schon am Einlieferungstag durchgeführt wurde, die Blutentnahme während der Untersuchung auf dem Kippwagen. Das entnommene Blut wurde in ein Lithium-Heparinat-, ein Natrium-Fluorid-, ein EDTA-Röhrchen und in eine Serum-Monovette verbracht. Die aus den Proben im Labor bestimmten Werte und die dafür verwendeten Analyseverfahren sind in Tabelle 11a und 11b aufgelistet.

Die Untersuchung der Blutgasprobe (Lithium-Heparinat) erfolgte unmittelbar nach der Entnahme durch den untersuchenden Tierarzt, die anderen Parameter wurden im

hausinternen Labor bestimmt. Abhängig von Tag und Uhrzeit der Blutentnahme wurden die Proben sofort untersucht oder bis zum folgenden Arbeitstag in einem Kühlschrank bei +4°C gelagert.

Tabelle 11a: Aus Lithium-Heparinat-, EDTA- und Natrium-Fluorid-Röhrchen bestimmte Blutparameter unter Angabe der für den Nachweis verwendeten Geräte.

Probe	Parameter	Einheit	Gerät
Lithium-Heparinat	pH	-	Rapidlab® 865 Blood Gas Analyzer, Fa. Bayer
	Kohlendioxid-Partialdruck (pCO ₂)	mmHg	
	Sauerstoff-Partialdruck (pO ₂)	mmHg	
	Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	mmol/l	
	Base Excess (BE)	mmol/l	
	Natrium (Na)	mmol/l	
	Kalium (K)	mmol/l	
	Chlorid (Cl)	mmol/l	
	ionisiertes Kalzium (Ca ²⁺)	mmol/l	
	Glutathionperoxidase (GSHPx)	U/g Hb	Hitachi 911 Chemistry Analyzer, Fa. Roche
EDTA	Erythrozytenzahl (Ery)	T/l	PocH-100iV Diff, SYSMEX CORPORATIONS
	Hämatokrit (Hkt)	%	
	Hämoglobin (Hb)	g/dl	
	Thrombozytenzahl (Thr)	G/l	
	Leukozytenzahl (Leu)	G/l	
	Glutaraldehydtest (Glutar)	min	manuell
Natrium-Fluorid	Glukose (Glc)	mmol/l	Hitachi 911 Chemistry Analyzer, Fa. Roche
	Laktat (Lak)	mmol/l	

Tabelle 11b: Aus dem Serum bestimmte Parameter unter Angabe der für den Nachweis verwendeten Geräte.

Probe	Parameter	Einheit	Gerät
Serum	Harnstoff (Hst)	mmol/l	Hitachi 911 Chemistry Analyzer, Fa. Roche
	Kreatinin (Krea)	µmol/l	
	Harnstoff/Kreatinin	-	
	Gesamt-Bilirubin (Bili)	µmol/l	
	Gesamteiweiß (GE)	g/l	
	Albumin (Alb)	g/l	
	Globuline (Glb)	g/l	
	β-Hydroxybutyrat (β-HBA)	mmol/l	
	Natrium (Na)*	mmol/l	
	Kalium (K)*	mmol/l	
	Chlorid (Cl)*	mmol/l	
	Kalzium (Ca)	mmol/l	
	Magnesium (Mg)	mmol/l	
	Phosphat (P)	mmol/l	
	Anionenlücke (AG)	mmol/l	
	Aspartat-Aminotransferase (AST)	U/l	
	γ-Glutamyltransferase (γ-GT)	U/l	
	Glutamatdehydrogenase (GLDH)	U/l	
Kreatinkinase (CK)	U/l		

*wenn keine Bestimmung aus Lithium-Heparinat erfolgte.

1.1.5 Behandlungsergebnis

Der Ausgang der Behandlung wurde auf der Krankenkarte in unterschiedlicher Weise dokumentiert. Bei der Entlassung des Patienten wurde vermerkt, ob die Erkrankung zu diesem Zeitpunkt „geheilt“ oder „gebessert“ war. Auch der Bestimmungsort der euthanasierten Tiere, in der Regel das Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit Südbayern (LGL) bzw. das Institut für Tierpathologie der Universität München, wurde dokumentiert. In diesen Fällen lag der Sektionsbericht der Klinikkarte bei.

1.2 Eigene Untersuchungen

1.2.1 Auswahl der Patienten

Im vier Jahre umfassenden Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 303 Rinder mit einer komplizierten Klauenerkrankung in die Klinik für Wiederkäuer gebracht. Die Krankenakten dieser Tiere wurden ausgewertet. Für den Einschluss in die Untersuchung musste mindestens eine komplizierte Klauenerkrankung zum Zeitpunkt der Blutprobenentnahme vorliegen. Zum Ausschluss führten verschiedene Kriterien (Tabelle 12). Da kaum eine Kuh ohne wenigstens eine weitere krankhafte Veränderung vorgestellt wurde, wurden Begleiterkrankungen in „zulässige“ und „nicht zulässige“ eingeteilt und die Kühe dementsprechend in die Untersuchung ein- oder davon ausgeschlossen. Maßgeblich für die Entscheidung war die Einschätzung, ob die Erkrankung die Blutwerte entscheidend beeinflusste oder nicht. Sektionsberichte wurden diesbezüglich ebenfalls berücksichtigt.

Tabelle 12: Gründe für den Ausschluss von Patienten aus den Untersuchungen (n = 177).

Ausschlussgrund	Anzahl n (Prozent)
Alter (< 3 Jahre)	77 (43,5 %)
„Nicht zulässige“ Begleiterkrankung	75 (42,4 %)
Keine komplizierte Klauenerkrankung bei Erstuntersuchung	20 (11,3 %)
Unzureichende Daten	3 (1,7 %)
Klauenoperation bereits durch den Haustierarzt	2 (1,1 %)

Ein gravierender Einfluss auf die Blutwerte wurde angenommen bei Vorliegen einer klinischen Mastitis oder Endometritis sowie bei zusätzlichen orthopädischen Erkrankungen, die außerhalb der Klauen lokalisiert waren – wie schwere Dekubitalstellen oder septische Arthritiden – sowie bei Erkrankungen des Gastrointestinaltrakts und bei starkem Parasitenbefall. Diese „unzulässigen“ Erkrankungen führten deswegen zum Ausschluss der Patientinnen aus der Untersuchung (Tabelle 13).

Tabelle 13: Zum Ausschluss führende Begleiterkrankungen (n = 75).

„Nicht zulässige“ Begleiterkrankungen	Anzahl n (Prozent)
Klinische Mastitis	25 (33,2 %)
Nicht die Klauen betreffende orthopädische Erkrankung	18 (24,0 %)
Erkrankung des Gastrointestinaltrakts (Labmagen-, Blinddarmverlagerung)	9 (12,0 %)
Parasitenbefall (Läuse, Endoparasiten)	9 (12,0 %)
Thrombophlebitis der Vena jugularis	3 (4,0 %)
Außerhalb der Klauen befindlicher Abszess	3 (4,0 %)
Peritonitis	2 (2,7 %)
Endometritis	2 (2,7 %)
Eitrige Bronchopneumonie	2 (2,7 %)
Diarrhö	2 (2,7 %)

Zu den „zulässigen“ Begleiterkrankungen zählten unkomplizierte Klauenerkrankungen einschließlich chronischer Klauenrehe, oberflächliche Dekubitalstellen, Hautverletzungen und -erkrankungen (z.B. Räude, Trichophytie, Papillomatose) oder vermutlich injektionsbedingte Umfangsvermehrungen im Bereich der rippengestützten Bauchwand und des Halses. Trotz der potentiellen Beeinflussung von Blutparametern führten eine subklinische Ketose (definiert über das Auftreten von Ketonkörpern im Harn (Harnstick Medi-Test-Combi 5S, MACHERY-NAGEL GmbH) oder von β -HBA > 1 mmol/l im Serum) und ein Selenmangel (definiert über GSHPx > 250 U/g Hb) bei Fehlen von klinischen Symptomen nicht zum Ausschluss.

Nach Berücksichtigung dieser Kriterien konnten 126 Patientinnen in die weiteren Untersuchungen eingeschlossen werden.

1.2.2 Daten- und Befundeingabe, spezielle Befunde

Die Informationen über die in die Untersuchung eingeschlossenen Patienten wurden aus den Krankenakten in das Programm SPSS Data Entry Builder™ (SPSS Incorporation, Version 4.0) übertragen. Hierfür wurde eigens ein Auswertungsbogen erstellt (siehe Anhang). Die Blutparameter lagen in einer Microsoft Excel®-Tabelle (Microsoft

Corporation, Microsoft Office 2003) vor und konnten direkt in das Programm SPSS® (SPSS Incorporation, Version 16.0) importiert werden.

Einzelne Angaben der Klinikkarte mussten für die statistische Auswertung zusammengefasst, bearbeitet oder definiert werden. Die aktuelle „Tagesmilchleistung“ errechnete sich aus der Milchleistung am Abend der Einstellung in der Klinik und der des folgenden Morgens. Die „Vorbehandlung“ von Klauenpatienten schloss neben einer medikamentösen Versorgung auch orthopädische Maßnahmen (Funktionelle Klauenpflege, Ausschneiden der Klauen, Anlegen eines Verbands) oder eine lokale Behandlung mit Salben, Sprays oder Tinkturen ein. In der Krankenakte wurden der Hautturgor am Oberlid und der Einsenkungsgrad der Bulbi dokumentiert. Daraus wurde retrospektiv der „Dehydratationsgrad“ nach den Angaben von Rademacher et al. (2002) bestimmt (Tabelle 14.)

Tabelle 14: Abschätzung von Flüssigkeitsverlusten anhand klinischer Symptome nach den Angaben von Rademacher (2002).

Klinische Symptome	Dehydratationsgrad
Hautfalte verstreicht sofort, Bulbi nicht eingesunken	nicht dehydriert
Hautfalte verstreicht verzögert/ bleibt stehen	ggr. dehydriert
Bulbi eingesunken	mgr. dehydriert
Bulbi tief liegend/ Festliegen/ Schock	hgr. dehydriert

Für jede Patientin wurde die jeweils vorliegende „ursächliche komplizierte Klauenerkrankung“ festgelegt. Davon unterschieden wurden „lokale Komplikationen“, die sekundär aus diesen primären, komplizierten Klauenerkrankungen entstanden waren. Zu diesen zählten eine Klauengelenkentzündung, eine Zehenphlegmone und eine pathologische Klauenbeinfraktur.

Die Erkrankungen wurden anhand der Anamnese in „akute“ und „chronische“ eingeteilt. Ein Geschehen wurde als akut beurteilt, wenn es bis zu 14 Tage alt war und als chronisch, wenn es älter war als 14 Tage. Die „Lahmheitsgrade“ wurden unverändert in den Auswertungsbogen aufgenommen. Wurde allerdings die Stützbeinlahmheit als zwischen zwei Graden liegend angegeben, beispielsweise Grad 2-3, so wurde für die Auswertungen jeweils der schlechtere Lahmheitsgrad

angenommen. Die „Gesamtkosten“ der Behandlung der Tiere wurden den Rechnungen entnommen. Die Kosten der Blutuntersuchung wurden der GOT entnommen.

1.2.3 Einteilung der Patienten in Gruppen

Alle Patienten wurden entsprechend dem Ausgang der Therapiebemühungen einer Gruppe zugeordnet. Tiere, die nach der Behandlung der Klauenerkrankung auf dem Wege der Besserung und mit dem Ziel der Weiternutzung nach Hause entlassen wurden, galten als geheilt (Gruppe „Geheilt“ – G). Bei den euthanasierten Tieren wurde differenziert, ob initial kein Therapieversuch durchgeführt worden war (Gruppe „Euthanasie – E – ohne Therapieversuch“) oder ob sie nach einer Therapie aufgrund von Heilungskomplikationen euthanasiert wurden (Gruppe „Euthanasie nach Therapieversuch“). Tiere, die mit dem Ziel der Schlachtung nach Hause entlassen wurden, bildeten die Gruppe „Wirtschaftliche Verwertung“ (WV). Für die statistische Auswertung wurden die ohne Therapieversuch euthanasierten Tiere und die wirtschaftlich verwerteten Tiere in der Gruppe „Nicht Geheilt“ (NG) zusammengefasst.

1.2.4 Statistische Auswertung

Die statistischen Auswertungen wurden mit dem Programm SPSS[®] (SPSS Incorporated, Version 16.0) und mit Microsoft Excel[®] (Microsoft Corporation, Microsoft Office 2007) durchgeführt.

1.2.4.1 Vergleiche mit den Referenzbereichen

Die Blutwerte aller untersuchten Tiere wurden mit den von Stöber und Gründer (1990) publizierten Referenzbereichen verglichen und in prozentualer Verteilung zu diesen dargestellt. Für die Bestimmung der Enzyme wurden jedoch die Referenzwerte der Klinik zum Vergleich herangezogen, da sie bei 37°C gemessen wurden und nicht wie von Stöber und Gründer bei 25°C. Die Referenzwerte der Klinik wurden auch verwendet, wenn bei Stöber und Gründer (1990) keine Angaben zu Referenzbereichen einzelner Parameter vorlagen.

1.2.4.2 Gruppenvergleiche

Zur Überprüfung der Normalverteilung der Blutparameter wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test mit Lilliefors-Korrektur (Normalverteilung, wenn $p > 0,1$) angewandt. Er wurde in Zusammenhang mit dem Stengel-Blatt-Diagramm, dem Q-Q-Diagramm und dem Histogramm interpretiert. Da der Kolmogorov-Smirnov-Test bei größeren Stichproben ($n > 50$) an Aussagekraft verliert, wurde die Entscheidung bei nicht eindeutigen Testergebnissen anhand des Histogramms getroffen.

Für den Vergleich zweier Gruppen wurde für normal-verteilte, kontinuierliche Parameter der t-Test nach Student verwendet. Wurden zwei Gruppen hinsichtlich eines nicht normal-verteilten, kontinuierlichen Parameters verglichen, so wurde der Mann-Whitney-U-Test angewandt. Für die Festlegung des Signifikanzniveaus wurde eine Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Dies war für die Korrektur der Alpha-Fehler-Kumulierung notwendig, die bei der Durchführung mehrerer statistischer Tests bezogen auf die gleiche Grundgesamtheit entsteht. Dafür wurde das ursprüngliche Signifikanzniveau von $p = 0,05$ durch 20 geteilt, woraus sich ein Signifikanzniveau von $p = 0,003$ errechnete.

Wurden Tiere dreier Gruppen miteinander verglichen, dann wurde bei normal-verteilten, kontinuierlichen Daten die univariate Varianzanalyse (ANOVA) angewandt. Dabei wurde das Signifikanzniveau für die ANOVA bei $p = 0,003$ festgelegt. War die ANOVA signifikant, wurden paarweise Vergleiche (post-hoc Tests) durchgeführt, bei denen wiederum eine weitere Bonferroni-Korrektur angewandt wurde. Waren die Daten kontinuierlich und nicht normal-verteilt, so wurde zunächst der Kruskal-Wallis-Test für die Prüfung signifikanter Unterschiede zwischen den Gruppen genutzt (Signifikanzniveau nach Bonferroni-Korrektur mit $p = 0,003$). Bei signifikanten Unterschieden ($p \leq 0,003$) und solchen mit Tendenzen ($0,003 \leq p \leq 0,05$) wurde anschließend der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Hierbei galt ein neues Signifikanzniveau:

$$p = \frac{0,003}{\text{Anzahl der getesteten Gruppen}}$$

Bei drei miteinander verglichenen Gruppen ergab sich somit ein neues Signifikanzniveau von $p = 0,001$ für diesen Test.

Für eine bessere Interpretation der Ergebnisse wurden Korrelationen zwischen den verschiedenen Faktoren überprüft. Handelte es sich um zwei kontinuierliche Faktoren (z.B. Blutparameter und Alter), wurde der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman berechnet. Für die Überprüfung von Abhängigkeiten zweier kategorischer Faktoren wurde der Chi-Quadrat-Test (signifikant, wenn $p \leq 0,05$) durchgeführt.

Der Vergleich der geheilten mit den nicht geheilten Tieren diente als Grundlage für die Untersuchung der prognostischen Aussagekraft. Diese wurde für alle Parameter, die sich zwischen den Gruppen „Geheilt“ und „Nicht Geheilt“ unterschieden ($p \leq 0,1$) hatten, anhand von Receiver-Operating-Characteristics-(ROC-)Kurven und einer logistischen Regressionsanalyse durchgeführt. Durch die ROC-Kurven wurden für diese Parameter Trennwerte (Cut-Off-Punkte) mit der gleichzeitig höchsten Sensitivität und Spezifität festgelegt. In der logistischen Regressionsanalyse wurden alle Parameter, die sich zwischen den Gruppen „Geheilt“ und „Nicht Geheilt“ unterschieden ($p \leq 0,1$), zusammenhängend auf ihre prognostische Aussagekraft geprüft. Wo nötig, wurde mittels logarithmischer Transformation versucht, eine Normal-Verteilung der Parameter zu erreichen. Die logistische Regression wurde nach der Methode der Vorwärtsselektion durchgeführt.

IV Ergebnisse

1. Patienten

Rasse

Von den 126 Patientinnen gehörten 102 (81 %) der Rasse Deutsches Fleckvieh an, 11 (8,7 %) der Rasse Deutsches Braunvieh, acht (6,3 %) der Rasse Holstein Friesian und jeweils ein Tier der Rasse Gelbvieh und Red Holstein. Eine Kuh war eine Kreuzung aus den Rassen Fleckvieh und Red Holstein, und bei zwei Kühen war die Rasse nicht bekannt.

Alter und Gewicht

Die Tiere waren im Median 5,4 Jahre (3-12,9 Jahre) alt (Abbildung 2). Das durchschnittliche Lebendgewicht betrug 560 kg. Von 17 Kühen war kein Gewicht bekannt.

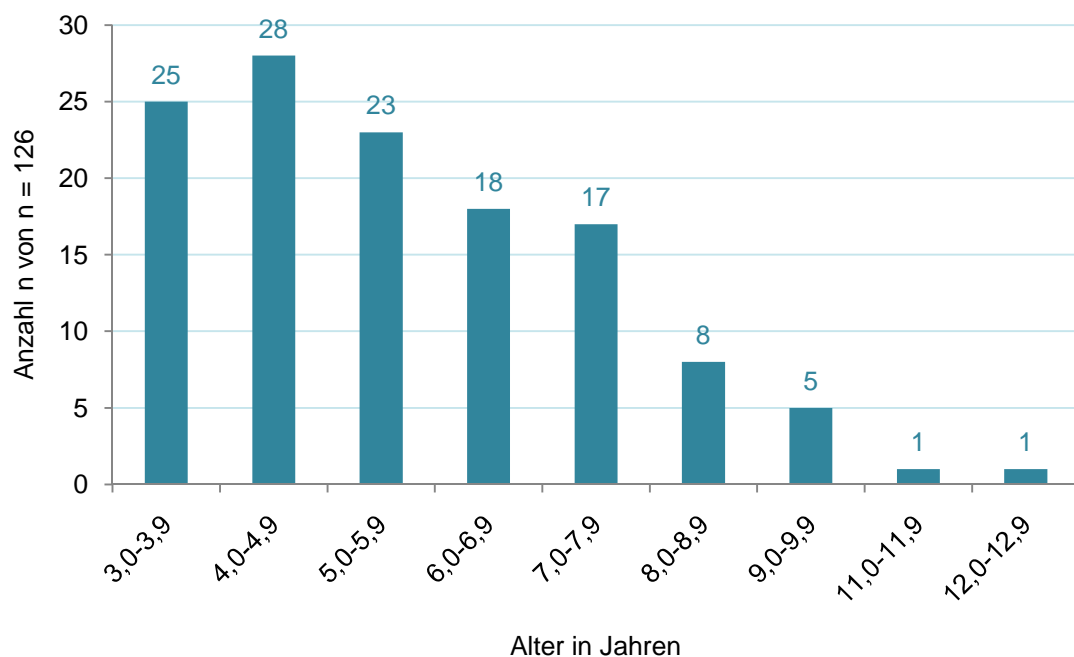


Abbildung 2: Verteilung des Alters der untersuchten Kühe (n = 126).

Haltung

In einem Laufstall wurden 83 der Kühe gehalten. Von diesen hatten 16 Kühe Gelegenheit zum Weidegang und eine Kuh Zugang zu einer Tiefstreubox. In Anbindung wurden 39 Kühe gehalten, davon erhielten 19 Tiere Weidegang. Jeweils eine Kuh wurde auf Tiefstreu, in einer Einzelbox mit Stroh und auf der Weide gehalten. Für eine Kuh lagen keine Angaben zur Haltungsform vor.

Trächtigkeits- und Laktationsstatus

Von den 126 Kühen waren 74 (58,7 %) trächtig, mit einer durchschnittlichen Trächtigkeitsdauer von 5,3 Monaten. Weitere 44 Kühe waren nicht trächtig und von acht Kühen lagen keine Angaben über das Trächtigkeitsstadium vor. Insgesamt wurden 65 Kühe (51,6 %) in der Hochträchtigkeit (ab zwei Monate vor der Kalbung) bzw. in der Hochlaktation (bis drei Monate nach der Kalbung) vorgestellt (Abbildung 3). Von diesen befanden sich acht Kühe in der Transitionsphase (drei Wochen vor bis drei Wochen nach der Kalbung).

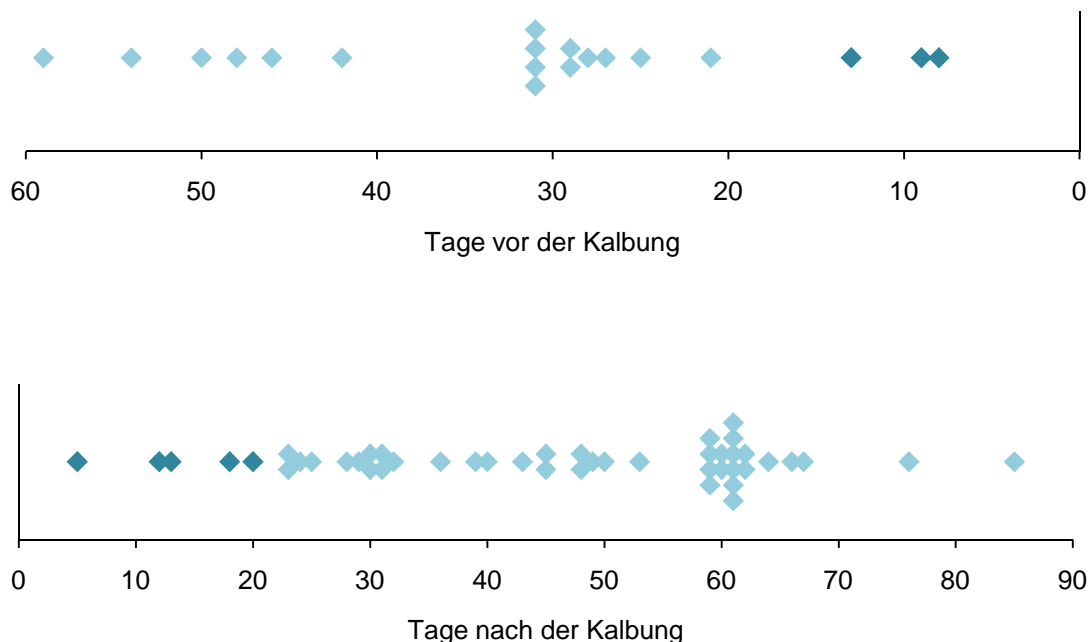


Abbildung 3: In der Hochträchtigkeit ($n = 19$) und Hochlaktation ($n = 46$) befindliche Kühe. Kühe, die sich in der Transitionsphase befanden, sind dunkler markiert.

Zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung waren 97 der Kühe in Laktation und 29 Kühe trockenstehend. Bei den im ersten bis dritten Monat nach der Kalbung befindlichen Patientinnen betrug die durchschnittliche Milchleistung 17,7 kg/Tag. Kühe im vierten und fünften postpartalen Monat wiesen eine durchschnittliche Tagesmilchmenge von 15,7 kg auf; die Kühe ab dem sechsten postpartalen Monat gaben täglich durchschnittlich noch 9,4 kg Milch. Von 17 Tieren war der Laktationsstatus nicht bekannt und bei 13 Tieren lag keine Angabe zur Milchleistung vor.

1.1 Parameter des Allgemeinbefindens und der Eingangsuntersuchung

Innere Körpertemperatur

Die durchschnittliche rektal gemessene Körpertemperatur betrug 38,7°C. Die Temperatur lag bei 87 Tieren zwischen 38,0°C und 39,0°C, bei 9 Tieren unter 38,0°C und bei 27 Tieren über 39,0°C. Bei drei Patienten waren keine Angaben zur Körpertemperatur bei der Einstellungsuntersuchung zu finden.

Ernährungszustand und aktuelle Futteraufnahme

Der Ernährungszustand wurde bei zwei Kühen als sehr gut, bei 35 als gut, bei 68 als mäßig und bei 19 Kühen als schlecht beurteilt. Eine Kuh war kachektisch und eine Kuh war adipös.

Bei 35 Kühen war der Appetit erhalten. Weitere 39 Kühe zeigten während der Untersuchung eine Aufnahme von Stroh oder Heu. Die Futteraufnahme wurde bei vier Tieren als reduziert beurteilt und 15 Tiere nahmen kein Futter auf. In 33 Fällen waren keine Vermerke zur Futteraufnahme zu finden.

Dehydratationsgrad

Den Angaben von Hautturgor und Bulbusstand zufolge waren 25 Kühe geringgradig dehydriert und vier Kühe mittelgradig dehydriert. Bei 97 Kühen lagen keine klinischen Hinweise auf eine Dehydratation vor.

Herzgeräusch und Verdacht auf Endokarditis

Ein systolisches Herzgeräusch wurde bei 23 Patienten während der Eingangsuntersuchung festgestellt und bei zwei dieser Patienten auch ein Verdacht auf

eine Endocarditis valvularis thromboticans geäußert. Bei beiden Kühen wurde diesbezüglich jedoch keine weitergehende Diagnostik durchgeführt. Bei 91 Tieren konnte kein Herzgeräusch auskultiert werden, und bei 12 Kühen lag kein Hinweis darauf in der Dokumentation vor.

1.2 Vorbehandlung

Bei 117 Kühen erfolgte vor der Einlieferung in die Klinik für Wiederkäuer eine Vorbehandlung durch den Tierbesitzer oder durch den Haustierarzt (Tabelle 15). Neun Tiere wurden ohne jede Vorbehandlung in die Klinik überwiesen.

