

**Vergleich von Klauengesundheit, Milchleistung und Aktivität bei
Kühen auf Betonspaltenboden und auf Spaltenboden mit
elastischen Auflagen**

Prisca Kremer

Aus dem Institut für Tierzucht
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Tierzucht und Allgemeine Landwirtschaftslehre
Vorstand: Prof. Dr. M. Förster

**Vergleich von Klauengesundheit, Milchleistung und Aktivität bei
Kühen auf Betonspaltenboden und auf Spaltenboden mit
elastischen Auflagen**

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

vorgelegt von
Prisca Kremer
aus Hürth

München 2006

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. E. P. Märtlbauer

Referent: Univ.-Prof. Dr. M. Förster

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. R. Mansfeld

Tag der Promotion: 28. Juli 2006

suaviter in modo, fortiter in re

Claudio Aquaviva

Meiner Mutter in großer Dankbarkeit
und für Martin

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und persönliche Herausforderung	1
2	Kenntnisstand	3
2.1	Bewegungsapparat, Klauenaufbau und Laufverhalten	3
2.1.1	Anatomische und physiologische Grundlagen des Bewegungsapparates des Rindes	3
2.1.2	Anatomie der Rinderzehe	4
2.1.3	Anatomie der Klaue	5
2.1.4	Aufbau, Struktur und Funktion der Klauenhaut	11
2.1.5	Biomechanik der Klaue	14
2.1.6	Horneigenschaften und Hornqualität	16
2.1.7	Hornhärtemessung	18
2.1.8	Klauenmaße	20
2.2	Klauengesundheit	26
2.2.1	Klauenpflege	26
2.2.2	Die wichtigsten Klauenerkrankungen	29
2.2.3	Ökonomische Bedeutung von Klauenerkrankungen und deren Einfluss auf die Milchleistung	42
2.3	Laufstallhaltung	44
2.3.1.	Bewegungsbedarf und Aktivität des Rindes	44
2.3.2	Bodenbeschaffenheit im Laufstall	46
2.3.2.1	Elastische Bodenbeläge	49
2.3.3	Auswirkungen der Bodenbeschaffenheit auf die Klauengesundheit	51
2.4	Ausgewählte Stoffwechselfparameter der Milchkuh	53
2.4.1	Energiebilanz und Leberstoffwechsel	53
2.4.1.1	Aspartat-Amino-Transferase (AST) früher Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT)	55
2.4.1.2	Glutamat-Dehydrogenase (GLDH)	55

2.4.1.3	Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT)	56
2.4.1.4	Bilirubin	57
2.4.1.5	Glucose	58
2.4.2	Stoffwechsel der Skelettmuskulatur und des Knochens	58
2.4.2.1	Kreatinkinase (CK)	58
2.4.2.2	Kalzium (Ca) und Phosphor (P)	59
3	Material und Methoden	61
3.1	Tiere	61
3.2	Die Aufstallung	63
3.2.1	Stallbauliche Gegebenheiten	63
3.2.2	Vorbereitung für die Datenerhebungen	64
3.2.3	Der Gummiboden	67
3.2.4	Der Betonspaltenboden	68
3.3	Datenerhebung an der Klaue und Funktionelle Klauenpflege	69
3.3.1	Bestimmung der Klauenmaße	72
3.3.2	Bestimmung der Hornhärte	75
3.3.3	Erfassung der Klauenbefunde	81
3.4	Aktivitätsmessung	82
3.5	Das Melksystem	82
3.6	Bestimmung der Stoffwechselfparameter	85
3.6.1	Blutentnahme	85
3.6.2	Auswertung der Serumproben	86
3.7	Fütterung	87
3.8	Statistische Methoden	88
3.8.1	Statistische Modelle	88
4	Ergebnisse der eigenen Untersuchungen	90
4.1	Klauenmessungen und Klauenbefunde	90

4.1.1	Klauenmaße und Klauenwinkel	90
4.1.2	Härtemessung	101
4.1.3	Klauenbefunde	104
4.1.3.1	Dermatitis Digitalis	105
4.1.3.2	Ballenhornfäule	106
4.1.3.3	Rusterholzsches Sohlengeschwür und Druckstellen distal des Ansatzes der tiefen Beugesehne	107
4.1.3.4	Rehe	109
4.1.3.5	Sohlenwandgeschwür	110
4.1.3.6	Limax	111
4.1.3.7	Zusammenfassung der Befunde, die bei den Messungen erfasst wurden	112
4.1.4	Akute Lahmheiten	113
4.2	Ergebnisse der Blutprobenauswertung	115
4.2.1	Glukose	115
4.2.2	Gesamt-Bilirubin	116
4.2.3	Aspartat-Amino-Transferase	117
4.2.4	Gamma-Glutamyl-Transferase	118
4.2.5	Glutamat-Dehydrogenase	119
4.2.6	Kreatinkinase	120
4.2.7	Calcium und Phosphor	121
4.3	Milchleistung	123
4.4	Bewegungsaktivität	125
5	Diskussion	126
5.1	Klauenmaße	126
5.2	Hornhärteuntersuchung	128
5.3	Klauengesundheit	131
5.4	Stoffwechselfparameter	137
5.5	Milchleistung	140
5.6	Bewegungsaktivität	141

6	Schlussfolgerungen für den Einsatz elastischer Spaltenbodenauflagen	144
7	Zusammenfassung	146
8	Summary	149
9	Literaturverzeichnis	152
10	Danksagung	173
11	Lebenslauf	175

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AB	angle of the bulb / Ballenwinkel
ADW	angle of the dorsal wall / Dorsalwandwinkel
ad lib.	ad libitum
AMS	Automatisches Melksystem / automated milking system
a. p.	ante partum
AST	Aspartat-Amino-Transferase
AWL	axial wall length / Ansatz der Kehlung
BD	bulb depth / Ballenhöhe
BL	bulb length / Ballenlänge
Ca	Calcium
CK	Kreatinkinase / Creatinine Kinase
CSF	concrete slatted floor
CW	claw width / Größte Breite der Sohle
D.D.	Dermatitis Digitalis / Digital Dermatitis
DH	Deutsch Holstein
DIAG	diagonale / Wanddiagonale
FV	Deutsches Fleckvieh
γ -GT	Gamma-Glutamyl-Transferase
GLM	Generalized Linear Model
GLDH	Glutamat-Dehydrogenase
GOT	Glutamat-Oxalacetat-Transaminase
h. l.	hinten links
h. l. a.	hinten links außen
h. l. i.	hinten links innen
h. r.	hinten rechts
h. r. a.	hinten rechts außen
h. r. i.	hinten rechts innen
LVG	Lehr- und Versuchsgut Oberschleißheim
P	Phosphor
RES	Reticulo-Endotheliales-System
RHSG	Rusterholzsches Sohlengeschwür

RMSF	rubber matted slatted floor
SL	sole length / Sohlenlänge
SWG	Sohlenwandgeschwür
TMR	Totale Mischraktion
v. l.	vorne links
v. l. a.	vorne links außen
v. l. i.	vorne links innen
v. r.	vorne rechts
v. r. a.	vorne rechts außen
v. r. i.	vorne rechts innen
WL	wall length / Dorsalwandlänge

1 Einleitung und persönliche Herausforderung

Die Anforderungen an die moderne Milchkuh sind in den letzten Jahren rasant gestiegen. Gesund, frohwüchsig, langlebig, fruchtbar, leistungsbereit, leistungsstark, dabei genügsam und futterdankbar soll sie sein. Der wirtschaftliche Druck, der auf ihr lastet wird immer größer. Sinkende Milch- und Fleischpreise kombiniert mit steigenden Personal-, Futter-, Arznei- und Tierarztkosten lassen den Grat der gewinnbringenden Milcherzeugung bedrohlich schmal werden.

Dies zwingt den Landwirt unweigerlich, nicht nur den Verlust durch Leistungseinbußen erkrankter Tiere so gering wie möglich zu halten, sondern vielmehr muss er Bemühungen um Schadensvermeidung und möglichst hohe Bedarfsdeckung der Tiere in den Vordergrund stellen. In diesem Kontext gewinnt der Begriff „Kuhkomfort“ zunehmend an Bedeutung, um vorhandenes Leistungspotential besser ausschöpfen zu können.

Da die Zukunft der Milchviehhaltung unweigerlich im Laufstall liegt, und die Tiere somit nicht nur laufen dürfen, sondern auch laufen müssen, muss der Klauengesundheit besonderes Augenmerk geschenkt werden. Klauenerkrankungen sind deutschlandweit derzeit die dritthäufigste Abgangsursache und bedingen somit hohe Remontierungskosten.

Schwedische Studien berichten mittlerweile über 20-jährige Erfahrungen mit Gummimatten in Rinderställen. Die meisten Erfahrungen liegen über Auswirkungen von Gummimatten in Anbindeställen vor. Das Interesse der Wissenschaft folgte aber auch dem Trend der Verdrängung der Anbindesysteme durch Laufställe. Zahlreiche Studien berichten inzwischen über Auswirkungen von elastischen Laufflächenauflagen in Rinderställen.

BENZ (2002) formulierte in diesem Zusammenhang, dass hier nicht länger die Frage aufkommen sollte „planbefestigt oder perforiert“ sondern vielmehr „hart oder elastisch“ und entwickelte im Rahmen ihrer Studie eine Gummiauflage für Stallböden, die mittlerweile sowohl für planbefestigte Böden, als auch als exakt zugeschnittene Spaltenbodenmatte, hergestellt vom Gummiwerk Kraiburg, zur Verfügung steht.

Die persönliche Herausforderung lag daher in der Absicht pro und contra elastischer Bodenauflagen zu objektivieren.

Um ein repräsentatives Ergebnis zu erreichen, wurde der Entschluss gefasst im Rahmen dieser Arbeit 30 Tiere auf Betonspaltenboden mit 30 Tieren auf einem, mit Gummimatten belegten Spaltenboden über den Zeitraum einer Laktation zu vergleichen. Die sonstigen Rahmenbedingungen sollten so identisch wie möglich gehalten werden.

In den Vergleich sollten Klauengesundheit, Hornschuheigenschaften und -entwicklung, die Aktivität der Tiere, Stoffwechselgeschehen im Rahmen des Leber-, Muskel- und Knochenstoffwechsels und die Milchleistung der Tiere miteinbezogen werden.

Zielsetzung war es also herauszufinden

- ob eine elastische Bodenbeschaffenheit tatsächlich die Anforderungen des Weichbodengehers „Rind“ erfüllt und sich so eventuell Klauenschäden vermeiden lassen,
- ob ein „mehr laufen“ der Tiere, das eine verbesserte Durchblutung im Bereich der Klauen bedeutet, zu einem gesünderen Hornschuh führt,
- ob ein erhöhtes Maß an Kuhkomfort durch den weichen Boden zu einer höheren Milchleistung führt, und
- ob ein erhöhtes Maß an Kuhkomfort unter Umständen auch Einfluss auf die Futteraufnahme und somit die metabolischen Vorgänge in der Leber, im Skelettmuskel oder im Knochen hat.

2 Kenntnisstand

2.1 Bewegungsapparat, Klauenaufbau und Laufverhalten

2.1.1 Anatomische und physiologische Grundlagen des Bewegungsapparates des Rindes

Um die Anforderungen, die bei der Laufstallhaltung an Rinder gestellt werden, nachvollziehen zu können, ist es unerlässlich, sich ein Bild über die Anatomie des Bewegungsapparates der Tiere zu verschaffen. Betrachtet man das Exterieur eines Rindes im Stand, fällt zunächst auf, dass die Vorderhand mächtiger ist als die Hinterhand. TOUSSAINT RAVEN (1998) gibt den Lastanteil des Gesamtgewichtes, den die Vordergliedmaßen im Stand tragen mit 55% und den der Hintergliedmaßen mit 45% an. In der Bewegung fällt auf, dass es grundlegende Unterschiede in Aufbau und Funktion der Vorder- und Hintergliedmaßen gibt. Während die Hintergliedmaßen für den Vorwärtsschub sorgen müssen, kommt der Vordergliedmaße das federnde Abfangen des Bewegungsimpulses zu. SEIFERLE und FREWEIN (1992) ordnen daher der Vordergliedmaße den Charakter einer vertikal stützenden Säule oder eines Auffanghebelwerkes zu und der Hintergliedmaße den Charakter eines Wurfhebelwerkes.

Dazu ist die Hintergliedmaße gelenkig über das Hüft- und Ileosakralgelenk mit dem Rumpf verbunden. Dies sichert eine verlustarme Übertragung des Schubs auf den Rumpf. Die Vordergliedmaße ist hingegen nur bindegewebig-muskulös mit dem Rumpf verbunden, was der Stoßbrechung zu Gute kommt und dem Rumpf ermöglicht, über die Schultergliedmaße abzurollen (MAIERL, 2004). Diese Voraussetzungen der Skelettarchitektur dienen bereits zur Stoßbrechung und fangen die impulsartig auftretenden Kräfte teilweise ab. Den restlichen Impuls fängt zum größten Teil die distale Gliedmaßenkonstruktion mit Muskulatur und sehnigen Anteilen auf, während der Klauenmechanismus (s. Kapitel 2.1.5) den restlichen Stoß verzehrt und somit eine Weichteilschädigung der empfindlichen Klauenhautstruktur entgegen wirkt (NUSSHAG, 1968).

2.1.2 Anatomie der Rinderzehe

Die Zehe oder das Zehenendorgan, wie ZIETSCHMANN (1918) es benennt, des Rindes besteht aus zwei Hauptzehen (3. und 4. Strahl) zur Fußung und zwei Nebenzehen, auch Afterzehen genannt, ohne Bodenkontakt (2. und 5. Strahl). Die Afterzehen sind kleiner als die Hauptzehen, im Wesentlichen aber gleich aufgebaut (HABERMEHL, 1996; WILKENS, 1963). Die knöchernen Grundlage der Hauptzehen bilden jeweils von distal nach proximal das Klauenbein mit zugehörigem Klauensesambein, das Kronbein und das Fesselbein, welches mit jeweils zwei Fesselsesambeinen mit dem Röhrbein verbunden ist. Die einzelnen Knochen sind gelenkig miteinander verbunden. Ein komplexer Stütz- und Halteapparat aus Muskeln, Sehnen und Bändern verleiht der Zehe neben einer gewissen Elastizität ihre Stabilität und gibt in Zusammenarbeit mit der Form der artikulierenden Gelenkflächen die Möglichkeit zur Beugung und Streckung, während Bewegungen in der Transversalebene stark eingeschränkt sind. Die Afterzehen verfügen als rudimentäre Zehen meist über zwei Glieder, das rückgebildete Klauenbein und ein Knöchelchen, das dem Kronbein entspricht. Unter Umständen kann aber auch nur die Endphalange vorhanden sein. (NICKEL et al., 1992; MAIERL, 2004)

Abb. 2-1 gibt einen Überblick über den anatomischen Aufbau der Rinderzehe.

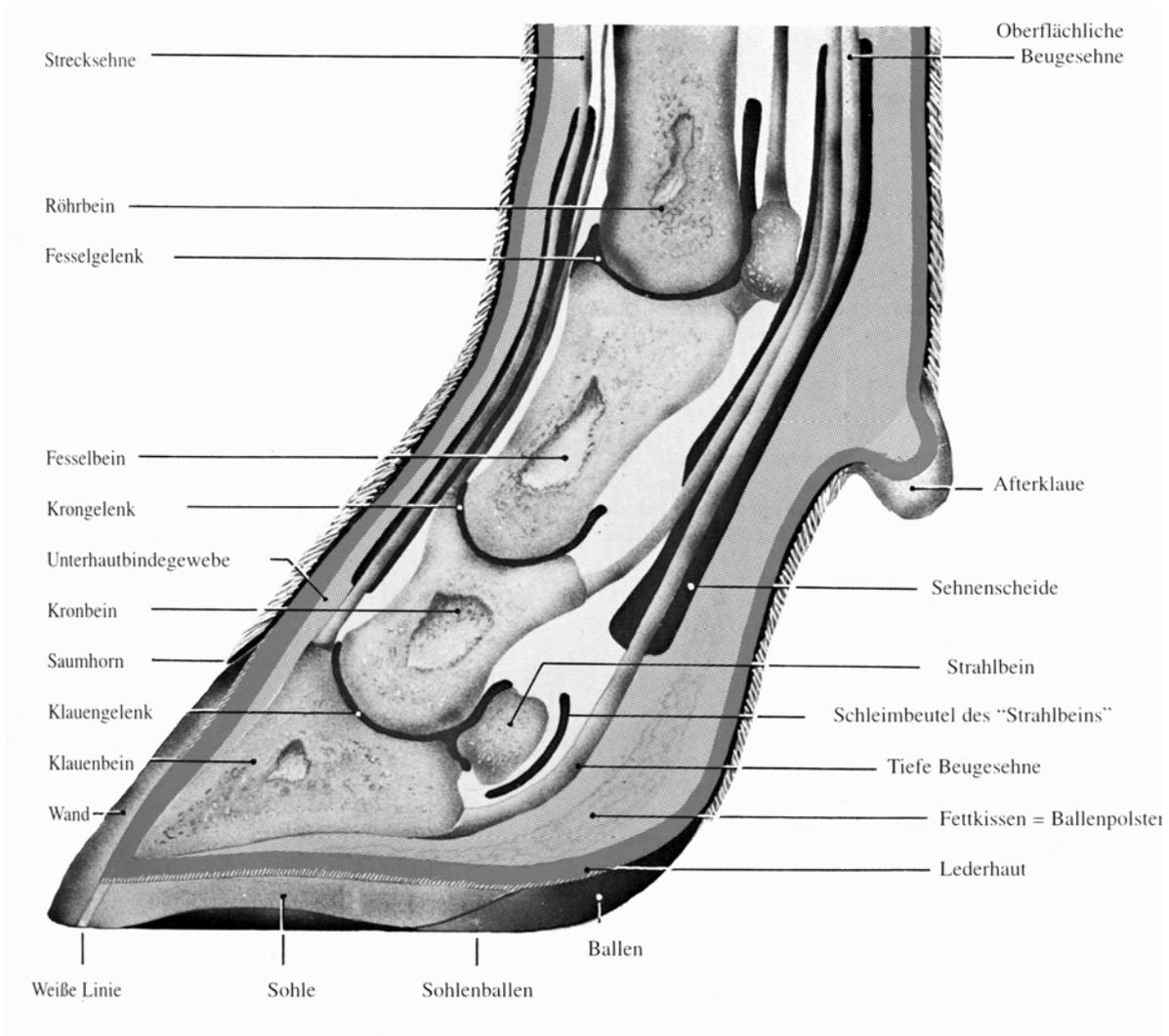


Abb. 2-1: Überblick über die Anatomie der Rinderzehe (modifiziert nach TOUSSAINT RAVEN, 1998)

2.1.3 Anatomie der Klaue

Der Begriff der Klaue umfasst nach BUDRAS und WÜNSCHE (2002), HABERMEHL (1996), MAIERL und MÜLLING (2004) und WILKENS (1963) das Klauenbein, den distalen Abschnitt des Kronbeins, das Klauensesambein (Strahlbein), die Endsehnen von Zehenstrecker und Zehenbeuger, die Bursa podotrochlearis (Schleimbeutel des Strahlbeins), den zugehörigen Bandapparat und alle versorgenden Blutgefäße und dort verlaufende Nerven, umgeben von der Klauenhaut, die zum Hornschuh modifiziert ist.

Die Klaue bildet als distaler Abschluss der Rinderzehe das direkteste Kontaktglied zwischen Tier und Boden. Der Hornkapsel kommen hierbei zwei Aufgabenkomplexe zu. Zum einen bietet sie den innen liegenden Strukturen Schutz vor mechanischen, chemischen und mikrobiellen Umwelteinflüssen, zum anderen erfüllt sie wichtige Aufgaben im Rahmen der Kraftübertragung im Stand und bei der Fortbewegung (MAIERL und MÜLLING 2004). Um dies nachvollziehen zu können sind detaillierte Kenntnisse über den Aufbau der Klauenhaut notwendig. In Kapitel 2.1.4 wird auf die Entstehung und besondere Bedeutung der Hornkapsel näher eingegangen.

Der Klauenschuh umschließt, wie oben erwähnt, im Inneren das Klauenbein mit dem distalen Sesambein und den distalen Abschnitt des Kronbeins, die gemeinsam das Klauengelenk bilden.

Das Klauenbein ist ein annähernd pyramidenförmiger Knochen mit Grundfläche, Gelenkfläche für das Klauengelenk und Wandfläche. Palmar schließt sich das Tuberculum flexorium (Beugeknorren) an, das zum einen der tiefen Beugesehne Ansatz bietet und zum anderen über eine kleine Gelenkfläche mit dem Klauensesambein artikuliert (MAIERL, 2004). Die Sohlenfläche des Klauenbeins ist konkav geformt und weist axial eine Kehlung auf. Dieser Besonderheit wird in der Funktionellen Klauenpflege durch Anbringen der Hohlkehlung Aufmerksamkeit geschenkt (s. Kapitel 2.2.1). Die Sohlenfläche des Klauenbeins einer Kuh weist ein starkes Relief auf. TOUSSAINT RAVEN (1998) geht davon aus, dass je glatter die Oberfläche eines Knochens ist, desto geringer sind die Kräfte, und je rauer die Oberfläche ist, desto größer sind die Kräfte, die auf ihn wirken. Dies vermittelt einen Eindruck, welcher Belastung das Klauenbein im Laufe des Lebens eines Rindes ausgesetzt ist.

Eine weitere Belastungsspitze der Klaue ist der Ansatz der tiefen Beugesehne am Beugeknorren des Klauenbeins. Proximal ihres Ansatzes am Klauenbein läuft sie über das distale Sesambein und ist in diesem Bereich von einem Schleimbeutel, der Bursa podotrochlearis, unterlagert. Diese Einheit von tiefer Beugesehne, distalem Sesambein und dem Schleimbeutel bilden die Klauenrolle (MAIERL, 2004). Diese Funktionseinheit erfordert ebenfalls im Rahmen der Funktionellen Klauenpflege gesteigerte Aufmerksamkeit.

Umgeben werden diese Strukturen von der Klauenhaut, deren Aufbau, Struktur und Funktion im nächsten Abschnitt besprochen werden sollen.

Die Klauenhaut lässt sich äußerlich in mehrere Segmente aufteilen. Man unterscheidet Saumsegment, Kronsegment, Wandsegment, Sohlensegment, Ballensegment (BUDRAS und WÜNSCHE, 2002; HOCHSTETTER, 1998) und Weiße Linie (MAIERL und MÜLLING, 2004; MÜLLING, 1993). Einen Überblick über die Topografie des Hornschuhs und der Lederhaut geben Abb. 2-2 bis 2-4.

Das Saumsegment stellt einen ca. 1 cm breiten, unbehaarten Streifen am Übergang von behaarter Haut zum Klauenschuh dar. Die Epidermis des Saumsegmentes bildet ein sehr weiches und stark lipidhaltiges Horn, was sich über die Klauenwand distal schiebt.

Das Kronsegment schließt sich distal an das Saumsegment an. Es ist ein ca. 2,5 – 3 cm breiter Streifen, der bis zur Hälfte des Klauenrückens reicht. Sein Horn ist sehr hart und widerstandsfähig und bildet den Hauptteil des Klauenschuhs. Es schiebt sich über das Horn des Wandsegmentes distal und bildet somit den Tragrand der Klaue.

Das Wandsegment befindet sich demnach unter dem Kronhorn und erstreckt sich bis zum Übergang von der Wand in die Sohle. Es unterscheidet sich in erster Linie von den anderen Segmenten durch die Struktur der Dermis. Die Lederhaut des Wandsegmentes trägt ca. 1,5 -1,8 mm hohe Lamellen, deren Vorderkanten im unteren Drittel kleine Zöttchen, die Kappenpapillen, tragen. Am distalen Rand der Klaue biegen die Lamellen auf die Grundfläche der Klaue um; in diesem Bereich zergliedern sich die Lamellen in lange papilläre Fortsätze, die Terminalpapillen. Das im Bereich der Terminal- und Kappenpapillen von der Epidermis gebildete Horn ist ein weiches Röhrenhorn. Das über den Lamellen gebildete Blättchenhorn ist sehr hart. Der Verbund von hartem Blättchenhorn und relativ weichem Röhrenhorn von Terminal- und Kappenhorn wird makroskopisch in der Weißen Linie sichtbar (KROON, 1915; MÜLLING, 1993; WARZECHA, 1993; WILKENS, 1963). Die Dermis der übrigen Segmente besitzt rein papilläre Struktur (MAIERL und MÜLLING, 2004). Das Horn von Saum-, Kron- und Wandsegment bildet gemeinsam die Klauenplatte, die sich mit der Klauensohle entlang der Weißen Linie zum Klauenschuh vereint (BUDRAS et al. 1989;

HABERMEHL, 1996; MAIERL und MÜLLING, 2004; MÜLLING, 1993; WILKENS, 1963). Die Weiße Linie verläuft auf der Sohlenfläche der Klaue und weist einen langen abaxialen Schenkel und einen kürzeren axialen Schenkel auf, der auf der Hälfte der Klauengrundfläche ausläuft. Das Sohlensegment schließt sich innen an die Weiße Linie an und bildet somit einen Teil der Fußungsfläche. Es besteht jedoch nur aus einem schmalen Streifen entlang der Weißen Linie. Über seine Ausdehnung finden sich in der Literatur unterschiedliche Angaben, einheitlich wird jedoch als Charakteristikum des Sohlensegmentes das Fehlen der Subcutis angegeben (BUDRAS und WÜNSCHE, 2002; FÜRST, 1992; MAIERL und MÜLLING, 2004; WARZECHA, 1993; WILKENS, 1963). BUDRAS und WÜNSCHE (2002) und MÜLLING (1993) beschreiben das Sohlensegment als einen engen halbmondförmigen Körper mit zwei schmalen, lang ausgezogenen Schenkeln. Daher darf das Sohlensegment nicht mit der Sohle gleich gesetzt werden. Die Sohle - im Sinne der Fußungsfläche - der Klaue besteht zum Hauptteil aus Horn des Ballensegmentes.

Das Ballensegment lässt sich durch seine Struktur und Funktion in zwei Abschnitte aufgliedern. Der distale Abschnitt wird auch als harter Ballen bezeichnet, der proximale Abschnitt als weicher Ballen. Das distale Ballenhorn wird axial, abaxial und distal vom Sohlensegment umschlossen. Es ist ein hartes Horn, das axial der Hohlkehlung der Klauenbeingrundfläche folgt und abaxial der Fußung dient.

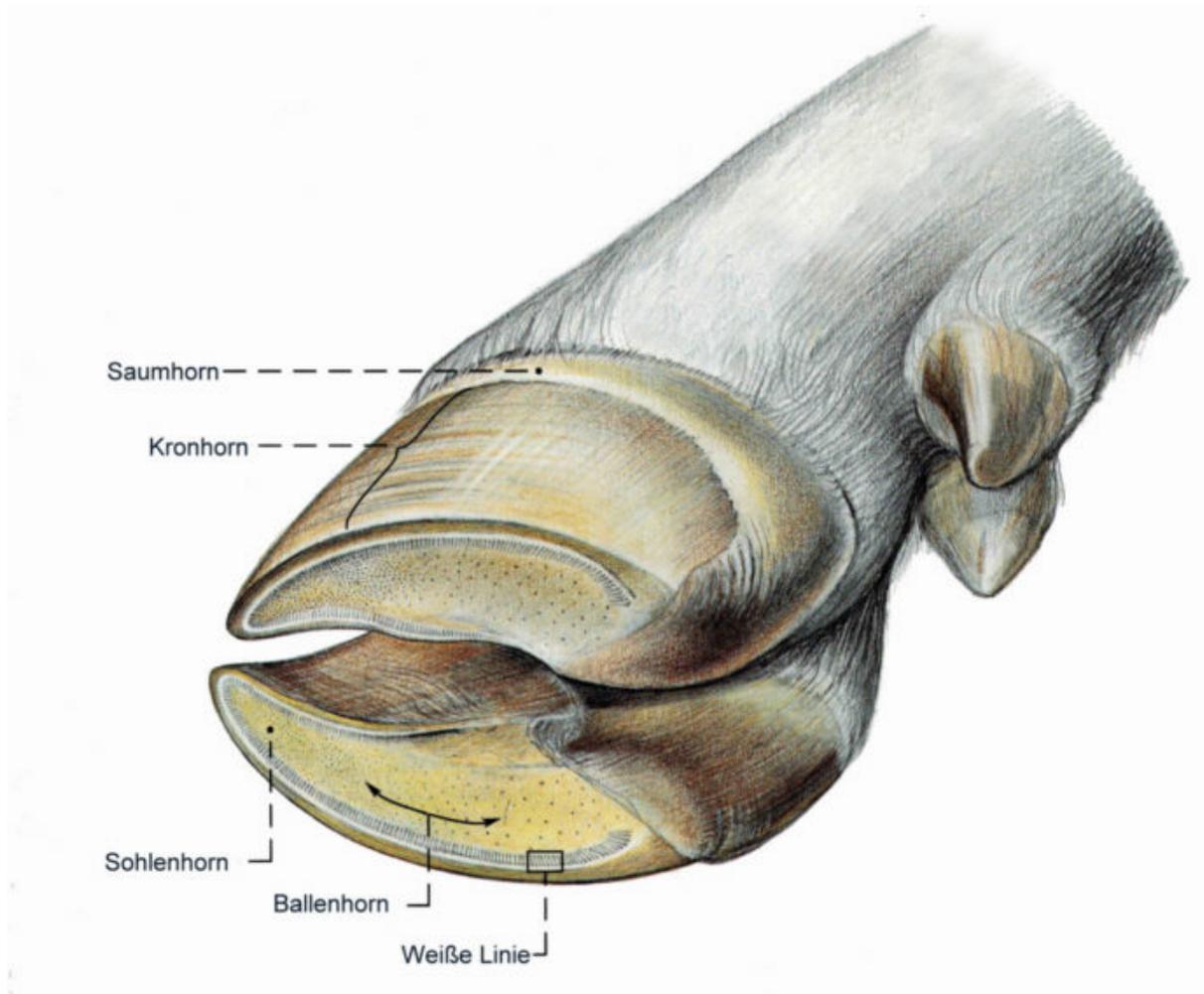


Abb. 2-2: Übersicht über die Topografie des Hornschuhs (modifiziert nach BUDRAS, 2002)

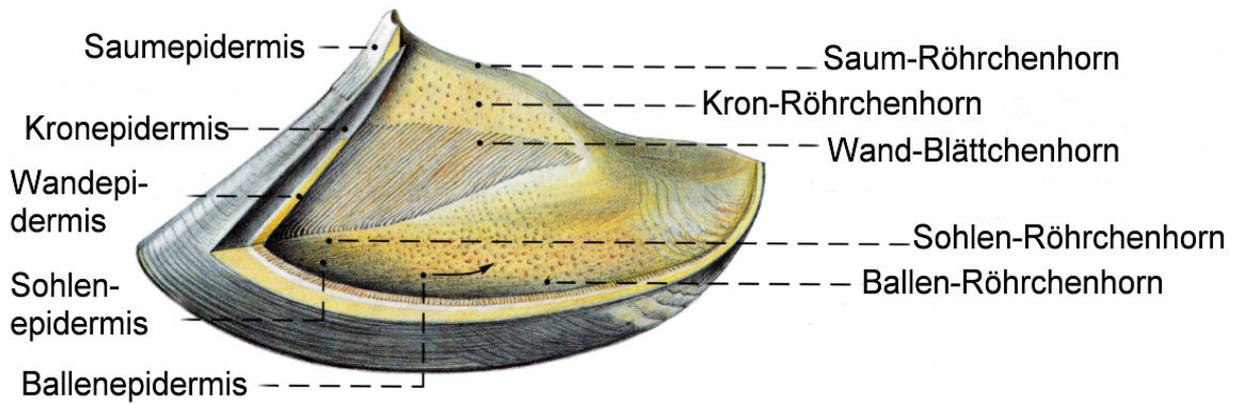


Abb. 2-3: Innenansicht des Hornschuhs (modifiziert nach BUDRAS, 2002)

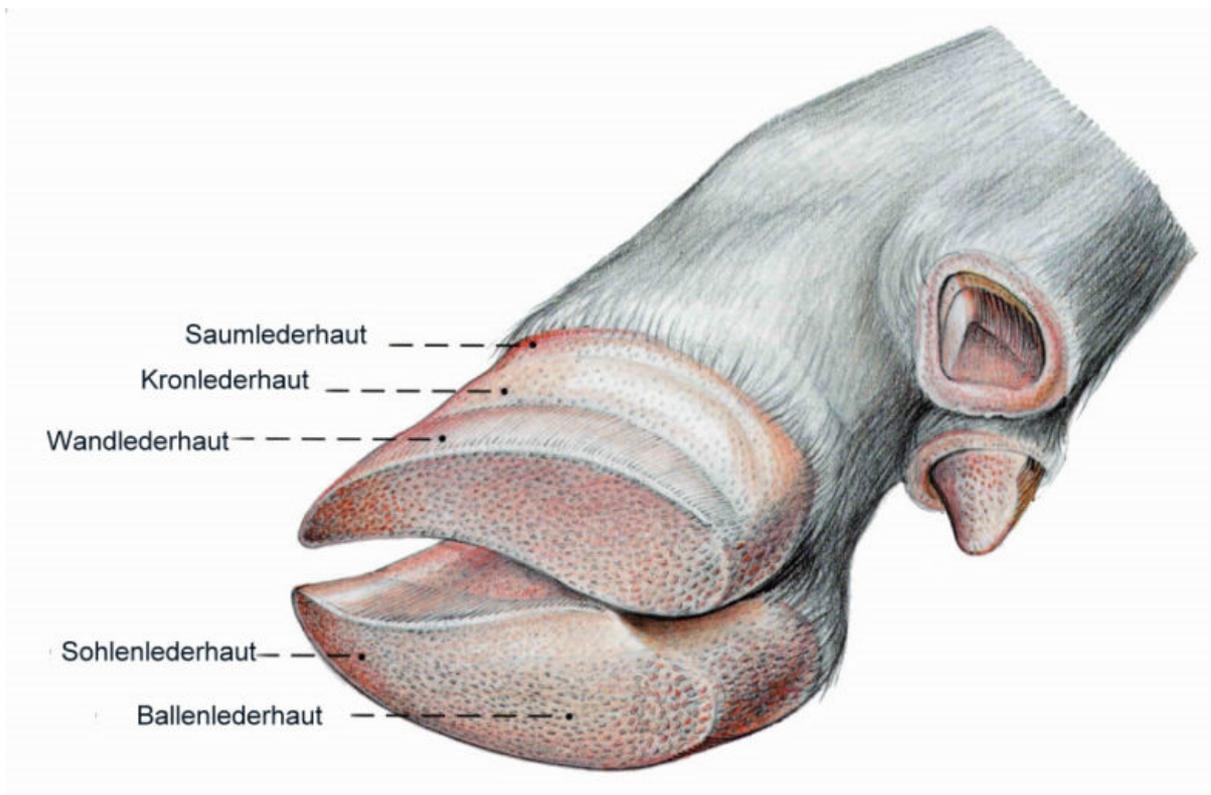


Abb. 2-4: Übersicht über die Topografie der Lederhaut (modifiziert nach BUDRAS, 2002)

Proximal schließt sich der weiche Ballen an, der bis zum Ansatz der behaarten Haut reicht. Das hier gebildete Horn ist sehr weich und durch einen hohen Lipidgehalt auch sehr elastisch. Die Wuchsrichtung ist klauenspitzenwärts. Die Hornbildungsrate ist höher als im Bereich des harten Ballens. Dieser Umstand bedingt, dass sich das Horn des weichen Ballens schnell über das Horn des harten Ballens schiebt und somit eine erhöhte Druckbelastung im Bereich der tiefen Beugesehne entsteht. Der Übergang vom harten in den weichen Ballen wird durch eine gedachte Verbindungslinie zwischen Ende des axialen und abaxialen Schenkels der Weißen Linie gebildet. Dadurch besteht der weiche Ballen aus einem nicht fußenden und einem fußenden Abschnitt. (MAIERL und MÜLLING 2004; MÜLLING, 1993).

2.1.4 Aufbau, Struktur und Funktion der Klauenhaut

Die Klauenhaut ist in drei Schichten gegliedert. Von außen nach innen betrachtet sind dies Epidermis (Oberhaut, Hornschicht), Dermis (Lederhaut) und Subcutis (Unterhaut) (BUDRAS, WÜNSCHE, 2002; HABERMEHL, 1996; MAIERL, MÜLLING, 2004; WILKENS, 1963). Der Aufbau gleicht dem der behaarten Haut, jedoch sind die einzelnen Schichten ihren Funktionen nach modifiziert.

Die Epidermis besteht zu 80-90% aus Keratinozyten. Die unterste Schicht dieses Bereiches besteht aus dem Stratum basale, einer Schicht von proliferativen Zellen, die auf der Basalmembran, der Trennung zwischen Dermis und Epidermis, aufsitzen. Durch Teilung dieser Zellen entstehen permanent neue Zellgenerationen, die distal geschoben werden und dabei hohe Syntheseaktivität aufweisen. Sie bilden zunächst große Mengen von Keratinproteinen, die sich formieren und so ein intrazelluläres Skelett aufbauen. Ebenfalls synthetisieren sie den Interzellularkitt, den sie ausschleusen und so die entstandenen Zellen verbinden. Ausserdem entsteht hier eine Barriere, die das Eindringen von Noxen aus der Umwelt verhindert und regulierend auf den Wasserhaushalt des Hornes wirkt. Am Ende des Differenzierungsprozesses der Keratinozyten steht die Apoptose. Diese geht neben dem Zerfall des Zellkerns mit einer chemisch stabilen Verbindung der Keratinfilamente innerhalb der Zelle einher. Gleichzeitig ändert

sich bei diesem, auch als Verhornung bezeichneten Prozess, die Form des Zellkörpers, und er ähnelt nunmehr einer Schuppe (MAIERL und MÜLLING 2004).

Die Epidermis wird von der Dermis unterlagert. Diese zwei Schichten greifen wie Matrize und Patrize ineinander (ZIETSCHMANN, 1918). Die Dermis, auch Lederhaut oder „Leben“ genannt, gliedert sich in zwei Schichten auf, das Stratum papillare und das Stratum reticulare. Dem Stratum papillare kommt hierbei u. a. die Aufgabe der Verankerung mit der Epidermis zu. Das Stratum reticulare bildet mit einem stark verzweigten Netzwerk aus Kollagenfasern den Kontakt zur Subcutis, bzw. zum Klauenbein. Die Oberfläche der Dermis besteht aus vielen kleinen papillären Fortsätzen, nur im Wandsegment befinden sich die sogenannten Lederhautlamellen. Durch das direkte Ineinandergreifen von Epidermis und Dermis bestimmt die Architektur der Lederhaut die Art der Hornbildung in der Epidermis. So wird über den papillären Fortsätzen durch das permanente Schieben nach distal der entstehenden Zellen das so genannte Röhrenhorn und über den Lamellen das so genannte Blättchenhorn gebildet.

Die gesamte Lederhaut ist durchzogen von einem dichten Gefäßnetz und durchsetzt von sensiblen Nervenendigungen und Mechanorezeptoren. Direkt unterhalb der Basalmembran befindet sich ein sehr dichtes Kapillarnetz, da die gefäßlose Epidermis von hier per diffusionem versorgt werden muss (MAIERL und MÜLLING 2004).