Tabelle 15: Vorbehandlungen (n = 181) bei 117 Kühen.

Art der Vorbehandlung	orthopädische Maßnahmen	systemisch					lokal
		Antibiose	Antiphlogese	Homöop. Präparat	Glukokortikoide	Kalziumpräparat	
Anzahl der Tiere	95	46	16	7	2	1	14

Insgesamt 43 Kühe wurden nur orthopädisch, sechs Kühe allein antibiotisch und je zwei Tiere nur lokal oder nur homöopathisch vorbehandelt. Bei einem Tier wurde lediglich eine Behandlung mit Antiphlogistika durchgeführt.

1.3 Begleiterkrankungen

Während der allgemeinen und speziellen Untersuchung wurden bei 112 Kühen 243 Begleiterkrankungen diagnostiziert (Tabelle 16). Nur bei 14 Kühen wurden keinerlei Begleiterkrankungen festgestellt und dokumentiert.

Tabelle 16: Nicht zum Ausschluss führende Begleiterkrankungen (n = 243) bei 112 von 126 Kühen.

Begleiterkrankung (Anzahl n)		n
unkomplizierte Klauenerkrankungen (107)	chronische Klauenrehe	50
	ein unkompliziertes Klauengeschwür	40
	mehrere unkomplizierte Klauengeschwüre	9
	Dermatitis-Digitalis-Komplex	5
	Ballenhornfäule	3
Hauterkrankungen (76)	(oberflächliche) Dekubitalstelle(n)	60
	Hautwunde/-verletzung	8
	Trichophytie in Abheilung	2
	Euter-Schenkel-Dermatitis	2
	Euterpocken	2
	Räude	1
	Papillomatose	1
Metabolische Erkrankungen (39)	Selenmangel	27
	subklinische Ketose	12
Umfangsvermehrungen (14)	Genese unbekannt	10
	Hämatom	2
	Fibrom	1
	Hygrom des Karpalgelenks	1
Sonstige (7)	Afterklauenverletzung	2
	Lungenemphysem	2
	Katarakt	2
	Schwanzspitzennekrose	1

Während des Klinikaufenthalts traten bei 28 Kühen weitere Begleiterkrankungen auf (Abbildung 4).

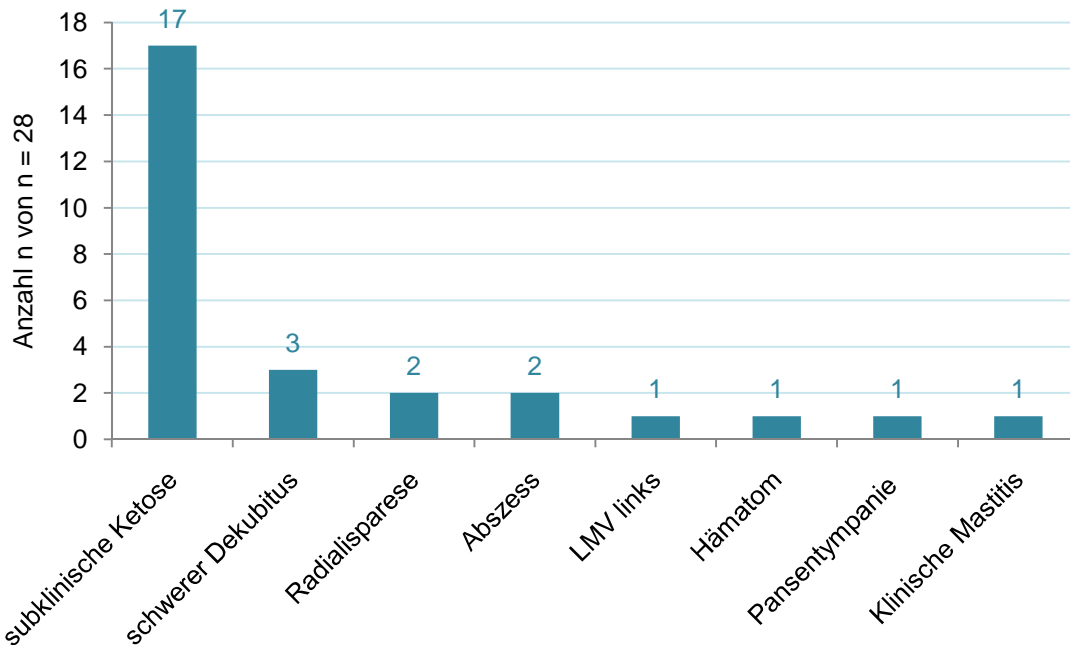


Abbildung 4: Während des Klinikaufenthalts aufgetretene Begleiterkrankungen (n = 28). LMV = Labmagenverlagerung.

Vier Kühe kalbten, zum Teil mit Störungen des Geburtsablaufs, in der Klinik ab.

1.4 Klauenerkrankungen

1.4.1 Anamnese und Allgemeinuntersuchung

Dauer der Erkrankung

In 82 Fällen (65,1 %) wurde die Erkrankung als chronisch und in 40 Fällen (31,7 %) als akut eingestuft. Bei vier Tieren fehlte eine Angabe zur Erkrankungsdauer.

Lahmheitsgrad

Insgesamt 112 Tiere zeigten eine Stützbeinlahmheit in unterschiedlicher Ausprägung (Tabelle 17). Bei vier Patientinnen war kein Lahmheitsgrad angegeben und bei drei weiteren wurde nur eine „wechselseitige Entlastung“ festgestellt.

Tabelle 17: Grad der Stützbeinlahmheit bei 112 Tieren.

Score	Lahmheitsgrad	n (Prozent)
1	undeutlich geringgradig lahm	3 (2,7 %)
2	geringgradig lahm	10 (8,9 %)
3	deutlich geringgradig lahm	14 (12,5 %)
4	mittelgradig lahm	52 (46,4 %)
5	hochgradig lahm	33 (29,5 %)

Zusätzlich zu einer Stützbeinlahmheit zeigten neun Tiere einen klammen Gang. Sieben Kühe zeigten lediglich einen klammen Gang ohne ausgeprägte Lahmheit an einer bestimmten Gliedmaße. Von diesen insgesamt 16 Kühen wurde der klamme Gang in elf Fällen als hochgradig ausgeprägt angesehen, in den anderen fünf Fällen nicht näher klassifiziert.

Pflegezustand der Klauen

Der bei der Eingangsuntersuchung beurteilte Pflegezustand der Klauen war bei 45 Kühen (35,7 %) gut und bei 20 Kühen (15,9 %) aufgrund von zu lang gewachsenen Klauen mäßig. Die Klauen von drei Kühen (2,4 %) befanden sich in einem schlechten Pflegezustand. Bei 16 Tieren (12,7 %) waren die Klauen kurz oder sehr kurz. In 42 Fällen war der Pflegezustand der Klauen nicht gesondert beschrieben.

1.4.2 Ursächliche Klauenerkrankung

Bei den 126 Patientinnen wurden bei der speziellen Untersuchung in der Klinik insgesamt 136 komplizierte Klauenerkrankungen festgestellt (Abbildung 5). Sohlengeschwüre lagen am häufigsten vor.

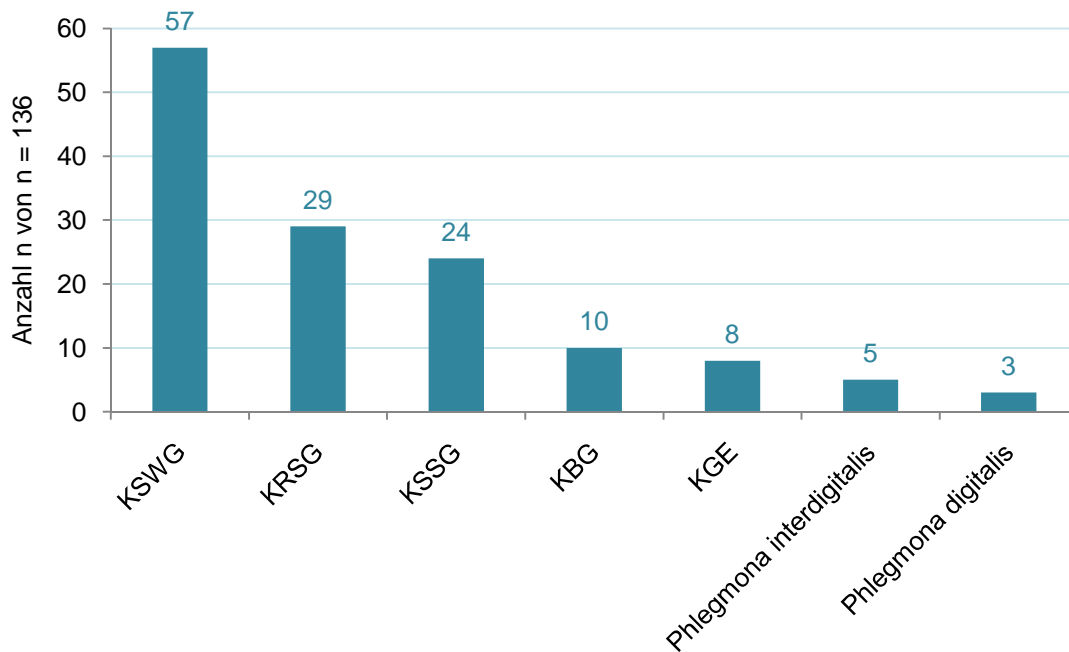


Abbildung 5: Bei der Eingangsuntersuchung diagnostizierte komplizierte Klauenerkrankungen ($n = 136$) der 126 Patientinnen. KSWG = Komplizierte eitrig-hohle Wand, KRSG = Kompliziertes Rusterholzsches Sohlengeschwür, KSSG = Kompliziertes Sohlenspitzen-geschwür, KBG = Kompliziertes Ballengeschwür, KGE = Klauengelenkentzündung.

Die eitrig-hohle Wand oder das Sohlenwandgeschwür stellte nahezu die Hälfte der ursächlichen Erkrankungen, gefolgt vom Rusterholzsches Sohlengeschwür. Die meisten dieser Geschwüre wurden als durch chronische Überlastung bedingt angesehen, die komplizierten Sohlenspitzen-geschwüre traten den Klinikarten zufolge meist kurz nach einer Klauenpflege auf. Ein kompliziertes Sohlenwandgeschwür wurde durch einen Nageltritt verursacht und eine Klauengelenkentzündung durch eine perforierende Verletzung. Bei den übrigen Klauengelenkentzündungen waren keine Ursachen für die Infektion auszumachen.

Acht Tiere litten an komplizierten Klauenerkrankungen an zwei Gliedmaßen. Von diesen waren sechs Tiere von zwei komplizierten Sohlenspitzen-geschwüren, ein Tier von zwei komplizierten Rusterholzsches Sohlengeschwüren und ein Tier von einem komplizierten Sohlenwandgeschwür und einem komplizierten Rusterholzsches Sohlengeschwür betroffen. Bei einer Kuh wurden drei komplizierte Sohlenspitzen-geschwüre diagnostiziert

Insgesamt lagen 120 komplizierte Klauengeschwüre vor, acht alleinige Entzündungen eines Klauengelenks und weitere acht Phlegmonen. Die Geschwüre waren zu 97,6 % an einer Klaue der Hintergliedmaßen lokalisiert, bzw. zu 84,2 % an einer Außenklaue der Hintergliedmaßen (Tabelle 18).

Tabelle 18: Verteilung der Klauengeschwüre auf die Klauen (n = 120).

Betroffene Klaue	HR außen	HR innen	HL außen	HL innen	VR außen	VR innen	VL außen	VL innen
Absolute Häufigkeit	53	4	48	12	0	1	1	1
Relative Häufigkeit	44,2 %	3,3 %	40,0 %	10,0 %	-	0,8 %	0,8 %	0,8 %

Von den Klauengelenkentzündungen ohne offensichtliche Grundkrankheit befanden sich zwei an den Außen- und drei an den Innenklauen der rechten Hintergliedmaße, und zwei an den Innenklauen der linken Hintergliedmaße. Die Klauengelenkentzündung nach perforierender Verletzung war an der Innenklaue der rechten Schultergliedmaße lokalisiert.

Alle drei Digitalphlegmonen und vier der fünf Interdigitalphlegmonen traten an einer Hintergliedmaße auf. Eine Interdigitalphlegmone befand sich an einer Vordergliedmaße.

1.4.3 Weitere lokale Befunde

Bei 35 Kühen wurde die ursächliche Klauenerkrankung durch eine Komplikation erschwert. Bei acht Tieren traten zwei und bei einem Tier drei lokale Komplikationen auf. Insgesamt lagen 54 lokale Komplikationen vor, mit der höchsten Inzidenz bei komplizierten Sohlenwandgeschwüren (Tabelle 19). Jeweils einmal war eine Phlegmona digitalis mit einer pathologischen Fraktur, einer Tendinitis und einer Tendovaginitis kombiniert. Zweimal ging die Zehenphlegmone jeweils mit einer Klauengelenkinfektion bzw. einer Thrombophlebitis einer Zehenvene einher. Eine Kuh hatte zusätzlich zu einer Klauengelenkentzündung eine Fraktur des Klauenbeins.

Tabelle 19: Verteilung der lokalen Komplikationen (n = 54) auf die ursächlichen Klauenerkrankungen.

Lokale Komplikation	Ursächliche Klauenerkrankungen							
	KSWG	KRSG	KSSG	KBG	KGE	Phl. Int.	Phl. Dig.	Gesamt
Zehenphlegmone	13	3	4	-	1	-	-	21
Klauengelenk- infektion	11	-	1	4	-	4	-	20
Tendinitis/Tendo- vaginitis	2	1	-	1	2	-	-	6
Thrombophlebitis der Zehenvene	2	-	1	-	-	-	-	3
Klauenbeinfraktur	-	-	1	1	-	-	-	2
Komplizierte Doppelsohle	-	-	1	-	-	-	-	1
Nekrose der tiefen Beugesehne	-	-	-	-	1	-	-	1
Lokale Komplika- tionen gesamt	28	4	8	6	4	4	-	54

KSWG = Komplizierte eitrig-hohle Wand, KRSG = Kompliziertes Rusterholzsches Sohlengeschwür, KSSG = Kompliziertes Sohlenspitzen-
geschwür, KGB = Kompliziertes Ballengeschwür, KGE = Klauengelenkentzündung, Phl. Int. = Phlegmona interdigitalis, Phl. Dig. = Phlegmona digitalis

Die Kuh mit drei lokalen Komplikationen wies neben der Phlegmona digitalis eine Thrombose einer Zehenvene und eine komplizierte Doppelsohle auf.

1.5 Behandlung und Heilungsverlauf

Bei 82 Patientinnen (65,1 %) wurde ein Therapieversuch durchgeführt, bei 78 Kühen initial operativ (Tabelle 20). Jeweils zwei Tiere mit Phlegmona digitalis und Phlegmona interdigitalis wurden zunächst konservativ behandelt. Von diesen wurden die zwei Tiere mit Phlegmona interdigitalis im weiteren Verlauf einer Klauenamputation unterzogen. In beiden Fällen erwies sich das Klauengelenk als infiziert.

Tabelle 20: Bei komplizierten Klauenerkrankungen durchgeführte Operationen ($n = 78$).

Operation	Anzahl n (Prozent)
Zehenamputation	64 (82,1 %)
Klauengelenkresektion	8 (10,3 %)
Zehenamputation und hohe Beugesehnenresektion	3 (3,8 %)
Klauenspitzenresektion	1 (1,3 %)
Resektion des Endstücks der tiefen Beugesehne	1 (1,3 %)
Ausfräsen eines Sohlenwandgeschwürs	1 (1,3 %)

Insgesamt 18 Kühe entwickelten Komplikationen während des Heilungsverlaufs (Abbildung 6). Bei einer Kuh konnte die Infektion durch die Klauengelenkresektion nicht beseitigt werden, so dass die Klaue schließlich amputiert werden musste. Die anderen Kühe wurden nicht erneut operiert.

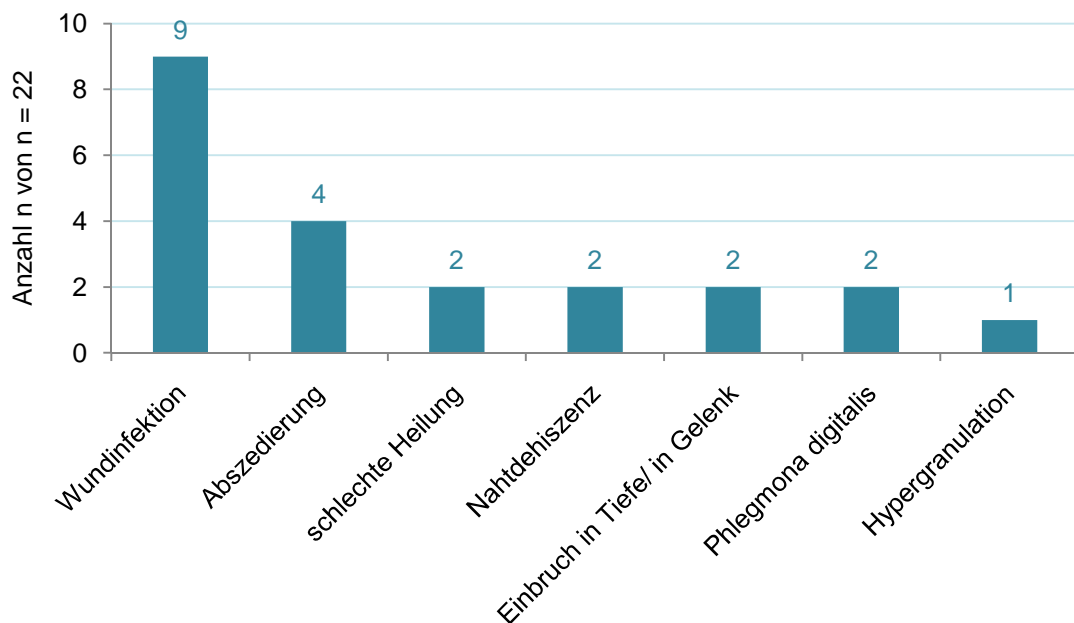


Abbildung 6: Postoperative Komplikationen ($n = 22$) bei 18 Kühen.

Drei Tiere wurden wegen postoperativ auftretender Komplikationen euthanasiert. Bei

einer Kuh entwickelte sich nach der Zehenamputation eine aufsteigende abszedierende Entzündung. Eine Kuh wurde wegen einer Gliedmaßenphlegmone, die nach kompliziertem Sohlenspitzeneschwür und Klauenamputation entstand, euthanasiert. Eine weitere Kuh mit zwei komplizierten Sohlenspitzeneschwüren entwickelte an der Partnerklaue der amputierten Klaue eine eitrige Doppelsohle und musste deswegen eingeschläfert werden.

1.6 Ausgang

1.6.1 Heilung oder Tötung

Von den 126 Kühen wurden 44 Tiere (34,9 %) nach der Diagnosestellung ohne Therapieversuch entweder euthanasiert ($n = 13$) oder der wirtschaftlichen Verwertung zugeführt ($n = 31$). Drei Tiere wurden nach Therapieversuch euthanasiert.

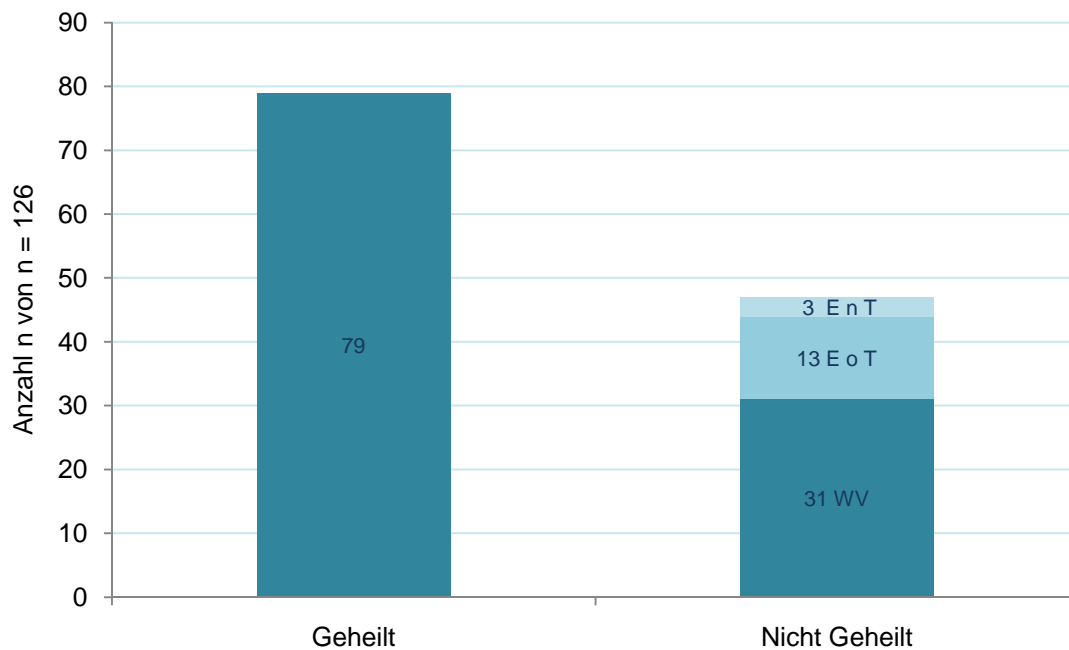


Abbildung 7: Heilungserfolg bei den 126 Patientinnen. E n T = Euthanasie nach Therapieversuch, E o T = Euthanasie ohne Therapieversuch, WV = Wirtschaftliche Verwertung.

Insgesamt wurden somit 47 der eingelieferten Patientinnen (37,3 %) getötet. Die Blutwerte der drei nicht erfolgreich therapierten Tiere wurden aus den statistischen Untersuchungen zu den Blutparametern wegen der geringen Stichprobenzahl dieser Gruppe ausgeschlossen. Die Gruppe der nicht geheilten Tiere schloss deswegen für diese Auswertungen nur 44 Tiere ein. Diesen standen insgesamt 79 geheilte Kühe (62,7 %) gegenüber.

1.6.2 Dauer des Klinikaufenthalts und Klinikkosten

Kühe, die nicht behandelt wurden, wurden am ersten bis dritten Tag nach Einlieferung in die Klinik euthanasiert oder zur wirtschaftlichen Verwertung entlassen. Die drei nicht erfolgreich therapierten Tiere wurden nach sieben, neun und 16 Tagen euthanasiert. Die später geheilten Kühe waren durchschnittlich 18 Tage (8 bis 36) in der Klinik eingestallt.

Die Kosten für die Behandlung der Kühe, die ohne Therapieversuch euthanasiert werden mussten, betragen im Durchschnitt 97,77 Euro und für die zur wirtschaftlichen Verwertung gesandten Kühe durchschnittlich 67,59 Euro. Die Behandlung der drei nicht erfolgreich therapierten Kühe kostete durchschnittlich 332,14 Euro. Die Kosten für die erfolgreich therapierten Tiere lagen im Durchschnitt bei 278,44 Euro.

2. Blutparameter von Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen

2.1 Blutwerte der Kühe mit komplizierten Klauenerkrankungen im Vergleich mit den Referenzwerten der Literatur

Der Basenexzess war bei 63,4 % der Tiere erhöht (Tabelle 21a). Die Kühe wiesen einen BE von im Mittelwert $3,77 \pm 3,41$ mmol/l und damit eine leichte metabolische Alkalose auf. Der Hämatokrit ($\bar{x} = 29,84 \pm 3,83$ %) lag bei 59,4 % der Kühe unterhalb des von Stöber und Gründer (1990) angegebenen Referenzbereichs. Die Glukosewerte waren mit einem Median von $\bar{x}_{\text{med}} = 4,2$ mmol/l (1. Quartil-3. Quartil: 3,9-4,7 mmol/l) bei 98,3 % der Tiere höher als der angegebene Referenzbereich. Ebenso erhöht waren die Werte des Gesamteiweißes mit einem Mittelwert von $\bar{x} = 89,32 \pm 7,92$ g/l (86,2 % der Tiere zeigten erhöhte Werte) und die Werte der Globuline mit einem Mittelwert von $\bar{x} = 55,60 \pm 10,23$ g/l (95,1 % der Kühe oberhalb des Referenzbereichs). Der Glutartest zeigte sich mit einer Reaktionszeit von im Median 2,0 Minuten im Vergleich zum Referenzwert von 15 Minuten deutlich verkürzt. Bei drei als chronisch krank eingestuften Kühen betrug die Reaktionszeit 15 Minuten oder länger. Bei zwei dieser Kühe lag der Gammaglobulingehalt unter dem und bei einer knapp im Referenzbereich. Zwei dieser Kühe wurden geheilt.

Sowohl der Mittelwert der Kaliumkonzentration ($3,68 \pm 0,41$ mmol/l) als auch der Median der Phosphatkonzentration (1,3 (1,1-1,6) mmol/l) lagen bei den klauenkranken Kühen niedriger als der Referenzbereich (Tabelle 21b). Die Werte waren bei 87,3 % (K) bzw. 79,7 % (P) der Kühe erniedrigt. Die Anionenlücke lag mit $8,88 \pm 5,38$ im Durchschnitt unter dem Referenzbereich.

Die AST-Aktivitäten ($\bar{x}_{\text{med}} = 89,9$ (73,0-118,5) U/l) lagen bei 65 % der Tiere oberhalb des Referenzbereichs der Klinik für Wiederkäuer, die Aktivitäten der CK ($\bar{x}_{\text{med}} = 306,0$ (178,0-664,0) U/l) bei 59,4 % der Tiere.

Tabelle 21a: Parameter der Blutgasuntersuchung und des Blutbilds sowie die Substrate und Proteine der untersuchten Kühe (n = 123) und deren prozentuale Verteilung im Vergleich zu den Referenzbereichen von Stöber und Gründer (1990).

Parameter	Eigene Untersuchung*	Stöber und Gründer/Klinik für Wiederkäuer	T (%)	N (%)	H (%)
pH	7,42 ± 0,03	7,40-7,46	22,0	70,7	7,3
pCO ₂ (mmHg)	43,92 ± 4,47	35,0-53,0	0,8	96,8	2,4
pO ₂ (mmHg)	38,27 ± 7,04	36,0-47,0	-	63,9	36,1
HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	27,87 ± 3,01	20-30	-	77,2	22,8
BE (mmol/l)	3,77 ± 3,41	-2,5-2,5**	0,8	35,8	63,4
Ery (T/l)	6,35 ± 0,88	5,0-8,0	3,3	93,4	3,3
Hb (g/l)	10,49 ± 1,15	80-120	0,8	90,2	9,0
Hkt (%)	29,84 ± 3,83	30-40	59,4	39,8	0,8
Thr (G/l)	701,5 (533,5-851,0)	200-800	0,8	63,1	36,1
Leu (G/l)	7,92 ± 2,06	5,0-10,0	7,4	82,0	10,6
Glc (mmol/l)	4,20 (3,90-4,70)	2,4-3,3	-	1,7	98,3
Lak (mmol/l)	0,87 (0,61-1,46)	0,4-1,3	3,7	66,1	30,2
Hst (mmol/l)	3,76 ± 1,28	1,7-7,5	6,5	92,7	0,8
Krea (µmol/l)	97,30 ± 20,44	88-133	32,5	62,6	4,9
Hst/ Krea	39,87 ± 14,63	30-50**	25,2	52,8	22,0
Bili (µmol/l)	4,04 (2,63-6,35)	0,9-7,0	2,5	75,4	22,1
GE (g/l)	89,32 ± 7,92	60-80	-	13,8	86,2
Alb (g/l)	34,30 (31,50-36,90)	30-40	18,7	77,2	4,1
Glb (g/l)	55,60 ± 10,23	30-40	-	4,9	95,1
β-HBA (mmol/l)	0,51 (0,40-0,66)	<1,0	-	90,2	9,8
Glutar (min)	2,0 (1,5-3,0)	<15**	97,6	2,4	0

*Angabe von Mittelwert ± sd bei normal-verteilten Parametern und von Median (1.-3. Quartil) bei nicht normal-verteilten Parametern.

T = Tief (unter dem Referenzbereich), N = Normal (im Referenzbereich), H = Hoch (über dem Referenzbereich).

**Referenzwerte des Labors der Klinik für Wiederkäuer

Tabelle 21b: Elektrolyte und Enzyme der untersuchten Kühe (n = 123) und deren prozentuale Verteilung im Vergleich zu den Referenzbereichen von Stöber und Gründer (1990).

Parameter	Eigene Untersuchung*	Stöber und Gründer/Klinik für Wiederkäuer	T (%)	N (%)	H (%)
Na (mmol/l)	138,7 (135,8-140,7)	135-155	22,8	77,2	-
K (mmol/l)	3,68 ± 0,41	4,0-5,0	87,3	12,7	-
Cl (mmol/l)	105,0 (102,0-107,0)	90-110	-	93,5	6,5
Ca (mmol/l)	2,26 ± 0,14	2,0-3,0	3,6	96,4	-
Ca ²⁺ (mmol/l)	1,10 ± 0,07	1,0-1,3**	18,1	81,9	-
Mg (mmol/l)	0,86 ± 0,13	0,8-1,1	47,1	50,6	2,3
P (mmol/l)	1,30 (1,10-1,60)	1,6-2,3	79,7	20,3	0,0
AG (mEq/l)	8,88 ± 5,38	14-26**	-	86,2	13,8
AST (U/l)	89,9 (73,0-118,5)	< 80**	-	35,0	65,0
GGT (U/l)	25,2 (21,0-29,0)	< 36**	-	89,4	10,6
GLDH (U/l)	7,8 (5,0-10,9)	< 16**	-	87,0	13,0
CK (U/l)	306,0 (178,0-664,0)	< 245**	-	40,6	59,4
GSHPx (U/g Hb)	386,5 ± 157,9	>250**	19,8	80,2	-

*Angabe von Mittelwert ± sd bei normal-verteilten Parametern und von Median (1.-3. Quartil) bei nicht normal-verteilten Parametern.

T = Tief (unter dem Referenzbereich), N = Normal (im Referenzbereich), H = Hoch (über dem Referenzbereich).

**Referenzwerte des Labors der Klinik für Wiederkäuer.

2.2 Vergleich der Gruppen „Geheilt“ und „Nicht Geheilt“

Die geheilten Kühe (n = 79) unterschieden sich hinsichtlich ihrer Kreatinin- und AST-Werte mit $p \leq 0,003$ signifikant von den nicht geheilten Kühen (n = 44; Tabelle 22a und 22b). Eine solche Tendenz zeigte sich auch in der Thrombozytenzahl sowie den Kalium- und Phosphatkonzentrationen. Die Thrombozytenzahl und die Kaliumkonzentrationen lagen dabei höher und die Phosphatkonzentrationen niedriger als bei den nicht geheilten Tieren.

Tabelle 22a: Parameter der Blutgase und des Blutbilds sowie Konzentrationen der Substrate und Proteine der geheilten ($n = 79$) und der nicht geheilten Kühe ($n = 44$) im Vergleich.

Parameter	Geheilt	Nicht Geheilt	p-Wert
pH	7,42 ± 0,03	7,42 ± 0,02	0,832
pCO ₂ (mmHg)	44,13 ± 4,26	43,54 ± 4,85	0,483
pO ₂ (mmHg)	38,48 ± 7,60	37,89 ± 6,00	0,662
HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	28,07 ± 3,01	27,53 ± 3,01	0,338
BE (mmol/l)	4,02 ± 3,75	3,32 ± 2,68	0,276
Ery (T/l)	6,39 ± 0,90	6,27 ± 0,84	0,481
Hb (g/l)	10,67 ± 1,09	10,50 ± 1,19	0,413
Hkt (%)	30,12 ± 3,23	29,64 ± 3,42	0,440
Thr (G/l)	661,5 (500,0-828,5)	737,5 (602,8-937,0)	0,044
Leu (G/l)	7,85 ± 1,87	8,05 ± 2,37	0,609
Glc (mmol/l)	4,10 (3,90-4,60)	4,35 (4,00-4,78)	0,277
Lak (mmol/l)	0,86 (0,62-1,33)	0,95 (0,55-2,02)	0,590
Hst (mmol/l)	3,76 ± 1,23	3,75 ± 1,37	0,988
Krea (µmol/l)	93,00 ± 19,14	105,03 ± 20,62	0,001
Hst/ Krea	41,77 ± 15,16	36,48 ± 13,12	0,054
Bili (µmol/l)	4,59 (2,88-7,22)	3,81 (2,56-5,84)	0,153
GE (g/l)	89,19 ± 8,46	89,54 ± 6,94	0,816
Alb (g/l)	34,40 ± 3,92	33,60 ± 4,64	0,488
Glb (g/l)	55,32 ± 10,68	56,10 ± 9,49	0,689
β-HBA (mmol/l)	0,51 (0,41-0,66)	0,54 (0,39-0,70)	0,947
Glutar (min)	2,0 (1,5-3,0)	1,8 (1,5-2,9)	0,565

Angabe von Mittelwert ± sd bei normal-verteilten Parametern und von Median (1.-3. Quartil) bei nicht normal-verteilten Parametern.

Die Werte von Kreatinin ($p = 0,001$, Abbildung 8 und Tabelle 23) und AST ($p = 0,003$, Abbildung 9 und Tabelle 24) lagen in der Gruppe „Nicht Geheilt“ jeweils signifikant höher als bei den geheilten Tieren.

Tabelle 22b: Konzentrationen der Elektrolyte und Enzyme der geheilten ($n = 79$) und nicht geheilten Kühe ($n = 44$) im Vergleich.

Parameter	Geheilt	Nicht Geheilt	p-Wert
Na (mmol/l)	138,9 (136,1-140,7)	138,1 (134,4-140,7)	0,457
K (mmol/l)	3,63 ± 0,39	3,76 ± 0,43	0,091
Cl (mmol/l)	105,0 (102,0-107,0)	105,0 (103,0-106,0)	0,826
Ca (mmol/l)	2,26 ± 0,13	2,25 ± 0,16	0,762
Ca ²⁺ (mmol/l)	1,10 ± 0,07	1,09 ± 0,07	0,512
AG (mEg/l)	9,90 (5,40-12,50)	10,95 (4,73-13,43)	0,654
Mg (mmol/l)	0,87 ± 0,12	0,85 ± 0,14	0,330
P (mmol/l)	1,40 (1,10-1,70)	1,20 (1,10-1,48)	0,093
AST (U/l)	83,9 (70,0-112,4)	103,5 (79,2-154,5)	0,003
GGT (U/l)	26,0 (21,0-31,0)	23,7 (21,0-27,9)	0,316
GLDH (U/l)	7,8 (5,2-10,5)	7,7 (5,0-11,3)	0,710
CK (U/l)	272,0 (178,0-544,0)	411,5 (176,8-887,5)	0,114
GSHPx (U/g Hb)	383,5 ± 164,7	391,8 ± 146,5	0,783

Angabe von Mittelwert ± sd bei normal-verteilten Parametern und von Median (1.-3. Quartil) bei nicht normal-verteilten Parametern.

Kreatinin zeigte, zum Teil signifikante, Unterschiede bezüglich der Rasse ($p = 0,001$), der Aufstallungsform ($p = 0,006$ und $p = 0,009$), dem Trächtigkeitsstatus ($p = 0,044$), dem Vorliegen lokaler Komplikationen ($p = 0,016$; s. 2.4.2) und dem Auftreten mehrerer unkomplizierter Sohlengeschwüre ($p = 0,012$ bzw. $p = 0,032$; s. 2.4.3; Abbildung 11). Die Kreatininkonzentrationen waren bei Kühen der Rasse Fleckvieh ($n = 101$) signifikant höher als bei schwarzbunten Kühen ($n = 8$), die Rasse korrelierte außerdem mit dem Ausgang (G/NG; $p = 0,045$). Alle schwarzbunten Kühe wurden geheilt. Kühe aus Anbindehaltung mit Weidegang hatten niedrigere Kreatininwerte als Kühe aus Anbindehaltung ohne Weidegang ($p = 0,006$) und Kühe aus Laufstallhaltung ($p = 0,009$). Trächtige Kühe hatten niedrigere Kreatininkonzentrationen als nicht trächtige Kühe. Das Harnstoff-Kreatinin-Verhältnis war bei den nicht geheilten Kühen niedriger ($p = 0,054$). Der Faktor Aufstallung stand in keinem Zusammenhang mit dem Ausgang (G/NG; $p = 0,4$), der Faktor Trächtigkeit nur bedingt ($p = 0,06$). Soweit der Trächtigkeitsstatus der Kühe bekannt war, wurden trächtige Kühe verhältnismäßig öfter geheilt (48/66) als nicht trächtige Kühe (25/44).

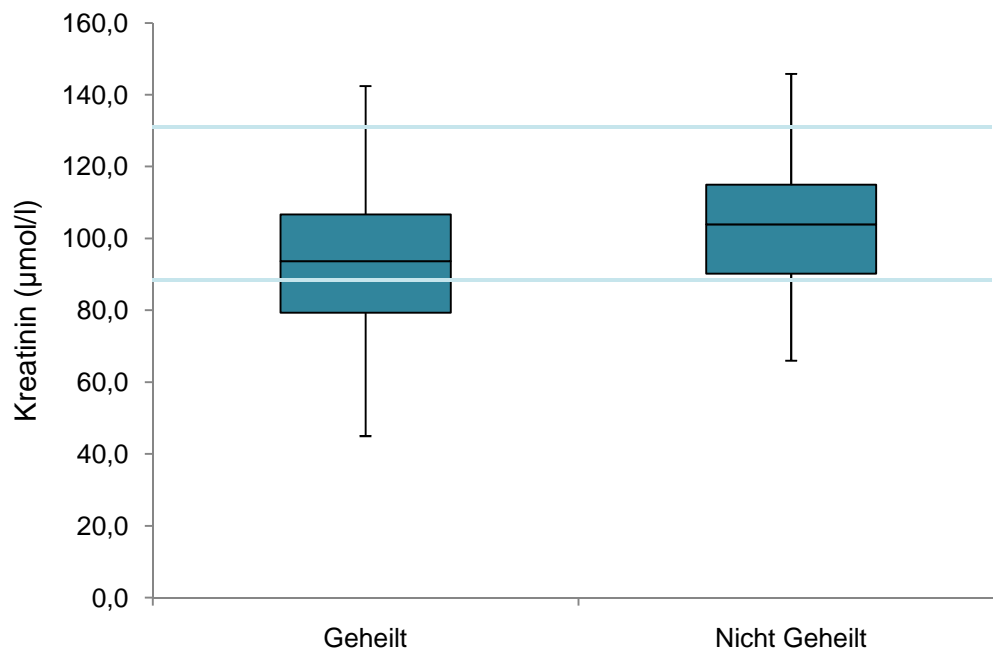


Abbildung 8: Vergleich der Kreatinin-Konzentrationen zwischen den Gruppen „Geheilt“ und „Nicht Geheilt“. Die horizontalen Hilfslinien kennzeichnen den Referenzbereich nach Stöber und Gründer (1990).

Tabelle 23: Kreatininkonzentrationen der geheilten ($n = 79$) und nicht geheilten ($n = 44$) Kühe.

Kreatinin ($\mu\text{mol/l}$)	Geheilt	Nicht Geheilt	Gesamt
< 100	49	16	65
101-120	26	20	46
121-140	3	5	8
141-160	1	2	3
> 160	-	1	1

Die AST-Aktivität unterschied sich nicht nur zwischen den Gruppen „Geheilt“ und „Nicht Geheilt“, sondern unterlag auch einem Einfluss der Faktoren Vorbehandlung, Krankheitsdauer, Vorhandensein von Dekubitalstellen und mehrerer unkomplizierter Sohlengeschwüre sowie der Anzahl der komplizierten Klauenerkrankungen.

Vorbehandelte Tiere ($n = 112$) hatten niedrigere AST-Werte ($p = 0,023$) als nicht vorbehandelte Tiere ($n = 8$). Sie waren bei Kühen mit Dekubitalstellen ($n = 45$) höher als bei Kühen ohne Dekubitalerkrankungen ($n = 78$). Der Einfluss einer Vorbehandlung auf den Ausgang (G/NG) war mit $p = 0,057$ nahezu signifikant (zwei von acht nicht vorbehandelten Kühen wurden geheilt und 75 von 112 vorbehandelten Kühen wurden geheilt). Das Vorliegen von Dekubitalstellen zeigte eine ähnliche Korrelation zum Ausgang ($p = 0,056$) (G/NG). Bei 21 von 44 nicht geheilten Kühen und bei 24 von 79 geheilten Kühen waren Dekubitalstellen vorhanden.

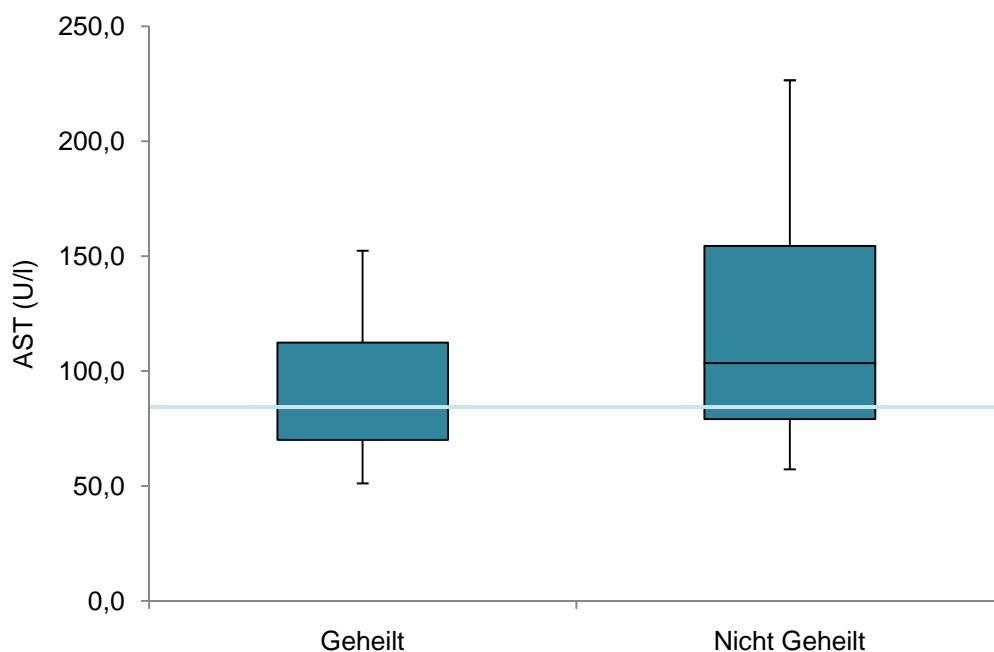


Abbildung 9: Vergleich der AST-Aktivitäten zwischen den Gruppen „Geheilt“ und „Nicht Geheilt“. Die horizontale Hilfslinie kennzeichnet die obere Grenze des Referenzbereichs (Labor Klinik für Wiederkäuer).

Die Auswirkungen von dem Vorliegen mehrerer unkomplizierter Klauenerkrankungen und der Krankheitsdauer auf die AST-Aktivität sind unter 2.4.3 bzw. 2.4.6 beschrieben. Der Einfluss der Anzahl der komplizierten Klauenerkrankungen findet sich unter 2.4.1.

Tabelle 24: AST-Aktivitäten der geheilten ($n = 79$) und nicht geheilten ($n = 44$) Kühe.

AST (U/l)	Geheilt	Nicht Geheilt	Gesamt
< 80	32	11	43
81-100	22	9	31
101-150	17	13	30
151-200	4	5	9
> 200	4	6	10

Die Zahl der Thrombozyten war bei nicht geheilten Tieren mit $p = 0,044$ höher als bei geheilten Tieren (Abbildung 10). Sie wurde nur durch das Auftreten von oberflächlichen Dekubitalstellen positiv beeinflusst ($p = 0,030$).

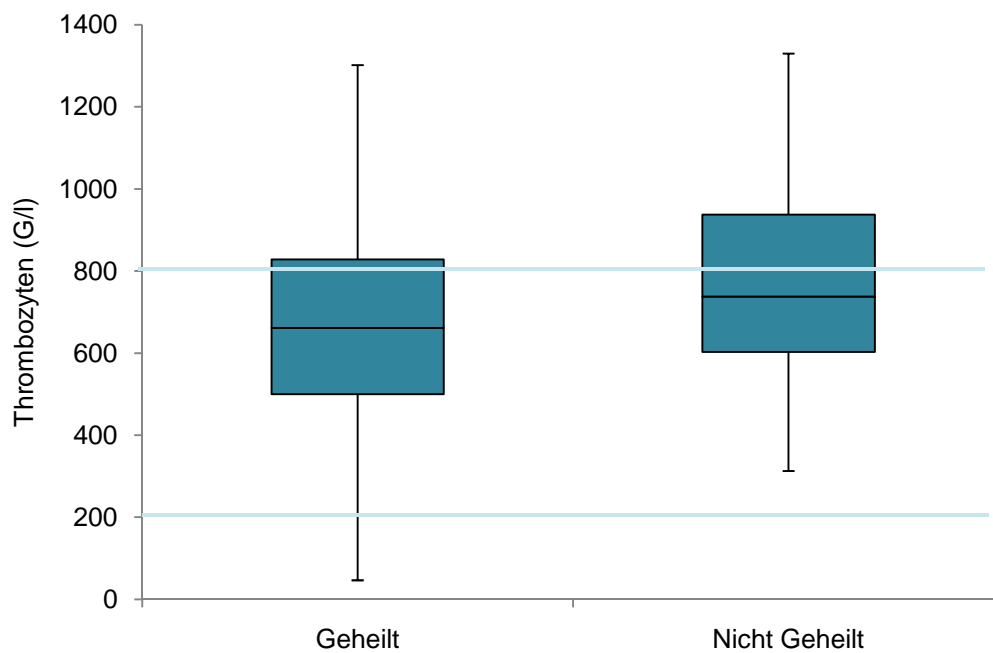


Abbildung 10: Vergleich der Thrombozytenzahlen zwischen den Gruppen „Geheilt“ und „Nicht Geheilt“. Die horizontalen Hilfslinien kennzeichnen den Referenzbereich nach Stöber und Gründer (1990).

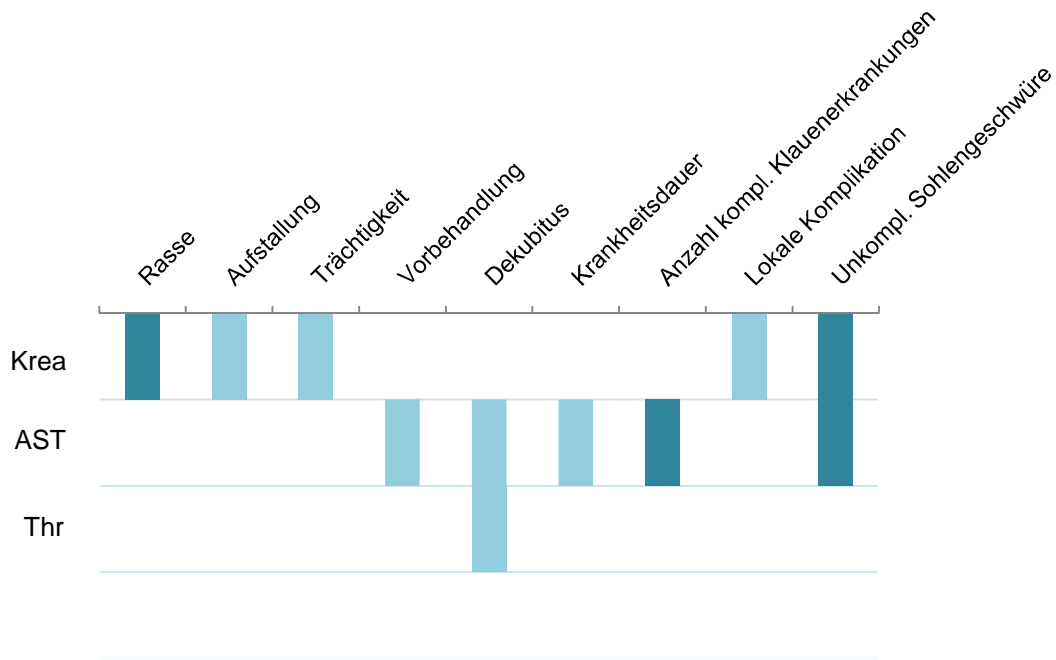


Abbildung 11: Faktoren, die neben dem Ausgang (G/NG) einen Einfluss ($p \leq 0,05$) auf die Parameter Kreatinin, AST und Thrombozytenzahl hatten. Die dunklen Felder kennzeichnen die Faktoren, die zudem statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) mit dem Ausgang (G/NG) korrelierten.

2.3 Vergleich der Gruppen „Geheilt“, „Wirtschaftliche Verwertung“ und „Euthanasiert“

Hinsichtlich der Parameter der Blutgasanalyse und des Blutbilds konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen „Geheilt“, „Wirtschaftliche Verwertung“ und „Euthanasie“ festgestellt werden (Tabelle 25a). Von den Substraten und Proteinen waren nur die Konzentrationen von Kreatinin und Albumin mit Unterschieden zwischen den Gruppen auffällig und von den Elektrolyten zeigte nur die Magnesiumkonzentration Unterschiede von statistischer Signifikanz ($p \leq 0,003$; Tabelle 25b).

Tabelle 25a: Parameter der Blutgasanalyse und des Blutbilds der geheilten ($n = 79$), geschlachteten ($n = 31$) und euthanasierten ($n = 13$) Kühe im Vergleich.

Parameter	Geheilt	Wirtschaftliche Verwertung	Euthanasie
pH	7,42 ± 0,03	7,42 ± 0,02	7,43 ± 0,03
pCO ₂ (mmHg)	44,13 ± 4,26	43,94 ± 4,85	42,58 ± 4,90
pO ₂ (mmHg)	38,48 ± 7,60	37,52 ± 5,57	38,79 ± 7,08
HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	28,07 ± 3,01	27,69 ± 3,32	27,12 ± 2,18
BE (mmol/l)	4,02 ± 3,75	3,38 ± 3,00	3,17 ± 1,78
Ery (T/l)	6,39 ± 0,90	6,37 ± 0,80	6,03 ± 0,92
Hb (g/l)	10,67 ± 1,09	10,54 ± 1,06	10,4154 ± 1,52
Hkt (%)	30,12 ± 3,23	29,84 ± 3,10	29,15 ± 4,20
Thr (G/l)	661,5 (500,0-828,5)	727,0 (570,0-962,0)	783,0 (640,0-1038,0)
Leu (G/l)	7,85 ± 1,87	8,19 ± 2,72	7,71 ± 1,23

Angabe von Mittelwert ± sd bei normal-verteilten Parametern und von Median (1.-3. Quartil) bei nicht normal-verteilten Parametern.

Die Kreatininkonzentration war bei Kühen, die euthanasiert wurden ($p = 0,019$), und bei Kühen, die geschlachteten wurden ($p = 0,048$), höher als bei geheilten Kühen (Tabelle 25b). Nach der Bonferroni-Korrektur war das Ergebnis jedoch nicht mehr signifikant.

Albumin war nur bei den geschlachteten Kühen ($p = 0,001$), nicht jedoch bei den geheilten Kühen ($p = 0,002$) signifikant höher als bei den euthanasierten Tieren (Abbildung 13).

Die Kaliumkonzentration war bei den euthanasierten Tieren höher ($p = 0,020$) als bei den geheilten Tieren. Magnesium lag bei den euthanasierten Tieren signifikant niedriger als bei den geschlachteten ($p = 0,003$) und tendenziell niedriger als bei den geheilten ($p = 0,004$) Tieren (Tabelle 25b, Abbildung 14). Die AST zeigte bei den geschlachteten Kühen höhere Werte ($p = 0,004$) als bei den geheilten Kühen (Abbildung 15).

Tabelle 25b: Substrate und Proteine, Elektrolyte und Enzyme der geheilten ($n = 79$), geschlachteten ($n = 31$) und euthanasierten ($n = 13$) Kühe im Vergleich.