Die unterste Hautschicht bildet die Subcutis. Sie überzieht die zentralen Stützteile der Klaue und findet, ihrer Funktion nach, in den verschiedenen Klauensegmenten unterschiedliche Ausprägung (HABERMEHL, 1996). Im Saumsegment bildet sie einen leichten Wulst, das Saumpolster. Im Kronsegment nimmt sie an Dicke zu und bildet das gut ausgebildete Kronpolster. Im Wand- und Sohlensegment geht HABERMEHL (1996) davon aus, dass die Subcutis zu einem Teil des Periostes umformiert ist und somit Lederhaut und Stützapparat in nicht verschieblicher Weise miteinander verbindet, was für die bei der Fußung des Rindes auf das Klauenbein übertragenen Kräfte von entscheidender Bedeutung ist. MAIERL und MÜLLING (2004) beschreiben in diesen Segmenten ein Fehlen der Subcutis. Die größte Ausprägung erfährt die Subcutis im Bereich des Ballensegmentes. Im proximalen Ballensegment bildet die Subcutis das zur Stoßbrechung

unverzichtbare Ballenpolster. Es ist ein durch bindegewebige Faserzüge mehrfach in Längsrichtung gekammertes Fettpolster, wovon vor allem die mittlere Kammer den Ansatz der tiefen Beugesehne am Klauenbein unterlagert, während die axiale und die abaxiale Kammer weiter apikal reichen, sich fingerförmig aufteilen und teilweise Verbindung eingehen. HABERMEHL (1996) gibt für das Ballenpolster eine maximale Dicke von 15 mm, MAIERL und MÜLLING (2004) sprechen von 20 mm. Nach distal nimmt die Dicke des Ballenpolsters ab. Im Bereich des distalen Ballens findet sich nur noch ein flaches, ebenfalls von Bindegewebszügen durchsetztes Polster, während im Sohlensegment die Subcutis, wie oben erwähnt, fehlt, bzw. zu einem Teil des Periosts umfunktioniert wurde (MAIERL und MÜLLING, 2004).

2.1.5 Biomechanik der Klaue

Aus den anatomischen Ausführungen über den Aufbau der Klaue ergibt sich in schlüssiger Weise ihre Mechanik.

Durch das Fehlen der Subcutis im Bereich des Sohlen- und Wandsegmentes ist das Klauenbein hier direkt mit der Lederhaut verankert. Bei der Fußung des Rindes wird so die entstehende Stützlast in eine Belastung der Wandlederhaut auf Zug umgewandelt. Durch die feste Verbindung zwischen Dermis und Epidermis, wie auch zwischen Horn des Wand- und Kronsegments, folgt auf diese Zugbelastung ein Einsinken der oberen Klauenplatte nach unten und axial und ein Ausweichen der abaxialen Klauenplatte weiter nach abaxial. Dies ist durch ein Nachgeben des weichen Ballens möglich (GÜNTHER, 1991; KÜMPER, 1997).

Die gut ausgebildete Unterhaut im Bereich des Ballensegmentes dient in diesem Moment als elastisches Polster und wird druckbelastet. LISCHER und OSSENT (2000) unterstreichen die Fähigkeit des Ballenpolsters zur optimalen Stoßbrechung und bemerken, dass das Prinzip für die Gestaltung der Polsterung moderner Laufschuhe, die über optimale Stoßbrechung verfügen, nachempfunden wurde (Abb. 2-5). Bei älteren Kühen scheint dieses Polster durch die Belastung zunehmend bindegewebig umgebaut zu werden, was die stoßdämpfenden Eigenschaften mindert (MAIERL, 2004). Das Zusammenwirken dieser stoßbrechend und -dämpfend wirkenden Verformungen der Hornkapsel wird auch als Klauenmechanismus bezeichnet.

Dieser wirkt sich unmittelbar auf die Mikrozirkulation des Blutes in der Lederhaut aus. Nach dem Prinzip einer Saug- und Druckpumpe wird Blut abwechselnd bei Entlastung in die versorgenden Blutgefäße angesaugt und bei Belastung wieder herausgepresst (GÜNTHER, 1991). So entstehen nach HABERMEHL (1996) in Zusammenarbeit mit den Venenklappen kontinuierliche Durchblutungsverhältnisse, und der venöse Rückfluss wird gefördert. GÜNTHER (1991) beschreibt ebenfalls, dass dieser Mechanismus den Stoffwechsel der Klaue fördert und somit eine normale Hornbildung ermöglicht. WINTZER (1986) schildert für das Pferd bei einer intensiven Bewegung sogar eine Erhöhung der Hornbildungsrate. BLOWEY (1993) schließt aus diesem Sachverhalt, dass Bewegungsmangel zu einer Minderdurchblutung der Lederhaut führt, was

wiederum die Klauengesundheit negativ beeinflusst. MAIERL und MÜLLING (2004) weisen darauf hin, dass die wirkenden Kräfte bereits unter physiologischen Bedingungen eine große Belastung für Lederhaut und Mikrozirkulation darstellen. Sie erklären, dass zusätzliche punktuelle Druckbelastungen, wie sie durch ungleiches Hornwachstum und ungleichen Hornabrieb entstehen können, rasch zu „irreversiblen Gewebeschädigungen“ führen und weisen auf die Unumgänglichkeit einer regelmäßigen, die biomechanischen Eigenschaften der Klaue berücksichtigenden Klauenpflege hin.

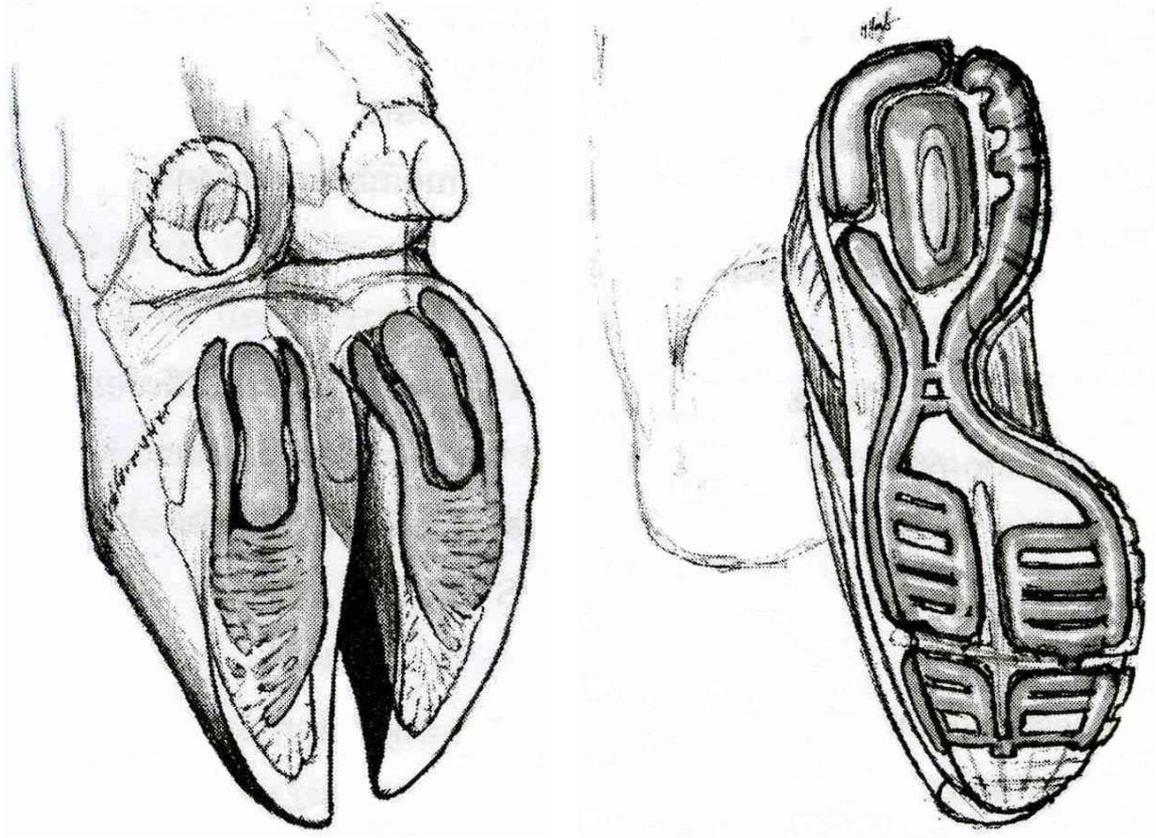


Abb. 2-5: Vergleichende Darstellung der Kammerung des Ballenpolsters des Rindes und der Kammerung der Sohlenpolster eines modernen Laufschuhs; aus LISCHER und OSSENT (2000)

2.1.6 Horneigenschaften und Hornqualität

Die Hornkapsel der Klaue stellt die direkte Verbindung zwischen Tier und Boden her. Wie erwähnt, kommen ihr verschiedene Aufgaben zu. Neben dem Schutz der innen liegenden Strukturen, dem Verhindern von Eindringen schädlicher Noxen, kommt ihr auch in der Stoßbrechung, als elastischer Teil der Klaue, Funktion zu. All diesen Anforderungen muss der Hornschuh optimal Genüge leisten, da ein Versagen in einem der Bereiche negative Folgen für die Gesundheit des Tieres hätte. Es steht also außer Frage, dass die Qualität des gebildeten Hornes für das Tier eine übergeordnete Rolle spielt.

Die chemische Zusammensetzung des Hornes gibt GÜNTHER (1988) wie folgt an:

Kohlenstoff	51%
Wasserstoff	7%
Sauerstoff	20%
Stickstoff	17,5%
Schwefel	4%

Als weitere Eigenschaften nennt er eine schlechte Wärmeleitfähigkeit, wodurch die Klaue vor partiellen oder totalen Erfrierungen geschützt wird und eine gute Wasserbindungsfähigkeit, die die Elastizität des Hornes steigert.

In der Literatur finden sich zahlreiche Autoren, die sich eingehend mit der Hornqualität von Klauen- und / oder Hufhornschuh beschäftigt haben. VERMUNT und GREENOUGH (1995) beschreiben die Qualität einer Klaue als ein Zusammenwirken von Horneigenschaften, Pflegezustand und anatomischen, wie auch physiologischen inneren Strukturen.

FROHNES (1999) und NAUMANN et al. (1987) definieren eine gute Hornqualität als optimale Widerstandsfähigkeit gegenüber chemischen, mechanischen und mikrobiellen Noxen. BUDRAS und WÜNSCHE (2002) definieren die Hornqualität als Summe der Eigenschaften des Biomaterials Horn und zählen zu diesen Eigenschaften Härte oder Elastizität, Bruchfestigkeit, Wasserbindungsvermögen und Resistenz gegenüber chemischen und mikrobiellen Einflüssen.

All dies legt den Schluss nahe, dass der Aufbau der Hornstruktur ein entscheidender Faktor in der Beurteilung der Hornqualität ist. Verschiedene Autoren nennen in Übereinstimmung hierfür drei Gruppen, die am Aufbau des Hornes beteiligt sind und so in entscheidender Weise dessen Qualität bestimmen (BUDRAS und HUSKAMP, 1995; HOCHSTETTER, 1998; MAIERL und MÜLLING, 2004; MÜLLING, 1993; PATAN, 2001; PELLMANN et al., 1993):

1. Intrazelluläre Faktoren
2. Interzelluläre Faktoren
3. Architektur des Hornzellverbandes

Ad 1.

Zu den intrazellulären Faktoren gehören Art, Menge und Anordnung der Keratinproteine. Ebenso entscheidend sind auch Art und Anzahl der Bindungen dieser Proteine, da sie die Festigkeit der Hornzelle bestimmen (BUDRAS und HUSKAMP, 1995; MAIERL und MÜLLING, 2004; PATAN, 2001; PELLMANN et al., 1993).

Ad 2.

Die interzellulären Faktoren beinhalten die Zusammensetzung, Menge und Verteilung des Interzellularkitts (MAIERL und MÜLLING, 2004), der eine große Menge Glykoproteine beinhaltet, und sie sind somit ausschlaggebend für die Festigkeit des Hornzellverbandes (BUDRAS und HUSKAMP, 1995).

Ad 3.

Die Architektur des Hornzellverbandes beinhaltet das Verhältnis von Röhren- zu Zwischenröhrenhorn, sowie Aufbau der Röhren in Mark und Rinde und deren Anordnung (MAIERL und MÜLLING, 2004; MÜLLING, 1993).

Die Qualität des Hornes unterliegt ebenso zahlreichen exogenen Einflussfaktoren. VERMUNT und GREENOUGH (1995) nennen dazu neben Fütterungseinflüssen und saisonalen Faktoren auch Umweltbedingungen und Managementeinflüsse.

Um die Hornqualität objektiv zu beurteilen und Unterschiede zu verdeutlichen, schlagen MÜLLING (1993), NAUMANN et al. (1987) und auch PELLMANN et al. (1993) die Härtemessung des Hornes vor. FROHNES (1999) dagegen weist darauf hin, dass auf Grund der unerlässlichen Verformbarkeit einzelner Bereiche des Hornschuhs im Rahmen der Biomechanik des Hufmechanismus Hornhärte nicht gleich Hornqualität ist. MÜLLING (1993) beschreibt ebenfalls die Notwendigkeit, dass das Horn der Weißen Linie und des proximalen Ballens elastisch sein müssen um seiner Funktion nachzukommen. Er macht in diesem Zuge darauf aufmerksam, dass eine hohe Hornhärte in diesem Bereich eine Abnahme der Qualität bedeutet, da das Horn mit dem Elastizitätsverlust seiner Funktion nicht mehr gerecht werden kann.

2.1.7 Hornhärtemessung

Zur Bestimmung der Hornqualität wird u. a. in der Literatur immer wieder die Bestimmung der Hornhärte herangezogen (BAGGOTT et al., 1988; HOCHSTETTER, 1998; MÜLLING, 1993, PATAN, 2001; RUSSKE, 2001). GÜNTHER (1988) erwähnt, dass die Bestimmung der Klauenhornhärte sowohl zur Beurteilung der Hornqualität, als auch zur Einleitung prophylaktischer Maßnahmen bei zu weichem Klauenhorn von Bedeutung ist. Als Methode schlägt er die Hornhärtemessung mittels eines Rückprallhärteprüfers vor. Hierbei wird zur Messung der Härte über einen Druckknopf am Gerät ein Fallhammer ausgelöst, dessen Rückprall gemessen wird. Wegen der großen Varianz der Messergebnisse macht er auf die Notwendigkeit aufmerksam, jeden Messwert sechs- bis zehnmal zu bestimmen und daraus den Mittelwert zu bilden.

MÜLLING (1993) führt Eindruckversuche an Hornteilen unter Laborbedingungen durch. Die Errechnung der Härte erfolgt in N/mm^2 . Er kommt zu dem Schluss, dass sich die einzelnen Hornbereiche der Klaue deutlich in ihrer Härte von einander unterscheiden. Die Anteile mit der geringsten Härte finden sich im proximalen Ballen und der Weißen Linie. In einem mittleren Härtebereich liegen das Sohlenhorn und der distale Ballen, während das Kronhorn die härteste Struktur des Hornschuhs darstellt.

BAGGOTT et al. (1988) führten Hornhärtemessungen mit einem Shore-D-Härteprüfgerät durch und kamen zu einem ähnlichen Ergebnis. Der proximale Ballen stellt eine weich-elastische Hornqualität, das Sohlenhorn ist von mittlerer Härte, während das Wandhorn ungefähr doppelt so hart ist wie das Horn des proximalen Ballens. Ein Shore-D-Härtemessgerät misst den Widerstand eines Werkstoffes gegen einen spitzkegligen Eindringkörper.

Das gleiche Gerät nutzte RUSSKE (2001) zu Messungen der Dorsalwandhärte bei Rinderklauen und macht in diesem Zusammenhang darauf aufmerksam, dass bei dieser Methode nur die oberflächliche Hornhärte bestimmbar ist, die starken Schwankungen durch Austrocknung oder Aufweichung unterliegt. HOCHSTETTER (1998) und PATAN (2001) nutzen zur Hornhärtebestimmung ein Shore-C-Härtemessgerät. HOCHSTETTER (1998) begründet dies mit der Aussage, dass der Prüfkegel des Shore-C-Gerätes durch einen stumpferen Prüfkegel gegenüber dem Shore-D-Gerät die bessere Eignung besitzt, da ein Eindringen in oberflächliche Hornrisse oder in das Mark der Hornröhrchen verhindert wird.

2.1.8 Klauenmaße

In der Literatur finden sich viele Autoren, die sich mit der Vermessung der Rinderklaue zu deren Beurteilung beschäftigt haben. BAUMGARTNER (1988) stellt über die bislang verwendeten Maße und deren Meßmethode eine Zusammenfassung auf (Tab. 2-1).

Tab. 2-1: *Meßmethoden für Klauenparameter, modifiziert nach BAUMGARTNER (1988)*

Parameter	Meßmethoden	Quelle
Dorsalwandlänge	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Einschieben eines Messstabes in den Zwischenklauenspalt ◦ Abgreifen der Strecke mit Stechzirkel, Maßband, Maßstock, Schublehre o. ä. 	1) 3), 4), 5), 6)
Trachtenwandlänge	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Abgreifen der Strecke mit Stechzirkel, Maßband, Maßstock, Schublehre o. ä. 	3)
Trachtenhöhe	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Abgreifen der Strecke mit Stechzirkel, Maßband, Maßstock, Schublehre o. ä. 	4), 6)
Diagonalenlänge	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Abgreifen der Strecke mit Stechzirkel 	4), 6)
Dorsalwandwinkel	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Anlegen eines zweischenkligen Winkelmessers an abgesetzten Gliedmaßen von Schlachttieren ◦ Anlegen eines zweischenkligen Winkelmessers an die aufgehobene Gliedmaße lebender Tiere ◦ Abgreifen des Winkels zwischen Vorderwand und Bodenfläche am stehenden Tier ◦ Abgreifen der Form mit Figurenlehre und daraus Konstruktion und Berechnung des Winkels ◦ Anlegen von Schablonen verschiedener Winkelungen in der Abstufung von 2,5° 	4), 6) 4) 3), 5), 6) 1) 1)
Sohlenfläche	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Benutzung der Sohlenmessplatte nach KÄSTNER 	1)

	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Abgreifen mehrerer definierter Maße nach einer von HABACHER entwickelten Methode ◦ Schätzung aus drei definierten Maßen ◦ Abzeichnen der Sohlenfläche auf Papier oder Folie und Planimetrierung der Umrisse 	6) 3), 4)
Maximale Sohlenlänge Maximale Sohlenbreite Sohlenumfang	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Benutzung der Sohlenmessplatte nach KÄSTNER ◦ Abgreifen der größten Länge und Breite mit Zirkel oder Schublehre ◦ Bestimmung mit Hilfe eines elektronischen Planimeters aus Klauenabdrücken 	1) 3)
Sohlenflächenbelastung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Messung der Belastungsverteilung auf Vorder- und Hintergliedmaßen ◦ Messung der Belastung der einzelnen Klauen ◦ Berechnung der Sohlenflächenbelastung pro Flächeneinheit ◦ Messung der zeitlichen und räumlichen Druckverteilung mittels elektronischer Messplatte und EDV 	3) 3), 4)
Zwischenklauenspaltweite	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Abstandsmessung der Klauenspitzen nach Spreizen mit konstanter Federkraft ◦ Abstandsmessung am Kronsaum der Dorsalwand ◦ Röntgenologische Darstellung der Zehen (-winkel) ◦ Filmische Darstellung des Zwischenklauenraums bei der Lokomotion 	3), 4) 4)
Kronsaumumfang	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Bestimmung durch Anlegen eines Stahlmaßbandes 	4)
Klauenform	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Beschreibung von Formen ◦ Übertragen der Form der Vorderkante auf Papier mittels Panthograph ◦ Vermessung eines Abgusses der Klaue mittels Photogrammetrie und Moire-Topografie 	3)
Bestimmung des	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Gravimetrische Bestimmung 	1)

Wassergehaltes im Klauenhorn	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Elektrische Hornfeuchtebestimmung 	
Verschleißfestigkeitsmessung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Kegeleindringtiefenmessung ◦ Abriebversuche auf Versuchsböden ◦ Abriebversuche auf Versuchsböden am lebenden Tier durch Führen ◦ Abriebversuche mit Schleifgeräten ◦ Messung der Mahlbarkeit ◦ Messung des täglichen Abriebs am lebenden Tier 	3), 1) 2)
Hornwachstum	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Bestimmung nach der Differenzmethode mittels zweier Hornmarkierungen 	4)
Histologische Untersuchungen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Untersuchung zur histologischen Klauenstruktur ◦ Größenmessungen an mikroskopischen Klauenstrukturen 	4)
Chemische Untersuchungen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Cystingehaltsbestimmung ◦ Mineralstoffbestimmung ◦ Elektrophoretische Bestimmung der löslichen Klauenproteine 	4)
Weitere physikalische Methoden	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Messung der Spannungsverteilung in der Klaue mittels Dehnungsmeßstreifen ◦ Bestimmung des Elastizitätsmoduls von Klauenhorn 	4) 4)

Tab. 2-1a: Autoren der in Tab. 2-1 angegebenen Quellen

Code	Autor	Jahr
1)	LEUENBERGER et al.	(1978)
2)	GRAVERT et al.	(1969)
3)	HUBER	(1983)
4)	AHLSTRÖM et al.	(1986)
5)	HAHN et al.	(1984)
6)	HAHN et al.	(1984)

NÜSKE et al. (2004) untersuchen die Entwicklung des Hornschuhs bei Kälbern verschiedenen Geschlechts und unterschiedlicher Rassen und verwenden in ihren Untersuchungen folgende Maße, die mit Messschieber und Goniometer erfasst wurden:

- Dorsalwandlänge
- Ballenhöhe
- Ballenlänge
- Wanddiagonale
- Sohlenlänge
- Länge der axialen Wand von der Spitze bis zum Ansatz der Kehlung
- Maximale Sohlenbreite
- Dorsalwandwinkel
- Ballenwinkel

Sie verfolgen die Entwicklung der Klauen bis zur Schlachtreife der männlichen Tiere bzw. bis zur ersten Kalbung der weiblichen Tiere. Als durchschnittliche Dorsalwandlänge geben die Autoren bei einem Alter von 2 Jahren 7,96 cm an. Der Dorsalwandwinkel beträgt bei weiblichen Tieren (n=23) an den hinteren Klauen durchschnittlich 49° und an den vorderen Klauen 45°. Der Ballenwinkel wird in dieser Studie im Durchschnitt mit 109° angegeben.

BAUMGARTNER (1988) verwendet in eigenen Untersuchungen die in Tab. 2-2 aufgeführten Parameter und gibt für die zur Erfassung verwendeten Methoden an, dass die Messgenauigkeit ausreicht um, diese Maße unter anderem in einem Zuchtprogramm auf Klauengesundheit einzusetzen.

SCHMID (1990) untersucht Klauenmaße und Klauenkrankheiten in einer Rinderherde und gibt an, dass sich die Erfassung von Dorsalwandlänge, Trachtenwandlänge, Trachtenhöhe, Diagonalenlänge und Dorsalwandwinkel sehr gut zur Beschreibung der Klauenmorphologie eignen.

Tab. 2-2: Klauenmaße und deren Meßmethoden aus BAUMGARTNER (1988)

Klauenmaß	Gemessene Klaue	Einheit	Methode
Dorsalwandlänge	vorn lateral vorn medial hinten lateral hinten medial	mm	Abgreifen mit Stechzirkel und Vergleich mit Meterstab
Trachtenwandlänge	vorn lateral hinten lateral	mm	
Trachtenhöhe	vorn lateral hinten lateral	mm	
Dorsalwandwinkel	vorn lateral hinten lateral	Grad	Anlegen eines zwischenklinigen Winkelmessers an Dorsalwand der Klaue und Boden
Sohlenfläche	vorn lateral vorn medial hinten lateral hinten medial	cm ²	Gewinnen eines Klauenabdrucks auf einer präparierten Gummimatte, Übertragung auf Folie, Planimetrierung

2.2 Klauengesundheit

2.2.1 Klauenpflege

„Unabhängig von der Haltungsform führt jede Abweichung der Klauenform von einer funktionell günstigen zu einer Verschlechterung der Klauengesundheit.“ Dieses Zitat von JUNGE (1983) legt die Notwendigkeit nahe, dass das Rind, sobald es aus seinem natürlichen Lebensraum entfernt wird, auf eine anatomisch korrekte und funktionelle Korrektur des Hornschuhes angewiesen ist. Unter den in der Literatur beschriebenen Maßnahmen zur Klauenpflege hat sich in den letzten Jahren eine Methode durchgesetzt, die mittlerweile auch an den tierärztlichen Bildungsstätten gelehrt wird.

Es handelt sich dabei um die von E. Toussaint Raven begründete Methode der Funktionellen Klauenpflege. Die Durchführung dieser Klauenkorrektur folgt einem 5-Punkte Schema. Das Ziel ist es, aus beiden Klauen eines Fußes *eine* ebene Fußungsfläche zu schaffen. Dies ist notwendig, da beispielsweise die hintere Außenklaue, bedingt durch den schwankenden Gang des Rindes, einer höheren Belastung ausgesetzt ist, als die Innenklaue. Dieser erhöhten Belastung folgt eine erhöhte Syntheseleistung der hornbildenden Schichten, was wiederum zu einer Erhöhung der Sohlendicke, Verlängerung der Wand und Zunahme des Ballenhorns führt. Der zunehmende Niveauunterschied zwischen zwei Partnerklauen führt wiederum zu einer gesteigerten Belastung der höheren Klaue. Ein Teufelskreis entsteht, den es zu unterbrechen gilt (TOUSSAINT RAVEN, 1998).

Das 5-Punkte-Schema:

- Im ersten Schritt wird die jeweils weniger belastete Klaue korrigiert (vorne außen, hinten innen). Die Länge wird auf ca. 7,5 cm gekürzt. Dies gilt als Richtwert, die Beachtung der individuellen Anatomie steht außer Frage. Ebenso wird die Klaue auf Dicke der Sohle und Höhe korrigiert. Dies erfolgt durch Abtragen des Hornes mit entsprechenden Klauenmessern

oder mittels eines Winkelschleifers mit einer entsprechenden Schneide- oder Schleifscheibe. Hierbei soll der hintere Teil der Klaue möglichst geschont werden, um die Höhe der Tracht zu erhalten. Für die Dicke der Sohle wird ein Maß von 5 bis 7 mm angestrebt. Wichtig ist, in jedem Fall eine ebene, plane Fläche herzustellen. Die in Dicke, Höhe und Länge korrekte, weniger belastete Klaue dient dann als Muster für die stärker belastete Partnerklaue.

- Im nächsten Schritt wird die stärker belastete Klaue mit der bereits korrigierten auf gleiche Länge und Höhe gebracht. Im Idealfall bilden beide Partnerklauen jetzt eine ebene Fußungsfläche.
- Für den dritten Schritt prägte TOUSSAINT RAVEN (1998) den Begriff „Modelle“ herstellen. Dies bedeutet, dass im hinteren Teil des mittleren Drittels der Klaue axial eine Hohlkehlung angebracht werden muss. Diese Notwendigkeit entsteht aus den anatomischen Vorgaben des Klauenaufbaus. Das Klauenbein besitzt in diesem Bereich eine Einziehung der Sohlenfläche, die sich auch auf die umgebende Lederhaut überträgt. Demnach ist das Anbringen der Kehlung ein Schluss aus den anatomischen Vorgaben. Ebenso gilt es zu berücksichtigen, dass das Ballenhorn in diesem Bereich sehr schnell wächst und somit dazu neigt, unter Belastung diesen Punkt ungünstig zu erhöhen. Da sich im Inneren der Klaue über diesem Punkt der Ansatz der Tiefen Beugesehne am Beugeknorren befindet, führt eine Überlastung dieses Bereichs zu stark schmerzhaften Druckläsionen und letztendlich zu Sohlengeschwüren. Eine Kehlung stellt somit auch eine Prophylaxe vor häufig auftretenden Erkrankungen dar.
- Im vierten Schritt werden Defekte im Horn kontrolliert. Risse werden so weit verfolgt, bis nur noch intaktes Horn vorhanden ist. Ebenso werden Farbabweichungen im Horn kontrolliert, da sie auf bereits bestehende Druck-Schädigungen der Lederhaut hinweisen und zu späteren Klauenerkrankungen führen können.
- Als abschließender Schritt wird loses Horn entfernt. Hier muss besonderes Augenmerk auf den weichen Ballen gerichtet werden, da das Horn in diesem Bereich zur Fäule neigt und diese sich nur durch gründliches

Abtragen aller losen Hornschichten kontrollieren lässt. Ebenso wird im fünften Schritt der Zwischenklauenspalt auf Entzündungen oder Zubildungen kontrolliert. (FIEDLER et al., 2004; KLOOSTERMAN, 1997; NÜSKE, 2000; TOUSSAINT RAVEN, 1998)

2.2.2 Die wichtigsten Klauenerkrankungen

Die Ursachen der meisten Klauenerkrankungen sind multifaktoriell. Faktoren wie Fütterung, Zyklusstand, Umweltbedingungen, Böden, individuelle Veranlagung etc. gilt es zu berücksichtigen. Im Folgenden soll ein Überblick über die häufigsten Klauenerkrankungen gegeben werden.

Dermatitis Digitalis und Dermatitis interdigitalis oder Dermatitis Digitalis-Komplex

Bei der Dermatitis Digitalis handelt es sich um eine kontagiöse, lokal umschriebene Entzündung der Epidermis oberhalb des Kronsaums. Primär tritt diese Erkrankung meist am palmaren / plantaren Kronsaum auf, befällt jedoch auch den dorsalen Kronsaum oder die Afterklauen. Bei schweren Verlaufsformen kann sich die Erkrankung ausbreiten und dann auch den Ballen oder die gesamte Sohlenfläche unterminieren (NUSS und STEINER, 2004). Die meist runden Läsionen zeigen unterschiedliche Verlaufsformen. Die akute Verlaufsform zeichnet sich durch Hauterosionen mit blutig granulierender Oberfläche aus, die der Krankheit den Beinamen „Erdbeerkrankheit“ verschafften (BLOWEY und SHARP, 1988). Die chronische oder proliferative, varruköse Form zeichnet sich durch eine papillomatöse Veränderung der Oberfläche der Läsionen aus.

Charakteristisch sind in jedem Fall die der Läsion benachbarten Haare, die auffallend lang und abstehend sind (NUSS und STEINER, 2004, Abb. 2-6).

Die Dermatitis interdigitalis bezeichnet eine Entzündung der Haut des Zwischenklauenspaltes, wobei Ätiologie und Pathogenese vergleichbar mit der Dermatitis Digitalis sind (READ und WALKER, 1998).

Die Läsionen sind schmerzhaft und können unterschiedliche Lahmheitsgrade verursachen (BLOWEY und SHARP, 1988).

Der Dermatitis-Digitalis-Komplex stellt eine häufige Erkrankung von Tieren in Laufstallhaltung dar, die sich schnell zu einem Bestandsproblem entwickeln kann. Übertragungsversuche auf gesunde Tiere gelangen nur nach Vorschädigung der

Haut (READ und WALKER, 1998b), weshalb davon ausgegangen werden muss, dass die Haltungshygiene eine der wichtigsten Faktorengruppe darstellt. So stellt die Zersetzung der Haut durch Gülle nach NUSS und STEINER (2004) den wichtigsten prädisponierenden Faktor dar. Weiterhin erwähnen die Autoren in diesem Zusammenhang große Bestände, nasse und raue Böden sowie Klauenbäder.

Die Ursache der Erkrankung liegt in einer bakteriellen Genese. Als typische Isolate aus Läsionen gelten *Sphaerophorus necrophorus*, *Fusobacterium necrophorum*, *Dichelobacter* sp., die zur Mazeration der Haut beitragen (NUSS und STEINER, 2004), während große Mengen von Spirochäten als Haupterreger gelten (DEMIRKAN, 1998; VAN AMSTEL, 1998).

Therapeutisch ist die Krankheit mit einer gezielten Einzeltiertherapie in Form von lokalem Aufbringen eines antibiotikumhaltigen Sprays (Chlortetrazyklin) gut zu kontrollieren, wenn die Rezidivrate auch hoch ist (NUSS und STEINER, 2004).

Phlegmona interdigitalis / Zwischenklauenphlegmone

Per definitionem ist die Phlegmona interdigitalis eine akute, diffuse, eitrige Entzündung der Haut und Unterhaut, die von der Haut im Zwischenklauenspalt ihren Ursprung nimmt. Sie geht lokal mit den klassischen Entzündungszeichen Tumor, Dolor, Calor, Rubor und Functio laesa einher, wird dazu begleitet von Störung des Allgemeinbefindens und Fieber (BERGSTEN, 1997; NUSS und STEINER, 2004). Die Ursache liegt meist in einer aufsteigenden Infektion an der Klauenhaut des Zwischenklauenspaltes (Dermatitis interdigitalis). Als Haupterreger nennen BERG und FRANKLIN (2000) *Fusobacterium necrophorum*, *Porphyromonas levii* und *Dichelobacter nodosus*. Diese Keime gelten dann als Wegbereiter für typische Eitererreger wie Streptokokken und *Arcanobacterium pyogenes*, meist liegt eine Mischflora vor von Keimen aus dem Habitat des Rindes. BERGSTEN (1997) nennt als Hauptursache traumatisch bedingte Läsionen der Haut durch kleine Steine, Holzsplitter, Strohhalme oder

ähnliches. Ebenso nennt er raue Böden, extrem trockene Weidegründe, Unebenheiten im Boden oder Spaltenböden als mögliche Ursache.

Die Tiere zeigen akut bis zu hochgradige Lahmheiten bei gestörtem Allgemeinbefinden. Nach Ausschluss anderer ursächlicher Klauenerkrankungen erfolgt die Therapie über eine parenterale Antibiosegabe (NUSS und STEINER, 2004).



Abb. 2-6: *Dermatitis Digitalis* Läsion



Abb. 2-7: *Phlegmona interdigitalis*, (aus NUSS und STEINER, 2004)



Abb. 2-8: *Hyperplasia interdigitalis*



Abb. 2-9: *Ballenhornfäule*



Abb. 2-10: *RHSG, einfach*



Abb. 2-11: *Einblutungen im Horn nach einem Reheschub*



Abb. 2-12: *Für ein SWG* typischer Defekt im Bereich der *Weißer Linie*

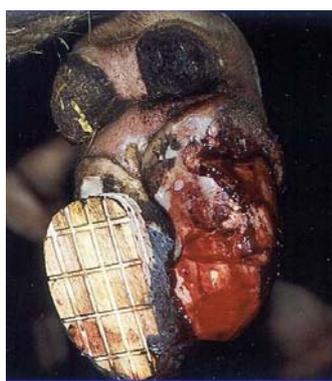


Abb. 2-13: *SWG nach Freilegen der unterminierten Lederhaut, Entlastung durch Kothurn auf der Partnerklaue*

Abb. 2-8, -10, -11, -12, -13 mit freundlicher Genehmigung von S. Nüske, LVG Oberschleißheim

Hyperplasia interdigitalis / Limax

Die Hyperplasia interdigitalis äußert sich in einer Zubildung der Klauenhaut, meist des Coriums, des Zwischenklauenspaltes. Sie entsteht als Folge eines permanenten Dehnungsreizes in diesem Bereich und wird somit durch geschwächtes Bindegewebe und hohes Körpergewicht begünstigt. Ebenso wirkt ein Spreizen der Klaue beim Ausgleiten auf glatten Böden begünstigend (NUSS und STEINER, 2004). Daher scheint es auch schlüssig, dass diese Erkrankung häufiger in Laufstallhaltung als in Anbindehaltung auftritt (FIEDLER, 2000). Neben permanentem Dehnungsreiz kann auch eine chronische Entzündung der Zwischenklauenhaut als ursächlich angenommen werden (COLLICK, 1997; NUSS und STEINER, 2004).

Eine reizlose Hyperplasia interdigitalis verursacht keine Lahmheit. Wenn sich die Haut jedoch infiziert, sind je nach Eindringtiefe der Infektion verschiedene Lahmheitsgrade sichtbar, die bei schwereren Fällen auch mit einer Störung des Allgemeinbefindens einhergehen können. Wird eine infizierte Limax nicht behandelt und die Infektion schreitet fort, kann sie sowohl die angrenzende Klauenwand unterminieren oder zu einer Phlegmona interdigitalis führen.

Daher ist ein therapeutisches Vorgehen primär mit lokalen antibiotikumhaltigen Sprays sinnvoll. Schreitet die Infektion weiter fort und kann nicht kontrolliert werden, wird eine chirurgische Exzision notwendig (NUSS und STEINER, 2004).

Erosio ungulae / Ballenhornfäule

Als Ballenhornfäule wird eine Zersetzung des Horns des weichen Ballens bezeichnet. Die Erkrankung geht mit einer Lockerung des Hornzellverbandes und Auflösung von Hornschichten einher (NUSS UND STEINER, 2004). In der Folge erscheinen in Ausdehnung und Tiefe variierende Furchen zwischen Ballenhorn und Sohle (Abb. 2-9). Ballenhornfäule wirkt damit prädisponierend für andere Erkrankungen der Klauenhaut (COLLICK, 1997).

Ätiologisch gesehen, entsteht die Ballenhornfäule unter feuchten Bodenverhältnissen durch Mazeration des Hornes durch Kot und Urin und

Eindringen von Bakterien. Diese Bedingungen finden sich v. a. in Laufställen. Als Isolate wurden hier *Fusobacterium necrophorum* und *Dichelobacter nodosus* gefunden, welche ebenso Beteiligung am Dermatitis-Digitalis-Komplex finden.

Lahmheiten verursacht die Ballenhornfäule nahezu nie, dennoch gilt ihrer Prophylaxe große Bedeutung, da sie Wegbereiter für zusätzliche Erkrankungen ist. Daher soll eine Optimierung der Haltungsbedingungen angestrebt werden, die sich in Trockenhalten des Bodens und gesteigerter Hygiene äußert. Therapeutisch muss die Fäule mit einem gründlichen Ausschneiden der betroffenen Areale angegangen werden (NUSS und STEINER, 2004).

Pododermatitis septica circumscripta / Rusterholzsches Sohlengeschwür

Das Rusterholzsche Sohlengeschwür (RHSG) ist definiert als eine Läsion der Lederhaut im axialen Bereich des Übergangs vom Ballen zur Sohlenfläche (Abb. 2-10). Sie geht einher mit Nekrosen und partiellen Einblutungen in einem umschriebenen Bereich (COLLICK, 1997). Erste ausführliche Beschreibungen dieser Erkrankung finden sich bei RUSTERHOLZ (1920), der als typische Lokalisation den Punkt unter dem medialen Teil des Tuberculum flexorium des Klauenbeins angibt.

Als Ursache dieser Erkrankung nennen NUSS und STEINER (2004) primär vier Faktoren:

- Erweichung des Klauenhorns, bedingt durch eine erhöhte Wasseraufnahme des Horns bei Tieren, deren Klauen Feuchtigkeit und Gülle ausgesetzt sind, wird das Horn weicher und der Hornzellverband gelockert. Daraus resultiert eine verringerte Widerstandsfähigkeit des Hornes gegenüber äußeren Einflüssen, wie Traumata (harte Böden) und chemische Noxen. Eine Zersetzung des angegriffenen Ballenhornes durch Bakterien führt zum Verlust des selbigen, wodurch wiederum die Polsterung der empfindlichen Lederhaut in diesem Bereich gemindert wird und eine erhöhte Lastaufnahme und Traumatisierung folgen.

- Verschiebung des Körperschwerpunktes,
die erhöhte Last des Euters p. p. sorgt für eine vermehrte Lastaufnahme der Beckengliedmaßen, was das Auftreten von Sohlengeschwüren in den ersten zwei Monaten nach der Kalbung begünstigt.