Parameter	Geheilt	Wirtschaftliche Verwertung	Euthanasie
Glc (mmol/l)	4,10 (3,90-4,60)	4,30 (4,00-4,90)	4,40 (4,00-4,60)
Lak (mmol/l)	0,86 (0,62-1,33)	0,84 (0,53-1,24)	2,05 (0,71-2,85)
Hst (mmol/l)	3,76 ± 1,23	3,66 ± 1,32	3,97 ± 1,51
Krea (µmol/l)	93,00 ± 19,14	103,20 ± 21,86	109,4 ± 17,31
Hst/ Krea	41,77 ± 15,16	36,59 ± 13,81	36,21 ± 11,80
Bili (µmol/l)	3,81 (2,56-5,84)	4,46 (2,63-7,13)	6,34 (3,77-7,33)
GE (g/l)	89,19 ± 8,46	88,74 ± 7,16	91,46 ± 6,22
Alb (g/l)	34,4 (31,9-36,9)	35,5 (32,4-38,3)^a	29,5 (28,1-33,2)^a
Glb (g/l)	55,32 ± 10,68	53,77 ± 8,36	61,63 ± 10,04
β-HBA (mmol/l)	0,51 (0,41-0,66)	0,58 (0,48-0,86)	0,40 (0,34-0,52)
Glutar (min)	2,0 (1,5-3,0)	2,0 (1,5-3,5)	1,5 (1,3-1,5)
Na (mmol/l)	138,9 (136,1-140,7)	138,2 (135,2-140,3)	136,7 (132,0-141,1)
K (mmol/l)	3,63 ± 0,39	3,68 ± 0,43	3,96 ± 0,35
Cl (mmol/l)	105,0 (102,0-107,0)	104,0 (102,0-105,0)	106,0 (103,5-111,0)
Ca (mmol/l)	2,26 ± 0,13	2,26 ± 0,16	2,25 ± 0,16
Ca ²⁺ (mmol/l)	1,10 ± 0,07	1,09 ± 0,07	1,09 ± 0,07
AG (mEq/l)	9,90 (5,40-12,50)	11,20 (6,70-13,60)	5,80 (2,90-13,60)
Mg (mmol/l)	0,87 ± 0,12	0,89 ± 0,14^a	0,75 ± 0,09^a
P (mmol/l)	1,40 (1,10-1,70)	1,20 (1,10-1,30)	1,40 (1,10-1,55)
AST (U/l)	83,9 (70,-112,4)	107,9 (87,1-141,1)	96,9 (71,9-198,4)
GGT (U/l)	26,0 (21,0-31,0)	24,0 (22,0-28,0)	23,0 (19,8-27,0)
GLDH (U/l)	7,8 (5,2-10,5)	9,9 (5,0-11,3)	6,6 (4,5-13,0)
CK (U/l)	272,0 (178,0-544,0)	454,0 (182,0-889,0)	329,0 (140,5-900,5)
GSHPx (U/g Hb)	383,5 ± 164,7	394,1 ± 159,1	386,1 ± 116,7

Angabe von Mittelwert ± sd bei normal-verteilten Parametern und von Median (1.-3. Quartil) bei nicht normal-verteilten Parametern.

^a Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant zwischen den Gruppen.

Die Albumin-Konzentration wurde durch den Laktationsstatus und das Auftreten von Dekubitalstellen beeinflusst. Die Werte waren bei trockenstehenden Kühen signifikant niedriger als bei laktierenden Kühen. Tiere mit Dekubitalstellen wiesen signifikant niedrigere Werte als Tiere ohne Dekubitalstellen auf. Weder der Laktationsstatus noch die Dekubitalstellen korrelierten bei einer Einteilung in die drei Gruppen „Euthanasie“, „Wirtschaftliche Verwertung“ und „Geheilt“ mit dem Ausgang (Abbildung 12).

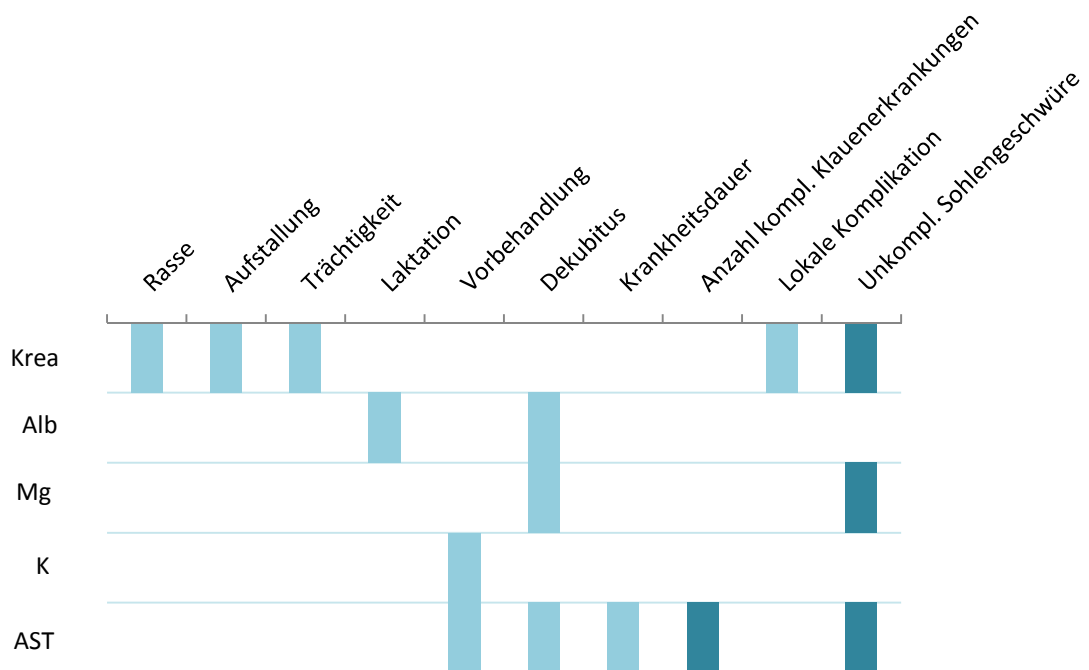


Abbildung 12: Faktoren, die neben dem Ausgang (G/WV/E) einen Einfluss ($p \leq 0,05$) auf die Parameter Kreatinin, Albumin, Magnesium, Kalium und AST hatten. Die dunklen Felder kennzeichnen die Faktoren, die zudem statistisch signifikant ($p \leq 0,05$) mit dem Ausgang (G/WV/E) korrelierten.

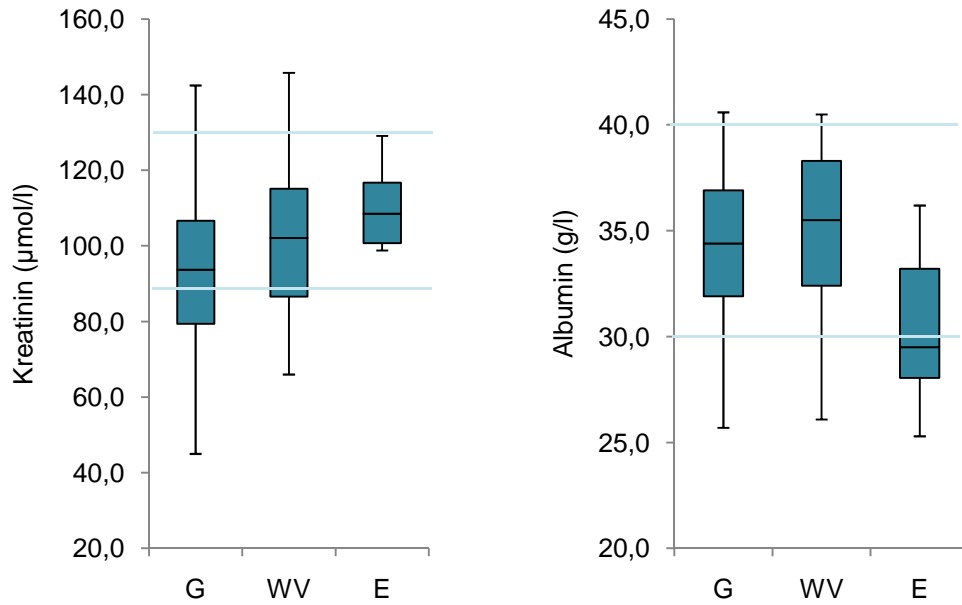


Abbildung 13: Kreatinin- (a) und Albuminkonzentrationen (b) bei geheilten (G), wirtschaftlich verwerteten (WV) und euthanasierten (E) Tieren. Die horizontalen Hilfslinien kennzeichnen den Referenzbereich nach Stöber und Gründer (1990).

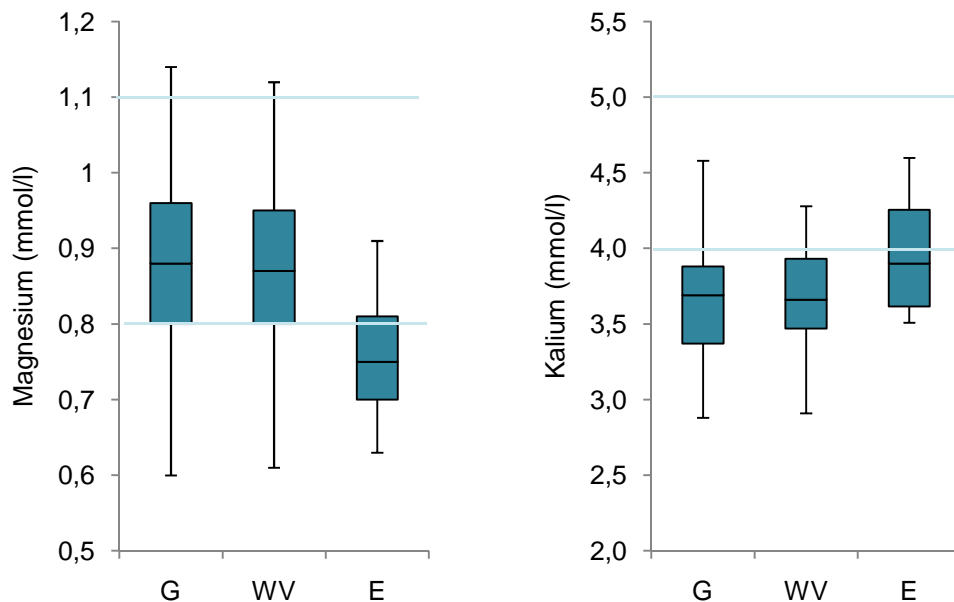


Abbildung 14: Kalium- (a) und Magnesiumkonzentrationen (b) bei geheilten (G), wirtschaftlich verwerteten (WV) und euthanasierten (E) Tieren. Die horizontalen Hilfslinien kennzeichnen den Referenzbereich nach Stöber und Gründer (1990).

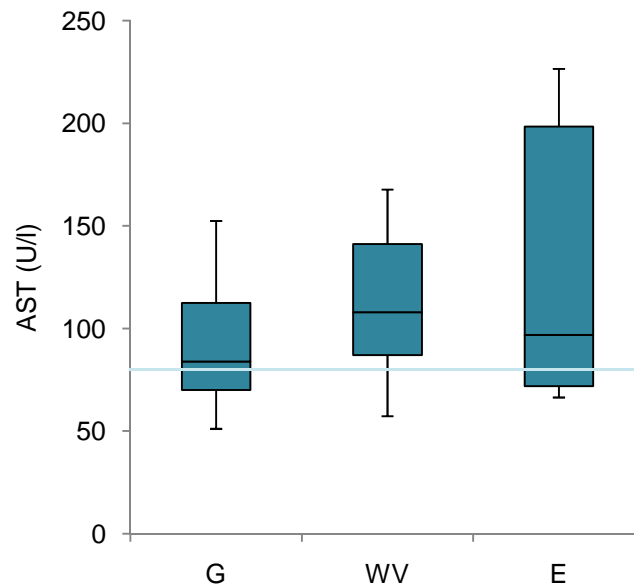


Abbildung 15: AST-Aktivitäten bei geheilten (G), wirtschaftlich verwerteten (WV) und euthanasierten (E) Tieren. Die horizontale Hilfslinie kennzeichnet die obere Grenze des Referenzbereichs (Labor Klinik für Wiederkäuer).

Die Kaliumwerte unterschieden sich zwischen den vorbehandelten und nicht vorbehandelten Tieren ($p = 0,027$). Die Vorbehandlung hatte jedoch keinen Einfluss auf den Ausgang bei Unterteilung in die drei Gruppen (G/WV/E). Die Magnesiumkonzentration zeigte Unterschiede zwischen Tieren mit und ohne Dekubitalstellen ($p = 0,041$, niedriger bei Kühen mit Dekubitalstellen) und zwischen Tieren mit und ohne unkomplizierten Sohlengeschwüren. Das Vorhandensein von Dekubitalstellen korrelierte bei einer Unterteilung in die drei Gruppen nicht mit dem Ausgang (G/WV/E; $p = 0,138$). Im Gegensatz dazu beeinflusste das Vorliegen mehrerer unkomplizierter Klauengeschwüre den Ausgang (G/WV/E) signifikant ($p = 0,003$): Von neun Kühen mit mehreren unkomplizierten Sohlengeschwüren wurden nur zwei geheilt während vier der wirtschaftlichen Verwertung zugeführt und drei Kühe euthanasiert wurden. Lag kein unkompliziertes Sohlengeschwür vor, wurden 53 Tiere geheilt, 18 Tiere geschlachtet und drei Tiere euthanasiert.

Neben den genannten waren weitere Unterschiede zwischen den Blutparametern der drei Gruppen erkennbar, die jedoch statistisch über dem Signifikanzniveau von $p = 0,001$ lagen. Laktat war bei den euthanasierten Kühen höher als bei den

geschlachteten Kühen ($p = 0,051$) und bei den geheilten Kühen ($p = 0,031$). Der Glutartest fiel bei den euthanasierten Kühen durchschnittlich kürzer aus als bei geschlachteten ($p = 0,025$) und bei geheilten ($p = 0,034$) Kühen. Phosphat zeigte bei den geschlachteten Kühen eine Tendenz zu niedrigeren Werten als bei den geheilten Kühen ($p = 0,040$). BHBA hatte bei den euthanasierten Kühen tendenziell niedrigere Werte als bei den geschlachteten ($p = 0,035$) oder geheilten ($p = 0,055$) Kühen.

2.4 Einfluss weiterer Faktoren auf die Blutparameter

2.4.1 Anzahl der komplizierten Klauenerkrankungen

Zwischen Tieren mit einer komplizierten Klauenerkrankung ($n = 115$) und Tieren mit zwei oder drei komplizierten Klauenerkrankungen ($n = 8$) bestanden in den Parametern Magnesium, AST und CK Unterschiede ($p \leq 0,05$). Die Magnesiumkonzentration lag bei Kühen mit einer komplizierten Klauenerkrankung höher, die Konzentrationen von AST und CK niedriger als bei Tieren mit mehreren komplizierten Klauenerkrankungen (Tabelle 26).

Tabelle 26: Parameter mit Unterschieden ($p \leq 0,05$) zwischen Kühen mit einer komplizierten Klauenerkrankung ($n = 115$) und Kühen mit zwei oder drei komplizierten Klauenerkrankungen ($n = 8$).

Parameter	Eine komplizierte Klauenerkrankung	Mehrere komplizierte Klauenerkrankungen	p-Wert
Mg (mmol/l)	0,87 \pm 0,13	0,74 \pm 0,11	0,007
AST (U/l)	87,7 (72,0-115,4)	153,8 (101,4-270,6)	0,006
CK (U/l)	298,0 (175,0-596,0)	816,5 (503,0-2787,3)	0,021

Angabe von Mittelwert \pm sd bei normal-verteilten Parametern und von Median (1.-3. Quartil) bei nicht normal-verteilten Parametern.

2.4.2 Lokale Komplikationen

Unterschiede mit $p \leq 0,05$ zwischen Blutparametern zeigten sich auch hinsichtlich des Auftretens von lokalen Komplikationen. Die Konzentrationen von Laktat ($p = 0,046$), Kreatinin ($p = 0,016$) und Kalzium ($p = 0,011$) waren bei Kühen mit lokaler Komplikation höher, die des Phosphats ($p = 0,039$) hingegen niedriger als bei den Kühen ohne lokale Komplikation (Tabelle 27).

Tabelle 27: Unterschiede ($p \leq 0,05$) in den Blutparametern zwischen Tieren mit komplizierter Klauenerkrankung ohne lokale Komplikation ($n = 80$) und mit lokaler Komplikation im Allgemeinen ($n = 43$) sowie Zehenphlegmone ($n = 13$) und Klauengelenkentzündung ($n = 17$) im Speziellen.

Parameter	Keine lokale Komplikation	Lokale Komplikation	Phlegmona digitalis	Klauengelenkentzündung
Ery (T/l)	6,25 ± 0,83 ^{a,b}	6,53 ± 0,94	6,68 ± 1,25 ^a	6,70 ± 0,83 ^b
Hkt (%)	29,57 ± 3,06 ^a	30,65 ± 3,63	31,9 ± 23,82 ^a	31,24 ± 3,83
Lak (mmol/l)	0,84 (0,55-1,30) ^a	1,06 (0,67-2,20) ^a	1,06 (0,75-1,26)	0,83 (0,59-2,54)
Krea (µmol/l)	94,05 ± 18,56 ^{a,b,c}	103,34 ± 22,54 ^a	107,03 ± 23,42 ^b	104,52 ± 24,10 ^c
GE (g/l)	89,02 ± 7,54 ^a	90,10 ± 8,66	93,61 ± 6,53 ^a	85,15 ± 6,82
Glb (g/l)	54,90 ± 9,63 ^a	56,91 ± 11,27	60,92 ± 9,93 ^a	51,39 ± 9,90
Ca (mmol/l)	2,23 ± 0,15 ^{a,b}	2,30 ± 0,12 ^a	2,28 ± 0,13	2,33 ± 0,15 ^b
P (mmol/l)	1,30 (1,10-1,60) ^a	1,20 (1,00-1,50) ^a	1,20 (1,00-1,55)	1,2 (0,95-1,45)

Angabe von Mittelwert ± sd bei normal-verteilten Parametern und von Median (1.-3. Quartil) bei nicht normal-verteilten Parametern.

^{a, b, c} Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich mit $p \leq 0,05$ zwischen den Gruppen.

Weitere lokale Komplikationen wurden aufgrund der geringen Stichprobengröße nicht gesondert ausgewertet.

2.4.3 Unkomplizierte Klauengeschwüre

Kühe mit einem oder mehreren zusätzlichen unkomplizierten Klauengeschwüren ($n = 9$) wurden mit den Kühen verglichen, die keine zusätzliche unkomplizierte

Klauenerkrankung ($n = 75$) oder keine zusätzliche Begleiterkrankung ($n = 14$) aufwiesen. Lag nur ein unkompliziertes Klauengeschwür vor, war kein Unterschied mit $p \leq 0,05$ zu den nicht von weiteren Sohlengeschwüren betroffenen Kühen nachzuweisen. Waren mehrere Klauen an einem unkomplizierten Geschwür erkrankt, so waren bei den betroffenen Tieren die Werte von Kreatinin, Chlorid, CK und AST höher, die Werte von Hämatokrit und Magnesium hingegen niedriger als bei Kühen ohne unkomplizierte Klauenerkrankung (Tabelle 28). Im Vergleich mit den Kühen ohne Begleiterkrankung waren der Hämatokrit und die Magnesiumkonzentration bei den Tieren mit zusätzlichen unkomplizierten Klauengeschwüren niedriger und die Kreatininkonzentration höher.

Tabelle 28: Blutparameter, die sich zwischen Kühen unterschieden ($p \leq 0,05$), die keine Begleiterkrankung ($n = 14$) bzw. keine unkomplizierte Klauenerkrankung ($n = 75$) und die mehrere unkomplizierte Klauenerkrankungen ($n = 9$) hatten.

Parameter	Mehrere unkomplizierte Klauenerkrankungen	Keine unkomplizierte Klauenerkrankung	Keine Begleiterkrankung
Hkt (%)	28,22 ± 1,56 ^{a,b}	30,18 ± 2,92 ^a	30,59 ± 2,7 ^b
Krea (µmol/l)	111,98 ± 23,92 ^{a,b}	96,79 ± 19,27 ^a	88,43 ± 17,20 ^b
Cl (mmol/l)	106,0 ^a (105,0-111,0)	105,0 ^a (102,0-107,0)	106,5 (103,25-108,25)
Mg (mmol/l)	0,77 ± 0,11 ^{a,b}	0,87 ± 0,12 ^a	0,89 ± 0,12 ^b
AST (U/l)	158,4 ^a (93,7-194,5)	87,7 ^a (71,6-116,5)	104,9 (72,3-133,4)
CK (U/l)	454,0 ^a (325,0-904,0)	249,0 ^a (166,0-596,0)	431,0 (244,5-902,5)

Angabe von Mittelwert ± sd bei normal-verteilten Parametern und von Median (1.-3. Quartil) bei nicht normal-verteilten Parametern.

^{a, b} Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich mit $p \leq 0,05$ zwischen den Gruppen.

Ob die Tiere geheilt oder nicht geheilt wurden, korrelierte statistisch signifikant mit dem Vorliegen zusätzlicher unkomplizierter Klauenerkrankungen und zusätzlicher Begleiterkrankungen (keine zusätzliche unkomplizierte Klauenerkrankung: $p = 0,004$; keine Begleiterkrankung: $p = 0,008$). Bei einer Einteilung in die Gruppen „Euthanasie“,

„Wirtschaftliche Verwertung“ und „Geheilt“ war die Korrelation ebenfalls statistisch signifikant (keine zusätzliche unkomplizierte Klauenerkrankung: $p = 0,003$; keine Begleiterkrankung: $p = 0,028$). Nur zwei der Tiere mit mehreren unkomplizierten Sohlengeschwüren wurden geheilt, drei Kühe wurden euthanasiert und vier Kühe wurden der wirtschaftlichen Verwertung zugeführt.

2.4.4 Klauenrehe

Unterschiede mit $p \leq 0,05$ von Blutwerten waren zwischen den Tieren mit und ohne Anzeichen für chronische Klauenrehe oder zwischen den Tieren ohne Begleiterkrankung und mit Klauenrehe nicht festzustellen. Das Auftreten von chronischer Klauenrehe beeinflusste den Ausgang weder bei einer Einteilung in die zwei Gruppen G/NG noch in die drei Gruppen G/WV/E.

2.4.5 Vorbehandlung

Acht Tiere wurden ohne Vorbehandlung vorgestellt. Ihre Blutwerte wurden mit den Blutwerten aller vorbehandelten ($n = 112$), der orthopädisch vorbehandelten ($n = 43$) und der antibiotisch vorbehandelten ($n = 6$) Tiere verglichen (Tabelle 29).

Die AST- und Kaliumkonzentrationen lagen bei den nicht vorbehandelten Tieren im Vergleich mit den vorbehandelten Tieren (AST: $p = 0,023$; K: $p = 0,027$), zu den orthopädisch vorbehandelten Tieren (AST: $p = 0,02$; K: $p = 0,017$) und zu den antibiotisch vorbehandelten Tieren (AST: $p = 0,028$; K: $p = 0,009$) höher. Die CK war hingegen bei den vorbehandelten Tieren ($p = 0,027$) und bei den orthopädisch vorbehandelten Tieren ($p = 0,035$) niedriger. Die Thrombozytenzahl war niedriger bei den antibiotisch vorbehandelten Kühen ($p = 0,043$), die Natriumkonzentration war bei diesen höher ($p = 0,033$) als bei den nicht vorbehandelten Tieren.

Tabelle 29: Blutparameter, die sich zwischen den nicht vorbehandelten Kühen ($n = 8$) und den vorbehandelten Kühen im Allgemeinen ($n = 112$) sowie den orthopädisch vorbehandelten Kühen ($n = 43$) und den antibiotisch vorbehandelten Kühen ($n = 6$) im Speziellen mit $p \leq 0,05$ unterschieden.

Blutparameter	Keine Vorbehandlung	Vorbehandlung	Orthopädische Vorbehandlung	Antibiotische Vorbehandlung
Thr (G/l)	830,0 ^a (611,0-1410,0)	691,0 (529,0-847,0)	622,0 (532,0-847,0)	560,0 ^a (292,5-695,25)
K (mmol/l)	3,99 ± 0,22 ^{a,b,c}	3,66 ± 0,41 ^a	3,69 ± 0,33 ^b	3,54 ± 0,33 ^c
Na (mmol/l)	137,1 ^a (134,2-139,5)	138,8 (135,8-140,7)	139,5 (133,6-141,3)	139,9 ^a (138,1-141,8)
AST (U/l)	127,8 ^{a,b,c} (101,4-208,1)	88,5 ^a (72,2-116,2)	87,1 ^b (72,0-116,5)	80,1 ^c (67,0-106,9)
CK (U/l)	785,5 ^{a,b} (490,3-937,0)	303,0 ^a (181,3-598,3)	321,0 ^b (199,0-621,0)	245,0 (153,0-611,3)

Angabe von Mittelwert ± sd bei normal-verteilten Parametern und von Median (1.-3. Quartil) bei nicht normal-verteilten Parametern.

^{a b, c} Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich mit $p \leq 0,05$ zwischen den Gruppen.

Ein Zusammenhang zwischen einer Vorbehandlung und dem Ausgang (G/NG) bestand mit einem p-Wert von 0,057 nur bedingt. Dabei bestand zwischen einer orthopädischen – nicht aber einer antibiotischen Vorbehandlung – und dem letztlichen Ausgang (G/NG) eine Korrelation ($p = 0,034$ – nicht orthopädisch vorbehandelte Kühe wurden in der Klinik verhältnismäßig öfter nicht behandelt und demzufolge nicht geheilt).

2.4.6 Krankheitsdauer

Kühe, deren komplizierte Klauenerkrankung als chronisch eingestuft wurde, zeigten einen längeren Glutartest ($p = 0,045$) und höhere Werte von Laktat ($p = 0,024$) sowie AST ($p = 0,009$) als Kühe mit einem als akut eingestuften Geschehen. Die CK-Aktivitäten waren bei Kühen mit akuten komplizierten Klauenerkrankungen mit $p = 0,001$ signifikant höher (Tabelle 30).

Tabelle 30: Unterschiede ($p \leq 0,05$) von Blutwerten zwischen chronisch ($n = 82$) und akut ($n = 37$) kranken Kühen.

Blutparameter	Chronische Erkrankung	Akute Erkrankung
Lak (mmol/l)	0,84 (0,61-1,20)	1,33 (0,56-2,60)
Glutar (min)	2,0 (1,5-3,0)	1,5 (1,0-2,5)
AST (U/l)	83,6 (70,9-112,7)	103,9 (80,5-155,5)
CK (U/l)	249,0^a (162,5-505,0)	436,0^a (244,0-904,0)

Angabe von Median (1.-3. Quartil).

^a Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant zwischen den Gruppen.

Eine Korrelation zwischen der Erkrankungsdauer und dem Ausgang bestand weder bei einer Einteilung in die zwei Gruppen (G/NG) noch in die drei Gruppen (G/WV/E).

3. ROC-Analysen und logistische Regression

Parameter, die sich signifikant zwischen den Gruppen „Geheilt“ und „Nicht Geheilt“ unterschieden – Kreatinin und AST – oder zumindest eine solche Tendenz aufwiesen – Thrombozyten, Kalium und Phosphat – wurden mittels Receiver-Operating-Characteristics-(ROC)-Kurven auf ihre prognostische Aussagekraft hin analysiert.

Der somit errechnete Cut-Off-Wert betrug für Kreatinin 97,71 $\mu\text{mol/l}$ (Abbildung 16) mit einer Sensitivität von 60,9 % und einer Spezifität von 72,7 %, bei einem positiven prädiktiven Wert (PPW) von 80,0 % und einem negativen prädiktiven Wert (NPW) von 50,8 % (Tabelle 31).

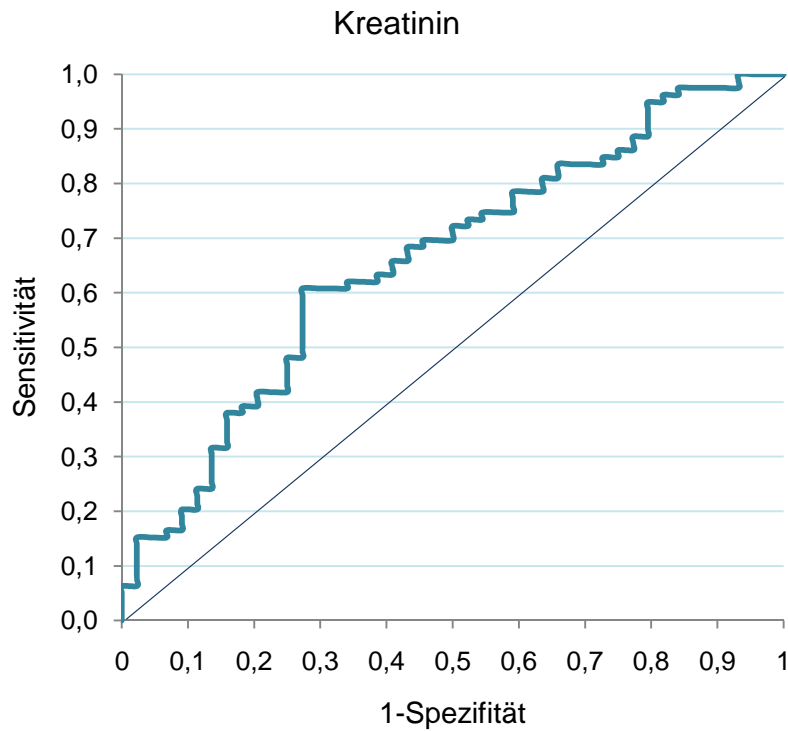


Abbildung 16: ROC-Kurve der Kreatininkonzentrationen von Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen. Die Fläche unter der Kurve weist einen Wert von 0,66 auf.

Tabelle 31: Verteilung der geheilten ($n = 79$) und der nicht geheilten ($n = 44$) Kühe bezüglich des Cut-Off Wertes von Kreatinin ($n = 123$).

Kreatinin	Geheilt	Nicht Geheilt	Gesamt
< 97,71 $\mu\text{mol/l}$	48	12	60
>97,71 $\mu\text{mol/l}$	31	32	63
Gesamt	79	44	123

Der für die AST ermittelte Cut-Off Wert betrug 88,5 U/l (Abbildung 17). Die Sensitivität lag für diesen Wert bei 58,2 % und die Spezifität bei 70,5 %. Der PPW betrug dann 78,0 % und der NPW 48,4 % (Tabelle 32).

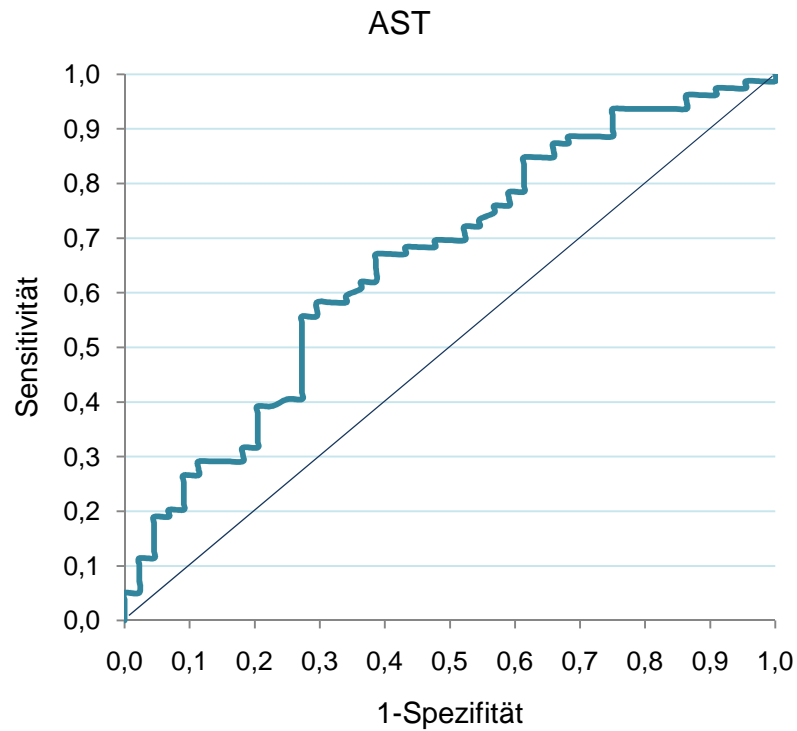


Abbildung 17: ROC-Kurve der AST-Aktivitäten von Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen. Die Fläche unter der Kurve weist einen Wert von 0,66 auf.

Tabelle 32: Verteilung der geheilten ($n = 79$) und nicht geheilten ($n = 44$) Kühe bezüglich des Cut-Off-Wertes der AST ($n = 123$).

AST	Geheilt	Nicht Geheilt	Gesamt
<88,5 (U/l)	46	13	59
>88,5 (U/l)	33	31	64
Gesamt	79	44	123

Für die Thrombozytenzahl lag der durch die ROC-Kurve ermittelte Cut-Off Wert bei $629 \times 10^3/\mu\text{l}$ (Abbildung 18).

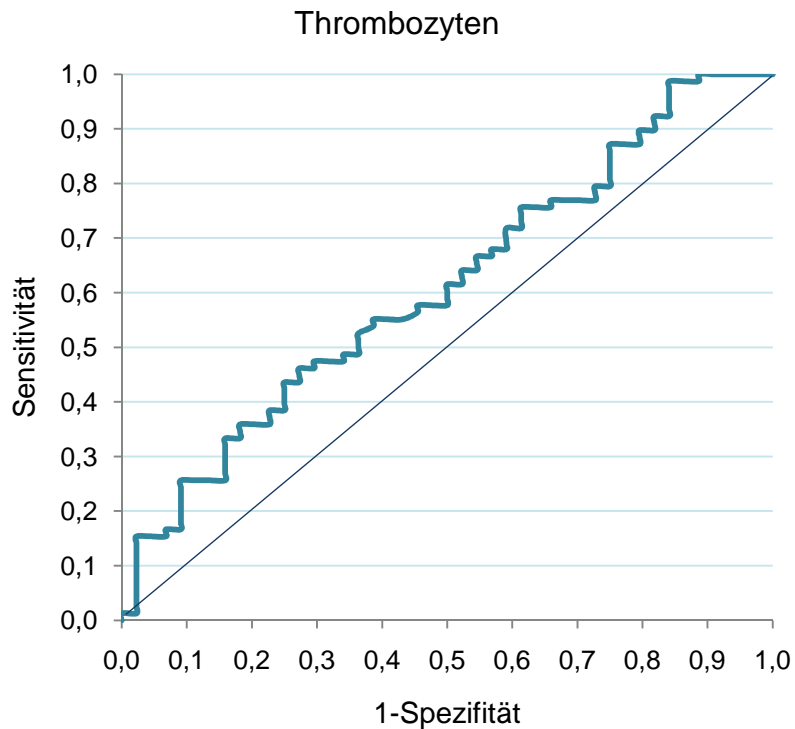


Abbildung 18: ROC-Kurve der Thrombozytenzahl von Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen. Die Fläche unter der Kurve weist einen Wert von 0,61 auf.

Die Sensitivität lag hier bei 46,2 % und die Spezifität bei 72,7 %. Der PPW lag dann bei 75,0 % und der NPW bei 43,2 % (Tabelle 33).

Tabelle 33: Verteilung der geheilten ($n=78$) und nicht geheilten Kühe ($n=44$) bezüglich des Cut-Off Wertes der Thrombozytenkonzentration ($n=122$).

Thrombozyten	Geheilt	Nicht Geheilt	Gesamt
<629,0 (G/l)	36	12	48
>629,0 (G/l)	42	32	74
Gesamt	78	44	122

Für Kalium lag der Cut-Off-Wert bei 3,90 mmol/l (Abbildung 19), mit einer Sensitivität von 78,5 % und einer Spezifität von 38,6 %. Der PPW betrug dann 69,7 % und der NPW 50,0 % (Tabelle 34).

Tabelle 34: Verteilung der geheilten ($n = 79$) und nicht geheilten ($n = 44$) Kühe bezüglich des Cut-Off-Wertes des Kaliums ($n = 123$).

Kalium	Geheilt	Nicht Geheilt	Gesamt
<3,895 (mmol/l)	62	27	89
>3,895 (mmol/l)	17	17	34
Gesamt	79	44	123

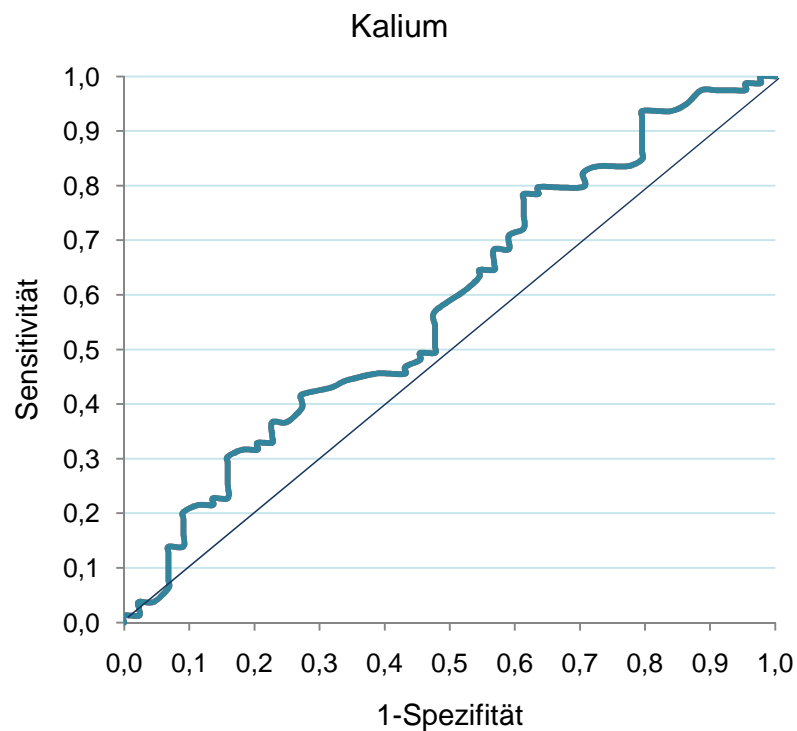


Abbildung 19: ROC-Kurve der Kalium-Konzentrationen von Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen. Die Fläche unter der Kurve weist einen Wert von 0,58 auf.

Der Cut-Off-Wert des Phosphats lag bei 1,45 mmol/l (Abbildung 20). Die Sensitivität betrug bei diesem Wert 46,8 % und die Spezifität 75,0 %, bei einem PPW von 77,1 % und einem NPW von 44 % (Tabelle 35).

Tabelle 35: Verteilung der geheilten ($n = 79$) und nicht geheilten ($n = 44$) Kühe bezüglich des Cut-Off Wertes des Phosphats ($n = 123$).

Phosphat	Geheilt	Nicht Geheilt	Gesamt
>1,45 (mmol/l)	37	11	48
<1,45 (mmol/l)	42	33	75
Gesamt	79	44	123

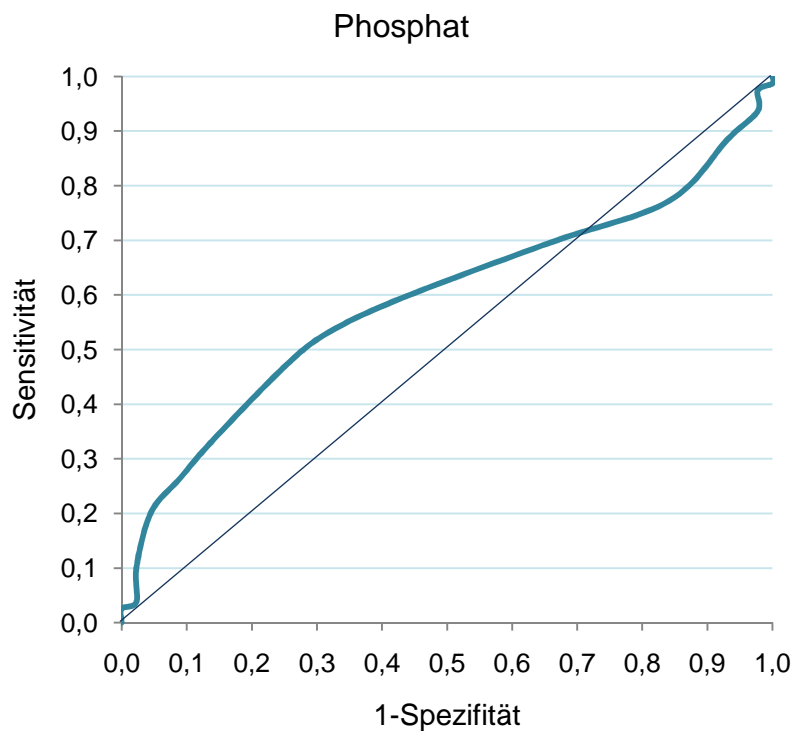


Abbildung 20: ROC-Kurve der Phosphat-Konzentrationen von Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen. Die Fläche unter der Kurve weist einen Wert von 0,59 auf.

In der logistischen Regression stellten sich nur Kreatinin zusammen mit den logarithmierten AST-Werten als bedingt aussagekräftig bezüglich einer Prognose heraus (Tabelle 36). Die Sensitivität betrug 91,0 %, die Spezifität jedoch nur 27,3 %. Der positive prädiktive Wert des Tests lag bei 68,9 % und der negative prädiktive Wert bei 63,2 %.

Tabelle 36: Ergebnisse der logistischen Regression.

Parameter	Regressionskoeffizient	Signifikanz	Odds Ratio	95 % Konfidenzintervall	
				Unterer Wert	Oberer Wert
Kreatinin	0,876	0,035	2,401	1,062	5,430
ln-AST	0,029	0,007	1,029	1,008	1,051

Mit zunehmenden Kreatinin- und AST-Werten stieg das Risiko für die Kühe, dargestellt durch die positiven Odds Ratios, nicht geheilt zu werden, an.

V Diskussion

Die Prognose hinsichtlich des Behandlungserfolgs und somit des Überlebens des betroffenen Rindes ist bei komplizierten Klauenerkrankungen nicht einfach zu stellen. Parameter, die dazu beitragen könnten, zu einer korrekten Entscheidung zu gelangen, wären daher für Tierarzt und Besitzer wünschenswert. Die für die vorliegende Untersuchung zur Verfügung stehenden Blutwerte boten die Möglichkeit, nach prognostisch relevanten Parametern zu suchen. Die Untersuchungen umfassten zwar viele Blutwerte, jedoch nur eine einmalige Blutuntersuchung, sodass es sich um eine Momentaufnahme des Blutbildes handelte. Falls es jedoch spezifische Parameter gibt, die sich bei einer komplizierten Klauenerkrankung – ähnlich wie bei einer Erkrankung der Nieren oder der Gallenblase (Braun et al. 1995; Braun et al. 2008) – in charakteristischer Weise ändern, sollten sie auch bei nur einer Stichprobe auffindbar sein.

Rinder mit komplizierten Klauenerkrankungen wurden deswegen ausgewählt, weil bei ihnen deutlichere Veränderungen der Blutwerte als bei Rindern mit unkomplizierten Klauenerkrankungen erwartet wurden. Die Beschränkung auf Kühe ab einem Alter von drei Jahren sollte die Beeinflussung der Blutwerte durch Geschlecht und Alter (Doornenbal 1977; Baumgartner und Skalicky 1979; Shaffer et al. 1981; Doornenbal et al. 1988; Eldon et al. 1988) reduzieren.

Mit der Bestimmung von „zulässigen“ und „nicht zulässigen“ Begleiterkrankungen wurde versucht, den Einfluss anderer Erkrankungen auf die Blutwerte gering zu halten. Dabei konnte bei vielen Erkrankungen – beispielsweise Dekubitalstellen – nur vermutet werden, dass sie keine wesentlichen Veränderungen der Blutwerte hervorrufen würden, da keine Informationen in der vorliegenden Literatur darüber zu finden waren. Zusätzlich war die Dokumentation der Begleiterkrankungen in den Krankenakten nicht immer vollständig und eindeutig, so dass oft auch Unsicherheiten über den tatsächlichen Schweregrad der Begleiterkrankung (z.B. Tiefe der Dekubitalstellen, Füllungszustand der Gelenke) bestanden. Bei großen Unsicherheiten wurde deswegen gegen die Aufnahme des Patienten in die vorliegende Untersuchung entschieden.

Durch die Auswahlkriterien wurde vermutlich jedoch auch die Prävalenz von nicht zum Ausschluss führenden Begleiterkrankungen beeinflusst. So ist zu erwarten, dass durch

den Ausschluss von Kühen mit klinischer Mastitis auch die Zahl der Tiere reduziert wurde, die sich in der Hochleistungsphase befanden und eventuell vermehrt durch Stoffwechselbelastungen beeinträchtigt waren. Aussagen in Bezug auf Vorkommen und Wechselwirkungen der Klauenerkrankungen mit Erkrankungen wie einer subklinischen Ketose können deswegen anhand der vorliegenden Untersuchung nur begrenzt getroffen werden.

Die Lagerung von Blutproben wirkt sich ebenfalls auf die Blutwerte aus. Die Blutgasparameter wurden immer direkt nach der Blutprobenentnahme untersucht. Die übrigen Proben wurden bei +4°C bis zur Untersuchung aufbewahrt, die in der Regel sofort oder, wenn die Kühe abends in die Klinik gebracht wurden, am folgenden Tag durchgeführt wurde. Da die meisten Parameter des Blutbilds (Jones und Allison 2007) und der Serumchemie (Russell und Roussel 2007) bei dieser Temperatur über einen Zeitraum von bis zu 24 Stunden stabil sind, war eine Beeinträchtigung der Blutproben durch die Lagerung nicht zu erwarten.

Die Dokumentation der Befunde der klinischen Allgemeinuntersuchung wurde sehr einheitlich durchgeführt. Eine Subjektivität bei der Beurteilung klinischer Befunde ist dennoch anzunehmen. Die Fälle der Rinder mit komplizierten Klauenerkrankungen waren jedoch in aller Regel sehr gut nachvollziehbar, weil die spezielle Diagnostik und Therapie über den gesamten Untersuchungszeitraum nur von zwei Personen durchgeführt worden war.

„Normalwerte“ sind als problematisch anzusehen, weil sie oft ohne Berücksichtigung von Rasse, Alter oder Geschlecht erstellt wurden (Lumsden 1998; Russell und Roussel 2007). Deswegen wurde für die vorliegende Untersuchung diskutiert, eine Kontrollgruppe mit gesunden Tieren einzurichten. Dieser Gedanke wurde jedoch aufgegeben, weil gesunde Rinder unter den gleichen Bedingungen, also nach Transport und Einstellung in der Klinik, hätten beprobt werden müssen. Da außerdem die Fragestellung nicht zuletzt auf eine Ermittlung der prognostischen Aussagekraft der untersuchten Blutparameter zielte und dafür der Vergleich der geheilten mit den nicht geheilten Tieren entscheidend war, wurden die von Stöber und Gründer (1990) und die weitgehend damit übereinstimmenden Referenzwerte des klinikinternen Labors herangezogen.

Für die Ermittlung der prognostischen Aussagekraft der Blutparameter wurden die Blutwerte der geheilten Kühe mit denen der nicht behandelten Kühe verglichen. Die Entscheidung darüber, ob ein Nutztier behandelt oder getötet werden soll, fällt im Allgemeinen nicht nur aufgrund medizinischer Befunde. Wirtschaftliche und emotionale Abwägungen des Tierbesitzers spielen eine weitere wesentliche Rolle. Faktoren wie der Trächtigkeitsstatus oder eine durch eine Vorbehandlung bestehende Wartezeit beeinflussen eine solche Entscheidung ebenfalls. Bei den vorliegenden Daten war es oft nicht möglich, den tatsächlichen Grund für oder gegen eine Therapie eindeutig nachzuvollziehen. Die Interpretation der Unterschiede von Blutparametern zwischen diesen Gruppen muss deswegen entsprechend kritisch ausfallen, weil Besitzer sich bei gleich vorsichtiger Prognose unterschiedlich entschieden.

Sowohl das Laktations- als auch das Trächtigkeitsstadium können einen starken Einfluss auf die Blutwerte ausüben (Doornenbal et al. 1988; Giger et al. 1997; Yokus und Cakir 2006). Die Verteilung der Kühe der vorliegenden Untersuchung auf die verschiedenen Stadien wurde bei der Interpretation berücksichtigt. In der Transitionsphase drei Wochen vor bis drei Wochen nach der Kalbung befanden sich jedoch nur sieben Kühe, so dass ein Einfluss dieser Phase auf die Gesamtheit der Blutwerte sehr gering war. Auch die Höhe der Milchleistung beeinflusst einige Parameter (Jones et al. 1982); diese war jedoch bei den Tieren der vorliegenden Untersuchung, vermutlich vor allem wegen der Klauenerkrankung, reduziert.

Vorberichtlich erhielten nur wenige Kühe (16/126) Schmerzmittel, obwohl deren positive Auswirkungen mehrfach belegt worden sind (Feist 2004; Feist et al. 2008). Bei den vorbehandelten Kühen waren sowohl die AST- als auch die CK-Konzentrationen niedriger als bei nicht vorbehandelten Kühen. Diese Tiere schienen demnach weniger zu liegen und hatten deswegen wahrscheinlich geringere Muskelläsionen, was auf positive Effekte einer Vorbehandlung schließen lässt. Diese könnten auch darin liegen, dass die Überweisung der Tiere in die Klinik rechtzeitig erfolgte, weil ein Tierarzt hinzugezogen wurde.

Die retrospektive Beurteilung der zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung beurteilten Futteraufnahme gestaltete sich als schwierig. Die Tatsache jedoch, dass der Ernährungszustand bei 87 Kühen (69 %) mäßig oder schlecht war, spricht für eine länger andauernde Reduktion der Futteraufnahme.

Der Dehydratationsgrad wurde in den Klinikkarten nicht explizit vermerkt und wurde deswegen retrospektiv anhand der Beurteilung von Hautturgor und Einsinkungsgrad des Bulbus entsprechend den Angaben von Rademacher et al. (2002) bestimmt. Demnach waren wenige Kühe klinisch dehydriert. Ein statistisch nachweisbarer Zusammenhang zwischen dem Dehydratationsgrad und dem Hämatokrit bestand nicht. Allerdings wurde letzterer wahrscheinlich auch durch weitere Faktoren (s. u.) beeinflusst.

Als Begleiterkrankungen der untersuchten Kühe traten, nach Ausschluss anderer Organerkrankungen, vor allem weitere, unkomplizierte Klauenerkrankungen auf. Über den Einfluss von „Klauenrehe“ auf die Blutwerte lagen mehrere Publikationen vor (Nilsson 1963; Maclean 1970; Bargai et al. 1992; Belge et al. 2004), mit allerdings widersprüchlichen Angaben und sehr unterschiedlichem Umfang der untersuchten Blutwerte. Die Auswirkung von unkomplizierten Sohlengeschwüren auf ausgewählte Parameter untersuchten Lischer et al. (Lischer et al. 2000a; Lischer et al. 2000b; Lischer et al. 2000c; Lischer et al. 2003); diese Autoren stellten teilweise Unterschiede fest. In der vorliegenden Untersuchung kann eine durch unkomplizierte Sohlengeschwüre bedingte Beeinflussung von Blutwerten nicht ausgeschlossen werden. Andererseits sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen wahrscheinlich eher durch die von komplizierten Klauenerkrankungen hervorgerufenen Veränderungen überlagert. Zumindest konnte kein statistisch nachweisbarer Einfluss ($p \leq 0,05$) einer Klauenrehe oder eines unkomplizierten Sohlengeschwürs festgestellt werden.

Klauen- und Dekubitalerkrankungen können in pyämischen Thromboembolien und nachfolgend in Endokarditiden resultieren (Müller et al. 2005). Bei den Kühen der vorliegenden Untersuchung wurde bei 23 Tieren (18 %) ein systolisches Herzgeräusch vermerkt, aber nur bei zweien der Verdacht auf eine Endokarditis ausgesprochen. In den anderen Fällen ging man von einem physiologischen Herzgeräusch (Reisse 2008) aus. Eine spezielle Diagnostik zur Verifizierung der Ursachen wurde jedoch bei keiner der beiden Kühe durchgeführt, zumal die Klauenerkrankungen abheilten. Für eine statistische Auswertung der Blutwerte dieser zwei Tiere war die Stichprobe zu klein. Immerhin wird offensichtlich, dass die Diagnostik der Endokarditis beim Rind noch unbefriedigende Resultate erbringt.

Von den 126 Kühen entwickelten 28 Kühe während des Klinikaufenthalts weitere Begleiterkrankungen. Das häufige Auftreten einer subklinischen Ketose (17/28) kann durch eine hohe Milchleistung bei herabgesetzter Futteraufnahme bedingt sein. Die

Milchleistung nach einer Klauenoperation stieg bei Kühen aufgrund einer Schmerzmittelgabe deutlich, die Futteraufnahme zeitweise signifikant an (Feist 2004). Da die operierten Kühe der vorliegenden Untersuchung Schmerzmittel erhielten, dürften sich sowohl die Futteraufnahme als auch die Milchleistung erhöht haben. Nach Absetzen des Analgetikums fiel die Futteraufnahme wieder leicht ab (Feist 2004), so dass vielleicht deswegen eine Ketose entstand. Daneben kann in der vorliegenden Untersuchung auch das ungewohnte Futter zu einer Verminderung der Futteraufnahme beigetragen haben. Weitere Begleiterkrankungen, die die Gesamtkosten der Behandlung beeinflussten, kamen nur in sehr geringem Rahmen vor.