- Vermehrte Belastung des Ballens,
eine Verlängerung der Klaue durch mangelnde Pflege oder zu geringen Abrieb führt zu unphysiologischen Belastungsverhältnissen. Die Belastung der Klaue „kippt“ von der Sohlenfläche in Richtung des Ballens, wodurch die Klauenspitze aufgerichtet wird. Durch die stärkere Aufhängung des Klauenbeins an der abaxialen Wand wird die Überbelastung direkt auf den Punkt medial unter dem Ansatz der tiefen Beugesehne am Tuberculum flexorium übertragen. Aus den veränderten Belastungsverhältnissen resultiert ebenfalls ein verstärkter Zug auf die tiefe Beugesehne und ihren Ansatzpunkt am Klauenbein. Der Beugeknorren wiederum reagiert auf diesen gesteigerten Zug mit Knochenzubildungen, die in der Folge das darunter liegende Gewebe traumatisieren.
Auch falsche Klauenpflege, bei der keine, oder eine nur unzureichende Hohlkehlung angebracht wurde, wirkt sich verstärkend auf die Traumatisierung der Lederhaut aus.

- Vermehrte Belastung der Außenklaue,
vermehrtes Stehen der Tiere, wie es beispielsweise in Anbindeställen mit zu geringem Raumangebot für das Abliegen aller Tiere gleichzeitig beobachtet werden kann, führt zu einer Überlastung der Klauen. In der Folge hypertrophiert die hintere Außenklaue und nimmt mehr Last auf. Auf diese Belastung folgt wiederum ein vermehrtes Hornwachstum. Ein Circulus vitiosus ist entstanden.

Wird eine Läsion nicht rechtzeitig erkannt und therapiert, kann sich diese Erkrankung rasch verkomplizieren. Das Eindringen und die Ausbreitung von Erregern in die Tiefe führt meist zu einer chronisch eitrigen Entzündung des Ansatzes der tiefen Beugesehne am Beugeknorren.

Im Anfangsstadium der Erkrankung zeigen die Tiere bei ungestörtem Allgemeinbefinden, Leistung und Fresslust meist nur eine leichte Schonhaltung der betroffenen Gliedmaße, oder versuchen durch „kuhhessiges“ Stehen die Aussenklaue zu entlasten. Im fortgeschrittenen Stadium treten eine deutliche Schonhaltung, reduzierte Fresslust und Leistungseinbußen auf. Bei Infektion der knöchernen Strukturen zeigen die Tiere durch vermehrtes Liegen und mittel- bis hochgradige Lahmheiten einen fortschreitenden Gewichtsverlust und erreichen den Habitus eines chronisch kranken Tieres.

Die Einteilung der Stadien in einfach und kompliziert erfolgt anhand der betroffenen Strukturen. Beschränkt sich die Infektion rein auf die Lederhaut, spricht man von einem einfachen RHSG, sind tiefere Strukturen betroffen, von einem komplizierten.

Die Therapie eines einfachen RHSG erfolgt durch Entlastung nach der Methode der Funktionellen Klauenpflege. Liegt die Lederhaut frei, sollte durch einen Kothurn auf der gesunden Partnerklaue die erkrankte Klaue in die Schwebe verbracht werden und der Defekt durch einen Verband bis zur Abheilung geschützt werden.

Bei komplizierten Fällen bleibt nur noch das chirurgische Vorgehen, was eine Sehnenresektion beinhaltet (NUSS und STEINER, 2004).

Pododermatitis septica circumscripta abaxialis / Sohlenwandgeschwür

Das Sohlenwandgeschwür (SWG) findet seine typische Lokalisation im Bereich der abaxialen Weißen Linie, meist auf Höhe der größten Breite der Sohle (Abb. 2-12). Dieser Bereich wird durch den Klauenmechanismus bei jedem Schritt gedehnt und erfährt somit eine starke mechanische Beanspruchung (NUSS und STEINER, 2004). Ebenso sind die Hornröhrchen in diesem Bereich sehr weich und damit sehr anfällig für Mazerationsvorgänge durch Feuchtigkeit und Dung (FIEDLER et al., 2000).

Bei einem SWG handelt es sich um eine Infektion der Lederhaut, die durch ein Auseinanderweichen der Hornstrukturen mit nachfolgender Einwanderung von

Erregern im Bereich der Weißen Linie hervorgerufen wird. Meist sind die lateralen Klauen der Beckengliedmaße betroffen (BECKER, 1983; FIEDLER et al., 2000; NUSS und STEINER, 2004)

Die Ausbreitung der Infektion erfolgt entlang der Klauenwand und/oder im Bereich der Sohlenfläche, was zu einer Zusammenhangstrennung zwischen Hornschuh und Lederhaut führt (Abb. 2-13). Bei kompliziertem Verlauf entsteht ein Abszess, der sich auf umliegende Strukturen wie das Klauenbein, Klauensesambein und Klauengelenk ausweiten kann.

Bei unkompliziertem Verlauf breitet sich die Infektion entlang der Lederhautblättchen nach proximal aus und findet in einer Fistelöffnung am Kronsaum Abfluss. Bei Ausbreitung im Bereich der Sohlenfläche entsteht eine eitrig-doppelsohlige Doppelsohle, die zu akuter Lahmheit führt. Die Symptome sind dann gleichzusetzen mit den Symptomen des RHSG.

Die Diagnosestellung erfolgt im Rahmen der Funktionellen Klauenpflege. Die Behandlung erfolgt durch die vollständige Entfernung aller Hornteile, die keinen Kontakt mehr zur Lederhaut aufweisen. Auch hier muss durch einen Klotz auf der Partnerklaue Entlastung geschaffen werden (NUSS und STEINER, 2004).

Pododermatitis aseptica diffusa / Laminitis / Rehe

Rehe ist derzeit nach OSSENT und LISCHER (1998) die bedeutendste Klauenerkrankung. Es handelt sich um eine diffuse, aseptische Infektion der Klauenlederhaut im Bereich der Wand und der Sohlenfläche an allen Gliedmaßen. Obwohl Rehe sowohl bei weiblichen, wie auch männlichen Rindern und in allen Altersgruppen auftritt, handelt es sich meist um eine Erkrankung der laktierenden Kuh (BERGSTEN, 2001).

Generell handelt es sich bei dem Begriff der Rehe nicht um eine reine Erkrankung der Klaue, sondern vielmehr um eine systemische Erkrankung des Gesamtorganismus. Dementsprechend mannigfaltig sind auch die Ursachen der Krankheit.

Über den Pathomechanismus der Krankheit finden sich in der Literatur teilweise kontroverse Angaben. NUSS und STEINER (2004) stellen die verschiedenen

Hypothesen gegeneinander und fassen zusammen, dass generell davon ausgegangen werden kann, dass durch eine systemische Erkrankung Endotoxine und gefäßaktive Substanzen, wie Histamin, freigesetzt werden und zu einer Vasokonstriktion führen. Daraus resultiert eine Störung der Mikrozirkulation mit der Folge der Ödembildung und Entzündung des Kapillarbettes, woraus eine lokale Ischämie resultiert. Durch die Gefäßschädigungen kommt es zu Einblutungen in das umgebende Gewebe (Abb. 2-11), Degeneration und Nekrose der empfindlichen, hornbildenden Epidermiszellen sind die Folge. Nach Abheilung und Regeneration kann die Hornproduktion wieder aufgenommen werden, und die ausgetretenen Blutbestandteile werden in das produzierte Horn eingelagert und werden als rötliche Verfärbungen sichtbar.

In einer späteren Phase der Erkrankung führt die gestörte Mikrozirkulation zu einer Lockerung der Aufhängung des Klauenbeins. Eine Art „Notfallprogramm“ des Organismus reagiert darauf mit überschießender Horn- und Kittsubstanzproduktion der Epidermiszellen von minderwertigem interzellulären Zusammenhalt. In der chronischen Phase der Rehe löst sich der Zusammenhalt zwischen Klauenbein und Aufhängung, und das Klauenbein beginnt zu rotieren und senkt sich schließlich ab.

Akute Erscheinungsformen der Rehe sind selten zu beobachten. Sie entstehen als Folge einer systemischen Erkrankung (akute Pansenazidose, Mastitis, Metritis), wobei deren Symptome im Vordergrund des Krankheitsgeschehens stehen. Bei einer Beurteilung der Klauen findet sich in diesem akuten Stadium keine sichtbare Veränderung. Allein eine erhöhte Druckempfindlichkeit bei Palpation mit der Untersuchungszange deutet auf das Geschehen hin (NUSS und STEINER, 2004; VERMUNT, 2000). Als subklinische Rehe wird eine abgeschwächte Form der akuten Rehe bezeichnet, die meist nur mit unspezifischen Symptomen wie vermehrtem Liegen, reduzierter Fresslust, unfreiem Gangbild und Leistungsminderung einhergeht (BERGSTEN, 1995).

Die häufigste Form stellt die chronische Klauenrehe dar. Ihre Ausprägung ist unschwer zu erkennen, da sie mit einer Deformation des Hornschuhes, verursacht durch wiederholte Reheschübe, einhergeht: konkave Dorsalwand, verbreiterte Weiße Linie und breite Sohle stellen eindeutige Anzeichen dar (NUSS und STEINER, 2004).

Da der Pathomechanismus, wie bereits erwähnt, noch nicht völlig geklärt ist, sollte statt von auslösenden Faktoren, von Risikofaktoren gesprochen werden, die das Auftreten der Erkrankung begünstigen können. VERMUNT (2000) führt darunter u. a. folgende Faktoren auf:

Systemische Erkrankungen:

Darunter fallen Krankheiten, wie Mastitis, Metritis, hormonelle Umstellungen um den Zeitpunkt der Abkalbung und Nachgeburtsverhaltung, da ihr Auftreten mit der Bildung von toxischen, vasoaktiven Substanzen, wie Histamin, und / oder Endotoxinen einhergehen und die oben erwähnte Kaskade nach sich ziehen (VERMUNT, 2000). Da diese Erkrankungen oft mit Begleiterscheinungen, wie Ketose, Labmagenverlagerung und Leberverfettung einhergehen, müssen diese auch als Risikofaktoren in Betracht gezogen werden (NUSS und STEINER, 2004).

Fütterung:

Gerste:

Gerste steht unter dem Verdacht, dass das in ihr enthaltene Histidin zu Histamin metabolisiert werden könnte und so die Auslösung eines Reheschubs begünstigen könnte (MACLEAN, 1966).

Kohlenhydrate:

Die Aufnahme großer Kohlenhydratmengen (bspw. große Kraftfuttermengen) kombiniert mit einem Futter, das leichtverdauliche Kohlenhydrate enthält, führt im Pansen zu einer Imbalance der Pansenflora. Laktatbildner erhalten einen Selektionsvorteil und bilden nun vermehrt Milchsäure, was die Entstehung einer Pansenazidose fördert. Durch eine Absenkung des pH-Wertes sterben gram-negative Bakterien vermehrt ab und zerfallen. Dabei werden aus ihren Zellwandbestandteilen Endotoxine freigesetzt. Ebenso schädigt der niedrige pH-Wert die Pansenschleimhaut und fördert somit die Resorption toxischer Substanzen (NUSS und STEINER, 2004).

Protein:

Die Förderung eines Reheschubs durch hohen Proteingehalt im Futter ist strittig. MANSON und LEAVER (1988) stellten vermehrt Reheerscheinungen an den Klauen bei Tieren fest, die mit sehr proteinreichen Rationen gefüttert wurden. GREENOUGH et al. (1990) konnten hingegen nach einer Erhöhung des Eiweißgehaltes in der Ration keine vermehrten Reheerscheinungen an den Klauen feststellen. Die Wirkungsweise des Proteins ist ebenso umstritten. VERMUNT (2000) zieht eine allergische Reaktion auf das Protein in Erwägung.

Rohfasergehalt:

Der Rohfasergehalt einer Ration ist von großer Bedeutung um Wiederkauen und Speichelfluss zu stimulieren, da nur mit genügend produziertem Speichel ein pH-Optimum von 6,0 – 6,8 im Pansen gewährleistet werden kann (VERMUNT, 2000). Dazu sollten z.B. 25% einer Silage aus Partikeln länger als 5 cm bestehen (SHAVER, 1994). FRANKENA et al. fanden 1992 heraus, dass Heufütterung ad lib. bei Jungrindern Rehesymptome verhindern kann.

Bei Fütterung einer TMR sollte daher auf eine gründliche Durchmischung geachtet werden, damit die Tiere die Rohfaser nicht selektieren können (SHAVER, 2000).

Weitere Fütterungsfaktoren:

Hoher Nitratgehalt im Weidegras kann nach VERMUNT (2000) dazu führen dass der Nitritgehalt im Blut steigt, was zu Vasodilatation, Endothelschäden und damit Blutungen in die Lederhaut führt.

Aufstallung:

Liegeflächen:

Durch unkomfortable Liegeflächen kann sich die Liegezeit der Tiere stark reduzieren, was zu Zwangsstehen und somit zu deutlichen Überlastungen der Klauen führt. Ebenso ist die Anzahl der Liegeplätze wichtig, da rangniedere Tiere bei zu geringem Liegeplatzangebot von ranghöheren Tieren verdrängt werden. Oft sind dies Kalbinnen oder frischkalbende Kühe, deren Klauen ohnehin durch oben

erwähnte Stoffwechsel- und Hormongeschehen vorbelastet sind. Es sollte demnach mindestens pro Tier ein Liegeplatz zur Verfügung stehen (NUSS und STEINER, 2004).

Bewegung:

Der physiologische Blutfluss in der Klaue wird durch ausreichend Bewegung aufrechterhalten. Durch Haltung von Rindern in Ställen mit geringem Platzangebot und harten Böden ist die Bewegungsfreiheit der Tiere stark eingeschränkt. Auf Dauer führt dies zu mangelnder Durchblutung des empfindlichen Gefäßsystems der Lederhaut, was die Anfälligkeit der Klaue massiv erhöht.

Ebenso führt ein Übermaß an Bewegung auf hartem Boden (Alpauftrieb) zur mechanischen Überbelastung und kann einen Reheschub auslösen (NUSS und STEINER, 2004; VERMUNT, 2000).

2.2.3 Ökonomische Bedeutung von Klauenerkrankungen und deren Einfluss auf die Milchleistung

Klauenerkrankungen gehören neben Fruchtbarkeitsstörungen und Euterproblemen zu den Hauptabgangsursachen von Milchkühen. Deutschlandweit werden jährlich ca. 9% aller Abgänge bei Milchvieh Klauen- und Gliedmaßenproblemen zugeordnet (WANGLER, 2004).

Demnach spielen die wirtschaftlichen Verluste, die daraus hervorgehen, eine bedeutende Rolle. Zu berücksichtigen sind hierbei nicht nur die entstehenden tierärztlichen Behandlungskosten, sondern ebenso der Milchrückgang bei erkrankten Tieren, ein Milchgüteverlust, Remontierungskosten, verlängerte Zwischenkalbezeiten, Fruchtbarkeitsstörungen und erhöhter Arbeitsaufwand (KOSSAIBATI und ESSLEMONT, 1997).

MELENDEZ et al. (2002) beobachten bei Kühen mit klinischen Lahmheiten einen höheren Prozentsatz an zystischen Ovarien, eine erniedrigte Konzeptionsrate und eine signifikant höhere Anzahl an Merzungen.

Ebenso kann der Milchverlust durch Schmerz beim Laufen erhebliche Ausmaße annehmen.

GREEN et al. (2002) messen bei Kühen mit klinischen Lahmheiten die Auswirkungen auf die Milchleistung. Sie kommen zu dem Schluss, dass klinische Lahmheiten einen signifikanten Einfluss auf die Milchleistung haben. Sie verzeichnen einen Rückgang der Leistung bis zu vier Monaten vor Diagnosestellung und Behandlung und bis zu fünf Monate nach Abschluss der Behandlung. Als durchschnittlichen Verlust pro 305-Tageleistung setzen sie 360 kg Milch an.

HERNANDEZ et al. (2002) verzeichnen allein durch Ballenhornfäule einen signifikanten Rückgang der Milchleistung im Gegensatz zu nicht betroffenen Tieren.

O'CALLAGHAN-LOWE et al. (2004) untersuchen den Einfluss von Schmerz ausschaltenden Maßnahmen bei Klauenerkrankungen auf die Leistung bei Kühen. Sie kommen zu dem Schluss, dass sich die Milchproduktion bei Tieren, die unter mittelschweren chronischen Klauenerkrankungen (Sohlengeschwür / Rehe) leiden, durch eine Therapie mit nichtsteroidalen Antiphlogistika, die auf dem

deutschen Markt ohne Wartezeit auf Milch zur Verfügung stehen, um bis zu 0,55 kg / h steigern lassen. Ebenso führt eine Entlastung der betroffenen Klaue durch einen Kothurn auf der Partnerklaue nach Klauenpflege zu Steigerungen der Milchleistung um immerhin 0,33 kg / h.

ENTING et al. (1997) führen eine Studie zu wirtschaftlichen Verlusten durch, die aus Klauenerkrankungen resultieren. Sie errechnen einen Verlust von 230,- Nfl (104,37 €) pro erkranktem Tier. Bei einer durchschnittlichen Inzidenz in den betrachteten niederländischen Herden von 21% macht dies einen durchschnittlichen Verlust von 50,-Nfl (22,69 €) pro Tier der Herde aus.

ZEDDIES et al. (1997) errechnen unter Einbeziehung des Milchverlustes durch Klauenerkrankung, Behandlungskosten und Sperrmilch, bei einem durchschnittlichen Milchpreis von 0,65 DM (0,33 €), einen Verlust von 123,- DM (62,89 €) bei leicht lahmen Tieren und von 438,- DM (223,95 €) bei schwer erkrankten Tieren.

JUNGE (1983) hingegen kann in einer ausgedehnten Studie an 4627 Deutschen Holsteins und Rotbunten keinen Zusammenhang zwischen Leistung und Klauenläsionen feststellen.

2.3 Laufstallhaltung

METZ und WIERENGA formulieren 1987, dass das Verhalten eines Tieres die direkteste Form der Interaktion mit seiner Umwelt sei. In Anbindehaltung sind Rinder in jeglichem Verhalten eingeschränkt. Laufställe ermöglichen den Tieren Verhaltensweisen, wie Brunstverhalten, Sozialverhalten, Komfortverhalten und auch Aggressionsverhalten frei auszuleben. Dies bietet große Vorteile gegenüber der Anbindehaltung.

2.3.1 Bewegungsbedarf und Aktivität des Rindes

ZEEB (1986) beschreibt die Bewegung eines Tieres als Instrument, um eigene Bedürfnisse zu erfüllen und Schaden vorzubeugen. Als Faktoren, die auf das Fortbewegungsgeschehen einer Kuh Einfluss haben, nennt er:

- Individuelle Struktur (Genetik)
- Klimafaktoren (Tag- / Nachtrhythmus, Klima)
- Futterangebot (Qualität, Quantität, Zusammensetzung, Struktur, Fütterungszeiten)
- Herdenzusammenstellung (Herdengröße, Raum / Tier, Geschlechteranteil, Alterszusammensetzung, soziale Integration)
- Räumliche Struktur der Haltungsumgebung (m^2 / Tier, Futterplätze / Tier, Liegeboxen / Tier)

Die durchschnittliche Aufteilung der gesamten täglichen Aktivität eines Rindes zeigt Abb. 2-14.

Bei Untersuchungen an Rindern in der Carmargue stellte ZEEB (1986) fest, dass sie täglich 10,3 h mit der Nahrungsaufnahme verbrachten, 1,8 h mit Fortbewegung und dabei eine Strecke von durchschnittlich 6,072 km zurücklegten. Der Vergleich mit Tieren, die in Laufställen gehalten wurden, ergab eine durchschnittliche Futteraufnahmezeit von 7,6 h, die Tiere liefen durchschnittlich 0,6 h am Tag und legten dabei 1,080 km zurück.

KEMPKENS und BOXBERGER (1986) geben eine durchschnittliche tägliche Wegstrecke für Kühe in Laufställen von 600 m an. Die gemessene tägliche

Distanzspanne dieser Arbeit lag bei 200 bis 1250 m, in vorherigen Untersuchungen sogar bis zu 2500 m. Die Autoren machen ebenfalls deutlich, dass die zurückgelegte Strecke im Laufstall von vielen Faktoren beeinflusst wird. Zum einen handelt es sich um gezielte Wege, die zurück gelegt werden wollen, wie das Aufsuchen von Funktionsbereichen, zum anderen handelt es sich um Wegstrecken, die zurück gelegt werden müssen, wie zum Beispiel Umwege beim Ausweichen vor ranghöheren Tieren. Bei Vergleichen von Einzeltieren, die nach Messung ihrer Wegstrecken im Laufstall in Einzelaufstallungen verbracht wurden, zeigte sich, dass ihre täglichen Wegstrecken sich von vorher 500 bis 800 m auf 100 bis 200 m reduzierten.

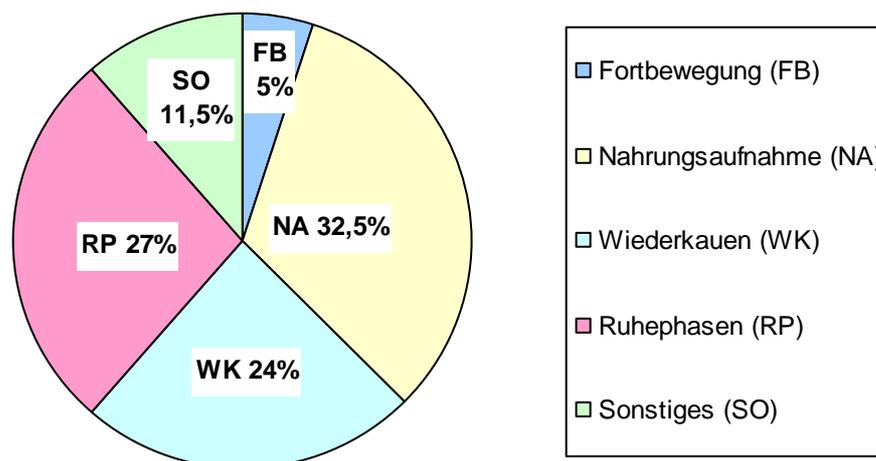


Abb. 2-14: *Durchschnittliche tägliche Aktivitätsverteilung einer Kuh in Prozent, modifiziert nach ZEEB, 1986*

BOCKISCH (1990) kommt in seinen Untersuchungen zu dem gleichen Ergebnis und misst bei Tieren in Einzelaufstallung eine Wegstrecke von 150 m täglich und gibt dies als notwendigen Bewegungsbedarf eines Rindes pro Tag an. BRADE (2001) ermittelt hingegen auf der Weide eine tägliche Wegstrecke von 1 km bis 2,6 km, was in Einklang mit ALBRIGHT (1997) steht, der dem Rind einen natürlichen Bewegungsdrang und hohe Fortbewegungsmotivation zuschreibt.

BENZ (2002) vergleicht die Schrittzahl / Stunde von Kühen auf Betonspaltenboden mit der Schrittzahl / Stunde der gleichen Tiere nach Umstallung auf einen mit Gummiauflagen ausgestatteten Spaltenboden. Die Ergebnisse zeigen umgerechnet eine tägliche Wegstrecke von 1000 bis 1500 m im Laufstall mit Betonspaltenboden, die sich nach der Umstallung auf elastischen Boden auf über 2000 m steigert.

Bei ganzjähriger Laufstallhaltung in Ställen mit harten Böden sind die Tiere also gezwungen, diese durchaus beträchtlichen Wegstrecken auf einem für sie unnatürlichen Boden zurückzulegen.

2.3.2 Bodenbeschaffenheit im Laufstall

Neben dem Vorteil, dass sich die Tiere im Laufstall frei bewegen können, bringt der Laufstall auch den Nachteil mit sich, dass die Tiere laufen müssen.

Futteraufnahme, Wasseraufnahme, Liegeplätze und Melkeinrichtung sind örtlich voneinander getrennt und müssen aktiv aufgesucht werden.

Zwei wesentliche Anforderungen werden an Laufställe und deren Böden gestellt: zum einen müssen sie tiergerecht sein, zum anderen „pflegeleicht“. Die Zeit, die die tägliche Säuberung in Anspruch nimmt, sollte so gering wie möglich sein und dennoch sollte das in dieser Zeit erreichte Maß an Hygiene optimal sein. Daher sind Laufställe in der Regel mit harten Böden ausgestattet. Man unterscheidet zwischen planbefestigten Böden und perforierten Böden.

Als Kriterien, die alle Laufflächen erfüllen müssen, gibt STEINER (2004) an:

Anforderungen aus Sicht der Tiere:

- rutschfeste Oberflächenstruktur
- ausreichender, aber nicht zu hoher Klauenabrieb
- keine scharfen Kanten und Grate
- planeben ohne Mulden
- wo möglich, verformbare Oberfläche
- hohe Sauberkeit

Anforderungen aus verfahrenstechnischer und wirtschaftlicher Sicht:

- reinigungsfreundlich
- kostengünstig
- dauerhaft.

Als besonders wichtig stellt er dabei die Oberflächenrauheit dar. Diese ermöglicht nicht nur den Tieren einen sicheren Tritt, sondern ist auch für den Bereich der Arbeitssicherheit des im Stall arbeitenden Personals von Bedeutung.

Die Verschmutzung auf den Laufflächen erfordert zusätzlichen Verdrängungsraum, STEINER (2004) vergleicht dies mit dem Profil eines Arbeitsschuhs, das einen Kraftschluß bei der Fußung gewährleistet. Daher reicht eine ebene rutschhemmende Oberfläche nicht aus. Eine zusätzliche Rauheit der Oberfläche muss gewährleistet sein.

Die Rauheit eines Stoffes wird aufgeteilt in Mikro- und Makrorauheit. Unter Makrorauheit fallen alle Rauheitselemente mit einer horizontalen Ausdehnung von $\geq 0,5$ – ca.10 mm unter Mikrorauheit, auch als Oberflächenschärfe bezeichnet, fallen Elemente mit einer Ausdehnung $\leq 0,5$ mm. Laufflächen benötigen eine minimale Makrorauheit, um auch bei Verschmutzung mit gleitfördernden Stoffen Rutschsicherheit zu gewährleisten. Diese Notwendigkeit wird bei Beton durch zusätzliche Schritte, wie Prägen von Frischbeton und Fräsen in ausgehärtetem Material erreicht (STEINER, 2004).

Bei Betonböden sei noch auf eine wichtige Materialeigenschaft hingewiesen. Aufgrund seiner Porosität ist Beton für Wasser nachweislich durchlässig. Bei trockenem Beton geschieht der Wassertransport durch Effusion und Diffusion, bei höherem Feuchtigkeitsgehalt des Materials wird die Diffusion durch Kapillarkräfte und Strömen ersetzt (FECHNER und CZIESIELSKI, 1999).

Für planbefestigte Böden kommt neben Beton auch Gussasphalt in Betracht. Gussasphalt ist, wie Beton auch, ein Gemisch aus Zuschlagstoffen und einem Bindemittel (Bitumen statt Zement). Er wird bei 230°C flüssig in den Stall eingebracht. Das Einhalten der Temperatur ist von entscheidender Bedeutung für die Haltbarkeit und Qualität des Bodens und stellt hohe Ansprüche an die Verfahrenstechnik. Da Gussasphalt im trockenen Zustand zu abrasiv auf das

Klauenhorn wirkt (Zuschlagstoffe bestehen aus gebrochenen Materialien von bis zu 8 mm), ist er nicht für den Außenbereich geeignet. Die gestellten Anforderungen erfüllt Gussasphalt nur im sauberen und feuchten Zustand. Dies wiederum stellt gesteigerte Anforderungen an die tägliche Reinigung des Bodens (STEINER, 2004).

Die Sauberkeit des Stallbodens ist jedoch nicht nur für die Rutschsicherheit der Tiere von Bedeutung, sondern ebenso zur Gesunderhaltung der Gliedmaßen. SOMMER (1985) beobachtet als Veränderung bei Tieren, die von der Weide auf Betonspaltenboden verbracht wurden u. a. die folgenden Fakten:

- gehäuftes Ausrutschen während der Bewegung
- geringere Bewegungsgeschwindigkeit und genaueres Betrachten des Bodens
- reduziertes Lecken im hinteren Körper- und unteren Gliedmaßenbereich
- gehäuftes Ausrutschen beim „Sich-Lecken“.

Dieses Reagieren auf die veränderten Haltungsbedingungen steht im direkten Zusammenhang mit der verminderten Trittsicherheit und der erhöhten Rutschgefahr auf einem Betonspaltenboden. Da mit steigender Feuchtigkeit eines Bodens die Rutschhemmung weiter sinkt, ist eine größtmögliche Trockenheit und Sauberkeit des Bodens anzustreben. Dies vermindert zusätzlich die Keimvermehrung und ist von großer Bedeutung für einen normalen (nicht zu hohen) Feuchtigkeitsgehalt von Horn und umgebender Haut (BERGSTEN und HULTGREN, 2002). BICKERT und CERMAK (1997) empfehlen daher ein mindestens zweimal tägliches Abschieben des Stallbodens.

Bei planbefestigten Böden erfolgt das Entfernen der Exkreme allein durch (automatisches) Abschieben des Bodens. Bei perforierten Böden wird durch den Durchtritt des Mistes durch die Spalten bereits eine Arbeitserleichterung erreicht, aber ein Abschieben ist auch hier von Nöten, jedoch ist die Kotmenge gegenüber den planbefestigten Böden bereits deutlich reduziert.

Bei dieser Art von Stallboden muss wieder besonderes Augenmerk auf die Tiergerechtigkeit gelegt werden. Besonders gilt es hierbei die Spaltenbreite und

Auftrittsfläche zu beachten, da es sonst zu schwerwiegenden Klauenverletzungen kommen kann. Dennoch muss der Durchtritt des Mistes gewährleistet bleiben. FIEDLER (2004) fordert für Spaltenböden eine Schlitzweite von 30 – 35 mm und eine Auftrittsbreite von 80 mm, um Klauenschäden vorzubeugen. KIRCHNER und BOXBERGER (1987) sprechen von 25 – 30 mm Spaltenbreite, bei ebenfalls 80 mm Auftrittsbreite für Milchvieh, da sie eine Kontaktfläche der Klaue von 65 – 70 % der gesamten Fußungsfläche anstreben, um punktuellen Überlastungen der Lederhaut vorzubeugen und dennoch eine größtmögliche Hygiene gewährleisten wollen.

2.3.2.1 Elastische Bodenbeläge

Eine mindere Qualität des Bodens kann indirekt, durch ihren Einfluss auf das Entstehen von Lahmheiten, zu Bewegungseinschränkungen der Tiere führen (WEBB und NILSSON, 1983). Der Sinn des Laufstalls liegt jedoch darin, den Tieren freie Bewegungsmöglichkeiten zu bieten. Demzufolge sollte die Prävention von Klauenerkrankungen und Gliedmaßenverletzungen höchste Priorität besitzen (METZ und WIERENGA, 1987).

In seiner natürlichen Haltungsumwelt ist das Rind ein Weichbodengänger. Auf nachgiebigem Weidegrund beispielsweise, besteht für das Rind kaum die Gefahr des Ausrutschens, da die Klauen ihrer Belastung nach unterschiedlich tief in den Boden einsinken können. Die Tiere werden also in ihrem Verhalten nicht durch die Angst vor Verletzungen beeinträchtigt.

Bei Wahlversuchen mit weiblichen Jungrindern bot IRPS (1986) den Tieren drei verschiedene Stallabteilungen an: Tiefstreu, Betonspaltenboden und Betonspaltenboden, der mit Gummimatten bedeckt war. Mit hoher Signifikanz wählten die Tiere die Tiefstreu sowohl zum Ruhen, als auch für den sonstigen Aufenthalt.

Dies bestätigt die Annahme, dass die Tiere von sich aus einen weichen Boden einem harten vorziehen.

BENZ (2002) postuliert, bei der Planung eines Stalles solle die Frage aus Sicht des Tieres bzgl. der Laufflächen nicht länger lauten „planbefestigt oder

perforiert“, sondern „hart oder elastisch“. Nach ihren Untersuchungen stellen elastische Auflagen für Stallböden eine gute Alternative zu harten Böden dar.

Elastische Bodenbeläge erreichen eine zusätzliche Rutsicherheit durch ihre Verformbarkeit. Das Einsinken der Klauen in den Boden ergänzt die Oberflächenstruktur und gibt zusätzlichen Halt (STEINER, 2004). BENZ (2002) gibt als ausreichende Eindringtiefe der Klaue in elastische Böden 4 mm an. Mit dieser Eindringtiefe kann auch bei relativ geringer Oberflächenprofilierung eine ausreichende Rutsicherheit erreicht werden.

In einer Studie zum Vergleich von Betonspaltenböden mit Spaltenböden mit Gummiauflage stellt BENZ (2002) fest, dass Kühe, auf elastischem Boden gehalten, sich angstfrei und spontan bewegen. Die Aktivität stieg und das Laufverhalten ähnelte von Geschwindigkeit und Schrittlänge dem Laufen auf der Weide. Eine Tendenz zu höherer Kopfhaltung der Tiere auf weichem Untergrund interpretiert sie mit größerem Vertrauen zum Untergrund. Insgesamt bewertet sie das Komfort-, Brunst-, Sozial- und Lokomotionsverhalten von Kühen im Laufstall auf elastischem Spaltenbodenbelag als bedarfsdeckend.

Auch PARTES (2004) belegt mit ihrer Studie vermehrtes Laufen mit höheren Geschwindigkeiten und kürzeren Stehphasen bei Kühen auf gummierten Spaltenböden gegenüber Betonspalten. Ebenso zeigen die Tiere ihres Versuchs auf gummiertem Boden weniger Ausrutschaktionen bei Komfort- und Brunstverhalten.

BAHRS (2005) führte Untersuchungen zur Bullenhaltung auf perforierten Böden durch. Sie verglich Mastgruppen auf Betonspalten, auf gummierten Spalten und in einer Bucht, die teilweise mit Gummiauflagen ausgestattet war und den Tieren somit die Auswahl von hartem oder weichem Boden gestattete. Sie kam zu dem Schluss, dass die Tiere der „Wahlbucht“ signifikant den weichen Boden vorzogen. Ebenso benötigten die Tiere auf elastischem Boden signifikant weniger Zeit für Aufstehvorgänge. Bemerkenswert ist auch, dass sich die Gesamtliegezeiten der Tiere auf Beton und auf Gummi nicht signifikant unterschieden, die Anzahl der Aktivitäts- und Ruhephasen hingegen schon, indem sie bei den Tieren auf weichem Boden signifikant höher war als auf Betonboden. Ebenso fielen am Ende der Mastperiode signifikant mehr Technopathien bei den Tieren der Betongruppe auf.

2.3.3 Auswirkungen der Bodenbeschaffenheit auf die Klauengesundheit

Die Klauengesundheit wird von vielen Faktoren beeinflusst. Neben genetischen Einflüssen, Fütterung, Klauenpflege und Management muss vor allem der Einfluss des Stallbodens auf die Klauen beachtet werden (BERGSTEN, 2004).

MANSKE (2002) findet in seiner Studie einen direkten Zusammenhang zwischen Laufställen mit harten Böden und Verschmutzungsgrad der Klauen und einer signifikanten Zunahme von Lahmheiten und Klauenhornläsionen. Für Laufställe mit weichem Boden gibt er eine geringere Inzidenz von Lahmheiten und Sohlengeschwüren an. BERGSTEN berichtet bereits 1994, dass Gummimatten in Anbindeställen, im Gegensatz zu Betonböden, zu einer verbesserten Klauengesundheit, resultierend in einer geringeren Anzahl von Sohlengeschwüren und Sohlenhorneinblutungen führen.

KREMER et al. (2004) stellen bei Klauenmessungen an Kühen auf Betonspaltenboden und Kühen auf Spaltenboden mit Gummiauflage signifikante Unterschiede in der Dorsalwandlänge und beim Ballenwinkel der Klaue fest. Durch geringeren Abrieb der Klaue auf elastischem Boden weisen die Tiere eine ca. 1cm längere Dorsalwand nach 150 Tagen auf, als die Tiere auf Betonboden. Der Ballenwinkel der Weichbodengruppe vergrößert sich im gleichen Zeitraum um ca. 4°.

SAMEL et al. (2005) vergleichen Milchkühe im Laufstall auf elastischem Boden und auf Beton. Sie beurteilen Hornwachstum, Abrieb, Hornhärte und die Klauengesundheit. Bei Inzidenz und Ausprägung einzelner Klauenerkrankungen können sie keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen finden. Hornwachstum, Hornabrieb und Hornhärte waren bei der Weichbodengruppe gegenüber der Betongruppe deutlich reduziert. Da sich der Abrieb des Hornes stärker verringerte als das Wachstum, stellten sie eine progressive Deformation des Hornschuhs im Bereich des Wand- und Ballensegmentes auf elastischem Boden fest.

BAHRS (2005) findet bei Mastbullen auf Gummispalten gegenüber Bullen auf Betonspalten vermehrtes Auftreten von Dermatitis interdigitalis.

BENZ (2002) beschreibt bei Kühen, die von Betonspaltenboden auf Spaltenboden mit elastischen Auflagen umgestellt wurden, eine deutliche Reduktion von

mechanisch-traumatisch bedingten Klauenerkrankungen. Ebenso verbessert sich die histologisch untersuchte Architektur des Hornzellverbands des Horns der Sohle.

SOMERS et al. (2003) fanden in einer Untersuchung zur Häufigkeit von Klauenerkrankungen bei Milchkühen in verschiedenen Haltungssystemen heraus, dass Kühe, auf Tiefstreu gehalten, signifikant weniger Klauenerkrankungen aufwiesen, als Tiere auf harten Böden. FREGONESI (1999) zeigt in seiner Studie hingegen zwar auf, dass Kühe den weichen Boden von sich aus einem harten Boden vorziehen, findet aber bei einem Vergleich zwischen Tieren, die auf Tiefstreu gehalten werden und Tieren auf Betonboden keinen Unterschied, was das Auftreten von klinischen Lahmheiten betrifft (FREGONESI und LEAVER, 2000).

LIVESEY et al. (1998) stellten Färsen von Betonböden auf Tiefstreu um und beobachteten sowohl positive, als auch negative Effekte. Zum einen kam es zu einer signifikanten Zunahme der Ballenhornfäule, zum anderen war eine deutliche Reduktion der Einblutungen im Horn im Bereich der Sohle und der Weißen Linie festzustellen.

2.4 Ausgewählte Stoffwechselfparameter der Milchkuh

2.4.1 Energiebilanz und Leberstoffwechsel

Die einsetzende Laktation bedeutet für die Milchkuh eine enorme Stoffwechselbelastung. Große Energiemengen müssen in kürzester Zeit mobilisiert werden, was nicht selten zu Entgleisungen des Leberstoffwechsels führt. Dieses Kapitel soll eine Übersicht über die Besonderheiten des Kohlenhydratstoffwechsels und des Energiehaushaltes der Milchkuh liefern, um die besonderen Belastungen des Organismus durch die Laktation zu verdeutlichen.

Der Erhaltungsbedarf einer Milchkuh an Glucose liegt bei 500 – 600 g / Tier / Tag. Für die Laktosesynthese während der Laktation werden weitere 500 – 700 g Glucose / 10 l Milch benötigt (BLUM, 1992).