Im Vergleich der Blutwerte der 123 Patientinnen mit den Referenzbereichen ergaben sich zumeist wenig spezifische Abweichungen. Zwischen den unterschiedlichen Gruppen waren ebenfalls nur wenige, geringe Unterschiede zu erkennen. Aufgrund der durch multiples Testen entstehenden Alphafehler-Kumulierung musste das Signifikanzniveau durch die Bonferroni-Korrektur angepasst werden. Es wurde somit auf $p = 0,003$ bzw. $p = 0,001$ festgelegt. Deswegen waren nur wenige statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen.

Eine Anämie tritt bei den Haussäugetieren am häufigsten in Folge einer chronischen Entzündung auf (Stockham 2000). Bei den Tieren der vorliegenden Untersuchung lag mit einem durchschnittlichen Hämatokrit von 29,8 % definitionsgemäß (Jones und Allison 2007) keine Anämie vor, jedoch waren die Werte bei 59 % der Kühe erniedrigt. Andererseits war der Hämatokrit bei einem Teil der Tiere, vermutlich durch eine geringgradige Dehydratation, erhöht. Das Entzündungsgeschehen an den Klauen führte wahrscheinlich wie von Waner und Harrus (2000) beschrieben, über die Herabsetzung der Eisenverfügbarkeit, einer Verminderung der Überlebenszeit der Erythrozyten und einer Reduktion der Erythropoese zu den erniedrigten Hämatokritwerten. Auch Meimandi Parizi und Khalafizadeh (2006) stellten bei Kühen mit starker Lahmheit einen erniedrigten Hämatokrit fest. Sie führten dies ebenfalls auf das Entzündungsgeschehen zurück. Das zusätzliche Vorliegen unkomplizierter Klauenerkrankungen beeinflusste den Hämatokrit bei den untersuchten Kühen ebenfalls, er war bei Kühen mit mehreren unkomplizierten Klauenerkrankungen niedriger als bei Kühen ohne unkomplizierte Klauenerkrankungen. Auf andere mögliche Ursachen, wie Eisen- oder Kupfermangel oder chronisches Nierenversagen (Jones und Allison 2007) lagen keine Hinweise vor.

Anstrengung, Stress und Entzündungsgeschehen können sekundär eine Thrombozytose hervorrufen (Jones und Allison 2007). Die Thrombozytenzahl lag bei 36 % der Tiere über dem Referenzbereich und war bei den nicht geheilten Kühen im Median höher ($p = 0,044$) als bei den geheilten Kühen. Die niedrigere Thrombozytenzahl bei antibiotisch vorbehandelten Kühen unterstützt die Vermutung, dass die Entzündung bei ihnen eingedämmt worden war. Die bei Kühen mit Dekubitalstellen wiederum höheren Thrombozytenzahlen könnten als Zeichen von schwereren oder zumindest länger andauernden Erkrankungen und somit Entzündungen dieser Kühe interpretiert werden.

Eine Erhöhung der Gesamtleukozytenzahl, wie sie von Meimandi Parizi und Khalafizadeh (2006) bei Kühen mit starker Lahmheit gefunden wurde, ließ sich in der vorliegenden Untersuchung nur bei 10 % der untersuchten Kühe feststellen. Der Mittelwert von 7,9 G/l entsprach in etwa dem bei Kühen mit „Panaritium“ oder Sohlengeschwüren (Nilsson 1963). Eine Leukopenie war nur bei 7,4 % der Kühe festzustellen. Es bestätigte sich demnach, dass bei Rindern mit entzündlichen Reaktionen die Gesamtleukozytenzahl oft im Referenzbereich liegt (Taylor 2000). Da auch die Zellfraktionen bei chronischen Entzündungen im Lauf der Zeit wieder in den Normalbereich zurückkehren (Jones und Allison 2007), ist der Nutzen eines Differentialblutbildes bei Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen wohl gering. Das Differentialblutbild wurde in der Klinik für Wiederkäuer nicht routinemäßig bestimmt, weswegen kein Vergleich mit den von Meimandi Parizi und Khalafizadeh (2006) beschriebenen Veränderungen oder eine Differenzierung von durch Stress verursachten Veränderungen (Jones und Allison 2007) möglich war.

Eine Hyperglykämie wurde bei 98 % der untersuchten Patientinnen gemessen. Eine solche wird in Zusammenhang mit Obstruktionen des oberen Gastrointestinaltrakts, neurologischen Erkrankungen, Milchfieber, Glukoseinfusion, Glukokortikoiden, Aufregung und Stress beschrieben (Russell und Roussel 2007). Auch wenn sich der von Knowles et al. (1999) beobachtete Anstieg der Glukosekonzentration auf eine Transportdauer von mindestens 14 Stunden bezieht, ist bei den Kühen der vorliegenden Untersuchung davon auszugehen, dass auch der kürzere Transport in die Klinik als Auslöser für eine Stressreaktion genügte und die Glukosekonzentration deswegen erhöht war. Dazu mag beigetragen haben, dass die Blutproben meist kurz nach der Einnahme in die Klinik oder in Einzelfällen auf dem Kippwagen entnommen wurden. Die von El-Ghoul und Hofmann (2002) gemessenen erhöhten Kortisolkonzentrationen

bei klauenkranken Kühen lassen ebenfalls den Rückschluss auf einen Anstieg der Glukosekonzentration zu. Eine Vorbehandlung mit Glukokortikoiden wurde nur bei zwei Kühen, eine Glukoseinfusion bei keiner Kuh dokumentiert. Auch Lischer et al. (2000a) stellten bei einem Drittel der Kühe mit unkomplizierten Sohlengeschwüren sowie bei Kühen mit schlechtem Heilungsverlauf von unkomplizierten Sohlengeschwüren Hyperglykämien fest, ohne diese jedoch weiter zu interpretieren.

Der Mittelwert der Kreatininkonzentration lag bei nicht geheilten Kühen statistisch signifikant höher als bei geheilten Kühen. Der Großteil der Werte befand sich jedoch in beiden Gruppen noch innerhalb des Referenzbereichs. Nach weiterer Aufteilung der nicht geheilten Kühe in die Gruppen „Wirtschaftliche Verwertung“ und „Euthanasie“ waren die Konzentrationen in diesen beiden Gruppen höher als bei den geheilten Tieren, jedoch lag keine statistische Signifikanz vor. Hinweise auf Erkrankungen des Harntrakts bei den nicht geheilten Kühen lagen nicht vor. Auch hätten die Harnstoffwerte und im Falle einer Dehydratation das Harnstoff-Kreatinin-Verhältnis bei diesen Tieren erhöht (Kraft und Dürr 2005b) sein müssen. Die Konzentrationen des Kreatinins lagen jedoch nur bei 4,9 % aller untersuchten Kühe über dem Referenzbereich, und auch bezüglich des Harnstoffs waren keine signifikanten Gruppenunterschiede festzustellen. Das Harnstoff-Kreatinin-Verhältnis war bei den nicht geheilten Kühen sogar niedriger als bei den geheilten. Zudem konnte weder eine Abhängigkeit des Kreatinins vom klinischen Dehydratationsgrad noch eine Korrelation des Dehydratationsgrades mit der Entscheidung zur Behandlung oder Tötung nachgewiesen werden. Eine mögliche Erklärung für die bei den nicht geheilten Kühen höheren Kreatininkonzentrationen könnte in dem höheren Anteil trächtiger Kühe und dem von Holstein Friesians in der Gruppe der geheilten Tiere liegen. Trächtige Kühe hatten niedrigere Kreatininwerte als nicht trächtige Kühe (Tainturier et al. 1984; Doornenbal et al. 1988). Holstein Friesians, von denen alle acht Tiere als geheilt entlassen wurden, wiesen signifikant niedrigere Kreatininkonzentrationen als Kühe der Rasse Deutsches Fleckvieh auf. Dies könnte in der – in diesem Fall rasseabhängigen - unterschiedlichen Muskelmasse begründet sein (Radostits et al. 2007). Die Kreatininkonzentration unterschied sich auch zwischen Kühen mit mehreren unkomplizierten Sohlengeschwüren und Kühen ohne zusätzliche unkomplizierte Sohlengeschwüre bzw. ohne Begleiterkrankungen. Da die Kühe mit mehreren unkomplizierten Sohlengeschwüren öfter geschlachtet oder euthanasiert als geheilt wurden, könnte dieser Sachverhalt ebenfalls einen bedingten Einfluss auf den

Unterschied zwischen den geheilten und den nicht geheilten Tieren gehabt haben. Allerdings sind die geringen Gruppengrößen bei der Interpretation zu berücksichtigen. Die Faktoren Aufstallung und lokale Komplikationen – hier bestanden ebenfalls Unterschiede in den Kreatininkonzentrationen – korrelierten nicht mit dem Ausgang und beeinflussten demnach auch den Konzentrationsunterschied zwischen den Gruppen nicht. Die klinische Relevanz des festgestellten Unterschieds der Kreatininkonzentration zwischen den geheilten und nicht geheilten Tieren ist somit als fraglich zu bewerten.

Das Gesamteiweiß zeigte sich bei 86,2 % der Tiere erhöht und lag auch im Mittelwert (89,3 g/l) oberhalb des Referenzbereichs. Die erhöhten GE-Werte waren wahrscheinlich die Folge der bei 95 % der Kühe erhöhten Globulinkonzentrationen. Diese wiederum waren vermutlich vor allem auf das Entzündungsgeschehen an den Klauen und die dadurch bedingte Erhöhung der γ -Globuline (Thomas 2000) sowie der Akute-Phase-Proteine (Eckersall und Conner 1988; Thomas 2000) zurückzuführen. Eine Erhöhung hätte auch aufgrund einer Dehydratation auftreten können, jedoch waren von den 126 Kühen nur 25 Kühe geringgradig und vier Kühe mittelgradig dehydriert, so dass ein Einfluss auf die GE-Konzentration als eher gering einzuschätzen ist. Zehenphlegmonen riefen den höheren Globulin- und auch Gesamteiweißkonzentrationen zufolge stärkere Entzündungen als die übrigen Begleiterkrankungen oder Komplikationen hervor. Hinweise für andere von Thomas (2000) genannten Auslöser eines Anstiegs der Globulinkonzentration, wie Neoplasien, immun-medierte Erkrankungen und Leberleiden, lagen nicht vor.

Die Albuminkonzentration war nur bei einem geringen Teil der Kühe (18,7 %) reduziert. Sie unterschied sich signifikant zwischen den geschlachteten und euthanasierten Tieren. Es bestand ein wie in der Literatur (Rowlands und Manston 1983; Giger et al. 1997) beschriebener signifikanter Unterschied der Albuminkonzentration zwischen laktierenden und trockenstehenden Kühen und ein weiterer signifikanter Unterschied zwischen Kühen mit und ohne Dekubitalstellen. Diese beiden Faktoren korrelierten jedoch nicht mit dem Ausgang (G/WV/E). Da Albumin zu den negativen Akute-Phase-Proteinen zählt (Gruys et al. 1994; Thomas 2000), könnten die niedrigeren Konzentrationen bei den euthanasierten Kühen in einem vermutlich stärkeren Entzündungsgeschehen begründet sein. Auch lange Hungerzustände oder Leberschäden werden als Ursache für eine Reduktion der Albuminkonzentration genannt (Kraft und Dürr 2005a) Eine statistisch signifikante Korrelation des Albumins

mit dem Ernährungszustand der untersuchten Kühe bestand jedoch nicht, und bei keiner Kuh wurde ein chronischer Leberschaden dokumentiert.

Bei 120 Kühen (97,6 %) war der Glutaraldehydtest stark verkürzt. Im Vergleich zu Kühen mit schwerwiegenden inneren Entzündungen (Doll et al. 1985) fiel der Test bei Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen deutlicher aus (Tabelle 37). Da Kühe mit außerhalb der Klauen gelegenen Entzündungsherden aus der vorliegenden Untersuchung weitgehend ausgeschlossen wurden, ist die positive Reaktion des Tests mit hoher Wahrscheinlichkeit auf das Entzündungsgeschehen an den Klauen zurückzuführen. Eine Aussage über das Ausmaß der komplizierten Klauenerkrankung konnte anhand des Glutaraldehydtests nicht getroffen werden, da kein statistisch signifikanter Unterschied des Tests zwischen Kühen mit und ohne lokale Komplikationen vorlag.

Tabelle 37: Reaktionszeiten des Glutaraldehydtests von über drei Jahre alten Kühen mit schwerwiegenden Klauenerkrankungen (vorliegende Untersuchung) und schwerwiegenden inneren Entzündungen (Doll et al. 1985).

Reaktionszeiten (in Minuten)	≤ 1	>1 - ≤ 3	>3 - ≤ 15	>15
Komplizierte Klauenerkrankung, 123 Tiere (100 %), > 3 Jahre (vorliegende Untersuchung)	27 (22,0 %)	72 (58,5 %)	21 (17,1 %)	3 (2,4 %)
Schwerwiegende innere Entzündung, 97 Tiere (100 %), > 3 Jahre (Doll et al. 1985)	15 (15,5 %)	49 (50,5 %)	27 (27,8 %)	6 (6,2 %)

Bei drei Tieren fiel der Test mit einer Zeit über 15 Minuten negativ aus. Doll et al. (1985) nannten als mögliche Ursachen für negative Testergebnisse vor allem ein geringes Alter und eine zu kurze Krankheitsdauer. Da die Kühe der vorliegenden Untersuchung mindestens drei Jahre alt waren, scheidet das Alter als Ursache für die negativen Testergebnisse aus. Weiterhin bestand die Erkrankung bei den drei betroffenen Kühen schon mindestens drei Wochen, so dass eine stark positive Reaktion des Tests (Metzner et al. 2007) zu erwarten gewesen wäre. Bei Rindern, die sich im terminalen Stadium einer (entzündlichen) Erkrankung befinden, sind jedoch niedrige Fibrinogenkonzentrationen (McSherry et al. 1970) oder lange Reaktionszeiten des

Glutaraldehydttests (Doll et al. 1985) beschrieben. Keine dieser drei Kühe war jedoch so schwer erkrankt, dass man von einem terminalen Stadium sprechen könnte, zwei von ihnen wurden geheilt. Der Unterschied zwischen den Testzeiten der chronisch und der akut kranken Tieren war nicht signifikant, was auch an den langen Reaktionszeiten dieser drei Kühe lag.

Die Kühe der vorliegenden Untersuchung zeigten mit einem mittleren BE von $3,77 \pm 3,41$ mmol/l tendenziell eine leichte metabolische Alkalose. Diese lässt sich durch einen Shift von H⁺-Ionen in die Zellen (Kraft 2005a) aufgrund der bei vielen Tieren niedrigen Kaliumkonzentration erklären. Die Kaliumkonzentration lag bei dem Großteil der Kühe (87 %) unter dem Referenzbereich. Häufig liegt eine Hypokaliämie in einer Reduktion der Futteraufnahme begründet (Stöber und Gründer 1990; Sweeney 1999) oder sie entsteht sekundär aufgrund einer metabolischen Alkalose (Russell und Roussel 2007). Bei den Kühen der vorliegenden Untersuchung ist von einer Verminderung der Futteraufnahme und einer dadurch bedingten Verringerung der Kaliumkonzentration auszugehen. Auch Stressoren (Sweeney 1999; Carlson und Bruss 2008) könnten für die Hypokaliämie verantwortlich gewesen sein. Die höheren Kaliumkonzentrationen der nicht geheilten und insbesondere der euthanasierten Kühe im Gegensatz zu den geheilten sind vermutlich auf durch Gewebe- oder Muskelschäden in den Extrazellulärraum freigesetztes Kalium (Kraft 2005a) zurückzuführen.

Die Magnesiumkonzentration war bei nahezu der Hälfte der Kühe erniedrigt. Die Magnesiumkonzentration wird direkt durch eine Verminderung der Futteraufnahme beeinflusst (Kraft 2005b). Ein statistisch signifikanter Zusammenhang mit der dokumentierten Futteraufnahme konnte jedoch in der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Die vergleichsweise niedrigeren Magnesiumkonzentration bei solchen Kühen, die an mehreren komplizierten oder zusätzlich mehreren unkomplizierten Klauenerkrankungen litten, lässt einen stärkeren Rückgang der Futteraufnahme vermuten. Diese Tiere waren zudem vermehrt in der Gruppe „Euthanasie“ vertreten, wodurch die z. T. signifikant niedrigeren Konzentrationen im Vergleich zu den Vergleichsgruppen „Geheilt“ und „Wirtschaftliche Verwertung“ begründet sein könnten. Die Ergebnisse entsprechen dem Befund, dass Kühe mit gleichbleibender oder sich verschlechternder Hornqualität (Lischer et al. 2003) niedrigere Magnesiumwerte als Kühe mit sich verbessernder Hornqualität aufwiesen.

Bei 80 % der Kühe der vorliegenden Untersuchung bestand eine Hypophosphatämie. Es

ist davon auszugehen, dass auch die Konzentration des Phosphats, wie die Magnesiumkonzentration, wegen einer Reduktion der Futteraufnahme vermindert war. Zudem sinkt die Phosphatkonzentration mit dem Alter (Baumgartner 1979; Shaffer et al. 1981; Doornenbal et al. 1988). Eine Begründung für die tendenziell niedrigeren Phosphatkonzentrationen bei den nicht geheilten bzw. geschlachteten Kühen ließe sich in dem Umstand vermuten, dass in dieser Gruppe verhältnismäßig öfter Kühe mit mehreren komplizierten oder zusätzlichen unkomplizierten Klauenerkrankungen vorkamen und wahrscheinlich einen deutlicheren Rückgang der Futteraufnahme zeigten. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang dieser Faktoren mit der Phosphatkonzentration bestand jedoch nicht.

Nach anderen Untersuchungen waren die Phosphatkonzentrationen bei Tieren, deren Sohlengeschwüre schlecht heilten (Lischer et al. 2001) oder die eine schlechtere Hornqualität aufwiesen (Lischer et al. 2003), höher als bei Tieren mit gut heilenden Sohlengeschwüren oder guter Hornqualität. Gerloff et al. (1996) sahen das gehäufte Auftreten von Sohlengeschwüren, Doppelsohlen und Klauenrehe in einer über einen längeren Zeitraum bestehende Phosphat-Mangelversorgung begründet. Ein Zusammenhang zwischen einem gehäuften Auftreten von Klauenerkrankungen und chronischem Phosphatmangel ist durch die vorliegende Untersuchung schwierig herzustellen, da weder der Phosphatgehalt der Futtermittel der einzelnen Tiere bekannt war noch eine Vergleichsgruppe von klauengesunden Tiere bestand.

Die AST-Aktivität war bei 65 % aller untersuchten Kühe erhöht. Die Aktivitäten der leberspezifischen Enzyme γ -GT und GLDH lagen bei 10,6 % und 13 % der Kühe über dem Referenzbereich. Bei diesen Tieren kann eine erhöhte Leberbelastung nicht ausgeschlossen werden. In Anbetracht der bei vielen Kühen erhöhten CK-Aktivitäten (s. u.) liegt der Grund für die vermehrt im Serum nachweisbare AST jedoch wahrscheinlich in einer gesteigerten Freisetzung aus der Muskulatur, die – in Übereinstimmung mit der Literatur (Maclean 1970; Lischer et al. 2000b; Lischer et al. 2001) – auf ein vermehrtes Liegen der Tiere zurückgeführt werden kann. Kühe mit mehreren Klauenerkrankungen wiesen in der vorliegenden Untersuchung höhere AST-Aktivitäten auf. Der Unterschied zwischen den geheilten und nicht geheilten Tieren war in der vorliegenden Untersuchung signifikant. Eine Vorbehandlung schien das Befinden der Patientinnen positiv zu beeinflussen, da bei diesen aufgrund der niedrigeren AST-Aktivitäten auch weniger Muskelschäden zu vermuten waren.

Der Grund für die – meist moderaten – Aktivitätserhöhungen der CK bei ca. 60 % der Kühe der vorliegenden Untersuchung liegt wahrscheinlich in Muskelläsionen, die wie bereits erwähnt vermutlich durch ein vermehrtes Liegen der Tiere entstanden. Bekräftigt wird diese Vermutung durch die höheren CK-Aktivitäten bei Kühen mit Dekubitalstellen. Auch eine Steigerung der CK-Aktivitäten infolge von Transporten wurde beschrieben (Knowles et al. 1999), so dass der Transport vor der Blutentnahme die Werte beeinflusst haben könnte. Wie auch von Lischer et al. (2000a) beschrieben, hatten Kühe mit mehreren Klauenerkrankungen höhere CK-Werte als solche mit nur einer Klauenerkrankung. Die Aktivitäten lagen bei den Kühen ohne Vorbehandlung und bei den akut kranken Tieren höher. Die höheren CK-Aktivitäten bei den in der vorliegenden Untersuchung als akut krank eingestuften Kühen entsprechen dem schnellen Anstieg (Moore 1997) der CK im Serum.

Nur 4,83 % von ca. 14000 Klinikpatienten wiesen im Zeitraum von 1997 bis 2005 eine unter 130 U/ g Hb liegende, erniedrigte Glutathionperoxidase-Aktivität auf (Wittmeier 2008). Dabei wurde keine Korrelation zum Vorliegen von Klauenerkrankungen festgestellt. In der vorliegenden Untersuchung war die GSH-Aktivität, bezogen auf den in der Klinik verwendeten Grenzwert von 250 U/g Hb, bei 21 % der Kühe erniedrigt. Mangels einer Vergleichsgruppe für diesen Grenzwert in der genannten Untersuchung von Wittmeier (2008) lässt sich jedoch schwer einschätzen, ob es sich hierbei um einen ungewöhnlich hohen Anteil handelt.

Spezifische Tests zur prognostischen Aussagekraft, also ROC- und Regressionsanalysen, wurden für alle Parameter durchgeführt, die sich mit $p \leq 0,1$ zwischen den geheilten und nicht geheilten Tieren unterschieden. Die ROC-Kurven von Kreatinin und AST ähnelten sich stark. Die Fläche unter der Kurve hatte jeweils einen Wert von 0,66 und war somit – bei einem möglichen Minimum von 0,5 und einem Maximum von 1,0 – recht gering. Für die sich aus den ROC-Kurven ergebenden Cut-Off-Werte von 97,71 $\mu\text{mol/l}$ für Kreatinin und 88,5 U/l für AST betrug die höchste Sensitivität der Tests jeweils ca. 60 % bei einer Spezifität von ca. 70 %. Dies bedeutet, dass man sich bei einer alleinigen Orientierung an einem dieser beiden Parameter in 40 % der Fälle für einen Therapieversuch entschieden hätte, ohne dass das Tier jedoch geheilt worden wäre. Verbunden damit wären unnötige Kosten und ein vermeidbares Leiden der Tiere gewesen. Andererseits wären – bei Betrachtung der Spezifität – 30 % der Tiere aufgrund der vermeintlich schlechten Prognose getötet worden, obwohl sie

hätten geheilt werden können. Die positiven prädiktiven Werte lagen für Kreatinin und AST bei jeweils ca. 80 % und die negativen prädiktiven Werte bei jeweils ca. 50 %, in beiden Fällen für Kreatinin etwas höher als für die AST. Da 65 % der untersuchten Kühe geheilt wurden und 35 % der untersuchten Kühe nicht geheilt wurden, könnte man anhand der Bestimmung eines der Parameter für die untersuchten Tiere um jeweils 15 % (80 % nach Blutwertbestimmung, im Vergleich zu 65 % a-priori-Wahrscheinlichkeit) besser einschätzen, ob sie geheilt werden oder nicht.

Die Ergebnisse der ROC-Analysen für die drei Parameter, die sich mit $0,003 < p \leq 0,1$, also nicht signifikant zwischen den Gruppen „Geheilt“ und „Nicht Geheilt“ unterschieden (Thrombozyten, Kalium und Phosphat), hatten alle wesentlich schlechtere Testcharakteristika.

In der logistischen Regression, also bei Beurteilung der prognostischen Aussagekraft der fünf genannten Parameter zusammen, stellten sich nur die Parameter Kreatinin und AST (logarithmiert) als bedingt aussagekräftig heraus. Mit der positiven Odds Ratio beider Parameter bestätigte sich, dass Kühe mit jeweils höheren Werten schlechtere Heilungsaussichten hatten. Die Sensitivität der Beurteilung beider Parameter gemeinsam war mit 91 % deutlich höher als bei einer getrennten Beurteilung der einzelnen Parameter. Die Spezifität war mit 27 % jedoch sehr viel niedriger. Weder der positive noch der negative prädiktive Wert waren denen der ROC-Kurven deutlich überlegen.

Bei den nicht geheilten Tieren fiel der Kostenaufwand für die Blutuntersuchung in Bezug zu den Gesamtkosten (durchschnittlich 67,59 Euro (WV) bzw. 97,99 Euro (E)) stark ins Gewicht. Blutuntersuchungen bei Rinderpatienten werden an Universitäts-Tierkliniken aus wissenschaftlichen Gründen subventioniert. Laut der aktuellen Gebührenordnung für Tierärzte (GOT vom 28. Juli 1999 mit Gebührensätzen nach der 2. Verordnung zur Änderung der GOT vom 30. Juni 2008) beträgt der einfache Satz (Netto) einer Untersuchung des beschriebenen Probenumfangs jedoch 81,38 €. Daher ließen sich erhebliche Kosten einsparen, würde man auf die Blutuntersuchung bei Tieren, die an komplizierten Klauenerkrankungen leiden, verzichten. Es liegt nahe, dass bei unkomplizierten Klauenerkrankungen, wie Lischer et al. (2000 a und b) zeigten, die Untersuchungsergebnisse ebenso wenig aussagekräftig sind.

Nach der vorliegenden Arbeit besitzen nur die Parameter Kreatinin und AST bei Kühen

mit komplizierten Klauenerkrankungen eine gewisse Aussagekraft hinsichtlich der Prognose. Eine alleinige Untersuchung dieser Parameter würde nach GOT inklusive Blutprobenentnahme 16,02 Euro netto im einfachen Satz kosten. Andererseits sind die statistischen Ergebnisse der Tests wenig aussagekräftig, so dass in Frage gestellt werden muss, ob sich Kosten- und Zeitaufwand rechnen würden.