Mit der Nahrung aufgenommene, leichtfermentierbare Kohlenhydrate wie Stärke und Zucker werden im Pansen hauptsächlich zu flüchtigen Fettsäuren abgebaut. Somit ist der Wiederkäuer zur Sättigung seines Energiebedarfs auf die Gluconeogenese in der Leber aus Propionat, Lactat und glucoplastischen Aminosäuren angewiesen. In der Früh-laktation ist die Deckung des täglichen Energiebedarfs nur bedingt möglich, da die Futteraufnahme in der Transitperiode und nach der Kalbung absinkt und erst allmählich ansteigt und somit die Energieabgabe über die Milch die Energieaufnahme über das Futter übersteigt (BLUM, 1992; FOSTER, 1998; ROSSOW, 2003). Zusätzlich hat die Milchdrüse in diesem Zeitraum Priorität vor dem übrigen Organismus, was die Glucoseversorgung angeht. Dies bedingt eine negative Energiebilanz für den Körper (ROSSOW, 2003). Laut ROSSOW (2003b) beginnt die Phase der negativen Energiebilanz bereits eine Woche vor der Kalbung. Die Hauptphase der negativen Energiebilanz fällt in den Abschnitt der vierten bis achten Woche p. p., die Endphase beginnt neun Wochen p. p. und dauert bis zur 14. bis 16. Woche p. p. Um das Energiedefizit durch den Glucosemangel im Restorganismus auszugleichen werden Körperreserven angegriffen. Die Mobilisation von Körperfett zur Energiegewinnung steigt mit zunehmender Milchleistung und

erhöht das Ketonämierisiko (DOHOO und MARTIN, 1984; GIRSCHEWSKI et al., 1977; LEAN et al., 1992), da neben dem Körperfett auch Körperproteinreserven angegriffen werden, bei deren Abbau neben glucoplastischen Aminosäuren auch ketogene Aminosäuren verstoffwechselt werden (ROSSOW, 2003). Zusätzlich entsteht in der Leber durch den Anstieg des Gehalts an freien Fettsäuren eine enorme Belastung (ROSSOW, 2003c).

Somit unterliegt der Gesamtorganismus in der Folge eines Energiedefizits einer toxischen Wirkung der Ketonkörper, die die bestehende Hypophagie begünstigt. Es kommt zu plötzlicher Abmagerung und in der Leber beginnt ein progressiv degenerativer Prozess mit fettiger Infiltration, der je nach Grad der Verfettung der Leber mit fettiger Degeneration, Nekrose und Leberzirrhose endet (BAUER, 1996).

Als zentralen Aspekt der Abschwächung dieser Negativkaskade sieht ROSSOW (2003b) die tägliche Futterraufnahme während der Phase der negativen Energiebilanz. Er gibt folgende Abhängigkeiten für die tägliche Futterraufnahme der Tiere an:

- 40% - 60% Individuum (Ernährungszustand, Leistung, Gesundheit, genetische Veranlagung)
- 20% - 30% Futter (Art, Qualität, Struktur, Schmackhaftigkeit)
- 10% - 15% Haltungsbedingungen und Umgebungstemperatur
- 10% - 15% Management

Da demnach ein Zusammenhang zwischen täglicher Futterraufnahme und Haltungsbedingungen besteht, sollen im Rahmen der vorliegenden Arbeit auch der Energiehaushalt und der Leberstoffwechsel untersucht werden. Als Parameterauswahl wurde das Lebersuchprogramm für das Rind nach KRAFT und DÜRR (1997) herangezogen. Die einzelnen Parameter sollen im Folgenden kurz erläutert werden.

2.4.1.1 Aspartat-Amino-Transferase (AST) früher Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT)

Die AST ist ein Enzym, das in unterschiedlichen Organen des Körpers vorkommt. Sie findet sich neben ihrem Vorkommen in der Leber auch in hoher Aktivität in Herz- und Skelettmuskulatur. Hochsensibel gegenüber Erkrankungen der Muskulatur steigt sie bei solchen stark an. Ebenso reagiert sie auf Zellschädigungen in der Leber, ist aber demnach nicht leberspezifisch. Um ein Muskeltrauma auszuschließen, bedarf es der Bestimmung weiterer Parameter, wie beispielsweise der Kreatinkinase (CK). Lokalisiert ist die AST im Zytoplasma und in den Mitochondrien. Sie tritt daher nach Zellnekrosen und in geringem Umfang auch nach Membranschädigungen im Serum auf.

Der Referenzbereich beim Rind liegt bei bis 80 IU/l. Eine Erhöhung spricht für:

- Skelettmuskelerkrankungen
- Hepatopathien

(KRAFT et al. 1997, a).

2.4.1.2 Glutamat-Dehydrogenase (GLDH)

Die GLDH ist ein leberspezifisches Enzym, das an die Mitochondrienmatrix der Hepatozyten gebunden ist. Ihre höchste Aktivität findet sich im zentrilobulären Bereich. Werden bei sekundären Hepatopathien primär die zentrilobulären Hepatozyten beeinträchtigt (beispielsweise bei Gallenstauungen), kommt es mitunter bei geringgradigen Schädigungen zu einer isolierten Erhöhung der GLDH. Durch ihre hohe Sensibilität müssen Erhöhungen um bis zu 15 IU/l keine pathologische Wertigkeit besitzen. Erhöhungen um mehr als das Dreifache des oberen Referenzbereiches sprechen für das Vorliegen schwerer Hepatopathien mit Leberzellnekrosen.

Der Referenzbereich beim Rind liegt bei bis 30 IU/l. Erhöhungen sprechen unter anderem für:

- primäre und sekundäre Hepatopathien mit Zellnekrosen

- akute Hepatitis
- chronische Hepatitis, Leberfibrose, - zirrrose
- Cholangitis, Cholangiohepatitis
- Gallenstauung
- Leberlipidose
- Lebertrauma
- Hypoxämie

(KRAFT et al. 1997, a).

2.4.1.3 Gamma-Glutamyl-Transferase (γ -GT)

Die γ -GT ist in Membranstrukturen verschiedener Organe des gesamten Organismus lokalisiert. Sie kann aber als leberspezifisch angesehen werden, da sie nur bei Leber- und Gallengangserkrankungen eine Aktivitätserhöhung erfährt. Ihr Referenzbereich liegt beim Rind bei bis 50 IU/l. Eine Erhöhung wird beobachtet bei:

- intra- oder extrahepatischer Cholestase
 - akuten oder chronischen Hepatopathien
 - toxischen Hepatosen
 - primären und sekundären Lebertumoren mit Cholestase
 - Fibrose, Zirrhose (mit Cholestase)
- akuten, selten chronischen Pankreatitiden mit Leberbeteiligung

(KRAFT et al. 1997, a).

2.4.1.4 Bilirubin

Bilirubin entsteht zum größten Teil aus dem Abbau von Hämoglobin. Bis zu 20% fallen beim Abbau von Myoglobin, Zytochromen und Katalasen an. Nach Abspaltung des Eisen aus dem Hämoglobin entsteht im Reticulo-Endothelialen-System (RES) von Milz und Knochenmark Bilirubin I. Dieses wird an Albumin gebunden und gelangt über den Blutstrom zur Leber. An der Hepatozytenmembran erfolgt die Abspaltung des Albumins und die Aufnahme des Bilirubin I in die Leberzelle. Hier erfolgt eine Konjugation mit Glucuronsäure, und es entsteht wasserlösliches Bilirubin II. Dieses wird bei intakten Mikrovilli vom Hepatozyten an den Gallenkanalikulus abgegeben und mit der Galle in den Dünndarm ausgeschieden.

Dieser Bilirubinstoffwechsel kann an verschiedenen Punkten gestört sein:

- 1 Ein erhöhter Anfall von Hämoglobin nach einer Hämolyse verursacht einen vermehrten Anstieg von Bilirubin I (praehepatischer Ikterus).
- 2 Störungen innerhalb der Leberzelle können an drei verschiedenen Stellen auftreten (intrahepatischer Ikterus)
 - Störung des Transportes von Bilirubin I aus dem Blut in die Leberzelle
 - Störung der Konjugation mit Glucuronsäure
 - Störung der Sekretion aus dem Hepatozyten in den GallenkanalikulusHierbei handelt es sich meist um einen Defekt der Mikrovilli in Folge einer Hepatopathie. Ist die Funktion der Mikrovilli gestört, kommt es zu einer intrahepatischen Cholestase mit Rückfluss ins Blutvolumen. Teilweise wird Bilirubin hier wieder dekonjugiert, was einen Anstieg von Bilirubin I und Bilirubin II im Blut zur Folge hat.
- 3 Abflußbehinderung der Galle mit nachfolgender Anstauung und Rückfluss in die Blutbahn, wodurch wiederum Bilirubin I und Bilirubin II ansteigen (posthepatischer Ikterus).

Als Sonderform des hepatischen Ikterus gilt der Inanitionsikterus.

Bei unzureichender Energiezufuhr wird die Lipolyse stimuliert und führt zu einem Anstieg freier Fettsäuren. Diese konkurrieren in der Leberzelle mit dem Bilirubin um dieselben Transportproteine, was ebenfalls zu einer Hyperbilirubinämie führt. Beim Rind werden schon kurz nach dem Beginn einer Nahrungskarenz hohe Anstiege von Bilirubin im Serum gemessen.

Der Referenzbereich beim Rind liegt für das Gesamtbilirubin bei bis 5 $\mu\text{mol/l}$. Darüber hinaus abweichende Werte deuten auf Hepatopathien, Hämolysen oder Cholestasen (KRAFT et al., 1997, a).

2.4.1.5 Glucose

Die Glucose zählt nicht zum oben genannten Lebersuchprogramm, ihre Bestimmung dient in diesem Zusammenhang der Bestätigung der Nahrungskarenz und deutet beim Vorliegen einer Hypoglykämie auf eine ketotische Stoffwechsellage hin.

Der Referenzwert für Glucose beim Rind im Serum liegt bei 3,9 – 6,6 mmol/l . (KRAFT et al., 1997, b)

2.4.2 Stoffwechsel der Skelettmuskulatur und des Knochens

2.4.2.1 Kreatinkinase (CK)

Die Kreatinkinase wird in diesem Zusammenhang als Ergänzung zur AST bestimmt, sie gilt als muskelspezifisches Enzym. Sie wird zwar auch im Gehirn gefunden, tritt jedoch von dort nicht in die Blutbahn über. Daher wird bei einem Verdacht auf eine Muskelerkrankung die CK-Gesamtaktivität aus dem Serum bestimmt. Beim Wiederkäuer dient sie v. a. der Abgrenzung nutritiv bedingter Myopathien von traumatisch bedingten, sowie zur Abklärung der Ursache des (postpartalen) Festliegens durch Ausschluss traumatischer Ursachen (Zerrungen, Zerreißungen, Nekrosen).

Der Referenzwert liegt beim Rind bei bis 250 IU/l, wobei Aktivitätssteigerungen erst über 1000 IU/l klinisch relevant sind (KRAFT et al., 1997, c).

2.4.2.2 Kalzium (Ca) und Phosphor (P)

Der Mineralstoffwechsel von Kalzium und Phosphor spielt für die Milchkuh eine bedeutende Rolle für die Lactogenese. Der Hauptanteil von Ca und P befindet sich im Knochen gebunden. Zwischen extrazellulärem Raum und Skelett befindet sich ein Fließgleichgewicht, das von verschiedenen Hormonen (Parathormon, Kalzitonin und 1,25-Dihydroxcholecalciferol, aktive Form des Vitamin D) gesteuert wird. Der Kalzium- und Phosphorhaushalt sind aneinander gekoppelt. Parathormon entsteht in der Parathyreoidea und hält die Kalziumhomöostase im Blut aufrecht. Seine Sekretion kann im Bedarfsfall spontan erfolgen, während die Synthese mehr Zeit benötigt. Die Zielorte des Parathormons sind:

- Dünndarmschleimhaut → Kalziumresorption ↑
- Knochen → Mobilisation von Ca und P
- Niere → Kalziumrückresorption ↑ und Phosphatausscheidung ↑

Während ein niedriger Ca^{2+} Spiegel im Blut die Sekretion des Parathormons steigert, bleibt der P-Spiegel ohne Einfluss.

Kalzitonin wird ebenfalls in den Epithelkörperchen gebildet und stellt den Antagonisten zum Parathormon. Ein hoher Kalziumspiegel fördert die Sekretion des Kalzitonins und erhöht somit die Einlagerung des Kalziums (und somit auch des Phosphors) in den Knochen und hemmt dessen Freisetzung.

Vitamin D₃ wird in der Leber zu 25-Hydroxycholecalciferol hydroxyliert und anschließend in der Niere in die hormonell aktive Substanz 1,25-Dihydroxycholecalciferol umgewandelt. Dieses wirkt synergistisch zum Parathormon und aktiviert die Freisetzung von Kalzium und damit auch von Phosphor aus dem Knochen und fördert deren Resorption aus dem Darm.

Da diese Hormone routinemäßig nicht bestimmt werden können, beschränkt sich die Beurteilung des Ca-P-Haushaltes auf die Bestimmung von Gesamt-Kalzium, ionisiertem Kalzium und Phosphor. Die Konzentration des Ca^{2+} ist direkt mit dem

pH-Wert des Blutes verbunden. Bei steigendem Blut-pH sinkt die Konzentration, und bei sinkendem pH-Wert steigt die Konzentration.

Der Anteil des ionisierten Kalziums liegt bei 55% des Gesamt-Kalziums. 40% liegen an Protein gebunden vor und 5% konjugiert an organischen Säuren.

Der Referenzwert für Gesamt-Kalzium liegt beim Rind bei 2,3 bis 2,8 mmol/l, wobei das Absinken des Wertes 1 Tag vor bis 2 Tage nach dem Kalben auf 2 mmol/l als physiologische Hypokalzämie bezeichnet wird.

Phosphor kommt im Blut als anorganisches Phosphat, organische Ester und als Phospholipid vor. Von klinischer Relevanz ist hierbei das anorganische Serum-Phosphat. Sein Referenzwert liegt beim Rind bei 1,6 – 2,3 mmol/l, während es zum Zeitpunkt der physiologischen Hypokalzämie auf 1,25 mmol/l absinken kann (KRAFT et al., 1997, c).

Für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit erschienen diese Parameter sinnvoll, da ein Zusammenhang zwischen haltungsbedingter erhöhter Futteraufnahme (s. 2.4.1) und damit besserer Calcium- und Phosphorversorgung über die Dauer der Laktation bestehen könnte.

3 Material und Methoden

In der vorliegenden Arbeit wurden 49 Kühe des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim (LVG) über die Dauer von einer bzw. zwei Laktationsperioden miteinander verglichen. Die Tiere wurden in zwei verschiedene Laufstallabteile mit unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit (Betonspalten mit Gummiauflagen / Betonspalten) aufgeteilt. Während der Versuchsperiode wurden alle Tiere dreimal an einem Kippstand abgelegt und die Klauenmaße, die Klauenwinkel, die Hornhärte und etwaige Befunde erfasst. Gemolken wurden beide Gruppen durch ein automatisches Melksystem (AMS), wodurch die Milchleistung automatisch aufgezeichnet wurde. Die Aktivität der Tiere konnte mittels entsprechender Responder an den Halsbändern abgelesen werden. Außerdem wurden in regelmäßigen Abständen Blutproben der Tiere genommen, die auf leberspezifische Parameter, Glucosegehalt und Calcium und Phosphor untersucht wurden.

Die so ermittelten Daten wurden zusammengefasst und mittels der Prozedur GLM (Generalized Linear Model) des Statistikprogramms „SAS“ (SAS Institute Inc.; Version 8.2) ausgewertet.

3.1 Tiere

Für den Versuch wurden 49 weibliche Rinder aus der Herde des Lehr- und Versuchsguts Oberschleißheim der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig - Maximilians - Universität zur Verfügung gestellt. Es handelte sich dabei ausschließlich um F_1 – Kreuzungstiere der Rassen Deutsche Holsteins (DH) und Deutsches Fleckvieh (FV). 19 mal lag der Genotyp FV-DH und 30 mal der Genotyp DH-FV vor. Die jeweils erstgenannte Rasse bezeichnet hierbei die Vaterrasse.

Die Tiere wurden über den Zeitraum einer Laktationsperiode, beginnend 21 Tage a.p. und endend mit Tag 305 der Laktation beobachtet. 10 der insgesamt 49 Tiere wurden in zwei Laktationsperioden beobachtet. Hieraus ergaben sich 59

Laktationen in denen Daten erhoben werden konnten. Davon wurden 53 Laktationen beendet und die Daten kamen zur Auswertung. Insgesamt handelte es sich dabei um 30 Erstlaktationen und 23 Zweitlaktationen.

Die Tiere wurden zufällig auf zwei Gruppen verteilt. Ab April 2004 fand lediglich eine Selektion nach Genotypen statt, um für die Auswertung eine nahezu gleiche Verteilung beider Genotypen auf Versuchs- und Kontrollgruppe zu gewährleisten. Die Verteilung der Tiere, einschließlich Genotypen und Laktationsnummern, auf Versuchs- und Kontrollgruppe ist in Tab. 3-1 dargestellt.

Tab. 3-1: *Verteilung der Genotypen und Laktationsnummern auf Versuchs- und Kontrollgruppe*

Laktations nummer	Versuchsgruppe, Gummi			Kontrollgruppe, Beton		
	DH-FV	FV-DH	Gesamt	DH-FV	FV-DH	Gesamt
1	9	5	14	10	6	16
2	7	5	12	7	4	11
Summe	16	10	26	17	10	27

3.2 Die Aufstallung

3.2.1 Stallbauliche Gegebenheiten

Die laktierenden Kühe des LVG werden in ganzjähriger Laufstallhaltung mit freiem Kuhverkehr gehalten (s. Abb. 3-1). Es handelt sich um einen Warmstall mit Trauf – First – Lüftung, der als doppelreihiger Liegeboxenlaufstall mit zwei gegenüberliegenden Abteilungen, die durch den Futtertisch getrennt sind, konzipiert ist. Beide Abteilungen sind mit Betonspaltenböden ausgestattet, die zweimal täglich durch das melkende Personal manuell abgeschoben werden. In einem Abteil stehen Hochboxen mit Gummimatten als Liegeflächen zur Verfügung, das andere Abteil verfügt über Tiefboxen mit Häckselstroh-Einstreu. Die Abmessungen der Liegeflächen sind in beiden Abteilungen identisch. Eine Doppelbox hat die Abmessung von 4,40 m Länge und 1,15 m Breite. Die Hochboxen haben eine Höhe von 20 cm. Es sind in jedem Abteil 64 Liegeplätze angeordnet, wovon jeweils 63 den Tieren zugänglich sind. Die Liegeflächen sind in einer Doppelreihe angeordnet, die mittig unterbrochen ist. Dies ist bedingt durch die ursprüngliche Aufteilung des Stalles in 4 Abteilungen. Durch Einführung eines automatischen Melksystems wurden jedoch jeweils zwei Abteile zu einem zusammengefasst. In diesem Zuge wurden auch Einwegtore an den Gängen angebracht, die den Zugang zum Melkroboter darstellen. Um ein Blockieren dieser Tore durch ruhende Tiere zu verhindern, wurde in beiden Abteilungen die jeweils erste Liegebox nach dem Tor gesperrt. An jeder Kopfseite einer Liegeboxenreihe befindet sich ein Tränkebecken. Dies entspricht vier Tränken pro Abteil. Zusätzlich gibt es pro Abteil einen Trog, in dem Salzlecksteine und Minerallecksteine angeboten werden. Der Abstand zwischen Liegeboxenreihe und Futtertisch beträgt 3,00 m, der Abstand zwischen Liegeboxen und Außenwand beträgt 1,90 m.

Im Tiefboxenabteil wird das Futter in einer Futterraufe, die durch ein Selbstfangressgitter zugänglich ist, angeboten. Im Hochboxenabteil stehen Futterwannen mit integrierter Grundfutterverwiegung zu Verfügung. Die Futterwannen sind den Tieren durch elektromagnetisch verriegelte Calan Tore

zugänglich. Die Erkennung erfolgt über einen Responder, den die Tiere am Halsband tragen. Nach Erkennung des Tieres wird die Verriegelung geöffnet und das Tor zum Öffnen durch Aufstoßen frei gegeben. Nach Verlassen des Fressplatzes wird das Tor wieder verriegelt und die Futterraufnahme mit einer Genauigkeit auf 50 g dem Tier zugeordnet. Diese Gegebenheiten bedingen auf der Hochboxenseite eine Anzahl von 28 Fressplätzen, während im Tiefstreuabteil mit Fressgitter 54 Fressplätze zur Verfügung stehen. Durch wiederholte Mängel in der betreibenden Automatik der Grundfütterverwiegung wurde das System 4 Wochen nach Einstellung des ersten Versuchstieres deaktiviert, um einen freien Zugang der Tiere zum Grundfutter zu gewährleisten.

Für den Zeitraum der Abkalbung stand ein separater Stall mit Anbindevorrichtung und Stroheinstreu zur Verfügung. Hier wurden die Tiere eingestallt, wenn sie erste Anzeichen der bevorstehenden Geburt zeigten und verblieben hier nach der Geburt für die Zeit der Kolostralphase (5 Tage). Die Fütterung entsprach der TMR des Kuhstalls (s. Kapitel 3.7), mit manueller Kraftfütterzuteilung.

Die freiwillige Wartezeit für die Erstbesamung nach der Kalbung lag in der Herde des LVG zum Zeitpunkt der Untersuchungen bei 60 Tagen.

3.2.2 Vorbereitung für die Datenerhebungen

Das Hochboxenabteil wurde als Abteil für die Versuchsgruppe bestimmt (Abb. 3-3). Sowohl Liegebuchten, als auch Spaltenelemente wurden exakt vermessen und die Daten dem Gummiwerk Kraiburg zur Verfügung gestellt, um präzise zugeschnittene Gummimatten herzustellen.

Vier Monate vor Beginn des Versuchs wurden die Liegeflächen in diesem Abteil optimiert. Die alten Liegematten wurden entfernt und durch drei verschiedene Liegemattensysteme der Fa. Kraiburg (Systeme: Kraiburg Kuschelmatte, Typ KKM; Kraiburg - Stallbodenbelag Weichbett Einzelmatte, Typ KEW; Kraiburg Einzelmatte Typ KSL) ersetzt, so dass in jeder dritten Liegebucht die gleiche Matte zur Verfügung stand.

Diese Maßnahme wurde ergriffen um den Tieren optimale Liegebedingungen zu bieten und dem Problem des Spaltenliegens nach Verlegung des Gummibodens

vorzubeugen. Nach einer Gewöhnungsphase für die Tiere von knapp vier Monaten wurde der Gummiboden im Laufbereich innerhalb von drei Werktagen verlegt. Hierbei handelte es sich um Gummimatten des Systems KURA S der Fa. Kraiburg (Abb. 3-2). Fixiert wurden die Matten mit den entsprechenden, komplett versenkbaren Dübeln der Fa. Kraiburg.

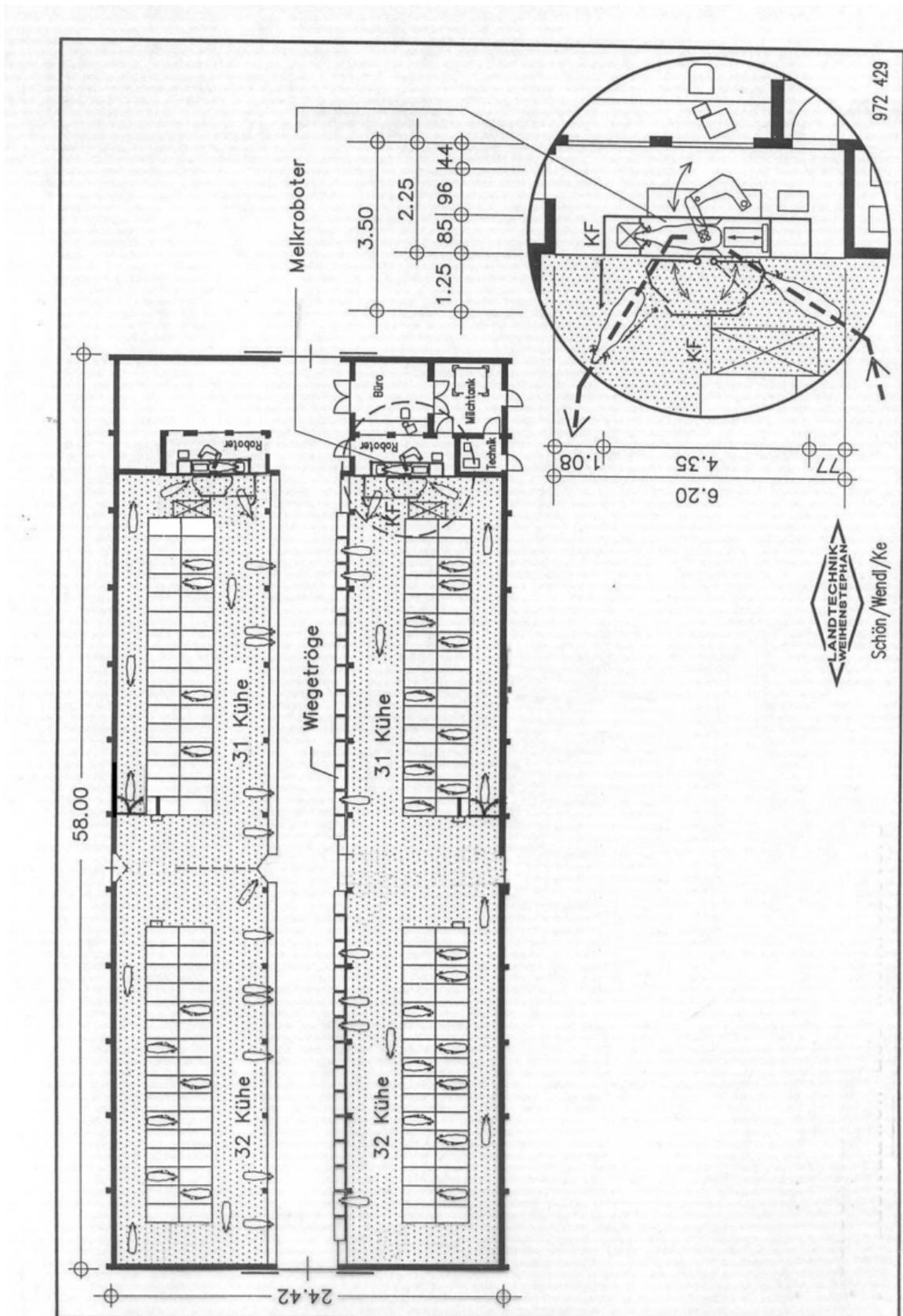


Abb. 3-1: Übersicht über den Laufstall des LVG Oberschleißheim, modifiziert nach SCHÖN, WENDL, KE



Abb. 3-2: Spaltenbodenauflage KURA S der Fa. Kraiburg mit den entsprechenden Dübeln (aus DLG Prüfbericht 5404, 2004)

3.2.3 Der Gummiboden

Bei den Gummiauflagen KURA S der Firma Kraiburg (Abb. 3-2) handelt es sich um einen Laufflächenbelag für Spaltenböden in Rinderställen. Die Verlegung erfolgt als Einzelmatte, die für jedes Spaltenelement exakt zugeschnitten wird. Es sind schwarze, profilierte Gummimatten von 2,4 cm Dicke. Die Oberfläche hat ein Grippprofil, die Unterseite besitzt eine Noppenstruktur mit einer Noppenhöhe von 5 mm. Laut DLG Prüfbericht 5404 (2004) weisen die Auflagen bei Prüfstandsversuchen eine gute Verschleißfestigkeit auf. Unter Dauertrittbelastung entstehen keine bleibenden Verformungen und der Säuretest ergab keine Veränderungen am Belag. Das Werk erteilt eine Garantie von 5 Jahren (DLG Prüfbericht 5404, 2004).

Die Verlegung erfolgte in Eigenleistung des Betriebspersonals. Die Matten wurden mittels der mitgelieferten, komplett versenkbaren Dübel auf den vorhandenen Spaltenelementen befestigt (Abb. 3-3).

Auch der Gummiboden wurde zweimal täglich manuell abgeschoben. Da dies jedoch einen erheblich größeren Kraftaufwand bedeutete, als auf dem Betonboden, musste der Boden vor jedem Abschieben mit Wasser benetzt

werden, um die Gleitfähigkeit zu erhöhen und ein manuelles Abschieben zu ermöglichen.



Abb. 3-3: Laufstallabteil der Versuchsgruppe, Spaltenboden mit Gummiauflagen ausgelegt

3.2.4 Der Betonspaltenboden

Das Laufstallabteil der Kontrollgruppe wurde vor Versuchsbeginn nicht verändert (Abb. 3-4). Der Betonspaltenboden in diesem Abteil wurde bei der Erbauung des Stalles im Jahre 1987 eingebaut und seitdem in keiner Weise renoviert oder verändert.

Die einzelnen Elemente haben je zwei Spaltenreihen mit einer Spaltenbreite von 3 cm, einer Auftrittfläche von 8,5 cm Breite und eine Schlitzlänge von 35 cm. Die Spalten verlaufen im 90° Winkel zur Längsachse des Elementes. Die Elemente im Fressgang haben eine Länge von 300 cm und eine Breite von 105 cm, die

Elemente im Gang zur Außenwand haben eine Länge von 190 cm und ebenfalls eine Breite von 105 cm.



Abb. 3-4: Laufstallabteil der Kontrollgruppe, Boden: Betonspaltenelemente

3.3 Datenerhebung an der Klaue und Funktionelle Klauenpflege

Im Verlauf des Versuchs wurden die Klauen aller Tiere dreimal vermessen. Die erste Messung erfolgte am Tag des Einstallens, 21 Tage vor dem erwarteten Abkalbetermin. Die zweite Messung erfolgte am Tag 150 der Laktation und die letzte Messung am Tag 305, zum Ende der Laktation. Die Messungen wurden, bis auf wenige Ausnahmen, immer von der selben Person durchgeführt.

Die Datenerhebung an der Klaue erfolgte in den ersten zwei Monaten des Versuchs in einem Klauenstand Modell „Top 5“ der Fa. Rosensteiner, Österreich (Abb. 3-5). Die Klauen wurden einzeln aufgehoben, vermessen, die Winkel

erfasst und die Hornhärte bestimmt. Danach wurde die Klaue nach dem Prinzip der Funktionellen Klauenpflege gepflegt und anschließend die Erhebung der Befunde vorgenommen. Vor dem Ablassen des Fußes wurden die Klauen dann wieder vermessen und die Winkel erfasst. Da sich dieses Vorgehen als sehr zeitintensiv und belastend für die hochträchtigen Tiere herausstellte, wurde die Methode geändert, und die Datenerhebung erfolgte dann an einem Kippstand der Fa. Werner, Höhenkirchen, Deutschland (Abb. 3-6). Somit war es möglich, zuerst alle Klauen zu vermessen, danach die komplette Pflege vorzunehmen und abschließend wieder alle Füße zu vermessen (Abb. 3-7). Diese Arbeit nahm pro Tier ca. 45 min in Anspruch.

Um einem Verkalben der Tiere durch das Liegen auf der Seite vorzubeugen, wurde bei allen Tieren, die sich zum Zeitpunkt des Messens im letzten Trächtigkeitsdrittel befanden, ein Tokolytikum in Form von 0,3 mg Clenbuterolhydrochlorid (Planipart[®]) pro Tier verabreicht.



Abb. 3-5: Klauenpflegestand „Top 5“, Fa. Rosensteiner, Österreich, Foto: Fa. Rosensteiner



Abb. 3-6: Kippstand Fa. Werner, Höhenkirchen, mit Kuh, stehend fixiert, vor dem Ablegen (Genotyp DH-FV, 2. Laktation)



Abb. 3-7: Klauenpflege bei einer abgelegten Kuh, 2. Messung (Genotyp DH-FV, 2. Laktation)

3.3.1 Bestimmung der Klauenmaße

Die Bestimmung der Klauenmaße erfolgte mittels eines Messschiebers mit Momentverstellung, Serie 531-122, der Fa. Mitutoyo, Messgeräte GmbH, Messbereich 0 – 150 mm, Messschenkellänge 40 mm, Nonius 1/128" 0,05 mm, Gewicht 142g (Abb. 3-10). Jedes Maß wurde einmal gemessen (Abb. 3-12) und notiert. Als Maße wurden in Anlehnung an NÜSKE et al. (2004) bestimmt (Abb. 3-8 und 3-9):

- Dorsalwandlänge, WL (Kronsaum bis Klauenspitze)
- Ballenhöhe, BD (Lot Ballensaum bis Boden)
- Ballenlänge, BL (Kronsaum des Ballens bis Sohlenflächenansatz)
- Wanddiagonale, DIAG (Klauen spitze bis Kronsaum-Ballenansatz)
- Sohlenlänge, SL (Spitze bis Ballenansatz)
- Ansatz der Kehlung, AWL (Distanz axial Spitze bis Ende Tragrand)
- Größte Breite der Sohlenfläche, CW.

Die Messung der Winkel wurde mit einem Goniometer Fa. Frei, Deutschland (Abb. 3-11) durchgeführt (Abb. 3-13). Folgende Winkel wurden gemessen (Abb. 3-8):

- Winkel zwischen Vorderwand und Sohle, ADW
- Winkel zwischen Sohle und Ballen, AB

Die Maße wurden in Datenerhebungsbögen notiert. Übersicht 3-1 zeigt die verwendeten Formulare.

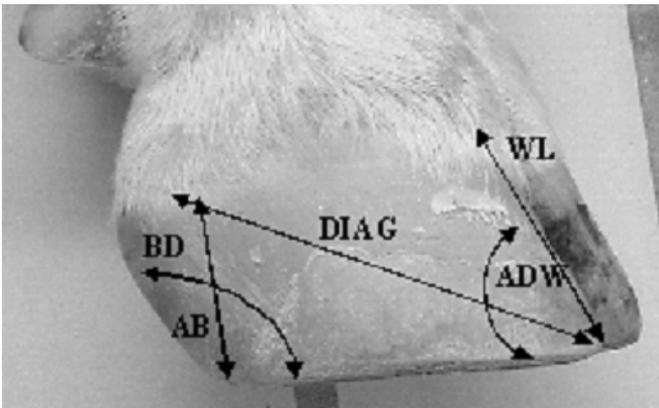


Abb. 3-8: Darstellung der erhobenen Klauenmaße (1), aus NÜSKE et al. (2004)

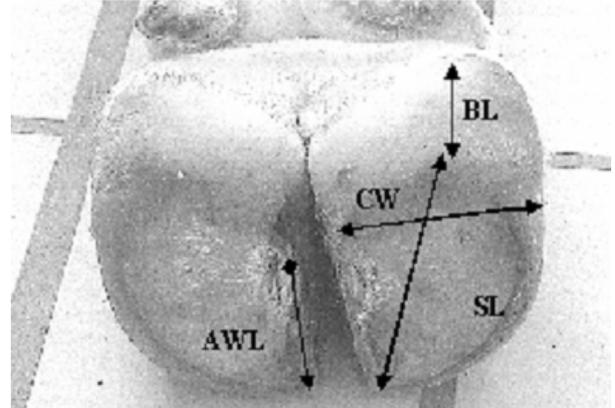


Abb. 3-9: Darstellung der erhobenen Klauenmaße (2), aus NÜSKE et al. (2004)



Abb. 3-10: Messschieber mit Momentverstellung, Fa. Mitutoyo, Foto: Mitutoyo



Abb. 3-11: Goniometer, Fa. Frei



Abb. 3-12: *Lineare Messung mittels Messschieber an der Klaue einer abgelegten Kuh*



Abb. 3-13: *Winkelmessung mittels Goniometer an der Klaue einer abgelegten Kuh*

3.3.2 Bestimmung der Hornhärte

Die Hornhärte wurde an definierten Punkten (s. Abb. 3-16) jeder Klaue vor der funktionellen Klauenpflege bestimmt. Zur Messung wurde das tragbare Härteprüfgerät „Hardmatic“ Serie 811, analog anzeigend, kompakte Ausführung, Härtemessbereich Shore D, Fa. Mitutoyo Messgeräte GmbH verwendet. Das Gerät (Abb. 3-14) besitzt eine analoge Skala mit Schleppzeiger, die Skalierung beträgt 1 Härtegrad, der Härteskalenbereich 0-100 Shore D. Die Härte des Horns und die Härtemesswerte der Skala verhalten sich proportional zu einander. Die Messspitze des Gerätes ist kegelförmig und der Spitzenradius beträgt $0,1 \pm 0,012$ mm. Die Auflagefläche hat einen Durchmesser von 18 mm und das Gewicht des Gerätes beträgt ca. 290 g. Der Messbereich liegt bei 20 bis 90 Shore D. Dieses Gerät wurde laut Hersteller zur Prüfung von hartem Gummi und hartem Kunststoff entwickelt. Die Messgenauigkeit entspricht der DIN 53 505 und beträgt $\pm 392,3$ mN, entsprechend ± 1 Shore. Die Wiederholbarkeit beträgt demnach 2 Shore (Herstellerangaben).

Bei der Härteprüfung mit diesem Gerät wird die Messspitze auf die Klaue aufgesetzt und so stark gegen das Horn angedrückt, bis die Auflagefläche auf der Klaue zu liegen kommt (Abb. 3-15). Mittels eines Schleppzeigers wird der Wert auf der analogen Rundscala festgehalten. (Kap. 2.1.7 gibt eine Orientierung für die Härte einzelner Hornbereiche der Klaue)

Alle Punkte wurden einmal gemessen und die Werte in entsprechenden Formularen notiert (Übersicht 3-2). Da das Gerät zur Härteprüfung einer ebenen Auflagefläche bedarf, wurden kleinere Abweichungen der Messpunkte zugelassen. Bei starker Unebenheit des Hornes im Bereich eines Messpunktes wurde der entsprechende Punkt bei der Härtemessung ausgelassen. Aufgrund des angegebenen Messbereiches des Gerätes wurden alle Werte unter 20 und über 90 mit 20 bzw. 90 gleichgesetzt.



Abb. 3-14: Tragbares Härteprüfgerät „Hardmatic 811“, Fa. Mitutoyo, Foto: Mitutoyo



Abb. 3-15: Härtemessung mittels tragbarem Härteprüfgerät an der Klaue einer abgelegten Kuh

Übersicht 3-1: *Datenerhebungsformulare für Klauenmaße, Klauenwinkel und Klauenbefunde*

Klauenmaße, -winkel und -befunde:

Kuhnummer: _____ Versuchstiernr.: _____

Tier (LOM): _____ Datum: _____

Messung 1 (Tag des Umstallens) Messung 2 (150d p.p.) Messung 3 (305d p.p.)

vor der Pflege nach der Pflege Gummi Beton

Untersuchung der Klauen

v.r. (Angaben: innen / außen)

Dorsalwandlänge (Kronsaum bis Klauenspitze): _____/_____ cm
 Ballenhöhe (Lot Ballensaum bis Boden): _____/_____ cm
 Ballenlänge (Ballensaum bis Sohlenansatz): _____/_____ cm
 Wanddiagonale (Klauen spitze bis Kronsaum – Ballenansatz) : _____/_____ cm
 Sohlenlänge (Spitze bis Ballenansatz): _____/_____ cm
 Ansatz der Kehlung (Distanz axial Spitze bis Ende Tragrand): _____/_____ cm
 Größte Breite der Sohlenfläche: _____/_____ cm
 Höhe des Tragrandes: _____/_____ cm

Winkel zwischen Vorderwand und Sohle: _____/_____ °
 Winkel zwischen Sohle und Ballenhornansatz: _____/_____ °

Sonstiges:

v.l.

Dorsalwandlänge (Kronsaum bis Klauenspitze): _____/_____ cm
 Ballenhöhe (Lot Ballensaum bis Boden): _____/_____ cm
 Ballenlänge (Ballensaum bis Sohlenansatz): _____/_____ cm
 Wanddiagonale (Klauen spitze bis Kronsaum – Ballenansatz) : _____/_____ cm
 Sohlenlänge (Spitze bis Ballenansatz): _____/_____ cm
 Ansatz der Kehlung (Distanz axial Spitze bis Ende Tragrand): _____/_____ cm
 Größte Breite der Sohlenfläche: _____/_____ cm
 Höhe des Tragrandes: _____/_____ cm

Winkel zwischen Vorderwand und Sohle: _____/_____ °
 Winkel zwischen Sohle und Ballenhornansatz: _____/_____ °

Sonstiges:

h.r.