Die orthopädische Untersuchung steht bei Kühen mit Klauenerkrankungen im Vordergrund. Die dadurch erkennbaren Faktoren – das Ausmaß der beteiligten Strukturen, die Gesundheit der Partnerklaue(n), die Anzahl der von unkomplizierten und komplizierten Erkrankungen betroffenen Klauen – spielen eine wichtige Rolle für die therapeutischen Möglichkeiten und die Prognosestellung. Ein weiterer, kostspieliger Test, im vorliegenden Fall eine Blutuntersuchung, macht nur Sinn, wenn er zusätzliche verlässliche Informationen liefert. Die Veränderungen der Blutwerte im Vergleich zu den Referenzbereichen waren jedoch gering und nicht spezifisch. Der prognostische Nutzen der Blutuntersuchung bei der vorliegenden Patientengruppe war ebenfalls klein. Fraglich ist, wie viele schwere Begleiterkrankungen ohne eine Blutuntersuchung übersehen werden würden. Ein generelles Urteil über den Sinn einer Blutuntersuchung bei Kühen mit Klauenerkrankungen kann deswegen erst dann gefällt werden, wenn diese Fragestellung geprüft wurde. Immerhin kann aus der vorliegenden Untersuchung geschlossen werden, dass bei Kühen, die an komplizierten Klauenerkrankungen leiden, aber keine schwerwiegenden Begleiterkrankungen aufweisen, die Blutuntersuchung entbehrlich ist.

Von Interesse wäre, zu untersuchen, inwieweit sich die Blutwerte von Kühen mit unkomplizierten Geschwüren von komplizierten Geschwüren unterscheiden. Mögliche Unterschiede, vor allem in den Entzündungsparametern und beim Glutaraldehydtest, könnten die Diagnose- und Prognosestellung bei Kühen mit Klauenerkrankungen vor allem bei einer Einschränkung in den orthopädischen diagnostischen Möglichkeiten (Röntgen, Ultraschall) sinnvoll unterstützen. In jüngerer Zeit werden Akute-Phase-Proteine vor allem bei inneren Erkrankungen und Erkrankungen des Euters untersucht (Godson et al. 1996; Eckersall et al. 2001; Schroedl et al. 2001; Gracner et al. 2006). Auch Kühe mit entzündlichen Klauenerkrankungen zeigten Erhöhungen ausgewählter Akute-Phase-Proteine (Fibrinogen, Haptoglobin, Serum Amyloid A) (Jawor et al. 2008). Die Werte waren bei Kühen mit besonders schweren Erkrankungen am höchsten, nach einer Therapie fielen die Konzentrationen entsprechend des Heilungsverlaufs

wieder ab. Die Autoren schlugen deswegen eine Nutzung der Akute-Phase-Proteine vor allem hinsichtlich der Einschätzung des Schweregrads der Klauenerkrankung sowie zur Kontrolle des Heilungsverlaufs nach einer Therapie vor. Smith et al. (2009) bestätigten eine Erhöhung der Haptoglobinkonzentration bei Kühen mit Klauenerkrankungen und einen raschen Abfall der Konzentration nach der Behandlung von Kühen mit Sohlenwandgeschwüren und Dermatitis interdigitalis.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Blutwertveränderungen bei Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen, die an keiner weiteren schwerwiegenden Organkrankheit litten, wenig spezifisch waren. Sie ließen sich weitestgehend auf das Entzündungsgeschehen, Stress und eine Reduktion der Futteraufnahme zurückführen. Zwischen geheilten und nicht geheilten Kühen unterschieden sich nur die Werte von Kreatinin und AST signifikant. Die prognostische Aussagekraft dieser beiden Parameter war gemessen an den statistischen Testcharakteristika zwar nicht sehr schlecht, jedoch unter Berücksichtigung der klinischen Konsequenzen, die mit einer möglichen Fehlbeurteilung der Heilungschancen einhergehen, nicht zufriedenstellend. Die Bestimmung der in der vorliegenden Untersuchung analysierten Blutparameter erbrachte daher keine diagnostischen oder prognostischen Vorteile, aber erhebliche Kosten.

VI Zusammenfassung

Blutparameter von 126 Kühen, die an komplizierten Klauenerkrankungen litten, wurden retrospektiv dahingehend untersucht, ob sie sich charakteristisch verändert hatten und ob anhand dieser Veränderungen Hinweise auf die Prognose zu erhalten waren. Die Blutproben waren den Tieren einmalig während der Eingangsuntersuchung entnommen worden. Untersucht wurden die Parameter des Blutbilds ohne das Differentialblutbild, die der Serumchemie inklusive Substrate und Proteine, Enzyme und Elektrolyte, sowie die Parameter der Blutgasanalyse. Die Mittelwerte normalverteilter Parameter und die Mediane nicht normalverteilter Parameter aller Tiere wurden mit den Referenzbereichen verglichen. Alle Patientinnen waren mindestens drei Jahre alt und wiesen außer Klauenerkrankungen keine nachweisbaren schweren Begleiterkrankungen auf. Sie wurden entsprechend des weiteren Verlaufs den Gruppen „Geheilt“ (n = 79) oder „Nicht Geheilt“ (n = 47) zugewiesen. Tiere der Gruppe „Nicht Geheilt“ wurden entweder vor (n = 44) oder nach (n = 3) einem Therapieversuch geschlachtet oder euthanasiert.

Zur statistischen Auswertung wurde bei normal-verteiltern Parametern der t-Test oder die One-Way-ANOVA genutzt, wobei nach Bonferroni-Korrektur $p \leq 0,003$ als signifikant angesehen wurde. Der Mann-Whitney-U-Test oder der Kruskal-Wallis-Test mit nachfolgendem Mann-Whitney-U-Test wurden bei nicht normal-verteiltern Blutwerten angewandt. Die Signifikanz lag nach Bonferroni-Korrektur bei $p \leq 0,001$. Von den Parametern, die sich zwischen den Gruppen „Geheilt“ und „Nicht Geheilt“ mit $p \leq 0,1$ unterschieden, wurden eine ROC-Analyse sowie eine logistische Regressionsanalyse mit Vorwärtsselektion durchgeführt.

Bei über 60 % der Kühe lagen die Werte von Basenexzess, Glukose, Gesamteiweiß, Globulinen, Aspartat-Aminotransferase (AST) und Kreatinkinase (CK) oberhalb, die Werte von Kalium und Phosphat unterhalb der Referenzbereiche. Die Erhöhung der Glukosekonzentration wurde auf die Stresssituation, die hohen Konzentrationen von Gesamteiweiß und Globulinen sowie die bei 120 Kühen (97,6 %) verkürzte Reaktionszeit des Glutaraldehydttests auf das Entzündungsgeschehen an den Klauen zurückgeführt. Die niedrigen Konzentrationen von Kalium und Phosphat traten vermutlich als Folge verminderter Futteraufnahme auf. Die erhöhten Serum-Aktivitäten der Enzyme AST und CK resultierten wahrscheinlich aus vermehrtem Liegen, das zu

Muskelschäden führte.

Kreatinin und AST waren bei den nicht geheilten Tieren signifikant höher als bei den geheilten. Dabei lagen die Kreatininkonzentrationen in beiden Gruppen überwiegend im Referenzbereich. Die AST-Aktivitäten waren bei vielen Kühen beider Gruppen erhöht. Der Unterschied der Kreatininkonzentrationen hing möglicherweise mit dem Anteil von Kühen der Rasse Holstein-Friesian (geringere Muskelmasse als Fleckviehkühe) und trächtigen Kühen (niedrigere Kreatininkonzentrationen als nicht trächtige Kühe) in der Gruppe „Geheilt“ zusammen. Die höheren AST-Aktivitäten in der Gruppe „Nicht Geheilt“ ergaben sich daraus, dass vermehrt Tiere mit mehreren komplizierten oder zusätzlichen unkomplizierten Klauenerkrankungen vertreten waren. In den ROC-Analysen zeigten sich nur die Parameter Kreatinin und AST bezüglich einer Prognose ansatzweise aussagekräftig. Die Sensitivität betrug für die jeweiligen Trennwerte beider Parameter um 60 % und die Spezifität um 70 %. Die logistische Regression zeigte, dass Kreatinin und AST zusammen eine Sensitivität von 91 %, aber nur eine Spezifität von 27 % hinsichtlich der Heilungsaussichten von Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen aufwiesen.

Die Analyse der Blutparameter der Kühe der vorliegenden Untersuchung erbrachte somit keine entscheidenden diagnostischen und prognostischen Hinweise. Eine Notwendigkeit für eine derartige Blutuntersuchung besteht daher bei Kühen mit komplizierten Klauenerkrankungen, die keine Begleiterkrankungen aufweisen, nicht.

VII Summary

The purpose of this retrospective study was to determine whether the haematological and biochemical analysis of a single blood sample collected at admission is a useful prognostic indicator in cows with complicated claw disorders. A total of 126 cows, which were at least 3 years old and did not have signs of concurrent disease, were used. Haematological examination without white blood cell differentiation, blood gas analysis, and determination of the concentration of various blood metabolites, proteins, electrolytes and enzymes was carried out. The means of normally distributed variables and the medians of variables that did not have a normal distribution were compared with respective reference ranges. Of the 126 cows, 79 recovered and were discharged to their owners (positive-outcome group) and 47 were not (negative-outcome group); 44 of the latter were slaughtered or euthanized before treatment and the remaining 3 after therapy.

Differences between groups with respect to normally distributed data were analysed using a *t*-test or a one-way analysis of variance, and after Bonferroni correction, a *P*-value ≤ 0.003 was considered significant. For statistical analysis of data that were not normally distributed, the Mann-Whitney *U*-test or the Kruskal-Wallis test were used, and after Bonferroni correction, a *P*-value ≤ 0.001 was considered significant. Receiver operating characteristics (ROC) analysis and a step forward logistic regression analysis were carried out for variables that tended to be different ($P < 0.1$) between groups.

In more than 60% of the cows, base excess, glucose and globulin concentrations, total solids and the activities of aspartate aminotransferase (AST) and creatine kinase (CK) were higher than normal, and the concentrations of potassium and inorganic phosphate were below the lower limit. The increased concentration of glucose was thought to be the result of stress, the high concentrations of total protein and globulins, and the reduced clotting time measured by the glutaraldehyde test in 120 cows (97.6%) were attributed to the inflammatory process involving the claws. Reduced feed intake was thought to account for the decreased potassium and phosphate concentrations, and the increased activities of AST and CK were attributed to muscle damage resulting from prolonged periods of recumbency.

The mean creatinine concentration and AST activity were higher in the negative-

outcome group than in the positive-outcome group, although most individual creatinine concentrations were within the normal range in both groups. Individual AST activities were elevated in cows of both groups. There were more Holstein Friesian cows (which have a smaller muscle mass than German Fleckvieh cattle) and more pregnant cows (which have lower creatinine concentrations than non-pregnant cows) in the positive-outcome group, which may explain the difference between the groups with respect to the creatinine concentration. The increased mean AST activity in the negative-outcome group may be explained by the larger proportion of cows with multiple complicated claw disorders, or with additional non-complicated disorders, compared with the positive-outcome group.

The ROC analysis revealed that only creatinine concentration and AST activities tended to have a prognostic potential; at the respective cut-off values, both variables had a sensitivity and specificity of approximately 0.60 and 0.70, respectively. Logistic regression analysis revealed that the variables creatinine and AST taken together had a sensitivity of 0.91, but a specificity of only 0.27, with respect to the prognostication of the outcome in cows with complicated claw disorders.

In conclusion, a one-time blood analysis did not have a decisive diagnostic or prognostic value in this study. Therefore, blood analysis is not warranted in cattle with complicated claw disorders in the absence of other apparent diseases.

VIII Literaturverzeichnis

1. Andresen, H. A., 1970. Evaluation of leukopenia in cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 156, 858-866.
2. Arthur, J. R., Beckett, G. J., 1994. New metabolic roles for selenium. *Proceedings of the Nutrition Society* 53, 615-624.
3. Bargai, U., Shamir, I., Lublin, A., Bogin, E., 1992. Winter outbreaks of laminitis in dairy calves: aetiology and laboratory, radiological and pathological findings. *The Veterinary Record* 131, 411-414.
4. Baumgartner, W., 1979. Arbeitswerte in der Laboratoriumsdiagnostik beim Rind. II. Mitteilung: Mineralstoffe im Serum und Blutstatus. *Zentralblatt für Veterinärmedizin A* 26, 279-289.
5. Baumgartner, W., Skalicky, M., 1979. Arbeitswerte in der Laboratoriumsdiagnostik beim Rind. I. Mitteilung: Enzyme und Stoffwechselprodukte im Serum bzw. Vollblut. *Zentralblatt für Veterinärmedizin A* 26, 221-230.
6. Belge, F., Bildik, A., Belge, A., Kilialp, D., Atasoy, N., 2004. Short Contribution. Possible association between chronic laminitis and some biochemical parameters in dairy cattle. *Australian Veterinary Journal* 82, 556-557.
7. Bergsten, C., 1997. Infectious diseases of the digits. In: P. Greenough, A. Weaver (Eds.), *Lameness in cattle*, pp. 89-100. Philadelphia: Saunders.
8. Bicalho, R. C., Cheong, S. H., Guard, C. L., 2007. Field technique for the resection of the distal interphalangeal joint and proximal resection of the deep digital flexor tendon in cows. *The Veterinary Record* 160, 435-439.
9. Bicalho, R. C., Cheong, S. H., Warnick, L. D., Nydam, D. V., Guard, C. L., 2006. The effect of digit amputation or arthrodesis surgery on culling and milk production in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, 2596-2602.
10. Braun, U., Forrer, R., Furer, W., Lutz, H., 1991. Selenium and vitamin E in blood sera of cows from farms with increased incidence of disease. *The Veterinary Record* 128, 543-547.
11. Braun, U., Pospischil, A., Pusterla, N., Winder, C., 1995. Ultrasonographic findings in cows with cholestasis. *The Veterinary Record* 137, 537-543.
12. Braun, U., Nuss, K., Wehbrink, D., Rauch, S., Pospischil, A., 2008. Clinical and ultrasonographic findings, diagnosis and treatment of pyelonephritis in 17 cows. *The Veterinary Journal* 175, 240-248.
13. Carlson, G. P., Bruss, M. L., 2008. Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Balance. In: J. J. Kaneko, J. W. Harvey, M. L. Bruss (Eds.), *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, pp. 529-560. San Diego, London: Academic Press.
14. Carlström, G., 1961. Phosphorus, magnesium and pH in bovine blood serum normally, after parturition and in parturient paresis. *Acta Veterinaria Scandinavica* 2, 350-356.
15. Clark, B. L., Stewart, D. J., Emery, D. L., 1985. The role of *Fusobacterium necrophorum* and *Bacteroides melaninogenicus* in the aetiology of interdigital necrobacillosis in cattle. *Australian Veterinary Journal* 62, 47-49.
16. Cole, D. J., Roussel, A. J., Whitney, M. S., 1997. Interpreting a bovine CBC: collecting and sample and evaluating the erythron. *Veterinary Medicine* 92, 460-468.

17. Collick, D. W., Weaver, A. D., Greenough, P. R., 1997. Interdigital Space and Claw. In: P. R. Greenough (Ed.), Lameness in Cattle, pp. 101-122. Philadelphia: W. B. Saunders Company.
18. Collis, V. J., Green, L. E., Blowey, R. W., Packington, A. J., Bonser, R. H., 2004. Testing white line strength in the dairy cow. *Journal of Dairy Science* 87, 2874-2880.
19. Constable, P., 2008. Blood Gases in Cattle. In *Buiatrie 2008*, (Ed. R. Maillard), pp. 51-55. Paris: Société Française de Buiatrie.
20. Desrochers, A., St. Jean, G., 1995. Use of facilitated ankylosis in the treatment of septic arthritis of the distal interphalangeal joint in cattle: 12 cases (1987-1992). *The Journal of the American Veterinary Medicine Association* 206, 1923-1927.
21. Dirksen, G., 1990. Verdauungsapparat. In: G. Rosenberger (Hrsg.), *Die klinische Untersuchung des Rindes*, S. 288-400. Berlin, Hamburg: Paul Parey.
22. Doll, K., Schillinger, D., Klee, W., 1985. Der Glutaraldehyd-Test beim Rind-- seine Brauchbarkeit für Diagnose und Prognose innerer Entzündungen. *Zentralblatt Veterinärmedizin A* 32, 581-593.
23. Doornenbal, H., 1977. Physiological and endocrine parameters in beef cattle: breed, sex and year differences. *Canadian Journal of Comparative Medicine* 41, 13-18.
24. Doornenbal, H., Tong, A. K., Murray, N. L., 1988. Reference values of blood parameters in beef cattle of different ages and stages of lactation. *Canadian Journal of Veterinary Research* 52, 99-105.
25. Eckersall, P., Conner, J., 1988. Bovine and canine acute phase proteins. *Veterinary Research Communications* 12, 169-178.
26. Eckersall, P.D., 2007. Proteins, Proteomics, and the Dysproteinemias. In: J. J. Kaneko, J. W. Harvey, M. L. Bruss (Eds.), *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, pp. 117-156. Philadelphia: Elsevier Inc.
27. Eckersall, P. D., Young, F. J., McComb, C., Hogarth, C. J., Safi, S., Weber, A., McDonald, T., Nolan, A. M., Fitzpatrick, J. L., 2001. Acute phase proteins in serum and milk from dairy cows with clinical mastitis. *The Veterinary Record* 148, 35-41.
28. El-Ghoul, W., Hofmann, W., 2002. Einfluss von Klauenkrankheiten verschiedenen Grades auf die Höhe der messbaren Stressreaktionen unter besonderer Berücksichtigung von Cortisol und Laktat im Blutserum beim Rind. *Der Praktische Tierarzt* 83, 354-361.
29. Eldon, J., Thorsteinsson, T., Olafsson, T., 1988. The concentration of blood glucose, urea, calcium and magnesium in milking dairy cows. *Zentralblatt Veterinärmedizin A* 35, 44-53.
30. Feist, M., 2004. Untersuchungen zum Schmerzausdrucksverhalten bei Kühen nach Klauenoperationen. *Chirurgische Tierklinik der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München*, Inauguraldissertation S. 1-145.
31. Feist, M., Köstlin, R., Nuss, K., 2008. Klauenoperationen beim Rind: Vorteile der perioperativen Analgesie. *Tierärztliche Praxis Großtiere* 36, 367-376.
32. Figge, J., Jabor, A., Kazda, A., Fencel, V., 1998. Anion gap and hypoalbuminemia. *Critical Care Medicine* 26, 1807-1810.
33. Finco, D. R., 1997. Kidney Function. In: J. J. Kaneko, J. W. Harvey, M. L. Bruss (Eds.), *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, pp. 441-484. San Diego, London: Academic Press.

34. Funk, K. A., 1976. Spätergebnisse nach Klauengelenksresektion beim Rind. In Congrès International Maladies Bétail, Vol. II, pp. 181-185. Paris.
35. Funk, K. A., 1977. Spätergebnisse nach Zehen- und Klauenamputation beim Rind. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 90, 152-156.
36. Fürll, M., 2002. Stoffwechselstörungen bei Wiederkäuern: Erkennung - Behandeln - Vorbeugen. Leipzig.
37. Fürll, M., 2004. Stoffwechselkontrollen und Stoffwechselüberwachung bei Rindern. Teil 1: Chancen, Regeln und Risiken. Nutztierpraxis Aktuell 9.
38. Gabow, P. A., 1985. Disorders associated with an altered anion gap. *Kidney International* 27, 472-483.
39. Gerloff, B. J., 1992. Effect of selenium supplementation on dairy cattle. *Journal of Animal Science* 70, 3934-3940.
40. Gerloff, B. J., Swensen, E. P., 1996. Acute recumbency and marginal phosphorus deficiency in dairy cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 208, 716-719.
41. Giger, R., Faissler, D., Busato, A., Blum, J., Küpfer, U., 1997. Blutparameter während der Früh-laktation in Beziehung zur Ovarfunktion bei Milchkühen. *Reproduction in Domestic Animals* 32, 313-319.
42. Godson, D. L., Campos, M., Attah-Poku, S. K., Redmond, M. J., Cordeiro, D. M., Sethi, M. S., Harland, R. J., Babiuk, L. A., 1996. Serum haptoglobin as an indicator of the acute phase response in bovine respiratory disease. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 51, 277-292.
43. Goff, J. P., 2000. Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 16, 319-337, vii.
44. Gracner, D., Bedrica, L., Cergolj, M., Harapin, I., Samardzija, M., Gracner, G. G., Zubcic, D., Resetic, J., Fury, M., 2006. Haptoglobinspiegel in Blut und Milch von Kühen mit einer Staphylokokkenmastitis. *Tierärztliche Umschau* 61, 636-641.
45. Grauvogl, A., 1983. Zum Begriff des Leidens. *Der Praktische Tierarzt* 1, 36-44.
46. Greenough, P. R., 1987. Pododermatitis circumscripta (ulceration of the sole) in cattle. *Agri-Practice Nov/Dec*, 17-22.
47. Gruys, E., Obwolo, M. J., Toussaint, M. J. M., 1994. Diagnostic significance of the major acute phase proteins in veterinary clinical chemistry: a review. *The Veterinary Bulletin* 94, 1009-1018.
48. Haraszti, J., Huszenicza, G., Molnar, L., Horkai, B., 1982. Veränderungen gewisser metabolischer Blutparameter ante partum und ihre Bedeutung zur Vorhersage der postpartalen Fortpflanzungs-Chancen. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 89, 357-361.
49. Hartmann, H., Berchthold, J., Hofmann, W., 1997. Pathophysiologische Aspekte der Azidose bei durchfallkranken Kälbern. *Tierärztliche Umschau* 52, 568-574.
50. Heppelmann, M. 2004. Eitrige Klauengelenksentzündung beim Rind: Vergleich des Heilungsverlaufes nach Klauengelenksresektion mit plantarem Zugang und nach hoher Klauenamputation. *Klinik für Rinder der Tierärztlichen Hochschule Hannover. Inauguraldissertation* S. 1-249.
51. Heppelmann, M., Kofler, J., Meyer, H., Rehage, J., Starke, A., 2009. Advances in surgical treatment of septic arthritis of the distal interphalangeal joint in cattle: a review. *The Veterinary Journal* 182, 162-175.

52. Jahn-Falk, D., Martin, R., 1997. Klauenamputation beim Rind durch Teilresektion des Kronbeins - eine praxisrelevante Operation auch für Laufstalltiere. *Der Praktische Tierarzt* 78, 669-672.
53. Jawor, P., Steiner, S., Stefaniak, T., Baumgartner, W., Rzasa, A., 2008. Determination of selected acute phase proteins during the treatment of limb diseases in dairy cows. *Veterinariarni Medicina* 35, 173-183.
54. Jones, G. M., Wildman, E. E., Troutt, H. F., Jr., Lesch, T. N., Wagner, P. E., Boman, R. L., Lanning, N. M., 1982. Metabolic profiles in Virginia dairy herds of different milk yields. *Journal of Dairy Science* 65, 683-688.
55. Jones, M. L., Allison, R. W., 2007. Evaluation of the ruminant complete blood cell count. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 23, 377-402, v.
56. Kaneko, J.J., 1997. Carbohydrate Metabolism and Its Diseases. In: J. J. Kaneko, J. W. Harvey, M. L. Bruss (Eds.), *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, pp. 45-82. San Diego, London: Academic Press.
57. Kaneko, J. J., Harvey, J. W., Bruss, M. L., 2008. Appendixes. In: J. J. Kaneko, J. W. Harvey, M. L. Bruss (Eds.), *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, pp. 882-904. San Diego, London: Academic Press.
58. Keller, P., 1971. Serumenzyme beim Rind: Organanalysen und Normalwerte. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 113, 615-626.
59. Knott, L., Tarlton, J., Craft, H., Webster, A., 2007. Effects of housing, parturition and diet change on the biochemistry and biomechanics of the support structures of the hoof of dairy heifers. *The Veterinary Journal* 174, 277-287.
60. Knowles, T. G., 1999. A review of the road transport of cattle. *The Veterinary Record* 144, 197-201.
61. Knowles, T. G., Warriss, P. D., Brown, S. N., Edwards, J. E., 1999. Effects on cattle of transportation by road for up to 31 hours. *The Veterinary Record* 145, 575-582.
62. Kofler, J., 1999. Clinical study of toe ulcer and necrosis of the apex of the distal phalanx in 53 cattle. *The Veterinary Journal* 157, 139-147.
63. Kofler, J., Fessler, L., 1989. Amputation im Kronbein und Exartikulation im Krongelenk - Vergleich zweier Operationstechniken. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* 76, 224-230.
64. Kofler, J., Feist, M., Starke, A., Nuss, K., 2007. Klauen- bzw. Krongelenkresektion und Zehenamputation bei 21 Zuchtbullen – Indikationen, klinische Befunde und Langzeitergebnisse. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 120, 156-164.
65. Kolb, E., Grün, E., 1995. Die Bedeutung des Vitamins E und des Selens für das Immunsystem des Rindes, insbesondere für die Eutergesundheit. *Der Praktische Tierarzt* 76, 749-756.
66. Kolb, E., Seehawer, J., 2001. Bedeutung des Selens, Vorkommen von Se-Mangel in Deutschland und Verhütung eines Mangels (Übersichtsreferat). *Tierärztliche Umschau* 56, 263-269.
67. Koller, L. D., South, P. J., Exon, J. H., Whitbeck, G. A., Maas, J., 1984. Comparison of selenium levels and glutathione peroxidase activity in bovine whole blood. *Canadian Journal of Comparative Medicine* 48, 431-433.
68. Köstlin, R., Nuss, K., 1988. Behandlung der eitrigen Klauengelenkentzündung beim Rind durch Gelenkresektion - Ergebnisse. *Tierärztliche Praxis* 16, 123-131.