Dorsalwandlänge (Kronsaum bis Klauenspitze): _____/_____ cm
Ballenhöhe (Lot Ballensaum bis Boden): _____/_____ cm
Ballenlänge (Ballensaum bis Sohlenansatz): _____/_____ cm
Wanddiagonale (Klauenspitze bis Kronsaum – Ballenansatz) : _____/_____ cm
Sohlenlänge (Spitze bis Ballenansatz): _____/_____ cm
Ansatz der Kehlung (Distanz axial Spitze bis Ende Tragrand): _____/_____ cm
Größte Breite der Sohlenfläche: _____/_____ cm
Höhe des Tragrandes: _____/_____ cm

Winkel zwischen Vorderwand und Sohle: _____/_____ °
Winkel zwischen Sohle und Ballenhornansatz: _____/_____ °

Sonstiges:

h.l.

Dorsalwandlänge (Kronsaum bis Klauenspitze): _____/_____ cm
Ballenhöhe (Lot Ballensaum bis Boden): _____/_____ cm
Ballenlänge (Ballensaum bis Sohlenansatz): _____/_____ cm
Wanddiagonale (Klauenspitze bis Kronsaum – Ballenansatz) : _____/_____ cm
Sohlenlänge (Spitze bis Ballenansatz): _____/_____ cm
Ansatz der Kehlung (Distanz axial Spitze bis Ende Tragrand): _____/_____ cm
Größte Breite der Sohlenfläche: _____/_____ cm
Höhe des Tragrandes: _____/_____ cm

Winkel zwischen Vorderwand und Sohle: _____/_____ °
Winkel zwischen Sohle und Ballenhornansatz: _____/_____ °

Sonstiges:

Übersicht 3-2: Datenerhebungsformulare für die Hornhärteuntersuchung

Hornhärteuntersuchung: **O vor der Pflege** **O nach der Pflege**

Kuhnummer: _____

Versuchstiernr.: _____

Tier (LOM): _____

Datum: _____

O Messung 1 (Tag des Umstellens)

O Messung 2 (150d p.p.)

O Messung 3 (305d p.p.)

Untersuchung der Hornhärte:

v.r.i./v.r.a.

1) Klauenspitze

____ / ____

2) proximal vom Ansatz der Kehlung

____ / ____

3) mittlerster Pkt d. Sohle auf Höhe von 2)

____ / ____

4) Tragrand auf Höhe von 2) und 3)

____ / ____

5) Tragrand auf Höhe größter Breite der Sohle

____ / ____

6) mittlerster Pkt. d. Sohle auf Höhe von 5)

____ / ____

7) proximalster Pkt. der belasteten Sohlenfläche

____ / ____

8) proximalster Punkt des Tragrandes

____ / ____

v.l.i. /v.l.a.

1) Klauenspitze

____ / ____

2) proximal vom Ansatz der Kehlung

____ / ____

3) mittlerster Pkt d. Sohle auf Höhe von 2)

— ____ / ____

4) Tragrand auf Höhe von 2) und 3)

____ / ____

5) Tragrand auf Höhe größter Breite der Sohle

____ / ____

6) mittlerster Pkt. d. Sohle auf Höhe von 5)

____ / ____

7) proximalster Pkt. der belasteten Sohlenfläche

____ / ____

8) proximalster Punkt des Tragrandes

____ / ____

h.r.i./h.r.a.

- | | |
|--|---------------|
| 1) Klauenspitze | _____ / _____ |
| 2) proximal vom Ansatz der Kehlung | _____ / _____ |
| 3) mittlerster Pkt d. Sohle auf Höhe von 2) | _____ / _____ |
| 4) Tragrand auf Höhe von 2) und 3) | _____ / _____ |
| 5) Tragrand auf Höhe größter Breite der Sohle | _____ / _____ |
| 6) mittlerster Pkt. d. Sohle auf Höhe von 5) | _____ / _____ |
| 7) proximalster Pkt. der belasteten Sohlenfläche | _____ / _____ |
| 8) proximalster Punkt des Tragrandes | _____ / _____ |

h.l.i. /h.l.a.

- | | |
|--|---------------|
| 1) Klauenspitze | _____ / _____ |
| 2) proximal vom Ansatz der Kehlung | _____ / _____ |
| 3) mittlerster Pkt d. Sohle auf Höhe von 2) | _____ / _____ |
| 4) Tragrand auf Höhe von 2) und 3) | _____ / _____ |
| 5) Tragrand auf Höhe größter Breite der Sohle | _____ / _____ |
| 6) mittlerster Pkt. d. Sohle auf Höhe von 5) | _____ / _____ |
| 7) proximalster Pkt. der belasteten Sohlenfläche | _____ / _____ |
| 8) proximalster Punkt des Tragrandes | _____ / _____ |

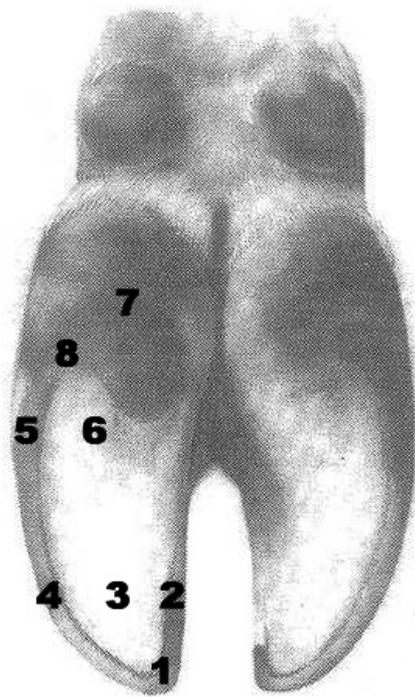


Abb. 3-16: Härtemesspunkte an der Klaue (Messpunktnumerierung wie auf Härtemessformular, s. Abb. 3-17), Abbildung aus TOUSSAINT RAVEN (1998)

3.3.3 Erfassung der Klauenbefunde

Die Erfassung der Befunde erfolgte im Rahmen der Pflege. Hierbei wurde jede einzelne Klaue und der jeweilige Zwischenklauenspalt betrachtet und alle Auffälligkeiten auf dem Erhebungsbogen unter „Sonstiges“ notiert. Bei vorliegenden Erkrankungen wurden die Tiere lege artis behandelt.

3.4 Aktivitätsmessung

Die Aktivitätsmessung erfolgte mittels des Transponders „AM-activity collar“, Fa. Nedap-Agri, Niederlande (Abb. 3-17), den die Tiere vom Zeitpunkt der Einnistung an am Halsband trugen. Er beinhaltet ein Zählwerk, das nach jeder 40. Halsbewegung um die Einheit „1“ steigt. Die Skala des Zählwerks reicht von 1 bis 999 und zählt nach 999 mit 1 weiter. Bei jedem Besuch im AMS wurde das Zählwerk automatisch abgelesen und der Wert gespeichert.



Abb. 3-17: Aktivitätszähler „AM-activity-collar“, Fa. Nedap-Agri, NL; Foto: Nedap-Agri

3.5 Das Melksystem

Die Tiere wurden in einem Automatischen Melksystem (AMS) vom Typ „Astronaut“ der Fa. Lely, Niederlande (Abb. 3-18), gemolken. Jedes Laufstallabteil verfügte über ein eigenes AMS.

Im AMS erfolgte eine leistungsbezogene Kraftfütterzuteilung. Tab. 3-2 zeigt die zugeteilten Kraftfütterrationen im AMS.

Tab. 3-2: Übersicht über die zugeteilte Kraftfuttermenge im AMS

Leistung (kg Milch)	Kraftfutter (kg)
bis 15	1
bis 20	2
bis 25	3
bis 30	4
bis 35	5
bis 40	6
bis 45	7
bis 50	8
bis 55	9
bis 60	10

Am Ausgang des AMS befand sich vom Beginn des Versuches an, bis zum 9. August 2004 ein Klauenbad mit gelöschtem Kalk, das die Tiere beim Verlassen des Melksystems passieren mussten. Nach dem 9. August 2004 wurde das Klauenbad in beiden Abteilen aus Managementgründen entfernt.



Abb. 3-18: Automatisches Melksystem „Astronaut“, Fa. Lely, NL

3.6 Bestimmung der Stoffwechselfparameter

3.6.1 Blutentnahme

Im Laufe des Versuchs wurden den Tieren jeweils 10 Blutproben entnommen. Die Entnahme erfolgte an folgenden Tagen:

- Probe 1: Tag –21 (21 Tage vor dem erwarteten Abkalbetermin / Einnistung / erste Klauenmessung)
- Probe 2: Tag –10 (10 Tage vor dem erwarteten Abkalbetermin)
- Probe 3: Tag 0 (Tag der Kalbung)
- Probe 4: Tag 5 p.p.
- Probe 5: Tag 10 p.p.
- Probe 6: Tag 30 p.p.
- Probe 7: Tag 60 p.p.
- Probe 8: Tag 100 p.p.
- Probe 9: Tag 150 p.p. (Tag der zweiten Klauenmessungen)
- Probe 10: Tag 305 p.p. (Ende der Laktation, Tag der dritten Klauenmessung)

Die Entnahme der Blutproben erfolgte an der Vena caudalis mediana (Schwanzvene). Es wurden jeweils zwei 9-ml Serummonovetten der Fa. Sarstedt, Nümbrecht voll entnommen.

Umgehend nach der Entnahme wurden die Proben 12 min lang bei 3000 Umdrehungen / min und 8°C zentrifugiert. Danach wurde das Serum abpipettiert und bei –18°C eingefroren und bis zu seiner Auswertung tiefgekühlt gelagert.

3.6.2 Auswertung der Serumproben

Die Bestimmung der Stoffwechselfparameter erfolgte über einen „Automatic Analyzer Hitachi 911 E“, Hitachi Ltd. Tokyo, Japan im Labor der Klinik für Wiederkäuer der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Als Parameter wurden bestimmt:

- Glucose
- Gesamt-Bilirubin
- Aspartat-Amino-Transferase (AST)
- Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT)
- Glutamatdehydrogenase (GLDH)
- Kreatinkinase (CK)
- Phosphor
- Calcium.

Die Auswahl dieser Parameter erfolgte mit der Absicht, den Leberstoffwechsel der laktierenden Kuh zu überwachen und eventuelle Unterschiede zu erkennen, die sich auf die Bodenbeschaffenheit zurückführen lassen. Dazu wurden die Werte AST, GLDH, GGT und Bilirubin herangezogen, die KRAFT und DÜRR (1997) als „Suchprogramm Leber“ beim Rind vorschlagen.

Die Kreatinkinase wurde bestimmt, um Muskeltraumata, die durch eventuelles Ausgleiten bei Bewegungen auf glattem Boden oder aber bei gesteigerter Aktivität auf weichem Boden entstehen könnten, zu erkennen.

Der Glukosespiegel wurde bestimmt, um einen Eindruck zu gewinnen, ob es einen aufstallungsbedingten Unterschied in der Futteraufnahme gibt. Ebenso resultiert aus einem zu niedrigen Glukosespiegel eine ketotische Stoffwechsellaage.

Calcium und Phosphor sollten bestimmt werden, um eventuelle Unterschiede im Stoffwechsel dieser Minerale, die sich auf die Bodenbeschaffenheit zurückführen lassen, zu erkennen.

3.7 Fütterung

Zweimal täglich wurde den Tieren eine Totale Mischration (TMR) vorgelegt, die in einem Futtermischwagen der Fa.Walker zubereitet wurde. Der Rationsberechnung lagen folgende Tierdaten zugrunde:

- 700 kg Lebendgewicht
- 27 kg Milchleistung
- 4,0 % Fett
- 3,4 % Eiweiß

Die Rationsberechnung wurde mittels der Software Milliwin[®] durchgeführt, die Ration wurde je nach Wertigkeit der Einzelbestandteile zusammengestellt. Exemplarisch sei an dieser Stelle die Ration für die Wintermonate 2004 / 2005, erstellt am 6.12.2004, angefügt, die eine durchschnittliche, tägliche Rationsaufteilung pro Tier während der Versuchszeit darstellt:

- 15 kg Grassilage
- 21 kg Maissilage
- 0,5 kg Heu
- 0,5 kg Körnermais
- 1 kg Rapsschrot
- 1 kg Sojaschrot NT
- 1 kg Kraftfutter

Das Kraftfutter setzte sich wie folgt zusammen:

- 17,86 % Körnermais
- 25,00 % Wintergerste
- 28,57 % Winterweizen
- 25,00 % Sojaschrot NT
- 3,57 % Mineralfutter.

Zusätzlich erfolgte eine leistungsbezogene Kraftfutterzuteilung im AMS (s. Tab. 3-2).

3.8 Statistische Methoden

Die erhobenen Daten wurden mit Hilfe der Statistiksoftware SAS, Version 8.2 ausgewertet. Anhand einer GLM-Analyse wurden statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den fixen Effekten ermittelt.

Die Grenze für die Signifikanz der Least-Squares-Means wurde bei $p < 0,05$ festgelegt.

3.8.1 Statistische Modelle

Die folgenden statistischen Modelle wurden verwendet:

Modell für die Klauenmerkmale:

$$y_{ijkl} = \mu + G_i + A_j + G_i * A_j + K_k + e_{ijkl}$$

y_{ijkl} =	Beobachtungswert
μ =	Erwartungswert von y
G_i =	Genotyp (i = 1, 2)
A_j =	Aufstallung (j = 1, 2)
$G_i * A_j$ =	Interaktion G * A (i * j)
K_k =	Klaue (k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)
e_{ijkl} =	Restfehler

Modell für die Milchleistung:

$$y_{ijkl} = \mu + G_i + A_j + G_i * A_j + A_j * L_k + F_l + e_{ijklm}$$

y_{ijkl} =	Beobachtungswert
μ =	Erwartungswert von y
G_i =	Genotyp (i = 1, 2)
A_j =	Aufstallung (j = 1, 2)
$G_i * A_j$ =	Interaktion G * A (i * j)
$A_j * L_k$ =	Interaktion Aufstallung * Laktationstag (k = 1, 2, ..., 301) (j * k)
F_l =	Kraftfutter (l = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)
e_{ijklm} =	Restfehler

Modell für die Serumwerte:

$$y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + G_i * A_j + e_{ijk}$$

y_{ijk} =	Beobachtungswert
μ =	Erwartungswert von y
G_i =	Genotyp (i = 1, 2)
A_j =	Aufstallung (j = 1, 2)
$G_i * A_j$ =	Interaktion G * A (i * j)
e_{ijk} =	Restfehler

Die Klauenerkrankungen wurden prozentual ermittelt und angegeben.

4 Ergebnisse der eigenen Untersuchungen

4.1 Klauenmessungen und Klauenbefunde

4.1.1 Klauenmaße und Klauenwinkel

Die Tiere wurden während des Versuchs zufällig auf Versuchs- und Kontrollgruppe verteilt. Am Tag des Einstellens wurden die Klauen gepflegt und sowohl vor, als auch nach der Pflege vermessen. Tab. 4-1 zeigt die durchschnittlichen Maße der Klauen zu Versuchsbeginn vor der Pflege.

Trotz der zufälligen Verteilung lagen im Bereich der Dorsalwandlänge, der Sohlenbreite, des Ansatzes der Kehlung und des Winkels zwischen Dorsalwand und Sohle signifikante Unterschiede vor. Diese Unterschiede blieben auch nach der Pflege signifikant erhalten (s. Tab. 4-2). Daher wurden jeweils die Differenzen zwischen zwei Messpunkten zusätzlich aufgeführt und in die statistische Auswertung einbezogen.

Tab. 4-2 zeigt die Messwerte nach der Klauenpflege am Tag des Einstellens (Messung 1), die Messwerte am Tag 150 der Laktation (Messung 2) vor der Klauenpflege und deren Differenzen. Hieraus ergeben sich signifikante Unterschiede im Bereich der Dorsalwandlänge, der Wanddiagonalen und der beiden gemessenen Winkel im ersten Versuchsabschnitt. Bei der Betonbodengruppe ist eine Zunahme der Dorsalwandlänge von 0,95 cm zu verzeichnen, in der Gummibodengruppe von 1,38 cm. Dies entspricht einer im Durchschnitt 0,43 cm höheren Zunahme der Dorsalwandlänge auf Gummiboden im gleichen Zeitabschnitt. Hierzu stimmig vergrößert sich die Wanddiagonale der Gummibodengruppe signifikant gegenüber der Betonbodengruppe im gleichen Zeitabschnitt. Die Differenz der Wanddiagonalen beträgt in diesem Versuchsabschnitt bei der Betonbodengruppe 0,92 cm und bei der Gummibodengruppe 1,49 cm. Dies entspricht einer Verlängerung der Wanddiagonale auf Gummiboden von 0,57 cm gegenüber Betonboden.

Die Sohlenlänge beider Gruppen unterscheidet sich zu Versuchsbeginn nach der Pflege nicht signifikant. Bei Messung 2 vor der Pflege kann hier ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen mit einer größeren Sohlenlänge der Tiere auf Gummiboden festgestellt werden. Betrachtet man jedoch die Differenzen, zeigt sich mit einer Zunahme der Sohlenlänge auf Betonboden von 0,67 cm und 0,88 cm auf Gummiboden zwar ein Trend jedoch keine Signifikanz ($p = 0,0545$). Die Entwicklung des Ballens in Höhe und Länge scheint im ersten Versuchsabschnitt unabhängig von der Aufstallungsform zu verlaufen. Hier wurden keine signifikanten Unterschiede erkennbar.

Die Sohlenbreite unterschied sich in beiden Gruppen zu Versuchsbeginn statistisch signifikant. Dieser Unterschied blieb auch zum Zeitpunkt der zweiten Messung erhalten, die absolute Zunahme der Sohlenbreite unterschied sich jedoch nicht signifikant mit 0,19 cm bei der Betonbodengruppe und 0,18 cm bei der Gummibodengruppe.

Der Wert „Ansatz der Kehlung“ unterschied sich zu Versuchsbeginn ebenfalls signifikant. Nach dem ersten Versuchsabschnitt wurden annähernd gleiche Werte mit 4,96 cm bei der Betonbodengruppe und 5,02 cm bei der Gummibodengruppe erreicht und die Differenzen beider Messungen ergaben keinen statistisch signifikanten Unterschied.

Die Messung der Winkel ergab signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Der Winkel der Klauenspitze der Gummibodengruppe war zu Versuchsbeginn zwar bereits signifikant spitzer, durch die Auswertung der Differenzen wird aber ein signifikanter Unterschied der Dorsalwandwinkel beider Gruppen zum Zeitpunkt der zweiten Messung bestätigt.

Der Ballenwinkel zeigte zu Versuchsbeginn keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen. Zum Zeitpunkt der zweiten Messung vergrößerte sich der Ballenwinkel bei der Betonbodengruppe um $10,73^\circ$, bei der Gummibodengruppe um $15,82^\circ$ ($p = 0,0003$).

Tab. 4-1: Klauenmaße bei Versuchsbeginn; Messung 1, vor der Pflege

Merkmal	Betonboden	Gummiboden	Prüfkriterium
Dorsalwandlänge (cm)	8,17 ± 0,05	8,33 ±0,05	p = 0,0354
Ballenlänge (cm)	5,21 ± 0,07	5,28 ± 0,07	p = 0,4770
Ballenhöhe (cm)	6,05 ± 0,05	6,05 ± 0,05	p = 0,9651
Wanddiagonale (cm)	11,90 ± 0,07	11,87 ± 0,07	p = 0,7549
Sohlenlänge (cm)	10,66 ± 0,07	10,71 ± 0,07	p = 0,5777
Sohlenbreite (cm)	5,55 ± 0,03	5,47 ± 0,03	p = 0,0395
Ansatz der Kehlung (cm)	5,06 ± 0,07	4,79 ± 0,07	p = 0,0046
Winkel Spitze (°)	46,72 ± 0,33	45,76 ± 0,33	p = 0,0384
Winkel Ballen (°)	122,09 ± 1,06	122,12 ± 1,08	p = 0,9876

Signifikante Unterschiede sind „fett“ hervorgehoben, Signifikanzgrenze $p < 0,05$.

Tab. 4-2: Messwerte Messung 1 nach der Pflege, Messung 2 vor der Pflege und deren Differenzen. Signifikante Unterschiede sind „fett“ hervorgehoben, Signifikanzgrenze $p < 0,05$.

Merkmal	Messung 1 nach der Pflege			Messung 2 vor der Pflege			Differenz		
	Beton- boden	Gummi- boden	Prüf- kriterium	Beton- boden	Gummi- boden	Prüf- kriterium	Beton- boden	Gummi- boden	Prüf- kriterium
Dorsalwandlänge (cm)	7,66 $\pm 0,04$	7,95 $\pm 0,04$	$p < 0,0001$	8,61 $\pm 0,05$	9,33 $\pm 0,05$	$p < 0,0001$	0,95 $\pm 0,04$	1,38 $\pm 0,04$	$p < 0,0001$
Ballenlänge (cm)	5,23 $\pm 0,06$	5,20 $\pm 0,06$	$p = 0,7715$	5,91 $\pm 0,06$	6,04 $\pm 0,06$	$p = 0,1363$	0,68 $\pm 0,07$	0,83 $\pm 0,07$	$p = 0,1243$
Ballenhöhe (cm)	5,90 $\pm 0,05$	5,92 $\pm 0,05$	$p = 0,8269$	6,59 $\pm 0,05$	6,65 $\pm 0,05$	$p = 0,4031$	0,69 $\pm 0,06$	0,74 $\pm 0,06$	$p = 0,5641$
Wanddiagonale (cm)	11,44 $\pm 0,06$	11,41 $\pm 0,07$	$p = 0,1565$	12,36 $\pm 0,06$	12,90 $\pm 0,06$	$p < 0,0001$	0,92 $\pm 0,07$	1,49 $\pm 0,07$	$p < 0,0001$
Sohlenlänge (cm)	10,31 $\pm 0,06$	10,35 $\pm 0,06$	$p = 0,6248$	10,96 $\pm 0,07$	11,22 $\pm 0,07$	$p = 0,0099$	0,67 $\pm 0,08$	0,88 $\pm 0,08$	$p = 0,0545$
Sohlenbreite (cm)	5,53 $\pm 0,03$	5,42 $\pm 0,03$	$p = 0,0030$	5,72 $\pm 0,03$	5,61 $\pm 0,03$	$p = 0,0027$	0,19 $\pm 0,02$	0,18 $\pm 0,02$	$p = 0,6644$
Ansatz der Kehlung (cm)	4,93 $\pm 0,06$	4,71 $\pm 0,06$	$p = 0,0149$	4,96 $\pm 0,06$	5,02 $\pm 0,08$	$p = 0,5656$	0,06 $\pm 0,09$	0,28 $\pm 0,09$	$p = 0,0761$
Winkel Spitze (°)	47,35 $\pm 0,28$	46,05 $\pm 0,29$	$p = 0,0013$	46,12 $\pm 0,28$	43,44 $\pm 0,28$	$p < 0,0001$	-1,21 $\pm 0,32$	-2,69 $\pm 0,32$	$p = 0,0011$
Winkel Ballen (°)	120,86 $\pm 1,01$	123,11 $\pm 1,04$	$p = 0,1212$	131,78 $\pm 0,50$	138,90 $\pm 0,51$	$p < 0,0001$	10,73 $\pm 0,98$	15,82 $\pm 1,01$	$p = 0,0003$

Tab. 4-3: Messwerte Messung 2 nach der Pflege, Messung 3 vor der Pflege und deren Differenzen. Signifikante Unterschiede sind „fett“ hervorgehoben, Signifikanzgrenze $p < 0,05$.

Merkmal	Messung 2 nach der Pflege			Messung 3 vor der Pflege			Differenz		
	Beton- boden	Gummi- boden	Prüf- kriterium	Beton- boden	Gummi- boden	Prüf- kriterium	Beton- boden	Gummi- boden	Prüf- kriterium
Dorsalwandlänge (cm)	7,77 ± 0,03	7,92 ± 0,03	p < 0,0001	8,72 ± 0,05	9,23 ± 0,05	p < 0,0001	0,97 ± 0,04	1,32 ± 0,04	p < 0,0001
Ballenlänge (cm)	5,54 ± 0,06	5,49 ± 0,06	p = 0,5295	6,14 ± 0,05	6,52 ± 0,05	p < 0,0001	0,61 ± 0,06	1,04 ± 0,06	p < 0,0001
Ballenhöhe (cm)	6,20 ± 0,05	6,06 ± 0,05	p = 0,0270	6,93 ± 0,04	7,10 ± 0,04	p = 0,0028	0,73 ± 0,04	1,05 ± 0,04	p < 0,0001
Wanddiagonale (cm)	11,61 ± 0,04	11,66 ± 0,04	p = 0,4217	12,63 ± 0,06	12,87 ± 0,06	p = 0,0021	1,03 ± 0,06	1,23 ± 0,06	p = 0,0129
Sohlenlänge (cm)	10,33 ± 0,06	10,20 ± 0,06	p = 0,1126	10,82 ± 0,07	11,06 ± 0,07	p = 0,0165	0,48 ± 0,07	0,87 ± 0,07	p < 0,0001
Sohlenbreite (cm)	5,70 ± 0,03	5,64 ± 0,03	p = 0,1925	5,80 ± 0,03	5,68 ± 0,03	p = 0,0040	0,09 ± 0,02	0,05 ± 0,02	p = 0,1858
Ansatz der Kehlung (cm)	5,29 ± 0,07	5,28 ± 0,07	p = 0,9349	5,38 ± 0,06	5,40 ± 0,06	p = 0,7922	0,07 ± 0,08	0,11 ± 0,08	p = 0,6601
Winkel Spitze (°)	47,46 ± 0,24	45,77 ± 0,24	p < 0,0001	46,77 ± 0,29	44,20 ± 0,29	p < 0,0001	-0,67 ± 0,30	-1,66 ± 0,30	p = 0,0204
Winkel Ballen (°)	130,55 ± 0,37	131,59 ± 0,46	p = 0,0790	134,37 ± 0,36	141,43 ± 0,37	p < 0,0001	4,60 ± 0,59	9,38 ± 0,60	p < 0,0001

Tab. 4-3 gibt die Messwerte des zweiten Versuchsabschnitts wieder, Messung 2 (150. Laktationstag) nach der Klauenpflege, Messung 3 (305. Laktationstag, Versuchsende) vor der Klauenpflege und deren Differenzen.

Die Daten des zweiten Versuchsabschnitts bestätigen die Veränderungen am Hornschuh im ersten Versuchsabschnitt.

Dorsalwandlänge, Wanddiagonale und die gemessenen Winkel unterschieden sich signifikant.

Zusätzlich wiesen die Merkmale Ballenlänge, Ballenhöhe und Sohlenlänge im zweiten Versuchsabschnitt signifikant höhere Werte in der Gummibodengruppe auf.

Die Differenzen im Bereich der Dorsalwandlänge im zweiten Versuchsabschnitt zeigten ähnliche Ergebnisse wie im ersten Versuchsabschnitt. Bei der Betonbodengruppe war eine Zunahme von 0,97 cm und bei der Gummibodengruppe von 1,32 cm zu verzeichnen. Dies bedeutete einen Unterschied von 0,35 cm ($p < 0,0001$).

Die Wanddiagonale bestätigte im zweiten Versuchsabschnitt das Ergebnis des ersten Versuchsabschnitts. Auch im zweiten Versuchsabschnitt erfolgte eine signifikant größere Zunahme der Wanddiagonallänge der Klauen auf Gummiboden, obwohl die Differenz geringer ausfiel als im ersten Versuchsabschnitt (Beton: 1,03 cm, Gummi: 1,23 cm, $p = 0,0129$).

Die Sohlenlänge unterschied sich im zweiten Versuchsabschnitt signifikant zwischen beiden Gruppen. Während die Betonbodengruppe eine Zunahme der Sohlenlänge von 0,48 cm verzeichnete, fand in der Gummibodengruppe eine Verlängerung von 0,87 cm statt ($p < 0,0001$).

Im zweiten Versuchsabschnitt unterschied sich auch die Entwicklung des Ballens zwischen beiden Gruppen signifikant. Sowohl Höhe als auch Länge nahmen in der Gummibodengruppe signifikant mehr zu als in der Betonbodengruppe. Die Ballenlänge nahm in der Betonbodengruppe um 0,61 cm zu, in der Gummibodengruppe um 1,04 cm ($p < 0,0001$). Die Ballenhöhe verhielt sich ähnlich und nahm in der Betonbodengruppe um 0,73 cm und in der Gummibodengruppe um 1,05 cm zu ($p < 0,0001$).

Die Werte „Ansatz der Kehlung“ und „Sohlenbreite“ unterschieden sich in ihrer Entwicklung, wie bereits im ersten Versuchsabschnitt auch im zweiten Versuchsabschnitt nicht signifikant.

Die Klauenwinkel bestätigten im zweiten Versuchsabschnitt die Ergebnisse des ersten Versuchsabschnitts. Der Dorsalwandwinkel erfuhr in der Gummibodengruppe eine größere Zuspitzung als in der Betonbodengruppe, wenn auch in geringerem Maße als im ersten Versuchsabschnitt (Beton: - 0,67°, Gummi: - 1,66°, $p = 0,0204$).

Der Ballenwinkel vergrößerte sich in der Gummibodengruppe signifikant gegenüber der Betonbodengruppe, aber auch hier fiel die Differenz im zweiten Versuchsabschnitt geringer aus als im ersten Versuchsabschnitt (Beton: 4,60°, Gummi: 9,38°, $p < 0,0001$).



Abb. 4-1: *Rechter Hinterfuß einer Kuh, 2. Laktation , Messung 3 vor der Pflege, Gummibodenaufstallung, Dorsalwand erscheint deutlich verlängert, Winkel zwischen Dorsalwand und Sohle sehr spitz, Ballenwinkel vergrößert.*



Abb. 4-2: *Rechter Hinterfuß einer Kuh, 2. Laktation, Messung 3 vor der Pflege, Betonbodenaufstallung, Klaue erscheint gut proportioniert und gewinkelt*



Abb. 4-3: Klauen einer Kuh, 1. Laktation, Messung 2 vor der Pflege, Gummibodenaufstallung, Dorsalwandlänge deutlich verlängert



Abb. 4-4: Klauen einer Kuh, 1. Laktation, Messung 2 vor der Pflege, Betonbodenaufstallung, Klauen erscheinen gut proportioniert



Abb. 4-5: *Gliedmaßenwinkelung der Hinterhand einer Kuh, 1. Laktation, 2. Messung vor der Pflege, Gummibodenaufstallung, Ballen vermehrt belastet*

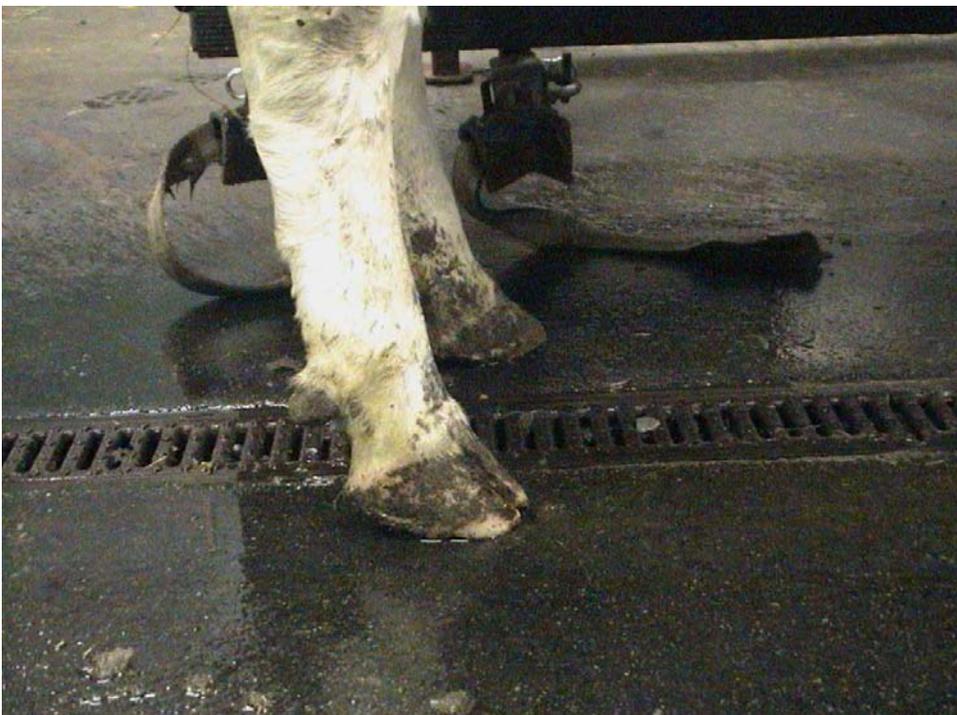


Abb. 4-6: *Gliedmaßenwinkelung der Hinterhand einer Kuh, 1. Laktation, 2. Messung vor der Pflege, Betonbodenaufstallung, physiologische Belastung der Klaue.*



Abb. 4-7: Klaue, hinten rechts, Kuh, 1. Laktation, Messung 2 vor der Pflege, Gummibodenaufstallung; Sohlenfläche weist ein deutliches Relief auf, nur geringgradiger Abrieb



Abb. 4-8: Klaue, hinten rechts, Kuh, 1. Laktation, Messung 2 vor der Pflege, Betonbodenaufstallung; Sohlenfläche mit deutlichem Abrieb

Die Abb. 4-1- 4-8 zeigen Fotos von Klauen verschiedener Tiere aus beiden Aufstallungssystemen bei unterschiedlichen Messungen. Die Aussagen der statistischen Auswertung des Datenmaterials lassen sich hieran gut nachvollziehen.

4.1.2 Härtemessung

Die Härtemessung wurde bei allen drei Messungen jeweils vor der Klauenpflege vorgenommen. Tab. 4-4 zeigt die durchschnittlichen Messwerte aller drei Messungen. Die Härtemesspunkte entsprechen den Angaben in den Übersichten 3-1 und 3-2.

Tab. 4-4: Härtemesswerte bei Messung 1, 2 und 3, vor der Pflege. Die Härtemesspunkte entsprechen den Angaben in Abb. 3-17 und 3-18; Signifikante Unterschiede sind „fett“ hervorgehoben, Signifikanzgrenze $p < 0,05$.

Härtemesspunkt	Messung 1 vor der Pflege			Messung 2 vor der Pflege			Messung 3 vor der Pflege		
	Betonboden	Gummiboden	Prüfkriterium	Betonboden	Gummiboden	Prüfkriterium	Betonboden	Gummiboden	Prüfkriterium
1	50,35 ± 1,04	54,96 ± 1,05	p = 0,0020	55,07 ± 0,93	52,03 ± 0,94	p = 0,0219	55,50 ± 0,96	51,02 ± 0,97	p = 0,0012
2	42,14 ± 1,30	46,17 ± 1,42	p = 0,0356	35,82 ± 0,78	36,23 ± 0,85	p = 0,7229	38,15 ± 0,69	36,82 ± 0,70	p = 0,1736
3	41,49 ± 1,08	42,93 ± 1,10	p = 0,3500	37,07 ± 0,71	34,72 ± 0,72	p = 0,0200	38,00 ± 0,74	34,51 ± 0,74	p = 0,0009
4	49,29 ± 1,17	51,85 ± 1,19	p = 0,1265	50,48 ± 0,95	42,98 ± 0,96	p < 0,0001	54,03 ± 0,96	48,69 ± 0,97	p < 0,0001
5	46,37 ± 1,16	50,08 ± 1,18	p = 0,0256	43,32 ± 0,86	41,35 ± 0,87	p = 0,1076	46,00 ± 0,87	42,67 ± 0,88	p = 0,0076
6	40,47 ± 0,98	42,36 ± 0,99	p = 0,1753	33,15 ± 0,58	31,61 ± 0,58	p = 0,0607	34,72 ± 0,64	32,43 ± 0,65	p = 0,0123
7	40,22 ± 1,01	43,28 ± 1,02	p = 0,0334	39,19 ± 0,66	39,31 ± 0,66	p = 0,9024	41,37 ± 0,66	40,49 ± 0,67	p = 0,3466
8	48,43 ± 1,04	50,54 ± 1,06	p = 0,1555	44,27 ± 0,70	45,54 ± 0,70	p = 0,2015	45,26 ± 0,79	44,54 ± 0,80	p = 0,5199

Die Werte von Messung 1 zeigen trotz zufälliger Verteilung der Tiere signifikante Unterschiede an den Härtemesspunkten 1, 2, 5 und 7. Hier sind jeweils die Klauen der Gummibodengruppe härter als die der Kontrollgruppe auf Betonboden.

Zum Zeitpunkt von Messung 2 (150. Laktationsatg) zeigen sich an den Härtemesspunkten 1, 3, und 4 signifikant niedrigere Messwerte an den Klauen der Gummibodengruppe. In diesen Bereichen liegt also ein weicherer Horn vor als bei der Kontrollgruppe auf Betonboden.

Zum Zeitpunkt von Messung 3 (305. Laktationstag, Versuchsende) wird das Ergebnis der zweiten Messung an den Messpunkten 1, 3 und 4 bestätigt, und es zeigen sich zusätzlich signifikant niedrigere Werte bei den Klauen der Gummibodengruppe an den Härtemesspunkten 5 und 6.

Zur besseren Übersicht sind die signifikant unterschiedlichen Punkte von Messung 2 und 3 in den Abb. 4-9 und 4-10 noch einmal bildlich dargestellt.

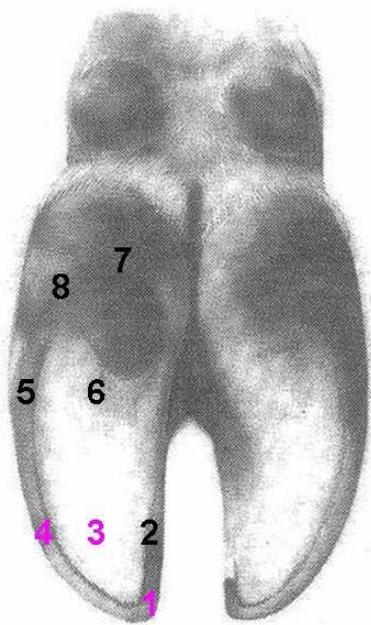


Abb. 4-9: Signifikant weichere Härtemesspunkte zum Zeitpunkt der 2. Messung (pink dargestellt) auf Gummiboden im Vergleich zu Betonboden

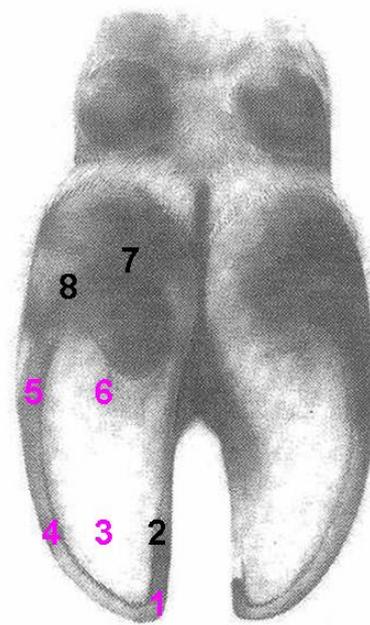


Abb. 4-10: Signifikant weichere Härtemesspunkte zum Zeitpunkt der 3. Messung (pink dargestellt) auf Gummiboden im Vergleich zu Betonboden

4.1.3 Klauenbefunde

Im Folgenden werden die Auswertungen der Befunde besprochen, die bei den festgelegten Messungen beobachtet wurden. Dies bedeutet, dass in den folgenden Auswertungen keine Befunde von Tieren enthalten sind, die durch klinische Lahmheit zwischen den Messungen aufgefallen sind und behandelt werden mussten.