69. Köstlin, R. G., Petzoldt, F.-J., 1985. Zur Klauenbeinfraktur beim Rind. *Tierärztliche Umschau* 40, 864-874.
70. Kraft, W., 2005a. Elektrolyte und Säure-Basen-Haushalt. In: W. Kraft, U. M. Dürr (Eds.), *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*, S. 272-283. Stuttgart: Schattauer Verlag.
71. Kraft, W., 2005b. Skelettmuskulatur, Knochen, Kalzium-, Phosphor-, Magnesiumstoffwechsel. In: W. Kraft, U. M. Dürr (Eds.), *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*, S. 263-271. Stuttgart: Schattauer Verlag.
72. Kraft, W., Dürr, U. M., 2005a. Serum-Protein. In: W. Kraft, U. M. Dürr (Eds.), *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*, S. 284-292. Stuttgart: Schattauer Verlag.
73. Kraft, W., Dürr, U. M., 2005b. Harnapparat. In: W. Kraft, U. M. Dürr (Eds.), *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*, S. 186-219. Stuttgart: Schattauer Verlag.
74. Kraft, W., Dürr, U. M., 2005c. Leber. In: W. Kraft, U. M. Dürr (Eds.), *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*, S. 145-169. Stuttgart: Schattauer Verlag.
75. Kraft, W., Dürr, U. M., Füll, M., Bostedt, H., Heinritzi, K., 2005. Hämatologie. In: W. Kraft, U. M. Dürr (Eds.), *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*, S. 49-92. Stuttgart: Schattauer Verlag.
76. Kramer, J. W., 2000. Normal Hematology of Cattle, Sheep, and Goats. In: B.F. Feldman, J. G. Zinkl, N. C. Jain (Eds.), *Schalm's Veterinary Hematology*, pp. 1075-1084. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
77. Kramer, J. W., Hoffmann, W. E., 1997. Clinical Enzymology. In: J. J. Kaneko, J. W. Harvey, M. L. Bruss (Eds.), *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, pp. 303-326. San Diego, London: Academic Press.
78. Laven, R. A., Livesey, C. T., May, S. A., 2004. Relationship between acute phase proteins and hoof horn haemorrhages in postpartum first-lactation heifers. *The Veterinary Record* 154, 389-395.
79. Liberg, P., 1973. The formol-gel reaction in cattle. *Acta Veterinaria Scandinavica* 14, 712-722.
80. Lischer, C., Dietrich-Hunkeler, A., Geyer, H., Schulze, J., Ossent, P., 2000a. Untersuchungen über die klinischen und biochemischen Befunde bei Milchkühen mit unkomplizierten Sohlengeschwüren unter Berücksichtigung der Klauenrehe als prädisponierender Faktor. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 142, 496-506.
81. Lischer, C., Wehrle, M., Geyer, H., Lutz, B., Ossent, P., 2000b. Heilungsverlauf von Klauenläsionen bei Milchkühen unter Alpbedingungen. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 107, 255-261.
82. Lischer, C., Koller, U., Geyer, H., Schulze, J., Auer, J.A., 2003. Biochemische Parameter und Vitaminstatus von Milchkühen während des Heilungsverlaufs von Sohlengeschwüren. *Tierärztliche Praxis (G)* 31, 83-88.
83. Lischer, C. J., 2000. Sohlengeschwüre beim Rind - Pathogenese und Heilungsverlauf. In *Veterinär-Chirurgische Klinik, Universität Zürich. Habilitationsschrift* S. 1-178.
84. Lischer, C. J., Dietrich-Hunkeler, A., Geyer, H., Schulze, J., Ossent, P., 2001. Heilungsverlauf von unkomplizierten Sohlengeschwüren bei Milchkühen in Anbindehaltung: Klinische Beschreibung und blutchemische Untersuchungen. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 143, 125-133.

85. Lischer, C. J., Landerer, R., Wehrle, M., Geyer, H., Lutz, B., Ossent, P., 2000c. Beziehungen zwischen ausgewählten Blutparametern und Sohlenblutungen bzw. unpigmentierem Horn an der Sohlenfläche von gealpten Schweizer Braunviehkühen. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* 87, 363-373.
86. Lumsden, J. H., 1998. "Normal" or reference values: questions and comments. *Veterinary Clinical Pathology* 27, 102-106.
87. Lumsden, J. H., Mullen, K., Rowe, R., 1980. Hematology and Biochemistry Reference Values for Female Holstein Cattle. *Canadian Journal of Comparative Medicine* 44, 24-31.
88. Maclean, C. W., 1970. The haematology of bovine laminitis. *The Veterinary Record* 86, 710-714.
89. Maierl, J., Mülling, C., 2004. Funktionelle Anatomie. In: A. Fiedler, J. Maierl, K. Nuss (Hrsg.), *Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes*, S. 1-28. Stuttgart: Schattauer Verlag.
90. Mallard, B. A., Burnside, E. B., Burton, J. H., Wilkie, B. N., 1983. Variation in serum immunoglobulins in Canadian Holstein-Friesians. *Journal of Dairy Science* 66, 862-866.
91. Mammerickx, M., Lorenz, R. J., Straub, O. C., Donnelly, W. J., Flensburg, J. C., Gentile, G., Markson, L. M., Ressang, A. A., Taylor, S. M., 1978a. Bovine hematology. IV. Comparative breed studies on the erythrocyte parameters of 16 European cattle breeds as determined in the Common Reference Laboratory. *Zentralblatt Veterinärmedizin B* 25, 484-498.
92. Mammerickx, M., Lorenz, R. J., Straub, O. C., Donnelly, W. J., Flensburg, J. C., Gentile, G., Markson, L. M., Ressang, A. A., Taylor, S. M., 1978b. Bovine hematology. III. Comparative breed studies on the leukocyte parameters of several European cattle breeds as determined in the Common Reference Laboratory. *Zentralblatt Veterinärmedizin B* 25, 257-267.
93. Mandell, C. P., 2000. Essential Thrombocythemia and Reactive Thrombocytosis. In: B. F. Feldman, J. G. Zinkl, N. C. Jain (Eds.), *Schalm's Veterinary Hematology*, pp. 501-508. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
94. McSherry, B. J., Horney, F. D., DeGroot, J. J., 1970. Plasma fibrinogen levels in normal and sick cows. *Canadian Journal of Comparative Medicine* 34, 191-197.
95. Meimandi Parizi, A., Khalafizadeh, J., 2006. Hematological study of lameness in cattle. *Comparative Clinical Pathology* 15, 189-190.
96. Merkens, H. W., 1977. [Radical surgery (amputation) or conservative treatment (drainage) in cases of septic pedal arthritis and navicular bursitis in cattle (author's transl)]. *Tijdschr Diergeneeskde* 102, 326-329.
97. Metzner, M., Horber, J., Rademacher, G., Klee, W., 2007. Application of the Glutaraldehyde Test in Cattle. *Journal of Veterinary Medicine Series A* 54, 449-454.
98. Mischke, R., 2005. Hämostase. In: W. Kraft, U. M. Dürr (Hrsg.), *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*, S. 115-144. Stuttgart, New York: Schattauer Verlag.
99. Miskimins, D. W., 1994. Bovine Toe Abscesses. In *Proceedings of the 8th International Symposium of the Ruminant Digit*, pp. 54-57. Banff, Canada.
100. Moore, F., 1997. Interpreting serum chemistry profiles in dairy cows. *Veterinary Medicine* 92, 903-912.

101. Muggli, E., 2007. Längen- und Breitenunterschiede zwischen medialer und lateraler Zehe bei Rindern verschiedenen Alters. Röntgenologische Messungen. In Departement Nutztiere, S. 1-91. Zürich: Universität Zürich.
102. Müller, M., Hermanns, W., 2004. Pathologie komplizierter Klauenerkrankungen. In: A. Fiedler, J. Maierl, K. Nuss (Hrsg.), Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes, S. 160-168. Stuttgart: Schattauer Verlag.
103. Müller, M., Hermanns, W., Feist, M., Schwarzmann, B., Nuss, K., 2002. Pathology of Pododermatitis Septica Profunda. In Proceedings of the 12th International Symposium on Lameness in Ruminants, S. 390-393. Orlando, FL.
104. Müller, M., Platz, S., Ehrlein, J., Ewringmann, T., Molle, G., Weber, A., 2005. Bakteriell bedingte Thrombembolie bei Milchkühen--eine retrospektive Auswertung von 31 Sektionsfällen unter besonderer Berücksichtigung des Ursachenkomplexes. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 118, 121-127.
105. Mülling, C., 2002. Theories on the Pathogenesis of White Line Disease - an Anatomical Perspective. In 12th International Symposium on Lameness in Ruminants, (Ed. J. K. Shearer), pp. 90-96. Orlando, Florida.
106. Murray, R.D., Downham, D.Y., Clarkson, M.J., Faull, W.B., Hughes, J.W., Manson, F.J., Merritt, J.B., Russell, W.B., Sutherst, J.E., Ward, W.R., 1996a. Epidemiology of lameness in dairy cattle: description and analysis of foot lesions. The Veterinary Record 138, 586-91.
107. Murray, R.D., Downham, D.Y., Clarkson, M.J., Faull, W.B., Hughes, J.W., Manson, F.J., Merritt, J.B., Russell, W.B., Sutherst, J.E., Ward, W.R., 1996b. Epidemiology of lameness in dairy cattle: description and analysis of foot lesions. Vet Rec 138, 586-91.
108. Nagy, O., Sedovic, M., Slanina, L., 1994. [Acid-base profile evaluation in central and peripheral arterial and venous blood in cattle]. Vet Med (Praha) 39, 1-9.
109. Nilsson, S.A., 1963. Clinical, morphological and experimental studies of laminitis in cattle. Acta Veterinaria Scandinavica 4, 1-304.
110. Nuss, K., 1988. Zur Klauengelenksresektion beim Rind. Eine Analyse von 281 Fällen. In Chirurgische Tierklinik der Tierärztlichen Fakultät, S. 1-120. München: Ludwig-Maximilians-Universität.
111. Nuss, K., 2004a. Operationen an Klaue und Zehe. In: A. Fiedler, J. Maierl, K. Nuss (Hrsg.), Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes, S. 130-159. Stuttgart: Schattauer.
112. Nuss, K., 2004b. Surgery of the bovine digits. Le Medicine Veterinaire du Quebec 34, 23-24.
113. Nuss, K., 2009. Has surgical treatment of septic arthritis of the distal interphalangeal joint in cattle moved forward? The Veterinary Journal 179, 319-321.
114. Nuss, K., Weaver, M.P., 1991. Resection of the distal interphalangeal joint in cattle: an alternative to amputation. The Veterinary Record 128, 540-543.
115. Nuss, K., Hänichen, T., 1995. Fibrinös-eitrige Tendinitis der Beugesehnen bei der infizierten Tendovaginitis der Fesselbeugesehnenscheide beim Rind. Tierärztliche Praxis 23, 565-569.
116. Nuss, K., Steiner, A., 2004a. Untersuchung des Bewegungsapparates bei

- Erkrankungen im Zehenbereich. In: A. Fiedler, J. Maierl, K. Nuss (Hrsg.), *Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes*, S. 63-76. Stuttgart: Schattauer Verlag.
117. Nuss, K., Steiner, A., 2004b. Spezielle Diagnostik und Therapie. In: A. Fiedler, J. Maierl, K. Nuss (Hrsg.), *Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes*, S. 77-125. Stuttgart: Schattauer Verlag.
118. Nuss, K., Paulus, N., 2006. Measurements of claw dimensions in cows before and after functional trimming: A post-mortem study. *The Veterinary Journal* 172, 284-292.
119. Nuss, K., Köstlin, R. G., Böhmer, H., Weaver, M. P., 1990. Zur Bedeutung der Ungulocoriitis septica (traumatica) - UCS(T) - an der Klauenspitze ("Sohlenspitzenengeschwür") des Rindes. *Tierärztliche Praxis* 18, 567-575.
120. Oh, M. S., Carroll, H. J., 1977. The anion gap. *The New England Journal of Medicine* 297, 814-817.
121. Osman, M. A., 1970. A study of some sequelae of amputation of the digit using three operative techniques. *The Veterinary Record* 87, 610-615.
122. Ossent, P., 1999. Subclinical bovine laminitis. *Cattle Practice* 7, 193-195.
123. Ossent, P., Lischer, C., 1998. Bovine laminitis: the lesions and their pathogenesis. In *Practice*, 415-427.
124. Paulus, N., 2004. Ermittlung von Hornschuh- und Lederhautabmessungen an den Klauen der Beckengliedmassen von Fleckviehrindern. In *Departement Nutztiere, Vet-Suisse-Fakultät*, S. 1-86. Zürich: Universität Zürich.
125. Pejsa, T. G., St Jean, G., Hoffsis, G. F., Musser, J. M., 1993. Digit amputation in cattle: 85 cases (1971-1990). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 202, 981-984.
126. Pfeiffer, W., 1912. *Operationskurs für Tierärzte und Studierende*. Berlin, Schoetz.
127. Rademacher, G., Lorenz, I., Klee, W., 2002. Tränkung und Behandlung von Kälbern mit Neugeborenenenddurchfall. *Tierärztliche Umschau* 57, 177-189.
128. Radostits, O. M., Gay, C. C., Hinchliff, K.W., Constable, P. D., 2007. Diseases of the urinary system, *Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs and Goats*, pp. 543-574. Philadelphia: Saunders Elsevier
129. Reinartz, M., Hofmann, W., 1989. Serumharnstoffbestimmungen in Milchrinderherden. *Der Praktische Tierarzt* 9, 22-28.
130. Reinöhl-DeSouza, C., Kofler, J., 2006. Infektiöse Interdigitalnekrose (infektiöse Interdigitalphlegmone) bei 66 Rindern, Teil 1: Klinische Befunde. *Tierärztliche Praxis* 34, 5-14.
131. Reisse, A., 2008. Objektivierung von Herzgeräuschen mittels Phonokardiographie. In *Tierärztliche Fakultät*, S. 1-110. München: Ludwig-Maximilians-Universität.
132. Rosenberger, G., 1990. *Die klinische Untersuchung des Rindes*. Berlin und Hamburg, Parey.
133. Rowlands, G. J., Manston, R., 1983. Decline of serum albumin concentration at calving in dairy cows: its relationship with age and association with subsequent fertility. *Research in Veterinary Science* 34, 90-96.
134. Russell, K. E., Roussel, A. J., 2007. Evaluation of the ruminant serum chemistry profile. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 23, 403-426, v.
135. Rusterholz, A., 1920. Das spezifisch-traumatische Klauensohlengeschwür des

- Rindes. Schweizer Archiv für Tierheilkunde 62, 421-466, 505-525.
136. Sandholm, M., 1974. A preliminary report of a rapid method for the demonstration of abnormal gammaglobulin levels in bovine whole blood. *Research in Veterinary Science* 17, 32-35.
137. Sattler, T., Fürll, M., 2004. Creatine kinase and aspartate aminotransferase in cows as indicators for endometritis. *Journal of Veterinary Medicine, Series A: Physiology, Pathology, Clinical Medicine* 51, 132-137.
138. Schroedl, W., Fuerll, B., Reinhold, P., Krueger, M., Schuett, C., 2001. A novel acute phase marker in cattle: lipopolysaccharide binding protein (LBP). *Journal of Endotoxin Research* 7, 49-52.
139. Shaffer, L., Roussel, J. D., Koonce, K. L., 1981. Effects of age, temperature-season, and breed on blood characteristics of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 64, 62-70.
140. Shupe, J. L., Butcher, J. E., Call, J. W., Olson, A. E., Blake, J. T., 1988. Clinical signs and bone changes associated with phosphorus deficiency in beef cattle. *American Journal of Veterinary Research* 49, 1629-1636.
141. Smith, B. I., Kauffold, J., Sherman, L., 2009. Serum haptoglobin concentrations in dairy cattle with lameness due to claw disorders. *The Veterinary Journal*.
142. Starke, A., Heppelmann, M., Beyerbach, M., Rehage, J., 2007. Septic arthritis of the distal interphalangeal joint in cattle: comparison of digital amputation and joint resection by solar approach. *Veterinary Surgery* 36, 350-359.
143. Stöber, M., Gründer, H.-D., 1990. Kreislauf. In: G. Rosenberger (Ed.), *Die klinische Untersuchung des Rindes*, pp. 171-233. Berlin, Hamburg: Parey.
144. Stockham, S. L., 2000. Hematologic Changes Due to Bacterial Infections. In: B.F. Feldman, J. G. Zinkl, N. C. Jain (Eds.), *Schalm's Veterinary Hematology*, pp. 38-43. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
145. Sweeney, R. W., 1999. Treatment of potassium balance disorders. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 15, 609-617.
146. Tainturier, D., Braun, J. P., Rico, A. G., Thouvenot, J. P., 1984. Variations in blood composition in dairy cows during pregnancy and after calving. *Research in Veterinary Science* 37, 129-131.
147. Tarlton, J. F., Holah, D. E., Evans, K. M., Jones, S., Pearson, G. R., Webster, A. J., 2002. Biomechanical and histopathological changes in the support structures of bovine hooves around the time of first calving. *The Veterinary Journal* 163, 196-204.
148. Taylor, J. A., 2000. Leukocyte Responses in Ruminants. In: B. F. Feldman, J. G. Zinkl, N. C. Jain (Eds.), *Schalm's Veterinary Hematology*, pp. 391-404. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
149. Thomas, J. S., 2000. Overview of Plasma Proteins. In: B. F. Feldman, J. G. Zinkl, N. C. Jain (Eds.), *Schalm's Veterinary Hematology*, pp. 891-898. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
150. Toussaint Raven, E., 1989. *Cattle footcare and claw trimming*. Ipswich, UK, Farming Press.
151. Unglaub, W., Afschar, A., Marx, D., 1973. Die Aktivität der γ -GT (gamma-Glutamyltranspeptidase) im Serum des Rindes. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 80, 131-134.
152. Van Amstel, S. R., Shearer, J. K., 2006. Review of Pododermatitis

- circumscripta (ulceration of the sole) in dairy cows. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 20, 805-811.
153. Waner, T., Harrus, S., 2000. Anemia of Inflammatory Disease. In: B. F. Feldman, J. G. Zinkl, N. C. Jain (Eds.), *Schalm's Veterinary Hematology*, pp. 205-209. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
154. Watson, A. D. J., Canfield, P. J., 2000. Nutritional Deficiency Anemias. In: B. F. Feldman, J. G. Zinkl, N. C. Jain (Eds.), *Schalm's Veterinary Hematology*, pp. 190-195. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
155. Westhues, M., 1955. Über den Schmerz der Tiere. In *Rede zur Rektoratsübernahme der Ludwig-Maximilians-Universität*, Heft 12. München: Max Hueber Verlag München.
156. Whay, H. R., Webster, A. J., Waterman-Pearson, A. E., 2005. Role of ketoprofen in the modulation of hyperalgesia associated with lameness in dairy cattle. *The Veterinary Record* 157, 729-733.
157. Whitaker, D. A., Kelly, J. M., Smith, E. J., 1983. Subclinical ketosis and serum beta-hydroxybutyrate levels in dairy cattle. *British Veterinary Journal* 139, 462-463.
158. Wittmeier, D., 2008. Retrospektive Untersuchung der Erythrozyten-Glutathionperoxidase-Aktivitäten von Rinder-Patienten der Klinik für Wiederkäuer. Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München. Inauguraldissertation, S. 1-69.
159. Yokus, B., Cakir, U. D., 2006. Seasonal and physiological variations in serum chemistry and mineral concentrations in cattle. *Biological Trace Element Research* 109, 255-266.
160. Zander, R., 1995. Die korrekte Bestimmung des Base Excess (BE, mmol/l) im Blut. *AINS - Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie* 30 Suppl 1, 36-38.
161. Zeddies, J., Munz, J., Fuchs, C., 1997. Ökonomische Aspekte des Einsatzes von Tierarzneimitteln und tierärztlichen Behandlungen. *Der Praktische Tierarzt* 78, 44-51.

IX Anhang

„Fragebogen“ zur Aufnahme der Patientendaten und Befunde aus den Klinikkarten,
erstellt in SPSS Data Entry Builder™

Patientendaten und Anamnese

- 1 Kliniknummer: _____
- 2 Einstellungsdatum: _____
- 3 Rasse
 - Fleckvieh
 - Schwarzbunt
 - Braunvieh
 - Andere: _____
- 4 Alter (in Jahren): _____
- 5 Gewicht (in Kilogramm): _____
- 6 Aufstallung
 - Anbindehaltung
 - Laufstall
 - Weide
 - Anbindehaltung und Weide
 - Laufstall und Weide
 - Andere: _____
- 7 Trächtig?
 - Ja
 - Nein
 - Besamt
 - Keine Angabe
- 8 Seit wann trächtig (in Monaten)?: _____
- 9 Datum der letzten Kalbung: _____

- 10 Datum der nächsten Kalbung: _____
- 11 Laktationsstadium
- 1.-3. Monat
 - 4.-5. Monat
 - Ab 6. Monat
 - Trockenstehend
 - Keine Angabe/ Nicht ersichtlich
- 12 Aktuelle Milchleistung (kg/ Tag): _____
- 13 Vorbehandlung?
- Ja
 - Nein
 - Keine Angabe
- 14 Art der Vorbehandlung
- Orthopädisch
 - Antibiose
 - Antiphlogese (NSAID)
 - Lokale Behandlung mit Salben, Sprays, Tinkturen
 - Medikamente nicht bekannt
 - Andere: _____

Befunde der klinischen Eingangsuntersuchung

- 15 Rektale Körpertemperatur (in °C): _____
- 16 Ernährungszustand
- Kachektisch
 - Schlecht
 - Mäßig
 - Gut
 - Sehr gut
 - Adipös

- 17 Futteraufnahme/ Appetit
- Gut, erhalten
 - Wenig, reduziert
 - Kein(e)
 - „frisst etwas Heu oder Stroh“
 - Keine Angabe
- 18 Dehydratationsgrad
- Klinisch nicht dehydriert
 - Geringgradig dehydriert
 - Mittelgradig dehydriert
 - Hochgradig dehydriert
- 19 Herzgeräusch auskultierbar?
- Ja
 - Nein
 - Keine Angabe
- 20 (Verdacht auf) Endokarditis (beschrieben)?
- Ja
 - Nein
- 21 Klauenzustand vor funktioneller Klauenpflege:
- Gut
 - Mäßig, etwas zu lang
 - Schlecht, deutlich zu lang
 - (zu) kurz
 - „Reheklauen“
 - Keine Angabe

Diagnose der Klauenerkrankung

- 22 Hauptdiagnose
- Kompliziertes Rusterholzsches Sohlengeschwür
 - Kompliziertes Ballengeschwür
 - Kompliziertes Sohlenwandgeschwür
 - Kompliziertes Sohlenspitzen­geschwür
 - Klauengelenkentzündung
 - Phlegmona interdigitalis
 - Phlegmona digitalis
- 21 Lokale Komplikation
- Keine
 - Phlegmona digitalis
 - Klauengelenkentzündung
 - Tendinitis/ Tendovaginitis
 - Klauenbeinfraktur
 - Andere: _____
- 22 Betroffene Klaue: _____
- 23 Grad der Stützbeinlahmheit
- Lahmheitsfrei
 - Undeutlich geringgradig lahm
 - Geringgradig lahm
 - Deutlich geringgradig lahm
 - Mittelgradig lahm
 - Hochgradig lahm
 - Keine Angabe
- 24 Klammer Gang?
- Kein klammer Gang beschrieben
 - Geringgradig klammer Gang
 - Mittelgradig klammer Gang
 - Hochgradig klammer Gang
 - Klammer Gang, keine Angabe zu Schweregrad

Therapie der Klauenerkrankung

- 25 Wurde therapiert?
- Ja
 - Nein
- 26 Wurde operiert?
- Ja
 - Nein
- 27 Welche Operation wurde durchgeführt?
- Hohe Zehenamputation
 - Klauengelenkresektion
 - Klauenspitzenresektion
 - Resektion des Endstücks der tiefen Beugesehne
 - Resektion beider Beugesehnen in der gemeinsamen Beugesehnenscheide
 - Andere: _____

Heilungsverlauf der Klauenerkrankung

- 28 Traten Komplikationen während der Heilung auf?
- Ja
 - Nein
- 29 Welche Komplikationen traten auf? _____
- 30 War eine weitere Operation notwendig?
- Ja
 - Nein
- 31 Welche weitere Operation wurde durchgeführt?
- Hohe Zehenamputation
 - Andere: _____

Begleiterkrankungen

32 Welche Begleiterkrankungen wurden während der Eingangsuntersuchung festgestellt:

- Keine
- Ein unkompliziertes Sohlengeschwür
- Mehrere unkomplizierte Sohlengeschwüre
- (Anzeichen für) Chronische Klauenrehe
- Andere unkomplizierte Klauenerkrankung:
- Oberflächliche Dekubitalstellen
- Andere Erkrankung der Haut:
- Selenmangel
- Subklinische Ketose
- Andere Begleiterkrankung:

33 Traten weitere Begleiterkrankungen während des Klinikaufenthalts auf?

- Nein
- Ja, und zwar: _____

Ausgang

34 Welchen Ausgang hatte der Fall?

- Euthanasie ohne Therapieversuch
- Euthanasie nach Therapieversuch
- Entlassung zur wirtschaftlichen Verwertung
- Entlassung als „Geheilt“

35 Datum der Euthanasie/ Entlassung: _____

36 Behandlungs- und Klinikkosten insgesamt (in Euro): _____

X Danksagung

Herrn Prof. Dr. K. Nuss gilt großer Dank für die hervorragende Betreuung meiner Arbeit. Stets hatte er ein offenes Ohr für meine Fragen und Gedanken und stand mir mit konstruktiver Kritik bestärkend zur Seite.

Frau Dr. C. Sauter-Louis danke ich für ihre unermüdliche Hilfe bei allen statistischen Fragestellungen und für ihre ansteckende Begeisterung, mit der sie jede dieser Fragen beantwortete.

Frau Dr. M. Feist danke ich sehr für ihre Hilfe, insbesondere bei der Aufarbeitung und Beurteilung der Fälle. Sehr danke ich ihr außerdem für das Wissen, das sie mir im Fachbereich Orthopädie vermittelte.

Für die geduldige Beantwortung sämtlicher das Labor betreffenden Fragen möchte ich mich herzlich bei Frau Hartmann bedanken.

Herrn Prof. Dr. W. Klee danke ich für die Durchsicht der Arbeit.

Meinen Doktoranden-Kollegen Mona, Johanna und Bruno danke ich sehr für ihre moralische Unterstützung und die Freundschaft.

Für ihre Hilfe in allen Computer-, Farb- und Formfragen ebenso wie für die nie nachlassende Motivierung danke ich meinen Mitbewohnern sowie Sandra und Christine.

Meinen Eltern und Großeltern danke ich von Herzen für ihre unermüdliche Unterstützung und der damit verbundenen Wertschätzung meiner Ziele.

Ein besonderer Dank gebührt der FAZIT-Stiftung. Ohne ihre finanzielle Unterstützung wäre mir die Anfertigung dieser Arbeit nicht möglich gewesen.