Tab. 4-5: Übersicht der erhobenen Befunde bei Messung 1, 2 und 3, angegeben in absoluter Anzahl betroffener Tiere

Befunde	Messung 1		Messung 2		Messung 3	
	Betonboden	Gummiboden	Betonboden	Gummiboden	Betonboden	Gummiboden
Dermatitis Digitalis	4	6	5	11	8	14
Ballenhornfäule	7	2	7	14	17	12
RHSG, einfach	1	0	3	6	0	1
Druckstelle distal tiefe Beugesehne	0	1	5	8	1	1
Limax	1	1	0	0	2	2
Sohlenwandgeschwür	0	0	2	0	0	1
Reheassoziierte Veränderungen	1	1	10	8	5	4
Tiere mit Befunden	10	9	18	22	20	19
Anzahl Tiere gesamt	27	26	27	26	27	26

4.1.3.1 Dermatitis Digitalis

Abb. 4-11 stellt die Anzahl der von Dermatitis Digitalis betroffenen Tiere prozentual dar. Aus der Abbildung geht hervor, dass trotz zufälliger Verteilung der Tiere zu Versuchsbeginn verhältnismäßig mehr Tiere mit Dermatitis Digitalis – typischen Läsionen auf dem Gummiboden eingestallt wurden. Der Anteil betroffener Tiere stieg bis zur zweiten Messung von 23% auf 42% und bis zur dritten Messung auf 53%. Auf Betonboden zeigte sich ebenso eine stetige Zunahme der Anzahl betroffener Tiere. Die Inzidenz stieg hier von 14% (Messung 1), über 18% (Messung 2), auf 29% (Messung 3). Die absoluten Zahlen der betroffenen Tiere sind in Tab. 4-5 aufgeführt.

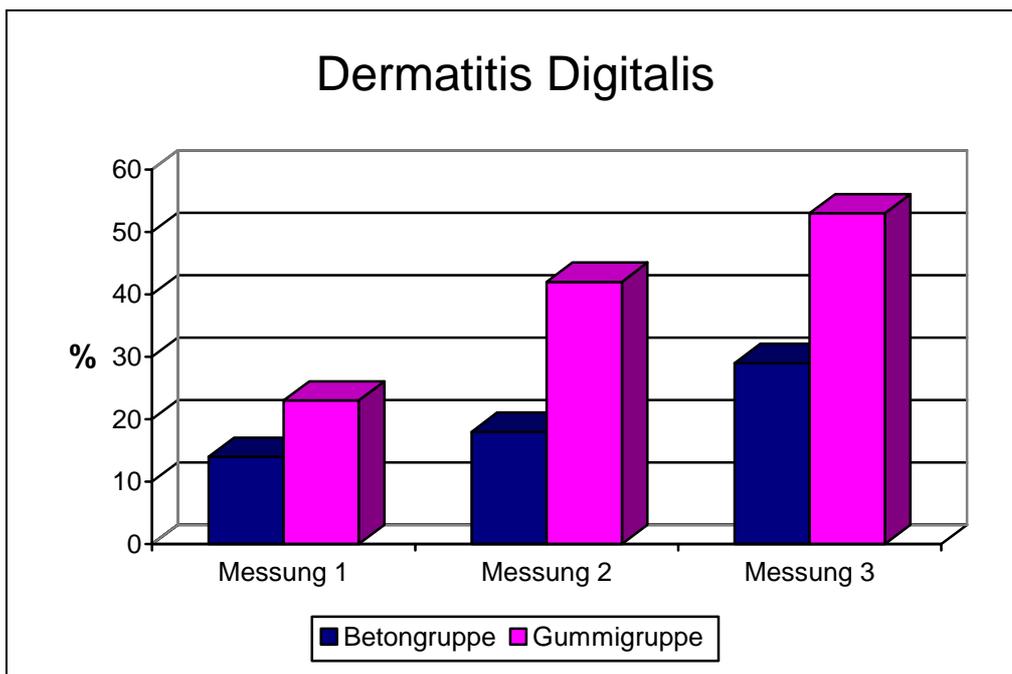


Abb. 4-11: *Prozentualer Anteil an Tieren mit Dermatitis Digitalis bei Messung 1, 2 und 3*

4.1.3.2 Ballenhornfäule

Der prozentuale Anteil von Ballenhornfäule betroffener Tiere ist in Abb. 4-12 dargestellt. Bei diesem Merkmal lagen zu Versuchsbeginn, trotz zufälliger Verteilung, deutlich mehr Befunde in der Kontrollgruppe auf Betonboden vor (Messung 1: Beton 25%; Gummi 7%). Während in der Kontrollgruppe der Anteil betroffener Tiere bis zur zweiten Messung mit 25% konstant bleibt, erhöht er sich in der Versuchsgruppe auf Gummiboden auf 53%. Zum Zeitpunkt der dritten Messung lag der Anteil betroffener Tiere bei der Betonbodengruppe bei 62% und bei der Gummibodengruppe bei 46%. Die absoluten Zahlen betroffener Tiere sind in Tab. 4-5 dargestellt.

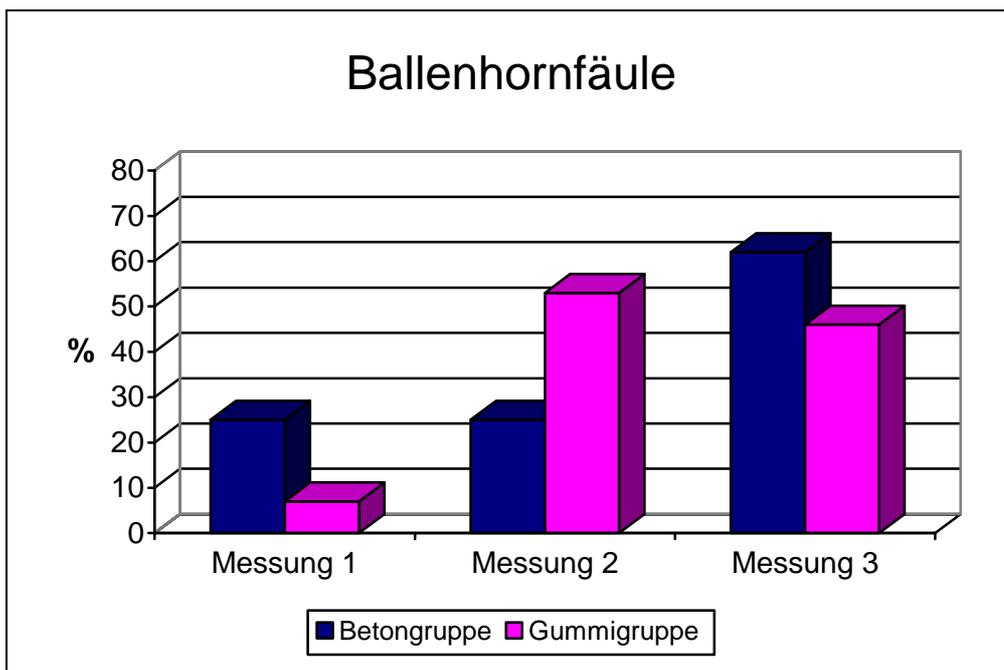


Abb. 4-12: *Prozentualer Anteil an Tieren mit Ballenhornfäule bei Messung 1, 2 und 3*

4.1.3.3 Rusterholzsches Sohlengeschwür und Druckstellen distal des Ansatzes der tiefen Beugesehne

Abb. 4-13 stellt den prozentualen Anteil von Tieren dar, die den Befund eines einfachen RHSG aufwiesen. Zu Versuchsbeginn waren in der Betonbodengruppe 3% der Tiere betroffen, in der Gummibodengruppe 0%. Zum Zeitpunkt der zweiten Messung erhöhte sich der Anteil betroffener Tiere in der Betonbodengruppe auf 11% und in der Gummibodengruppe auf 23%. Bei Versuchsende konnten in der Betonbodengruppe keine RHSG mehr nachgewiesen werden, in der Gummibodengruppe lediglich noch 3%. Die absoluten Zahlen betroffener Tiere sind in Tab. 4-5 aufgeführt.

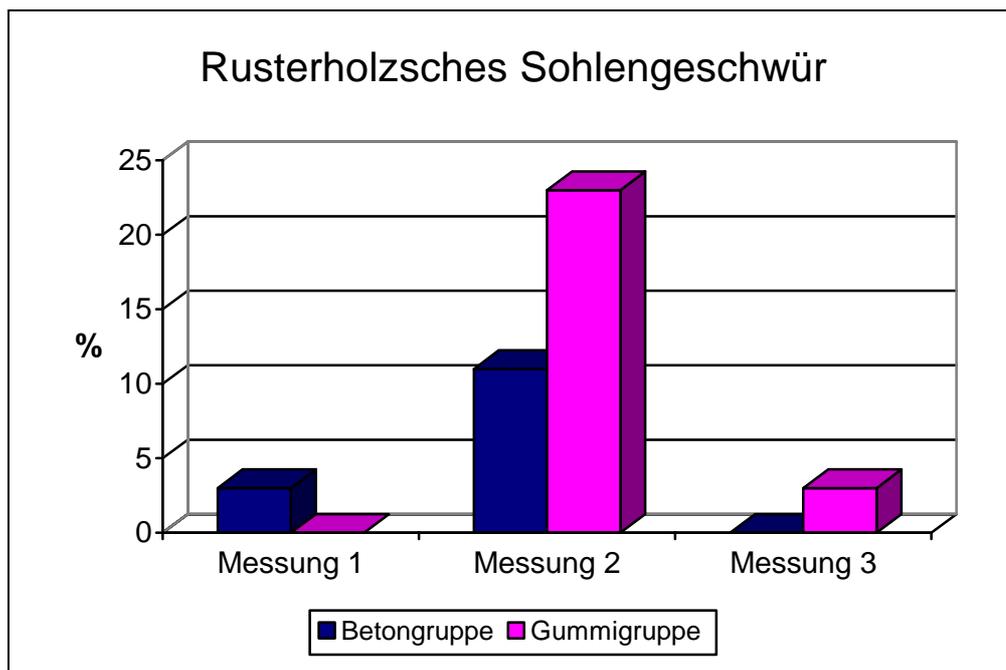


Abb. 4-13: *Prozentualer Anteil an Tieren mit einem Rusterholzsches Sohlengeschwür bei Messung 1, 2 und 3*

Vermeehrt konnten während der Klauenpflege Einblutungen im Horn distal vom Ansatzpunkt der tiefen Beugesehne festgestellt werden, die im folgenden als Druckstelle bezeichnet werden und als Vorläufer eines RHSG angesehen werden können (COLLICK, 1997).

Daher ist ihre Inzidenz in Abb. 4-14 aufgeführt. Die Verteilung dieser Druckstellen ähnelt der Inzidenz des RHSG. Zu Versuchsbeginn (Messung 1: Beton 0%, Gummi 3%) und zum Ende des Versuchs (Messung 3: Beton 3%, Gummi 3%) traten nur vereinzelt Druckstellen auf. Zum Zeitpunkt der zweiten Messung häuften sich Druckstellen mit 18% betroffener Tiere auf Betonboden und 30% betroffener Tiere auf Gummiboden.

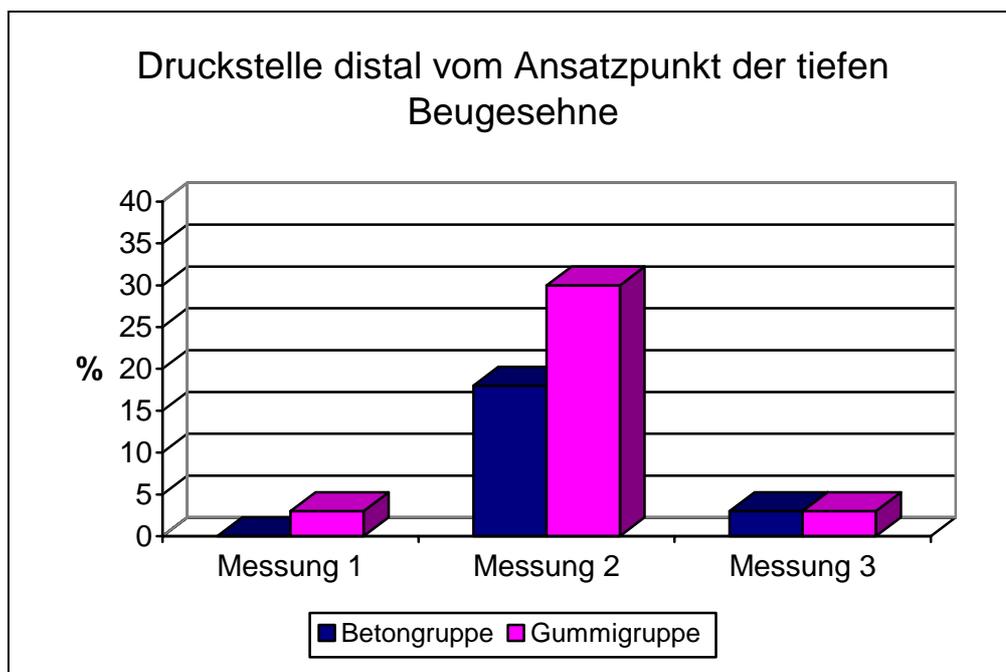


Abb. 4-14: *Prozentualer Anteil an Tieren mit einer Druckstelle im Horn distal vom Ansatzpunkt der tiefen Beugesehne bei Messung 1, 2 und 3*

4.1.3.4 Rehe

Abb. 4-15 zeigt den prozentualen Anteil an Tieren mit reheassozierten Veränderungen des Hornschuhs. Hierunter fallen v. a. Einblutungen in das Horn der Fußungsfläche und Veränderungen im Bereich der Weißen Linie. Die absolute Anzahl betroffener Tiere ist in Tab. 4-5 aufgeführt.

Die Verteilung der Inzidenz reheassoziierter Veränderungen am Hornschuh zeigte eine deutliche Häufung der Befunde zum Zeitpunkt der zweiten Messung (Beton 37%, Gummi 30%). Bei Versuchsbeginn waren in der Betonbodengruppe lediglich 3% und in der Gummibodengruppe 7% der Tiere diesbezüglich auffällig. Zum Ende des Versuchs wurden noch Veränderungen bei 18% der Tiere der Betonbodengruppe und bei 15% der Tiere der Gummibodengruppe festgestellt.

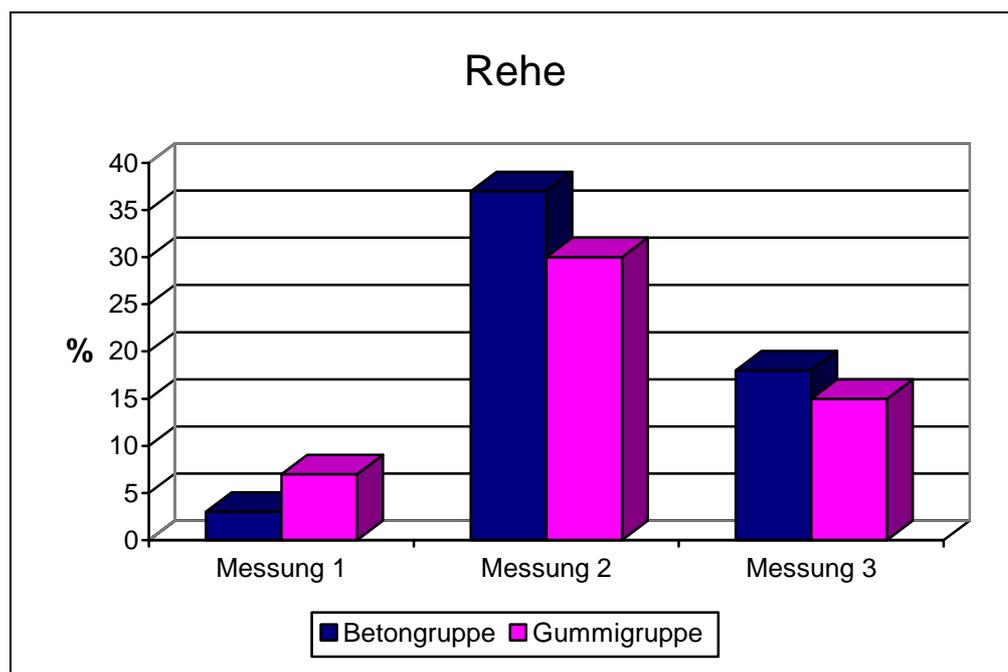


Abb. 4-15: *Prozentualer Anteil an Tieren mit reheassozierten Veränderungen am Hornschuh bei Messung 1, 2 und 3*

4.1.3.5 Sohlenwandgeschwür

Abb. 4-16 zeigt den prozentualen Anteil an Tieren, die zum Zeitpunkt der Messung 1, 2 oder 3 ein Sohlenwandgeschwür aufwiesen. Die absolute Anzahl an Tieren ist in Tab. 4-5 aufgeführt.

Sohlenwandgeschwüre kamen in beiden Gruppen im gesamten Versuchszeitraum nur vereinzelt vor. Zum Zeitpunkt von Messung 1 lag die Inzidenz in beiden Gruppen bei 0%. Zum Zeitpunkt der zweiten Messung lag der Anteil betroffener Tiere in der Betonbodengruppe bei 7% und in der Gummibodengruppe weiterhin bei 0%, bei der dritten Messung wurde bei keinem der Tiere der Betonbodengruppe und bei 3% der Tiere der Gummibodengruppe ein Sohlenwandgeschwür festgestellt.

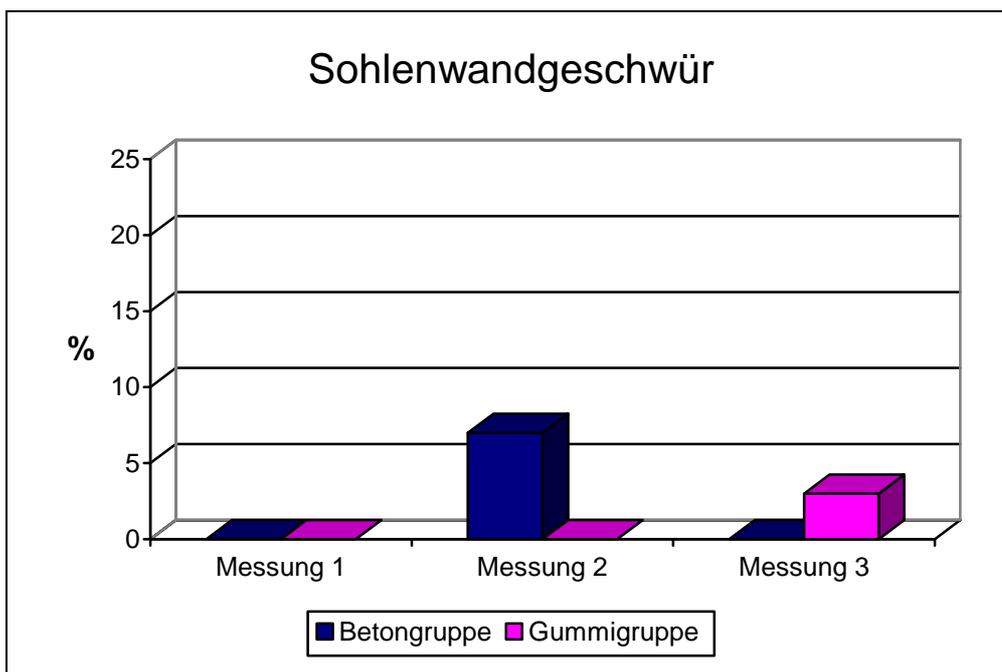


Abb. 4-16: *Prozentualer Anteil an Tieren mit einem Sohlenwandgeschwür bei Messung 1, 2 und 3*

4.1.3.6 Limax

Abb. 4-17 zeigt den prozentualen Anteil an Tieren, die zum Zeitpunkt der Messungen 1, 2 oder 3 eine Limax aufwiesen. Die absolute Anzahl an Tieren ist in Tab. 4-5 aufgeführt.

Eine Limax konnte in beiden Gruppen im gesamten Versuchszeitraum nur vereinzelt festgestellt werden. Zum Zeitpunkt von Messung 1 lag die Inzidenz in beiden Gruppen bei 3%. Zum Zeitpunkt der zweiten Messung konnte in keiner der beiden Gruppen eine Limax festgestellt werden und zum Zeitpunkt der dritten Messung waren in beiden Gruppen 7% der Tiere betroffen.

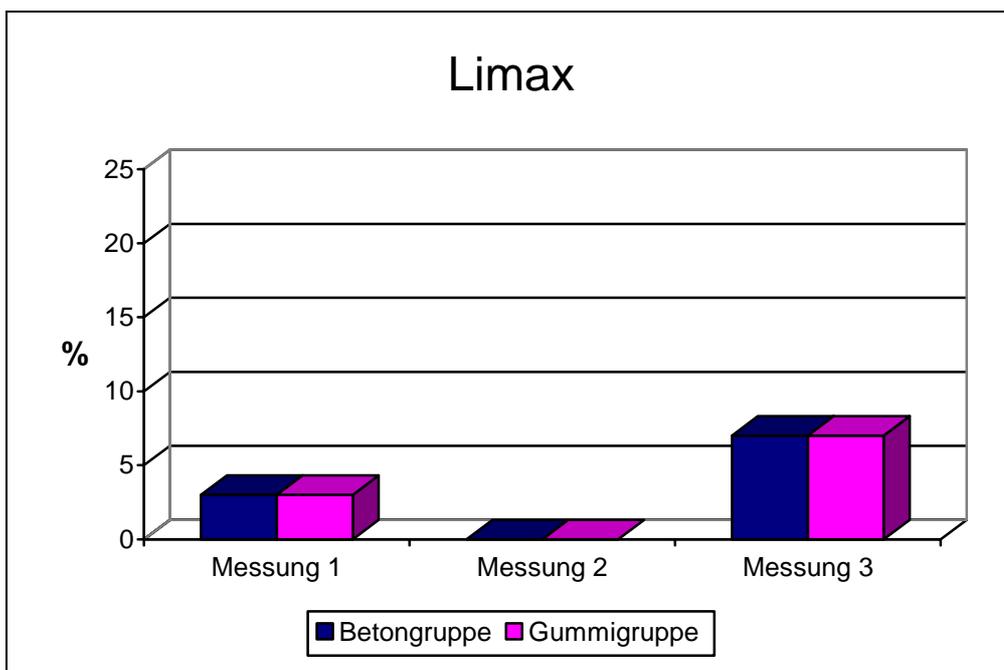


Abb. 4-17: Prozentualer Anteil an Tieren mit einer Limax bei Messung 1, 2 und 3

4.1.3.7 Zusammenfassung der Befunde, die bei den Messungen erfasst wurden

In Abb. 4-18 ist der prozentuale Anteil der Tieren dargestellt, die bei Messung 1, 2 und 3 einen oder mehrere Befunde aufwiesen. Die absolute Anzahl an Tieren ist in Tab. 4-5 aufgeführt.

Bei Versuchsbeginn lag der prozentuale Anteil an Tieren mit Befunden bei beiden Gruppen annähernd gleich hoch (Beton 37%, Gummi 34%). Zum Zeitpunkt der zweiten Messung stieg der Anteil erkrankter Tiere in der Betonbodengruppe auf 66% und in der Gummibodengruppe auf 84%. Bei der dritten Messung stieg der Anteil betroffener Tiere in der Betonbodengruppe weiterhin auf 74%, während er in der Gummibodengruppe auf 73% abfiel.

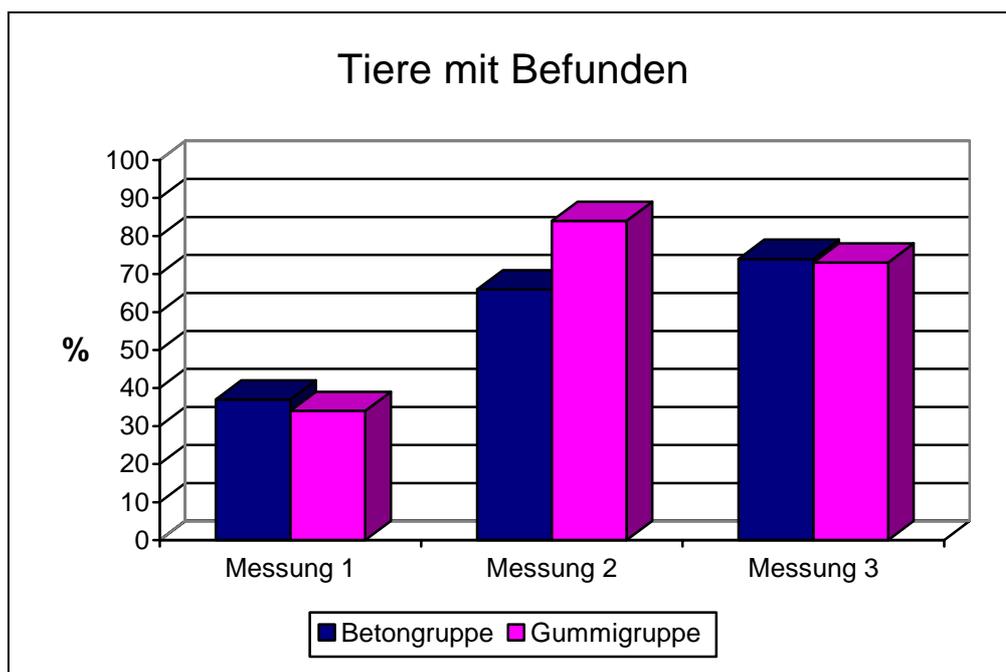


Abb. 4-18: *Prozentualer Anteil an Tieren die bei Messung 1, 2 oder 3 einen oder mehr Befunde aufwiesen*

4.1.4 Akute Lahmheiten

Alle Tiere des Versuchs, die eine akute Lahmheit aufwiesen, wurden umgehend in den Klauenstand verbracht und die entsprechenden Füße wurden untersucht und behandelt.

Tab. 4-6 zeigt eine Aufstellung der absoluten Zahlen der Tiere, die außerhalb des vorgegebenen Klauenpflegeintervalls durch eine Lahmheit auffällig wurden und behandelt werden mussten. Abb. 4-19 zeigt die prozentualen Anteile an aufgetretenen Erkrankungen auf.

Insgesamt fielen in der Betonbodengruppe 6 Tiere (22%) und in der Gummibodengruppe 7 Tiere (26%) durch eine akute Lahmheit auf (s. Abb. 4-20).

Tab. 4-6: *Anzahl an Tieren mit akuten Lahmheiten zwischen den vorgegebenen Pflegeintervallen in absoluten Zahlen*

Befund	Betonboden	Gummiboden
RHSG, einfach	2	1
Sohlenwandgeschwür	1	3
Rehe	1	2
Limax	1	1
Phlegmona interdigitalis	1	0
Akute Lahmheiten gesamt	6	7

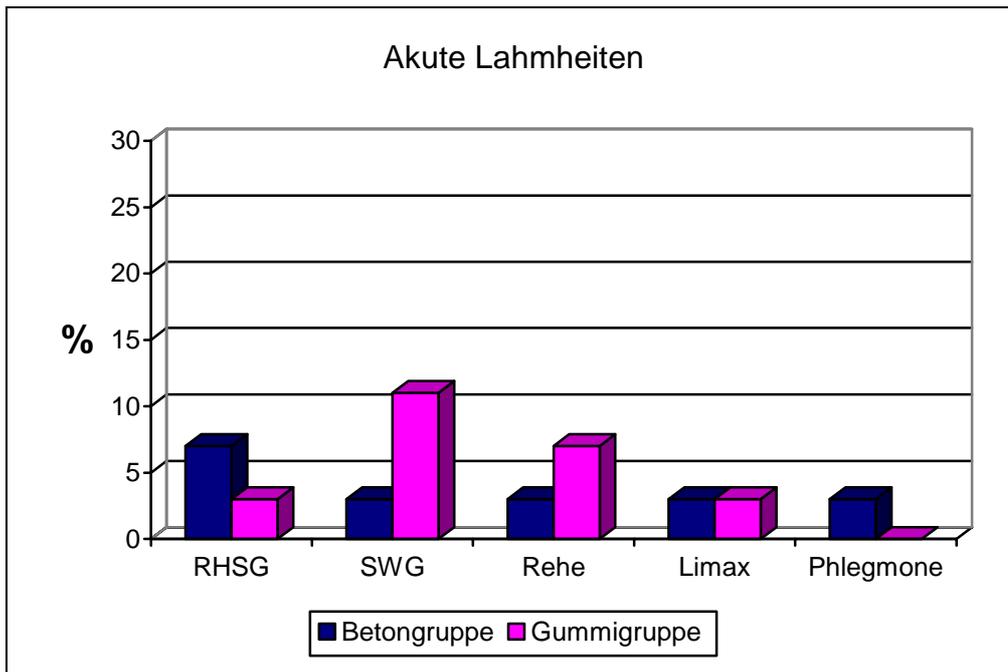


Abb. 4-19: Anteil und Diagnosen akuter Lahmheiten in Versuchs- und Kontrollgruppe

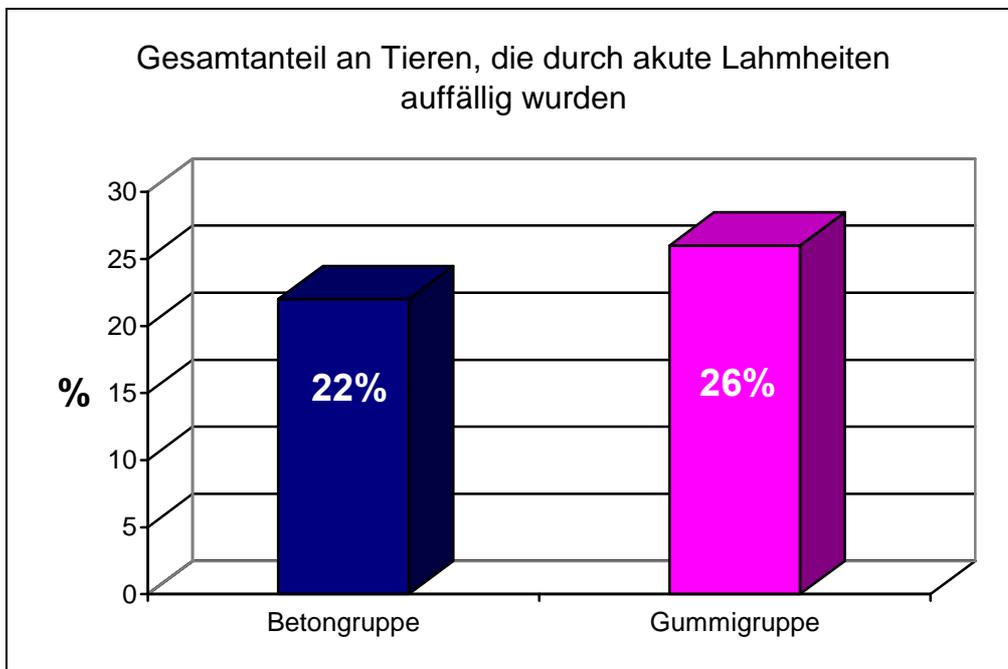


Abb. 4-20: Gesamtanteil an Tieren in Versuchs- und Kontrollgruppe, die durch akute Lahmheiten auffällig wurden

4.2 Ergebnisse der Blutprobenauswertung

4.2.1 Glucose

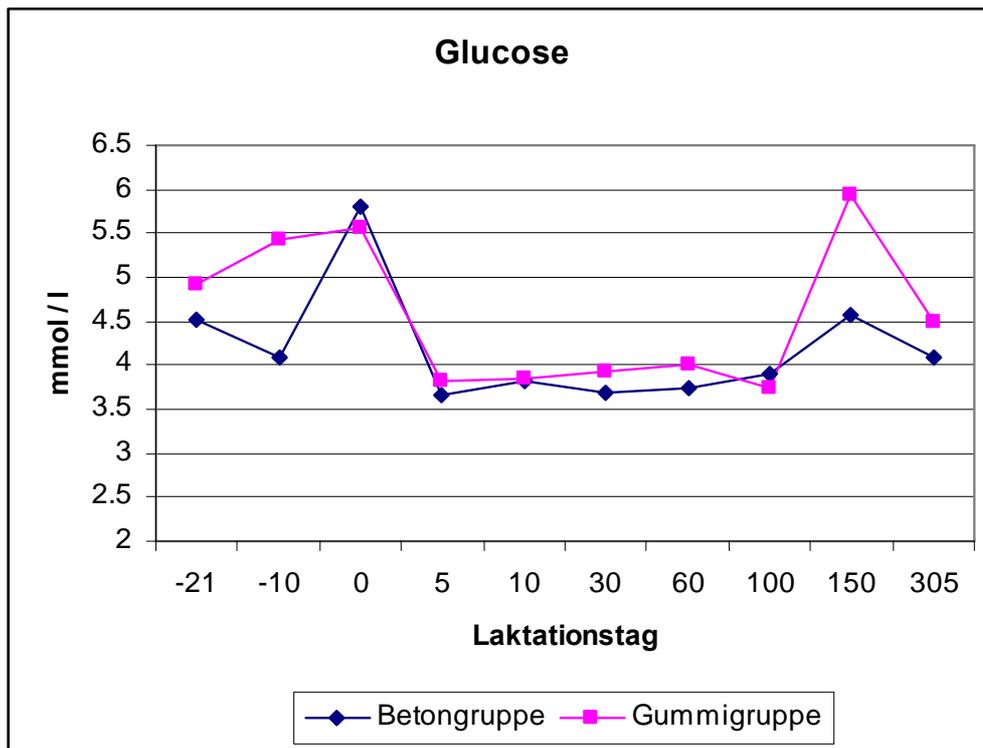


Abb. 4-21: Darstellung des Verlaufs der Glucosewerte über den Versuchszeitraum. Referenzbereich 3,9-6,6 mmol/l

Abb. 4-21 zeigt den Verlauf der Glucosewerte beider Gruppen über den gesamten Versuchszeitraum.

Hierbei zeigte sich ein deutlicher Abfall des Glucosespiegels mit Einsetzen der Laktation. Die Werte bewegten sich in beiden Gruppen vom Tag 5 bis zum Tag 100 im Bereich zwischen 3,5 und 4 mmol / l, befanden sich also an der unteren Schwelle des Referenzbereichs, bzw. lagen teilweise im hypoglykämischen Bereich. Am Tag 150 der Laktation war bei beiden Gruppen ein Anstieg des Glucosespiegels zu verzeichnen, der bei der Betonbodengruppe geringer ausfiel als bei der Gummibodengruppe. Am Tag 305 der Laktation lag der Glucosespiegel bei beiden Gruppen wiederum unter dem Wert vom Tag 150, wobei der durchschnittliche Glucosewert der Gummibodengruppe mit 4,5 mmol /

l etwas höher lag als bei der Betonbodengruppe mit 4,1 mmol / l. Beide Gruppen blieben aber innerhalb des Referenzbereichs von 3,9-6,6 mmol/l.

4.2.2 Gesamt-Bilirubin

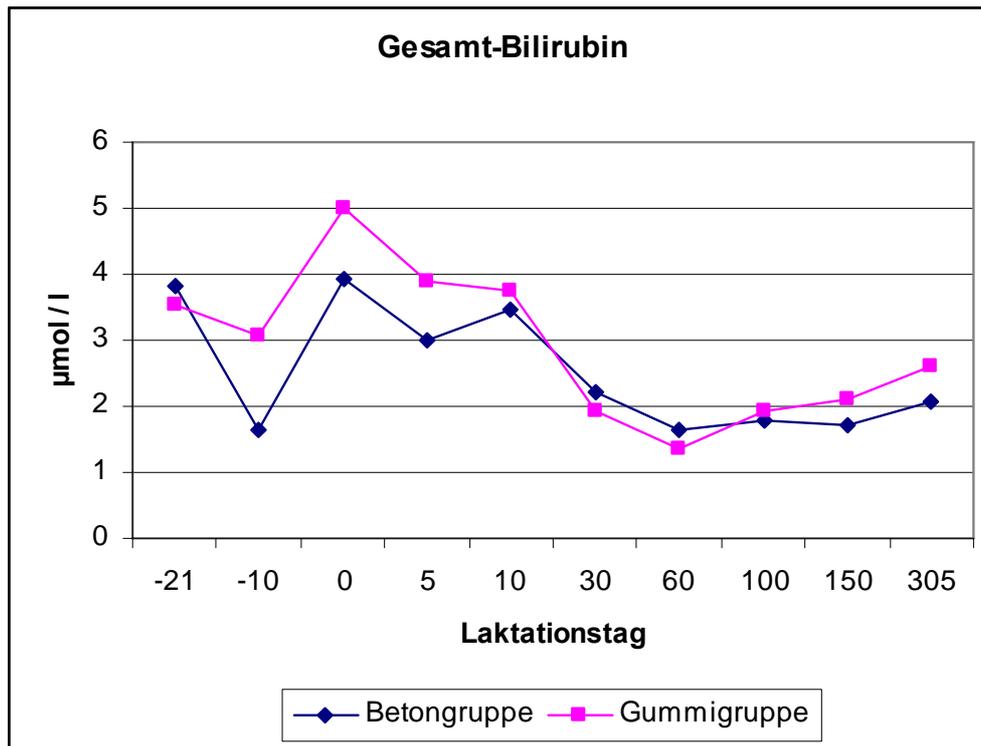


Abb. 4-22: Darstellung des Verlaufs der Gesamt-Bilirubin-Werte über den Versuchszeitraum. Referenzbereich 0,3 – 5 µmol/l

Der Verlauf des Gesamt-Bilirubins über den Versuchszeitraum wird in Abb. 4-22 dargestellt. Die Kurve zeigte bei beiden Gruppen einen ähnlichen Verlauf. Beide Gruppen erreichten ihren Spitzenwert am Tag der Kalbung. Dieser Wert lag bei der Gummibodengruppe mit 5,0 µmol/l am oberen Rand des Referenzbereichs und mit 3,9 µmol/l bei der Betonbodengruppe etwas niedriger. Am Tag 5 lag der Gesamt-Bilirubinwert bei beiden Gruppen niedriger als am Tag der Kalbung. Er fiel bei der Gummibodengruppe von da an bis zum 60. Tag stetig ab. Bei der Betonbodengruppe wurde am Tag 10 hingegen ein leichter Anstieg des Wertes verzeichnet. Danach wurde auch hier ein stetiger Abfall bis zum Tag 60 auf Werte

zwischen 1 und 2 $\mu\text{mol/l}$ ersichtlich. Bis zum Tag 305 stieg das Gesamt-Bilirubin in beiden Gruppen auf Werte zwischen 2 und 3 $\mu\text{mol/l}$.

4.2.3 Aspartat-Amino-Transferase

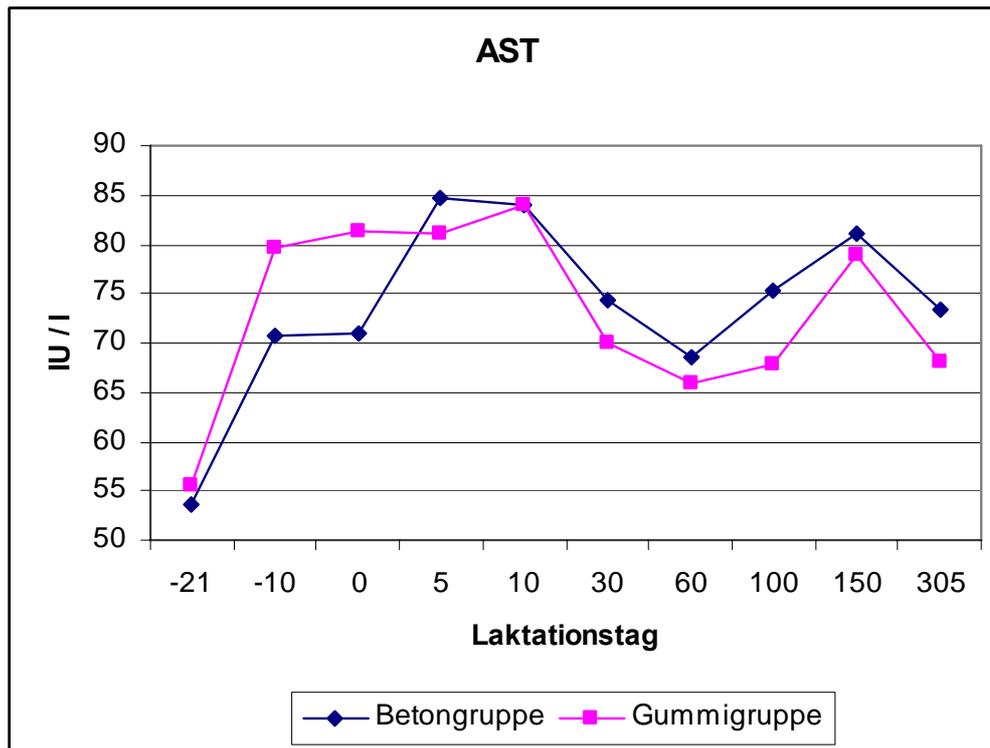


Abb. 4-23: Darstellung des Verlaufs der AST-Werte über den Versuchszeitraum.
Referenzbereich bis 80 IU/l

Abb. 4-23 zeigt den durchschnittlichen Verlauf der AST-Werte beider Gruppen über den Versuchszeitraum. Zu Versuchsbeginn lagen beide Gruppen mit Werten um 55 IU/l innerhalb des Referenzbereiches. Am Tag -10 sind in beiden Gruppen die AST-Werte deutlich angestiegen, wobei die Gummibodengruppe bereits Werte an der Obergrenze des Referenzbereichs aufwies. Am Tag der Kalbung blieb der AST-Wert der Betongruppe nahezu gleich, bei der Gummibodengruppe war ein leichter Anstieg zu verzeichnen, der seinen Gipfel mit 83,9 IU/l am Tag 10 oberhalb des Referenzbereichs erreichte. Der maximale AST-Wert der Betonbodengruppe wurde am Tag 5 erreicht und lag mit 84,6 IU/l ebenfalls etwas oberhalb des Referenzbereiches.

Bis zum Tag 60 fielen die Werte in beiden Gruppen stetig ab, stiegen aber bis zum Tag 150 in beiden Gruppen wieder auf Werte am oberen Referenzbereich an. Zum Laktationsende lagen beide Gruppen mit Werten unter 75 IU/l wieder deutlich innerhalb des Referenzbereiches.

4.2.4 Gamma-Glutamyl-Transferase

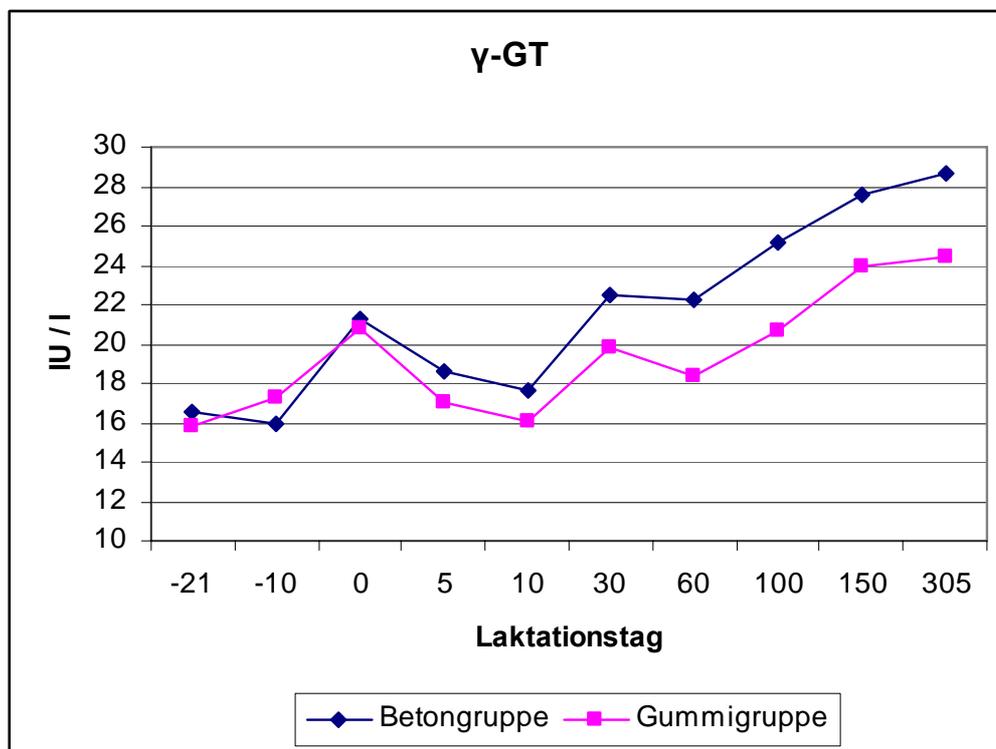


Abb. 4-24: Darstellung des Verlaufs der γ -GT -Werte über den Versuchszeitraum. Referenzbereich bis 36 IU/l.

Abb. 4-24 zeigt den durchschnittlichen Verlauf der γ -GT Werte beider Gruppen im Versuchszeitraum. Beide Gruppen wiesen zu Versuchsbeginn Werte um 16 IU/l auf, die bis zum Tag der Kalbung auf Werte um 21 IU/l anstiegen. Von Tag 0 bis zum Tag 10 zeigte sich ein Abfall der Werte beider Gruppen, wobei das Niveau der Betonbodengruppe konstant über dem der Gummibodengruppe lag. Ab dem 10. Tag stiegen die Werte beider Gruppen mit Ausnahme von Tag 60, an dem beide Gruppen ein leichtes Absinken der Werte verzeichneten, bis zum Ende der Laktation stetig an.

Der Verlauf beider Kurven war vom Tag der Kalbung bis zum Tag 305 nahezu identisch. Die Werte der Betonbodengruppe lagen bei allen Proben über denen der Gummibodengruppe.

Der Referenzbereich wird aber zu keinem Zeitpunkt von einer der beiden Gruppen verlassen.

4.2.5 Glutamat-Dehydrogenase

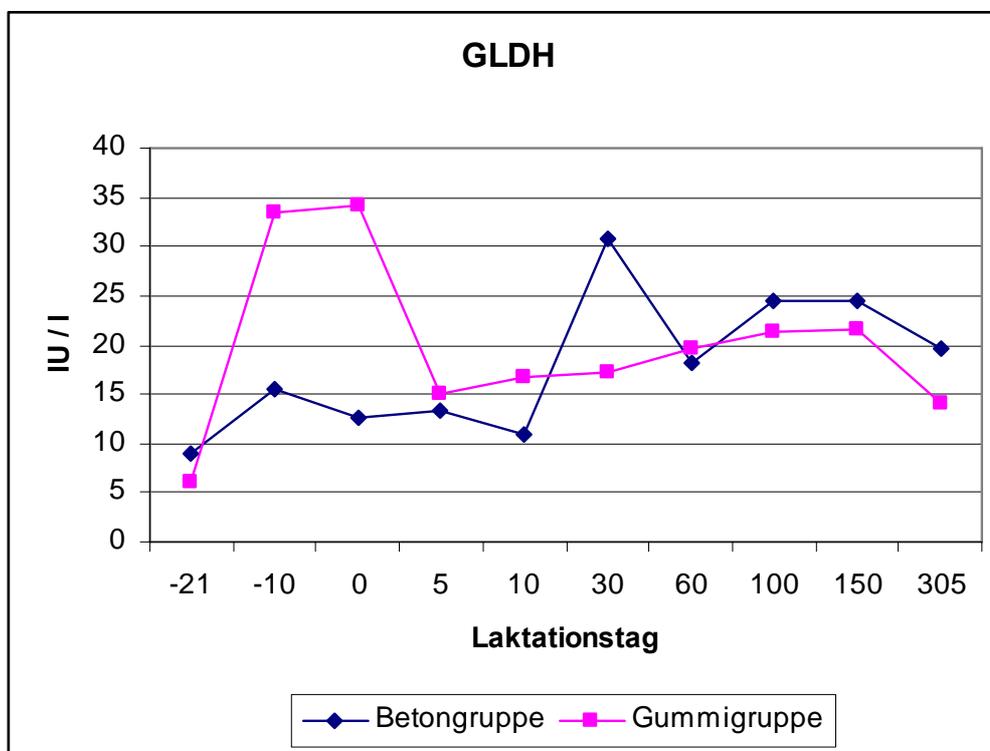


Abb. 4-25: Darstellung des Verlaufs der GLDH - Werte über den Versuchszeitraum. Referenzbereich bis 30 IU/l.

Der Verlauf der GLDH-Werte beider Gruppen über den Versuchszeitraum ist in Abb. 4-25 dargestellt.

Während zu Versuchsbeginn beide Gruppen ähnliche Werte zwischen 5 und 10 IU/l aufwiesen, zeigte sich bei der Gummibodengruppe am Tag -10 und 0 ein sprunghafter Anstieg auf Werte zwischen 35 und 30 IU/l, die somit geringgradig oberhalb des Referenzbereichs lagen. Am Tag 5 sank der durchschnittliche GLDH - Spiegel der Tiere der Gummibodengruppe wieder auf 15 IU/l ab. Die Werte der

Betonbodengruppen blieben im gleichen Zeitraum mit Werten zwischen 10 und 15 IU/l etwa konstant.

Von Tag 5 bis 150 stieg der GLDH-Spiegel der Tiere auf Gummiböden stetig gering an, blieb jedoch innerhalb des Referenzbereichs und sank zum Tag 305 wieder etwas ab.

Die GLDH-Kurve der Tiere auf Betonböden folgte einem ähnlichen Verlauf, brach aber am Tag 30 mit einem Wert von 30,74 IU/l kurzfristig an den Bereich des oberen Referenzwertes aus.

4.2.6 Kreatinkinase

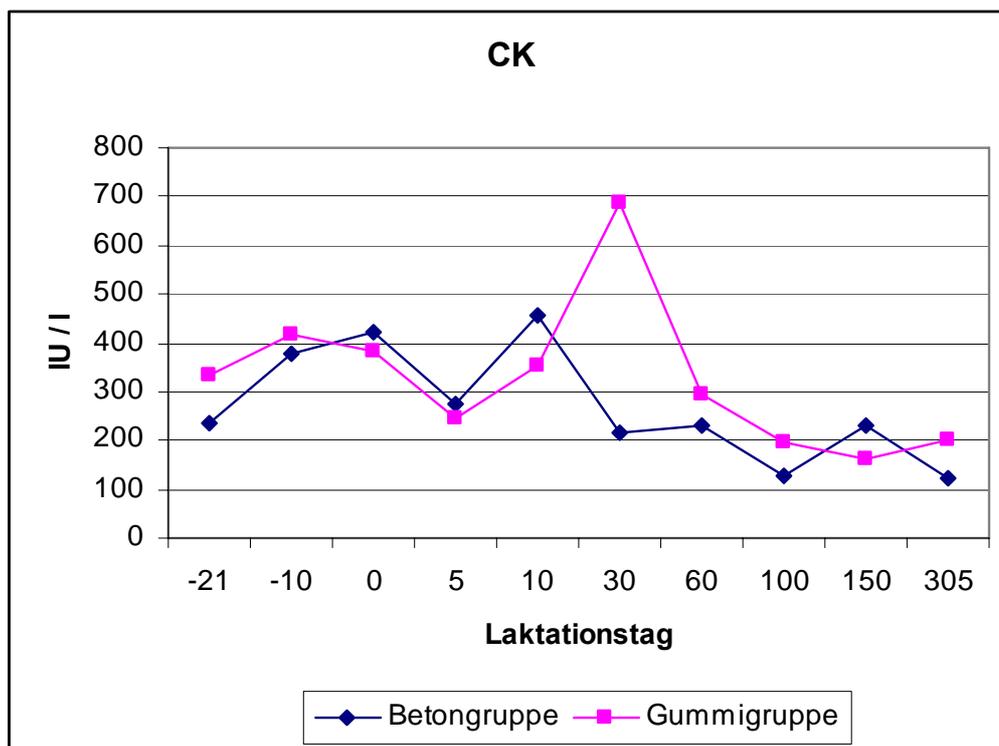


Abb. 4-26: Darstellung des Verlaufs der CK -Werte über den Versuchszeitraum. Referenzbereich bis 250 IU/l.

Die Darstellung der CK-Werte in Abb. 4-26 zeigt einen ähnlichen Kurvenverlauf beider Gruppen, wobei beide Gruppen den Referenzbereich mehrfach überschreiten. Von Versuchsbeginn bis zum Tag der Kalbung stieg der CK-Wert bei beiden Gruppen auf einen Wert um 400 IU/l. Es folgte bei beiden Gruppen ein

Absinken des Spiegels auf Werte etwas oberhalb des Referenzbereichs. Danach folgte bei den Tieren der Betonbodengruppe ein deutlicher Anstieg auf ca. 450 IU/l, gefolgt von einem Absinken des CK-Spiegels ab dem 30. Tag auf Werte innerhalb des Referenzbereichs.

Bei den Tieren der Gummibodengruppe war ebenfalls ab dem Tag 10 ein deutlicher Anstieg des CK-Spiegels festzustellen, der sich bis zum 30. Tag auf einen Wert von 700 IU/l fortsetzte. Ab Tag 60 (300 IU/l) folgte auch in dieser Gruppe ein Absinken des CK-Spiegels auf Werte innerhalb des Referenzbereichs.

4.2.7 Calcium und Phosphor

Die Abb. 4-27 und 4-28 stellen den Verlauf der Calcium- und Phosphorwerte beider Gruppen über den Versuchszeitraum dar.

Mit Ausnahme der Gummibodengruppe am Tag 0 lagen alle Calcium-Werte innerhalb des Referenzbereichs. Am Tag 0 zeigte die Gummibodengruppe eine leichte Unterschreitung des Referenzbereichs. Die Betonbodengruppe zeigte zu diesem Zeitpunkt ebenfalls einen deutlichen Abfall des Calciumspiegels, bleibt aber innerhalb des Referenzbereichs.

Die Phosphorwerte beider Gruppen zeigten einen einheitlichen Verlauf. Beide Gruppen unterschritten zum Zeitpunkt der Kalbung geringgradig den Referenzbereich, lagen aber bereits am Tag 5 p. p. wieder innerhalb der Referenzwerte und zeigten bis zum Versuchsende einen ähnlichen Kurvenverlauf mit steigender Tendenz innerhalb des Referenzbereichs.

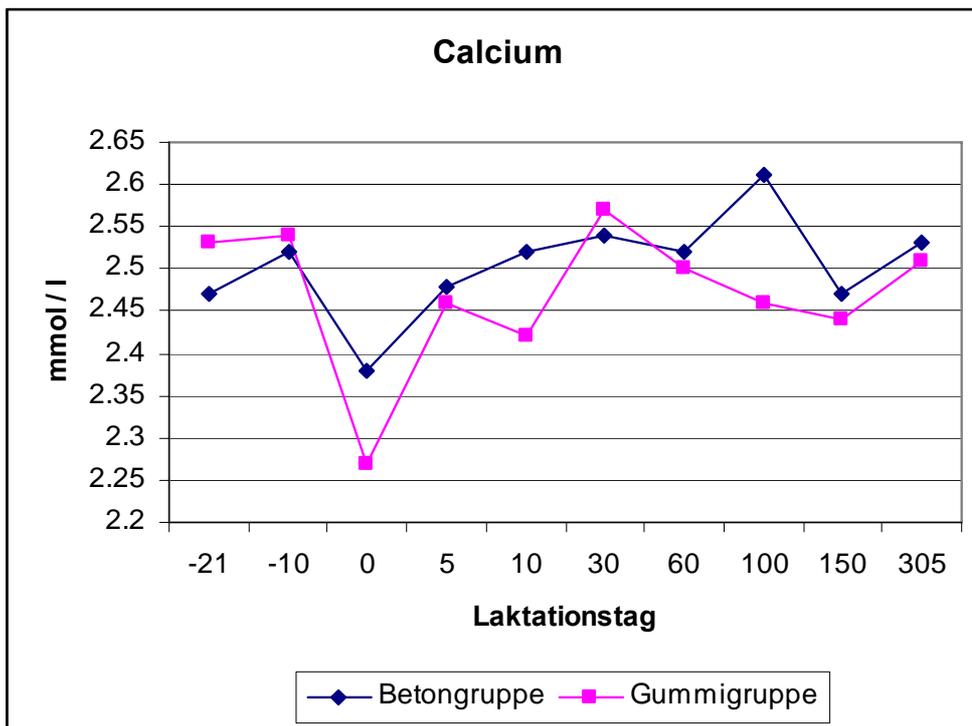


Abb. 4-27: Darstellung des Verlaufs der Calcium-Werte über den Versuchszeitraum. Referenzbereich 2,3 - 2,8 mmol/l.

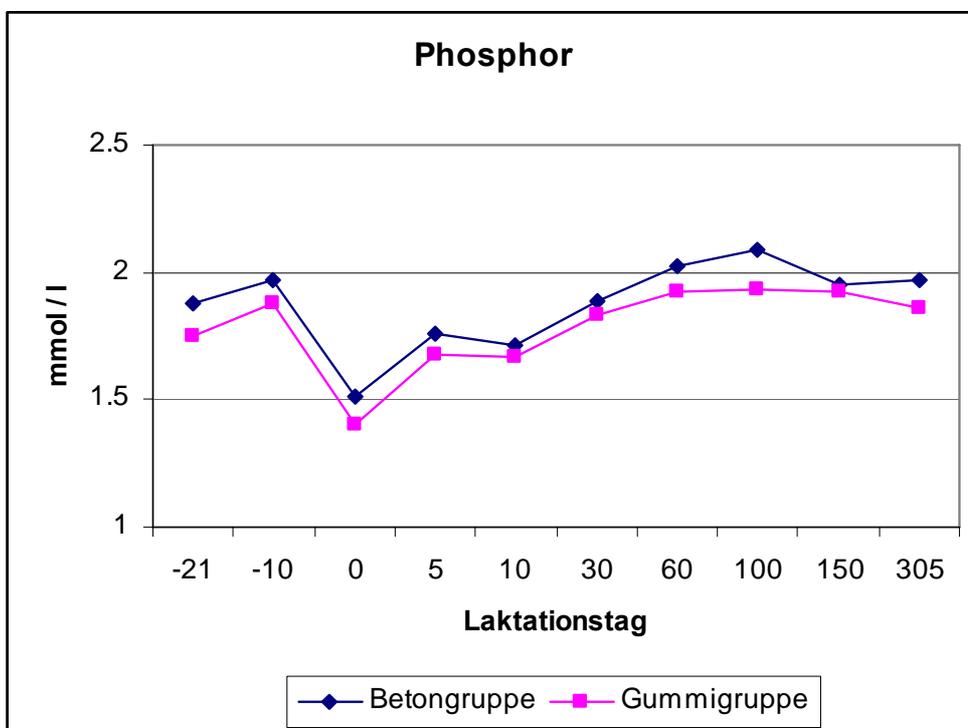


Abb. 4-28: Darstellung des Verlaufs der Phosphor-Werte über den Versuchszeitraum. Referenzbereich 1,6 - 2,3 mmol/l.

4.3 Milchleistung

Zur Auswertung der Milchleistungsdaten wurden die täglichen Milchmengen der Tiere, gemessen durch das AMS, verwendet.

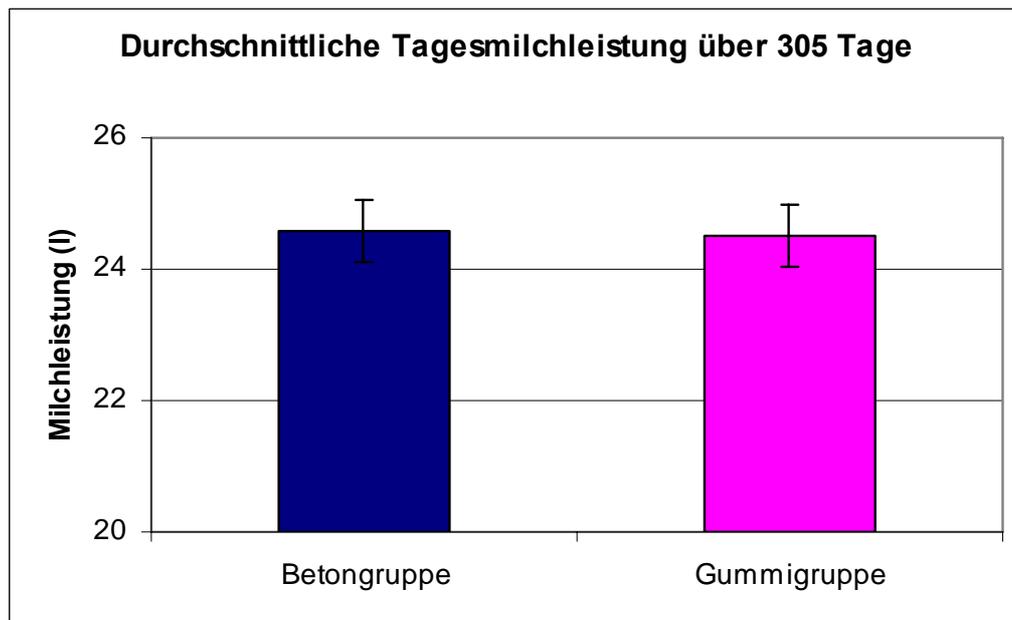


Abb. 4-29: *Durchschnittliche Tagesmilchleistung über 305 Tage. Milchmengenerfassung durch AMS; $p = 0,4890$*

Hierbei ergab die statistische Auswertung der Daten beider Gruppen eine nahezu identische durchschnittliche, tägliche Milchleistung.

Mit einem durchschnittlichen Tagesgemelk von 24,59 l ($\pm 0,47$) in der Betonbodengruppe und 24,51 l ($\pm 0,47$) in der Gummibodengruppe konnte kein signifikanter Unterschied ($p = 0,4890$) zwischen beiden Gruppen festgestellt werden (s. Abb. 4-29). Der durchschnittliche Laktationsverlauf beider Gruppen, korrigiert nach dem in Kap. 3.8.1 angegebenen Modell, ist in Abb. 4-30 dargestellt.

Unerwarteter Weise stellte sich ein signifikanter Unterschied in der Milchleistung der beiden Genotypen heraus. Der Genotyp DH-FL lag in der Tagesmilchleistung mit 25,13 l signifikant über dem Genotyp FL-DH mit 23,78 l ($p < 0,001$). Da die

Verteilung beider Genotypen auf Betonbodengruppe und Gummibodengruppe gleich war und die Untersuchung einer Genotyp-Umweltinteraktion nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit war, wurde hierauf nicht näher eingegangen.

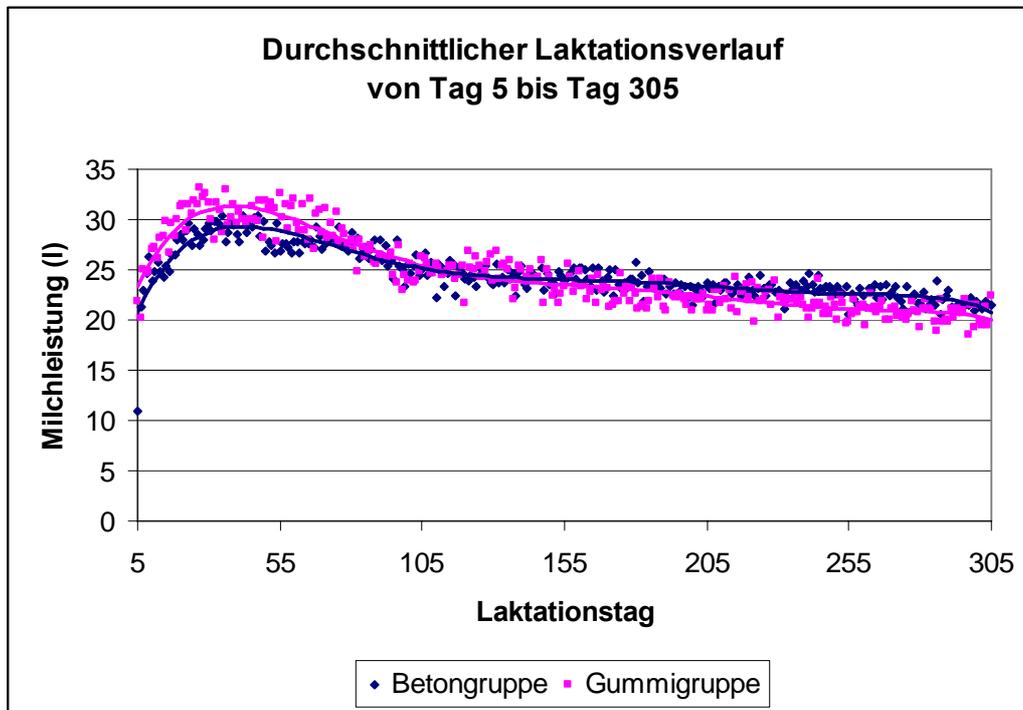


Abb. 4-30: *Durchschnittlicher Laktationsverlauf von Tag 5 bis Tag 305. Milchmengenerfassung durch AMS.*

4.4 Bewegungsaktivität

Die Auswertung der Bewegungsaktivitätsdaten ist in Abb. 4-31 dargestellt. Die Graphik zeigt den durchschnittlichen Bewegungsaktivitätsverlauf beider Gruppen im Versuchszeitraum.

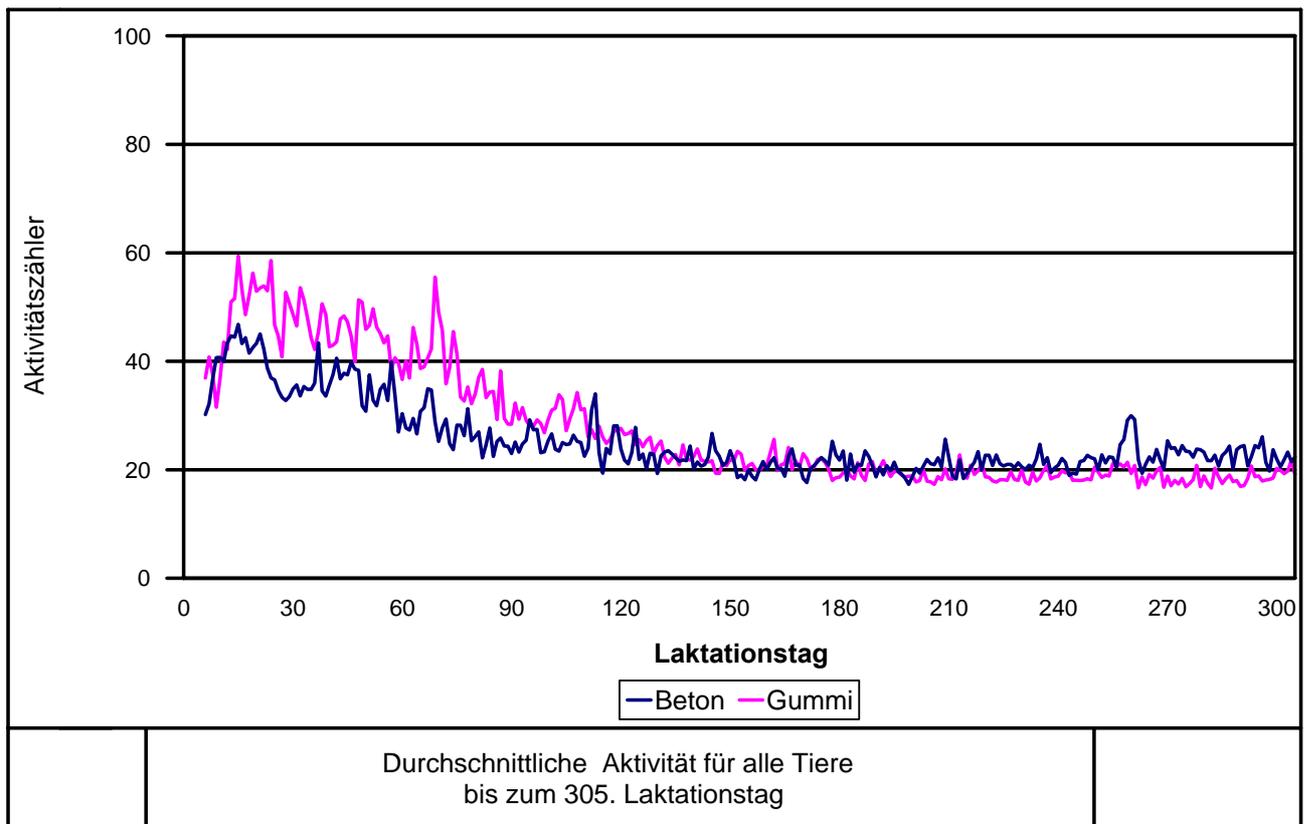


Abb.4-31: Durchschnittlicher Bewegungsaktivitätsverlauf für beide Gruppen

Der Bewegungsaktivitätsverlauf zeigte ein höheres Bewegungsaktivitätsniveau der Gummibodengruppe bis zum ca. 90. Laktationstag. Danach fand eine Angleichung der Bewegungsaktivität auf beiden Böden bis zum Ende der Laktation statt.

5 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss elastischer Spaltenbodenauflagen auf die Hornschuhentwicklung, die Klauengesundheit, die Milchleistung, den Stoffwechsel und die Bewegungsaktivität von Milchkühen überprüft.

49 Kühe wurden in 53 Laktationen beobachtet und zu drei festgelegten Terminen im Laufe einer Laktation an einem Kippstand abgelegt: zu Versuchsbeginn, der 21 Tage vor dem erwarteten Abkalbetermin festgesetzt wurde, am Tag 150 der Laktation und zu Versuchsende, am Tag 305 der Laktation.

Damit umfasste der erste Untersuchungsabschnitt eine ca. 3 Wochen längere Periode als der zweite Abschnitt.

Bei den Klauenmessungen wurden Daten erhoben und Klauenpflege vorgenommen. Die Messintervalle wurden in Anlehnung an gewöhnliche Pflegeintervalle, ausgehend von halbjährlicher Klauenpflege, gewählt, um später Aussagen über die Auswirkungen eines Gummibodens treffen zu können, wie sie auf Betriebsebene auftreten.

Zusätzlich wurde die Bewegungsaktivität der Tiere über den gesamten Versuchszeitraum gemessen und die Entnahme von Blutproben in unterschiedlichen Abständen über den Versuchszeitraum durchgeführt.

5.1 Klauenmaße

Die Auswahl der erhobenen Klauenmaße geschah in Anlehnung an NÜSKE et al. (2004), die bereits Untersuchungen über die Entwicklung des Hornschuhs bei Kälbern, Bullen und Färsen durchgeführt hatten.

Die Auswertung der Klauenmaße zeigte eindeutige Entwicklungsunterschiede des Hornschuhs auf weichem und auf hartem Untergrund.

Bei Betrachtung der Klauen ließen sich die Tiere eindeutig ihren Aufstallungsformen zuordnen. Diese Änderung der Klauenmorphologie zu objektivieren, gelang mit der getroffenen Auswahl an Merkmalen sehr gut.

Die Entwicklungsunterschiede des Hornschuhs auf weichem Untergrund umfassten die Dorsalwandlänge, die Wanddiagonale, die Sohlenlänge, den Dorsalwandwinkel, den Ballenwinkel, die Ballenhöhe und die Ballenlänge. Diese Maße (Ausnahme Ballenwinkel) wurden von SCHMID (1990) bereits als äußerst aussagekräftig zur Bestimmung der Klauenmorphologie angegeben.

Die Erklärung für diese deutlichen morphologischen Unterschiede der Klauen beider Gruppen liegt in der Elastizität des Gummibodens. Durch das Einsinken in den elastischen Untergrund war der Abrieb des Hornes vermindert und es kam zu einer progressiven Veränderung der Klauenform.

Folge der Veränderung des Hornschuhs war eine Verschiebung der natürlichen Belastungsverhältnisse in der Klaue. Durch die Verlängerung der Dorsalwand und dem daraus resultierenden erweiterten Ballenwinkel, verlagert sich die zu tragende Hauptlast in den Ballenbereich der Klaue. Eine solche Verschiebung der Belastungsspitze kommt einem „Kippen“ der Klaue nach palmar / plantar gleich und zieht eine vermehrte Belastung des Ansatzpunktes der tiefen Beugesehne nach sich. Die Folge sind Sohlengeschwüre und punktuelle Überbelastungen der Lederhaut (NUSS und STEINER, 2004; TOUSSAINT RAVEN, 1998).

Dementsprechend konnte in der vorliegenden Arbeit ein vermehrtes Auftreten von Rusterholzschens Sohlengeschwüren und Druckstellen im Bereich distal des Ansatzpunktes der tiefen Beugesehne an den Klauen der Gummibodengruppe festgestellt werden.

Die Veränderung des Hornschuhs wirkt somit als zusätzlich belastender Faktor in den ersten zwei Monaten nach der Kalbung, in die nach NUSS und STEINER (2004) die Hauptinzidenz des Rusterholzschens Sohlengeschwüres fällt.

Die Veränderungen des Hornschuhs fielen im zweiten Versuchsabschnitt weniger ausgeprägt aus. Ein Zusammenhang mit geringeren Syntheseleistungen der Epidermis aufgrund fortschreitender Trächtigkeit wäre denkbar. Einen Einfluss könnte auch das kürzere Pflegeintervall im zweiten Versuchsabschnitt genommen haben.

Abweichend vom ersten Versuchsabschnitt zeigte sich im zweiten Versuchsabschnitt eine signifikant größere Zunahme der Ballenhöhe und Ballenlänge an den Klauen der Gummibodengruppe, die sich im ersten Versuchsabschnitt andeutete, aber nicht signifikant ausfiel. Möglicherweise steht

dies in Zusammenhang mit der grundsätzlich höheren Syntheserate des Horns im Bereich des proximalen Ballens, das sich, seiner Wuchsrichtung entsprechend, klauenspitzenwärts schiebt (MAIERL und MÜLLING, 2004; MÜLLING, 1993) und somit den Ballen erhöht. Aufgrund vermehrter Belastung in diesem Bereich, verursacht durch die aufstallungsbedingte Hornschuhveränderung, kommt es zu einer gesteigerten Syntheserate des Horns in diesem Bereich. Der Zuwachs im Ballen kann mit einem „Notfallprogramm“ des Organismus verglichen werden. Eine Erhöhung des Ballens ermöglicht eine Verschiebung der Belastung vom Ballen zur Spitze (FIEDLER et al., 2004) und wirkt somit der Überlastung entgegen.

Dies würde die Aussagen von NUSS und STEINER (2004) und TOUSSAINT RAVEN (1998) bestätigen, die übereinstimmend aussagten, dass die Lederhaut auf eine vermehrte Belastung mit gesteigertem Stoffwechsel reagiert, auf den vermehrte Syntheseleistungen der Epidermis folgen.

Entscheidend bleibt festzuhalten, dass sich die Entwicklung der Klauenmorphologie auf Gummiboden signifikant von der auf Betonboden unterscheidet und somit auf Betriebsebene die Notwendigkeit einer regelmäßigen und korrekt durchgeführten Klauenpflege nach sich zieht. Das hier gewählte Intervall von 5,5 Monaten im ersten Abschnitt und 5,2 Monaten im zweiten Abschnitt scheint in jedem Fall angemessen, und sollte keinesfalls überschritten werden. Eventuell ließe sich eine Verbesserung des Klauenstatus durch eine dreimalige Pflege / Jahr erzielen, was auf Betriebsebene eine erhebliche Steigerung der Kosten für Klauenpflege bedeuten würde.

5.2 Hornhärteuntersuchung

Die Hornhärteuntersuchung wurde durchgeführt, um Veränderungen in der Hornqualität beurteilen zu können. In der Literatur wurden verschiedene Autoren gefunden, die zur Beurteilung der Hornqualität Härteprüfungen vorgenommen hatten.

Die histologische Untersuchung von Hornproben in Kombination mit chemischen Analysen der Hornzusammensetzung ist aussagekräftiger. In der vorliegenden

Arbeit wurde aus praktischen Gründen der Härteprüfung mit einem tragbaren Shore-D - Härteprüfgerät der Vorzug gegeben.

Die Härteprüfung wurde an definierten Punkten der Fußungsfläche jeder Klaue durchgeführt. Sie erfolgte nur vor der Klauenpflege, da mit dieser Methode allein die oberflächliche Hornhärte beurteilt werden kann, die starken Umwelteinflüssen unterliegt (RUSSKE, 2001). Die Härteprüfung zielte darauf ab, Unterschiede zu ermitteln, die sich auf die Bodenbeschaffenheit zurückführen lassen. Daher schien es wenig sinnvoll, die frisch gepflegten Klauen nach Abtragen der äußeren Hornschichten zu prüfen.

Der Aufwand der Härteprüfung kann im Nachhinein als gering eingestuft werden. Einzig stellte sich die Eignung des Shore-D Geräts aufgrund des sehr spitzen Prüfkegels bei den Klauen der Gummibodengruppe als mäßig heraus. Durch die starke Unebenheit der Sohle war die Einhaltung der definierten Prüfpunkte nicht immer möglich, da das Gerät eine ebene Auflagefläche benötigt. Diese Feststellung deckt sich mit den Beobachtungen von HOCHSTETTER (1998), die dem Shore-D Gerät ein Shore-C Gerät vorzog, das über einen stumpferen Prüfkegel verfügt und somit das Eindringen in Hornrisse verhindert. Als ungeeignet zur Härteprüfung stellte sich der Punkt „distal des Ansatzes der Kehlung“ heraus, da hier bei den meisten Klauen beider Gruppen eine starke Zerklüftung des Horns vorlag und dieser Messpunkt somit oft nicht messbar war. Ähnlich verhielt sich das Horn des Ballens am proximalsten Punkt der belasteten Sohlenfläche. Auch hier war die Hornstruktur sehr uneben.

Verfahrenstechnisch wurde die Hornhärteprüfung durch das zweimal tägliche Ausbringen von Wasser auf dem Gummispaltenboden beeinflusst, um das manuelle Abschieben zu erleichtern. RUSSKE (2001) weist in ihrer Arbeit darauf hin, dass bei derartiger Härteprüfung der Einfluss von Austrocknung und Aufweichen durch Feuchtigkeit sehr hoch ist. Auf das Ausbringen von Wasser konnte aber nicht verzichtet werden, da ein manuelles Abschieben des Gummispaltenbodens ohne Befeuchtung, im Gegensatz zum Betonspaltenboden, einen zu hohen Kraftaufwand für das Personal bedeutete.

Da das Klauenhorn über eine sehr gute Wasserbindungsfähigkeit verfügt (GÜNTHER, 1988), lassen die Ergebnisse der Härteprüfung dieser Studie keine repräsentativen Rückschlüsse zu.

Die Härteprüfung, die im Rahmen dieser Studie vorgenommen wurde, bestätigt jedoch den Verdacht, dass durch den höheren Feuchtigkeitsgehalt auf dem Gummiboden das Horn der Klauen dieser Gruppe weicher wird als das der Kontrollgruppe auf Beton.

Die ausgewählten Prüfpunkte entsprechen fünf verschiedenen Punkten des Kronhorns, das den Tragrand bildet (KROON, 1915; MÜLLING, 1993; WARZECHA, 1993; WILKENS, 1963), einem Punkt des distalen Ballensegmentes (Punkt 3) und zwei Punkte (Punkte 7 und 8) entsprechen Horn des proximalen Ballensegmentes.

Bezieht man Angaben aus der Literatur in die Interpretation mit ein, scheinen die Ergebnisse schlüssig. Das härteste Horn bildet das Kronsegment (KROON, 1915; MÜLLING, 1993; WARZECHA, 1993, WILKENS, 1963), die Punkte 1, 4, 5 und 8 erzielten die höchsten Werte. Der Vergleich von Punkt 3 und 6 bestätigt die Aussage, dass das Horn des distalen Ballens härter ist als das des proximalen Ballens (MÜLLING, 1993). Die Methode scheint demnach zur Härteprüfung geeignet, aber die Umstände dieses Versuchs lassen keine allgemein gültigen Aussagen zu.

Die Abb. 4-9 und 4-10 stellen die signifikant weicheren Punkte der Gummibodenklauen dar.

Im ersten Versuchsabschnitt unterschieden sich die Klauen an drei von acht Punkten signifikant. Im zweiten Versuchsabschnitt waren es fünf von acht Punkten, wobei die beiden Punkte, die sich im zweiten Versuchsabschnitt zusätzlich signifikant unterschieden im ersten Abschnitt bereits niedrigere Durchschnittswerte erreichten und somit schon tendenzielle Unterschiede erkennen ließen.

Die Auswertungen der Härteprüfung bestätigen den subjektiven Eindruck, der während des Versuchs erweckt wurde. Die Punkte „distal vom Ansatz der Kehlung“ und „proximalster Punkt der belasteten Sohlenfläche“ eignen sich für die Hornhärteprüfung nicht oder nur mäßig. Beide Punkte zeigen keine signifikanten Unterschiede.

Der Punkt 8 (proximalster Punkt des Tragrands) zeigte bei beiden Gruppen sowohl im ersten, wie auch im zweiten Versuchsabschnitt annähernd gleiche Werte. Es kann also davon ausgegangen werden, dass weder der Boden noch der

höhere Feuchtigkeitsgehalt der Umgebung in dieser Studie Einfluss auf diesen Punkt hatten.

Sieht man von den gegebenen Umständen in diesem Versuch ab, decken sich die Ergebnisse mit den Angaben von SAMEL et al. (2005), die ebenfalls Hornhärtemessungen bei Kühen auf Betonspaltenboden und Spaltenboden mit Gummiauflagen durchführten. Sie beobachteten bei den Klauen auf Gummi eine deutlich reduzierte Hornhärte, im Vergleich zu den Tieren auf Betonspaltenboden. Bedauerlicherweise finden sich in der Quelle keine Angaben, die Aufschluss über die tägliche Säuberung der Böden geben.

Geht man von einem maschinell betriebenen Abschieben aus, das keiner zusätzlichen Befeuchtung der Laufflächen bedarf, könnte ein Erklärungsansatz für diesen Sachverhalt in der Materialbeschaffenheit der Böden liegen. Beton ist deutlich hygroskopisch, d. h. Beton besitzt durch seine Porosität die Fähigkeit Wasser aufzunehmen und wieder abzuleiten. Beton ist somit für Flüssigkeiten durchdringbar (FECHNER und CZIESIELSKI, 1999). Da Gummi wasserdicht ist, kann davon ausgegangen werden, dass auf Gummiboden im Laufstall, verursacht durch Kot- und Harnabsatz der Tiere, ein feuchteres Milieu als auf Betonboden entsteht. Das Wasserbindungsvermögen des Horns führt in der Folge zu einer Erweichung der Klauen.

5.3 Klauengesundheit

Ein weiterer wesentlicher Inhalt der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss des Bodens auf die Klauengesundheit zu überprüfen.

Es wurde unterschieden zwischen Befunden, die keine Lahmheit bedingten und als „Zufallsbefunde“ bei den vorgegebenen Klauenpflegeterminen auffielen sowie klinischen Lahmheiten, die akut auftraten und eine Behandlung außerhalb der vorgegebenen Pflegetermine nach sich zogen.

Die häufigsten zu den festgesetzten Klauenpflegeterminen festgestellten Erkrankungen waren Ballenhornfäule und Dermatitis Digitalis (D.D.). Trotz zufälliger Verteilung der Tiere stellte sich heraus, dass D.D. zu Versuchsbeginn

bereits bei 23% der Tiere der Gummibodengruppe vorlag. Bei der Betonbodengruppe lagen nur bei 14% der Tiere Erosionen vor.

Die Inzidenz von D.D. auf Gummiboden entwickelte sich drastischer als auf Betonboden. Zum Zeitpunkt der zweiten Messung waren hier 42% der Tiere betroffen, zum Zeitpunkt der dritten Messung waren es mit 53% mehr als die Hälfte aller Tiere. In der Betonbodengruppe stieg die Inzidenz ebenfalls an (2. Messung: 18%, 3. Messung: 29%), der Anteil betroffener Tiere blieb trotzdem deutlich unter dem der Gummibodengruppe.

Ähnlich drastisch verhielt sich die Inzidenz der Ballenhornfäule. Zu Versuchsbeginn waren in der Betonbodengruppe 25% der Tiere betroffen und in der Gummibodengruppe 7%. Zum Zeitpunkt der zweiten Messung lag die Inzidenz in der Betonbodengruppe konstant bei 25%. In der Gummibodengruppe zeigte sich ein sprunghafter Anstieg von 7% auf 53%. Zum Zeitpunkt der dritten Messung fiel die Inzidenz auf Gummiboden auf 46% leicht ab, auf Beton kam es zu einem sprunghaften Anstieg auf 62%.

Beide Erkrankungen sind „typische Laufstallerkrankungen“, v. a. D.D. kann den Charakter eines Bestandsproblems annehmen (NUSS und STEINER, 2004).

Die in der vorliegenden Studie erhobenen Daten zeigen, dass ein Gummiboden keine diesbezügliche Verbesserung bringt. Im Gegenteil, die Inzidenz von D.D. war auf Gummiboden deutlich höher als auf Betonboden. Die Ballenhornfäule stieg ebenfalls sprunghaft an. Hier kann nicht von einer Verbesserung der Klauengesundheit ausgegangen werden. Sicherlich müssen die individuellen Umstände des Versuchs mit in Betracht gezogen werden, da der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens ätiologisch bei beiden Erkrankungen eine entscheidende Rolle spielt (NUSS und STEINER, 2004). Somit kann das Ergebnis nicht als repräsentativ beurteilt werden.

Geht man aber von der Tatsache aus, dass auf Gummiboden generell ein feuchteres Milieu herrscht, könnte dies eine Entwicklung von D.D. und Ballenhornfäule, wie sie in der vorliegenden Studie festgestellt wurde, erklären.

Ein weiteres, entscheidendes Krankheitsbild war der Komplex aus RHSG und Druckstellen in diesem Bereich der Sohle. Während hier zum Zeitpunkt des Versuchsbeginns eine annähernd gleiche Verteilung vorlag, mit 3% (1 Tier)

betroffener Tiere auf Betonboden bzw. 0% betroffener Tiere auf Gummiboden mit RHSG und 0% Tiere auf Beton und 3% Tiere auf Gummiboden mit Druckstellen, zeigte sich im Laufe des ersten Versuchsabschnittes eine deutliche Zunahme. Zum Zeitpunkt der 2. Messung wiesen 23% der Tiere auf Gummiboden und 11% der Tiere auf Betonboden ein RHSG auf. Druckstellen traten zu diesem Zeitpunkt bei 18% der Tiere auf Betonboden und 30% der Tiere auf Gummiboden auf. In absoluten Zahlen bedeutet das, dass auf Betonboden insgesamt 8 von 27 Tieren betroffen waren (RHSG + Druckstellen) und auf Gummiboden 14 von 26 Tieren. Zum Zeitpunkt der dritten Messung reduzierte sich das Auftreten von RHSG auf 0% auf Betonboden und 3% auf Gummiboden bzw. von Druckstellen in diesem Bereich auf jeweils 3% in beiden Gruppen. Beide Erkrankungen traten demnach zu diesem Zeitpunkt nur noch vereinzelt auf.

Diese Entwicklung ist schlüssig, bezieht man die Ätiologie des RHSG mit in die Betrachtung ein. Begünstigend auf die Entstehung der Erkrankung wirkt neben der Erweichung des Horns eine Verlängerung der Dorsalwand durch mangelnden Abrieb (NUSS und STEINER, 2004), wie sie in der vorliegenden Arbeit nachgewiesen werden konnten. Das gehäufte Auftreten zum Zeitpunkt der zweiten Messung deckt sich mit den Angaben von NUSS und STEINER (2004), dass die Erkrankung meist in den ersten zwei Monaten p. p. entsteht. Die deutlich höhere Inzidenz auf Gummiboden lässt also den Schluss zu, dass sich die Aufstallung auf Gummiboden zusätzlich negativ auf die Entstehung von RHSG oder Druckstellen in diesem Bereich auswirkt. Die Aufstallung auf Gummiboden allein kann nicht als auslösender Faktor angesehen werden, da zum Zeitpunkt der dritten Messung auf Betonboden, wie auch auf Gummiboden RHSG und Druckstellen nur noch vereinzelt auftraten.

Betrachtet man zusätzlich die akuten Lahmheiten, fielen auf Betonboden über den gesamten Versuchszeitraum 7% (2 Tiere) durch ein RHSG auf, das eine Lahmheit provozierte und außerhalb der vorgegebenen Klauenpflegeintervalle behandelt werden musste und 3% (1 Tier) auf Gummiboden. Aufgrund dieser Zahlen könnte man annehmen, dass die Inzidenz von RHSG als „Zufallsbefund“ auf Gummiboden zwar höher ist, es aber seltener zu einer akuten Lahmheit führt als auf Betonboden.

Die Tatsache, dass es sich insgesamt nur um drei Tiere handelte, schließt die Möglichkeit nicht aus, dass dies auch zufällig bedingt sein könnte.

MANSKES (2002) Beobachtung einer geringeren Inzidenz von Sohlengeschwüren in Laufställen, die mit Gummimatten ausgestattet waren, kann anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigt werden.

Besonderes Augenmerk wurde bei der vorliegenden Arbeit auf die Inzidenz von reheatassozierten Veränderungen am Hornschuh gelegt. Nach LISCHER und OSSENT (1998) ist Rehe die bedeutendste Klauenerkrankung, wobei zu beachten ist, dass reheatassozierte Veränderungen am Hornschuh erst einige Zeit nach einem akuten Reheschub sichtbar werden. Für einen Reheschub gibt es, wie im Kenntnisstand dargestellt, mehrere Risikofaktoren. Einer dieser Faktoren ist neben systemischen Erkrankungen und Fütterungsfaktoren die Aufstallung. Harte Böden können eine mechanische Überbelastung der Klaue bedingen, bei der die empfindlichen Strukturen der Lederhaut geschädigt werden (NUSS und STEINER, 2004). Schmerzen oder auch nur Unbehagen beim Laufen auf harten Böden führen zu einer Minderung der Bewegungsfreudigkeit. Da die empfindliche Mikrozirkulation der Klauenlederhaut durch den Saug-Druck-Pumpenmechanismus beim Laufen aufrechterhalten wird (GÜNTHER, 1991; HABERMEHL, 1996), führt ein reduziertes Bewegungsmaß zu einer Verschlechterung der Klauenlederhautdurchblutung und in der Folge zu einer Minderversorgung der durch Diffusion versorgten, hornbildenden Epidermis. Dies führt in der Folge zur Produktion von minderwertigem Horn.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen nach annähernd gleicher Verteilung reheatassoziierter Veränderungen zu Versuchsbeginn (Beton: 3%; Gummi 7%) einen Gipfel der Inzidenz zum Zeitpunkt der zweiten Messung. Hier lagen bei 37% der Tiere der Betonbodengruppe und bei 30% der Tiere der Gummibodengruppe Veränderungen vor. Zum Zeitpunkt der dritten Messung lagen in der Betonbodengruppe bei 18% der Tiere Veränderungen vor und bei 15% der Tiere der Gummibodengruppe. Dieses Bild fügt sich schlüssig in den aktuellen Kenntnisstand der Wissenschaft ein. Der weiche Boden bedingt eine Verbesserung der Stoßbrechung und somit eine Reduktion der mechanischen Belastungen, die beim Laufen entstehen.

Die Entstehung einer Reherkrankung kann dadurch aber nicht immer verhindert werden, da die Risikofaktoren für die Entstehung eines Reheschubs nicht allein im Bereich der mechanischen Überbelastung der Lederhaut liegen. Diese These wird auch durch die akut aufgetretenen Lahmheiten, bedingt durch Rehe, bestätigt. In der Betonbodengruppe fiel über den gesamten Versuchszeitraum ein Tier mit akuter Lahmheit, verursacht durch einen Reheschub, auf. In der Gummibodengruppe waren es zwei Tiere, die durch ein solches Krankheitsbild auffielen.

Den Angaben von BENZ (2002), dass sich das Auftreten von mechanisch-traumatischen Klauenerkrankungen bei Kühen auf gummierten Spaltenböden reduziert, kann durch die Ergebnisse dieser Arbeit dennoch zugestimmt werden.

Die Kumulation der reheassozierten Veränderungen zum Zeitpunkt der zweiten Messung steht im Zusammenhang mit den Belastungen der Geburt und der Hochlaktation (NUSS und STEINER, 2004), deren Auswirkungen beide in den ersten Versuchsabschnitt fielen.

Unter die reheassozierten Veränderungen fallen auch Veränderungen im Bereich der Weißen Linie. Da hier durch die Bildung minderwertigen Horns infolge mechanischer Überbelastung oder durch eine Lockerung des Hornzellverbandes das Eindringen von Erregern erleichtert wird, stellt das SWG eine weitere Erkrankung dar, die im Zusammenhang mit den reheassozierten Veränderungen gesehen werden kann.

Die Entstehung eines SWG kann durch Erweichung des Horns (NUSS und STEINER, 2004), ohne vorhergehenden Reheschub, begünstigt werden.

Daher wurde das SWG in der vorliegenden Arbeit isoliert von den reheassozierten Erkrankungen betrachtet.

Zu Versuchsbeginn trat in keiner der Gruppen ein SWG auf. Zum Zeitpunkt der zweiten Messung waren es 7% (2 Tiere von 27) auf Betonboden und 0% auf Gummiboden. Zum Zeitpunkt der dritten Messung war kein Tier der Betonbodengruppe betroffen und 3% (1 Tier) der Gummibodengruppe. Dieses Ergebnis ist nicht eindeutig zu interpretieren.

Betrachtet man die Zufallsbefunde isoliert, könnte man sagen, SWG kamen in beiden Gruppen nur vereinzelt vor, wie es für die Laufstallhaltung bekannt ist.

Die Erweichung des Hornschuhs auf Gummiboden scheint also keine Verschlechterung der Situation gegenüber der Betonbodengruppe bewirkt zu haben.

Sieht man ein SWG aber in der Verbindung mit reheatassozierten Veränderungen, könnte man folgern, dass auf Betonboden vermehrt SWG auftreten (vermehrt Reheerscheinungen), da die Entstehung durch eine reheatbedingte Lockerung des Hornzellverbands im Bereich der Weißen Linie begünstigt wird.

Betrachtet man hier die akuten Lahmheiten, bedingt durch SWG, wandelt sich der Eindruck. Auf Gummiboden fallen drei Tiere mit Lahmheit verursachenden SWG auf; auf Betonboden ist es nur ein Tier. Demnach scheint hier das Bodenmilieu der ausschlaggebende Faktor zu sein und die höhere Feuchtigkeit führt in diesem Bereich zu einer Verschlechterung der Situation gegenüber Betonboden.

Die Inzidenz der Limax wird in der vorliegenden Arbeit von der Bodenbeschaffenheit nicht beeinflusst. Zu Versuchsbeginn wurden in jede Gruppe 3% Tiere mit einer Limax eingestallt. Zum Zeitpunkt der zweiten Messung waren in beiden Gruppen alle Tiere frei von einer Limax und zum Zeitpunkt der dritten Messung wurde in jeder Gruppe bei 7% der Tiere eine Limax festgestellt. Gleichermaßen fiel in beiden Gruppe ein Tier durch klinische Lahmheit, verursacht durch eine Limax, auf.

Fasst man alle Befunde, die bei den Messungen erhoben wurden, zusammen, ergibt sich folgendes Bild:

Die anfängliche Verteilung der Tiere beinhaltete auf Betonboden 37% Tiere mit einem der aufgeführten Befunde und auf Gummiboden 34%. Zum Zeitpunkt der zweiten Messung weisen in der Betonbodengruppe 66% der Tiere Befunde auf und 84% in der Gummibodengruppe. Zum Zeitpunkt der dritten Messung sind es in der Betonbodengruppe 74% und in der Gummibodengruppe 73%.

Insgesamt gesehen kann in dieser Studie nicht von einer Verbesserung des Klauenstatus auf Gummiboden gegenüber Betonboden ausgegangen werden.

Die besonderen Umstände des zweimal täglichen Ausbringens von Wasser auf dem Gummiboden lassen aber keine repräsentativen Schlüsse zu.

Die Resultate dieser Studie zeigen eindeutig, dass sich die Erweichung des Hornschuhs, wie sie dargelegt wurde, negativ auf die Klauengesundheit auswirkt und zu einer Verschlechterung gegenüber der Situation auf Betonboden führt.

Die Angaben von SAMEL et al. (2005), die ebenfalls von weicherem Horn auf Gummiboden berichten und der Vergleich der Materialeigenschaften von Gummi und Beton bezüglich ihrer hygroskopischen Eigenschaften, lassen aber zumindest die Vermutung zu, dass sich auch ohne Ausbringen von Wasser eine ähnliche Entwicklung des Klauenstatus abzeichnen könnte. Aufschluss hierüber können letztendlich nur weitere Untersuchungen bringen.

5.4 Stoffwechselfparameter

Die einsetzende Laktation stellt für die Milchkuh eine enorme Stoffwechselbelastung dar. Durch die hohe Energieabgabe über die Milch und die verhältnismäßig zu geringe Energieaufnahme über das Futter befinden sich die Tiere in den ersten Wochen der Laktation in einer Phase der negativen Energiebilanz (BLUM, 1992; FOSTER, 1998; ROSSOW, 2003). Die Futteraufnahmekapazität der Tiere p. p. steigt nur langsam an. Die maximale Trockensubstanzaufnahme wird in der 12. bis 13. Laktationswoche erreicht, der Leistungsgipfel der Laktationskurve hingegen in der siebten bis zehnten Laktationswoche. Daher stellt die Futteraufnahme der Tiere im Zeitraum der Früh-laktation eine Schlüsselrolle in Bezug auf die negative Energiebilanz des Stoffwechsels und somit auf die Milchleistung der Tiere dar (ROSSOW, 2003b). Wie im Kenntnisstand bereits dargestellt gibt es einen haltungsbedingten Einfluss auf die Futteraufnahme (ROSSOW, 2003b).

Demzufolge lag die Fragestellung nahe, ob sich ein elastischer Boden, der nach BENZ (2002) zu einem vermehrten Laufen der Tiere führt, auch auf die Futteraufnahme auswirkt, indem die Tiere häufiger die Fressplätze aufsuchen und dort evtl. durch das „angenehmere“ Stehen auf elastischem Untergrund länger verweilen. Dies ließe eine gegenüber der Betonbodengruppe erhöhte Futteraufnahme vermuten. Da im Laufstall des LVG nur ein Abteil mit einer Futterverwiegungsanlage ausgestattet ist, konnte hierüber kein Vergleich beider

Gruppen angestellt werden. Daher wurden fütterungsabhängige Stoffwechselfparameter, wie für das Rind spezifische Leberwerte, der Glucosespiegel und die Calcium- und Phosphorversorgung, der Tiere untersucht.

Die Auswertung der Stoffwechselfparameter brachte keine klinisch relevanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Der Glucosespiegel beider Gruppen lag mit Einsetzen der Laktation bis zum 100. Laktationstag im unteren Referenzbereich, bzw. bestätigte einen leicht hypoglykämischen Zustand, der durch die enorme Stoffwechselbelastung der Laktation und unzureichende Energiezufuhr entsteht (BLUM, 1992; FOSTER, 1998; ROSSOW, 2003). Die Werte beider Gruppen unterschieden sich nicht signifikant.

Die Betrachtung der leberspezifischen Parameter ergab ebenfalls keine relevanten Unterschiede. Das Gesamt-Bilirubin zeigte in beiden Gruppen einen ähnlichen Verlauf und blieb ebenfalls bei beiden Gruppen innerhalb der Referenzwerte.

Ebenso verhielten sich die Verlaufswerte der γ -GT. Auch hier zeigte sich ein annähernd gleicher Kurvenverlauf beider Gruppen ohne signifikante Unterschiede innerhalb des Referenzbereichs.

Bei der GLDH zeigten sich am Tag -10 und 0 signifikant höhere Werte bei der Gummibodengruppe. Diese sind jedoch klinisch nicht relevant, da nach KRAFT et al. (1997) die GLDH eine hohe Sensibilität besitzt und Erhöhungen um bis zu 15 IU/l des oberen Referenzwertes keine klinische Bedeutung haben. Schwere Hepatopathien liegen nach Aussage dieser Autoren erst bei Erhöhungen um mehr als das Dreifache des oberen Referenzbereichs, der beim Rind bei bis 30 IU/l liegt, vor.

Daher kann bei einem Anstieg auf 34 IU/l nicht von dem Vorliegen vermehrter Hepatopathien auf Gummiboden ausgegangen werden. Eher müssen Einzeltiere in Betracht gezogen werden, die zum Zeitpunkt der Blutentnahme eine Störung des Leberstoffwechsels aufwiesen. Dieser Verdacht bestätigt sich am Tag 30 der Laktation, wo der Wert der Betonbodengruppe ebenfalls kurzfristig auf 31 IU/l anstieg.

Die AST verhielt sich ähnlich wie die Werte des Gesamt-Bilirubins und der γ -GT. Der Verlauf der Serumwerte beider Gruppen war annähernd gleich, wobei beide Gruppen mit einsetzender Laktation einen leichten Anstieg der Werte oberhalb

des Referenzbereichs verzeichneten. Auch hier lagen keine signifikanten Unterschiede vor. Das Übersteigen der Werte des Referenzbereichs lag bei beiden Gruppen zum gleichen Zeitpunkt vor und überstieg die obere Referenzgrenze von 80 IU/l um maximal 5 Einheiten. Diese geringe Überschreitung der Referenzwerte deutet eher auf eine erhöhte Belastung der Leber im Rahmen der enormen StoffwechsellLeistungen mit Einsetzen der Laktation als auf eine klinisch manifeste Hepathopathie hin. Denkbar wäre auch eine erhöhte Belastung der Muskulatur bedingt durch die Geburt, da die AST kein leberspezifisches Enzym ist, sondern auch auf Muskelerkrankungen mit einer Erhöhung reagiert (KRAFT et al., 1997). Zur Differenzierung von Muskelerkrankungen wurde die CK bestimmt. Ihr Verlauf zeigte keine klinisch relevanten Überschreitungen des Referenzbereichs. Erst Aktivitätssteigerungen von über 1000 IU/l sind nach KRAFT et al. (1997) klinisch relevant. Demnach kann bei der Interpretation der AST eine Muskelerkrankung ausgeschlossen werden.

Die CK zeigte am 30. Laktationstag einen signifikant höheren Wert bei der Gummibodengruppe als bei der Betonbodengruppe. Hierbei kann davon ausgegangen werden, dass sich eines der Tiere tatsächlich ein Muskeltrauma zugezogen hatte und durch einen enormen Anstieg der CK diese Abweichung nach oben bewirkte. Denkbar wäre auch eine generell höhere Brunstaktivität, die mit einer Erhöhung der CK durch Zerrungen oder Überlastungen der Muskulatur, verursacht durch vermehrtes Aufreiten auf Gummiboden, einhergeht. Gegen diese These spricht die Angleichung der Werte an die Betonbodengruppe zum Zeitpunkt des 60. Laktationstags, da bei einer freiwilligen Wartezeit von 60 Tagen auch hier noch von Brunstgeschehen ausgegangen werden muss.

Der Mineralstoffwechsel von Calcium und Phosphor, der für die Lactogenese durch den hohen Calciumgehalt der Milch ebenfalls von Bedeutung ist, zeigte keine signifikanten Unterschiede. Der Kurvenverlauf beider Gruppen ähnelte sich bei beiden Mineralien. Beide Gruppen zeigten einen Abfall von Calcium und Phosphor mit Einsetzen der Laktation am Tag 0, wobei die Gummibodengruppe zu diesem Zeitpunkt beim Calciumspiegel eine leichte Unterschreitung des Referenzbereichs zeigte, der sich aber nicht signifikant von dem der Betonbodengruppe unterschied. Beim Phosphor unterschritten beide Gruppen am

Tag der Kalbung kurzfristig den Referenzbereich, ohne sich signifikant von einander zu unterscheiden.

Da sich weder im Bereich des Leberstoffwechsels noch im Bereich der Energieversorgung und des Calcium- und Phosphorhaushalts der Tiere deutliche Unterschiede zeigten, kann davon ausgegangen werden, dass sich ein elastischer Boden gegenüber einem Betonspaltenboden nicht auf die Futteraufnahme der Tiere auswirkt.

5.5 Milchleistung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde auch die Milchleistung beider Gruppen gemessen und miteinander verglichen.

Die zufällige Verteilung der Tiere ergab mit 14 Erstlaktierenden und 12 Zweitlaktierenden in der Gummibodengruppe und 16 Erstlaktierenden und 11 Zweitlaktierenden in der Betonbodengruppe ein nahezu ausgeglichenes Verhältnis von Erst- und Zweitlaktierenden zwischen beiden Gruppen.

Die tägliche Milchleistung wurde im AMS gemessen. Nach Auswertung der Daten zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den durchschnittlichen Tagesleistungen beider Gruppen. Die Tiere der Betonbodengruppe gaben im Durchschnitt 24,59 l Milch / Tag und die Tiere der Gummibodengruppe 24,51 l / Tag ($p = 0,4890$). Die Darstellung des durchschnittlichen Laktationsverlaufs über 305 Tage zeigte demnach erwartungsgemäß einen ähnlichen Laktationsverlauf von Gummibodengruppe und Betonbodengruppe.

Ob die verschlechterte Situation in der Klauengesundheit der Gummibodengruppe evtl. zu einer Leistungsdepression in dieser Gruppe geführt hat, oder ob die Bodenbeschaffenheit keinen Einfluss auf die Milchleistung der Tiere hatte, kann durch die vorliegende Arbeit nicht eindeutig beantwortet werden. Die Ergebnisse der Stoffwechselfparameter erbrachten keinen Hinweis darauf, dass die Tiere der Gummibodengruppe eine geringere Futteraufnahme, bedingt durch schmerzhaftes Klauenerkrankungen, gezeigt hätten. Im Gegenteil, da der Glucoseumsatz der Milchkuh hochkorreliert mit ihrer Leistung ist (ROSSOW, 2003), ließ der nahezu

identische Verlauf des Glucosespiegels beider Gruppen im Versuchszeitraum eine ähnliche Milchleistung erwarten.

Die Angaben in der Literatur, bezüglich des Einflusses von Klauenerkrankungen widersprechen sich. HERNANDEZ et al. (2002) stellen bereits bei Ballenhornfäule, die nach NUSS und STEINER (2004) keine Lahmheit verursacht, einen signifikanten Milchrückgang gegenüber nicht betroffenen Tieren fest. JUNGE (1983) kann hingegen bei Studien an 4627 Tieren keinen Zusammenhang zwischen Klauenläsionen und Milchleistung beobachten. Andererseits berichten verschiedene Autoren übereinstimmend über einen Milchrückgang aufgrund von klinischen Lahmheiten (GREEN et al., 2002; O'CALLAGHAN-LOWE et al., 2004).

In der vorliegenden Arbeit konnte kein Zusammenhang zwischen der Anzahl aufgetretener klinischer Lahmheiten und einer bestimmten Bodenbeschaffenheit festgestellt werden. Mit 6 klinischen Lahmheiten auf Betonboden und 7 klinischen Lahmheiten auf Gummiboden, kann von einer Verteilung ausgegangen werden, die sich bezüglich der Milchleistung auf beide Gruppen gleichermaßen auswirkte.

Daher erbringt die vorliegende Arbeit keinen Beweis, dass die Bodenbeschaffenheit Einfluss auf die Milchleistung hat.

Die annähernd gleiche Milchleistung beider Gruppen, gekoppelt mit den Ergebnissen der Stoffwechselfparameter, zeigen auf, dass es im Rahmen dieses Versuchs sehr gut gelungen ist, für beide Gruppen gleiche Ausgangsbedingungen zu schaffen. Auch zeigen die Ergebnisse, dass das deutlich reduzierte Tier / Fressplatzverhältnis in der Gummibodengruppe im Gegensatz zum Tier / Fressplatzverhältnis in der Betonbodengruppe keinen negativen Einfluss auf die Energieversorgung und damit auf Stoffwechsel und Leistung der Tiere hatte.

5.6 Bewegungsaktivität

Als letzter Parameter dieser Studie wurde die tägliche Bewegungsaktivität der Tiere über den gesamten Versuchszeitraum gemessen.

Die graphische Darstellung der durchschnittlichen täglichen Bewegungsaktivität beider Gruppen (Abb. 4-31) zeigte im ersten Drittel der Laktation ein deutlich höheres Bewegungsaktivitätsniveau der Weichbodengruppe. Später folgte eine Angleichung beider Gruppen auf ein ähnliches Bewegungsaktivitätsniveau. Dieses Aktivitätsniveau wird in beiden Gruppen bis zum Ende der Laktation aufrecht erhalten. Obwohl in dieser Studie keine Verhaltensparameter, wie bspw. Äußerung von Brunstverhalten, außer der Bewegungsaktivität erhoben wurden, kann man aus dem Ergebnis folgern, dass das deutlich höhere Bewegungsaktivitätsniveau der Gummibodengruppe, zwischen Tag 40 und 70 der Laktation, bei einer freiwilligen Wartezeit von 60 Tagen, durch ein aktiveres Brunstverhalten der Tiere auf elastischem Boden hervorgerufen wurde. Dies würde sich außerdem mit den Beobachtungen von BENZ (2002) decken, die ein dreimal häufigeres Aufreiten der Tiere während der Brunst auf elastischem Boden zählte als bei Tieren auf Betonspaltenboden.

Das Bewegungsaktivitätsniveau sank ab dem Tag 70 ab. Am Tag 120 wurde ein nahezu konstanter Bewegungsaktivitätslevel für den restlichen Verlauf der Laktation erreicht. Bei einer freiwilligen Wartezeit von 60 Tagen werden Tiere, die mit bspw. 50 Tagen durch eine Brunst auffallen, noch nicht besamt und sollten dann, ein regelrechtes Zyklusgeschehen vorausgesetzt, mit 71 Tagen wieder rindern und besamt werden. Daher ist das Absinken des Bewegungsaktivitätsniveaus bis zum Tag 100 mit dem Ausbleiben des Brunstgeschehens durch Trächtigkeit erklärbar.

Für ein generell vermehrtes Laufen auf Gummiboden sprechen die Ergebnisse dieser Studie nicht. Die Bewegungsaktivität beider Gruppen glich sich nach Ausbleiben des Brunstverhaltens an und zeigte keine weiteren deutlichen Unterschiede.

Daraus lässt sich schließen, dass die Tiere mehr Vertrauen in den elastischen Boden haben und bewegungstechnisch anspruchsvolle Verhaltensweisen, wie z.B. das Brunstverhalten, aktiver ausüben können. In diesen Ansprüchen stellt sich der Betonboden als unzureichend heraus, da die vorliegenden Ergebnisse beweisen, dass die Tiere sich auf Grund der Bodenbeschaffenheit in ihrer Aktivität einschränken und so auf Betonboden diesbezüglich keine Bedarfsdeckung erzielt wird. Die Elastizität allein bewegt die Tiere jedoch nicht dazu mehr zu laufen.

Daher kann die These, dass die Tiere durch den weichen Untergrund mehr laufen und sich in diesem Zuge durch den Klauenmechanismus die Mikrozirkulation in der Dermis der Klaue verbessert (BENZ, 2002), mit den Ergebnissen dieser Arbeit nicht bestätigt werden.

6 Schlussfolgerungen für den Einsatz elastischer Spaltenbodenauflagen

Die Herausforderung dieser Arbeit lag darin, Pro und Contra von elastischen Böden in der Milchviehhaltung in Teilbereichen zu objektivieren.

Subjektiv gesehen, kann die Aussage von BENZ (2002) - nicht „planbefestigt oder perforiert, sondern hart oder elastisch“ sollte die Entscheidung bezüglich Laufflächen in Rinderställen lauten - nur unterstützt werden.

Leider sind solche Entscheidungen in erster Linie nicht durch die Bedürfnisse der Tiere bestimmt, sondern durch den enormen wirtschaftlichen Druck, der auf der Milchviehhaltung lastet.

Daher wurden in der vorliegenden Arbeit der Einfluss von weichem Boden auf die Klauenentwicklung, die Klauengesundheit, die Hornhärte, den Stoffwechsel, die Milchleistung und die Bewegungsaktivität bei laktierenden Kühen untersucht.

Die Ergebnisse dieser Arbeit waren in den Bereichen Hornschuhentwicklung, Klauengesundheit und Milchleistung anders als erwartet.

Sie sollen dennoch nicht als „vernichtendes Urteil“ über Gummimatten angesehen werden, sondern zu Verbesserungen in verfahrenstechnischer Sicht und weiteren Untersuchungen anregen.

Die Anzahl der „Zufallsbefunde“ der Gummibodengruppe war gegenüber der Kontrollgruppe auf Beton erhöht. Die Entwicklung des Hornschuhs auf weichem Boden wirkte sich negativ auf die Funktionalität der Klaue aus und führte in der Folge zu vermehrten Überlastungen und Druckschädigungen der Lederhaut.

Dies bedeutet, dass das gewählte Klauenpflegeintervall von ca. 5 Monaten zu lang war. Die Deformation des Hornschuhs innerhalb dieser Zeitspanne konnte soweit fortschreiten, dass sich Klauenschädigungen manifestieren konnten. Auf Betriebsebene müsste also eine dreimal jährliche Klauenpflege als Mindestanforderung gestellt werden, um Klauenschäden vorzubeugen. Das bedeutet zusätzlich zum Anschaffungspreis der Gummimatten einen erheblichen Kostenfaktor. Wirtschaftlich betrachtet lassen sich Gummimatten auf Laufflächen in Rinderställen nach diesen Untersuchungen als nicht rentabel einstufen.

Verfahrenstechnische Aspekte des Hygienemanagements des Bodens waren nicht Inhalt der Arbeit. Dennoch zeigte sich, dass das manuelle Abschieben des

gummierten Spaltenbodens gegenüber dem Betonspaltenboden deutlich erschwert war und auf Dauer für das Personal nicht zumutbar. Daher konnte auf das Ausbringen von Wasser bei jedem Abschieben (2 x täglich) nicht verzichtet werden. Sicherlich bedeutete dies eine zusätzliche Belastung für das Klauenhorn und es konnte in der Folge nicht differenziert werden wie groß der Einfluss dieser zusätzlich zum Kot und Harn der Tiere anfallenden Benetzung des Bodens mit Feuchtigkeit war. Es muss daher noch mal betont werden, dass die Ergebnisse bezüglich der mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Umwelt zusammenhängenden Klauenerkrankungen und der Hornschuherweichung als nicht repräsentativ angesehen werden können. Es bleibt aber festzuhalten, dass elastische Spaltenbodenauflagen in Betrieben mit manuellem Abschiebepverfahren eine Arbeiterschwernis bedingen und durch das Benetzen mit Wasser ein weiterer Kostenfaktor anfällt.

In diesem Zusammenhang drängt sich die Notwendigkeit von Folgeuntersuchungen auf. Eine Wiederholung des Versuchs mit maschinell unterstütztem Abschieben des Spaltenbodens, ohne Ausbringen von Wasser, würde neue Erkenntnisse bringen.

Auch die Frage nach dem Einfluss von Gummiböden auf Stoffwechsel und Milchleistung der Tiere wurde untersucht. Die Ergebnisse dieser Arbeit lieferten keinerlei Hinweis, dass sich die Bodenbeschaffenheit begünstigend auf diese Parameter auswirkt. Diesbezüglich würde eine Folgeuntersuchung ebenfalls Aufschluss bringen, ob in dieser Untersuchung tatsächlich eine gleiche Tagesleistung beider Gruppen vorlag, oder die Tagesleistung der Gummibodengruppe aufgrund einer schlechteren Klauengesundheit, gegenüber der Betonbodengruppe reduziert war und somit auf das Niveau der Betonbodengruppe absank.

Eindeutig hingegen ließ sich die Aktivitätsbeobachtung der Tiere werten. Durch den Gummiboden konnte kein generelles „mehr Laufen“ der Tiere beobachtet werden, aber Aktivitätssteigerungen, wie sie im Rahmen des Brunstverhaltens vorkommen, wurden gegenüber der Betonbodengruppe auf dem Gummiboden deutlich besser geäußert.

7 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Auswirkungen der Bodenbeschaffenheit von Spaltenboden mit Gummiauflagen im Gegensatz zu Betonspaltenboden auf die Hornschuhentwicklung, die Hornhärte, die Klauengesundheit, die Aktivität, den Stoffwechsel und die Milchleistung von Kühen in ganzjähriger Laufstallhaltung zu überprüfen.

Die Studie wurde an 49 Kühen (F₁-Kreuzungstiere der Rassen DH und FV) des Lehr- und Versuchsguts Oberschleißheim, die in insgesamt 53 Laktationen beobachtet wurden, durchgeführt.

Für die Durchführung wurden die Tiere pro Laktation dreimal (Versuchsbeginn Tag 21 a.p., Tag 150 p.p., Versuchsende Tag 305 p.p.) an einem Kippstand abgelegt, um die Klauen zu vermessen und die Hornhärte zu bestimmen. Danach wurden die Klauen jeweils gepflegt.

Zur Bestimmung der Klauenmorphologie wurden an allen Klauen die Dorsalwandlänge, die Wanddiagonale, die Sohlenlänge und Sohlenbreite, die Ballenlänge und Ballenhöhe und axial der Ansatz der Kehlung gemessen. Außerdem wurden die Winkel zwischen Dorsalwand und Sohle an der Klauenspitze und zwischen Ballen und Sohle am Ballen bestimmt. Die Härteprüfung wurde mit einem tragbaren Shore-D-Härtemessgerät an acht verschiedenen Punkten der Fußungsfläche jeder Klaue durchgeführt.

Verteilt über den Versuchszeitraum wurden Blutproben entnommen, die auf Parameter des Leberstoffwechsels, Glukosespiegel, CK und Ca / P Haushalt überprüft wurden.

Beide Gruppen wurden in einem Automatischen Melksystem (AMS) gemolken und die Milchmengenmessung geschah automatisch. Über Aktivitätszähler, die die Tiere an einem Halsband trugen und die im AMS bei jedem Besuch abgelesen wurden, wurde die Aktivität im gesamten Versuchszeitraum, mit Ausnahme des Abkalbezeitraums, den die Tiere in einem separaten Stall verbrachten, gemessen.

Die Auswertung der Daten zeigte signifikante Unterschiede in der Hornschuhentwicklung zwischen Gummibodengruppe und Betonbodengruppe. Die Klauen der Gummibodengruppe unterschieden sich durch eine signifikant

längere Dorsalwand, Wanddiagonale, Sohlenlänge, Ballenlänge und eine signifikant größere Ballenhöhe. Die Winkel an den Klauen der Gummibodengruppe veränderten sich auch signifikant. Der Dorsalwandwinkel wurde signifikant spitzer und der Ballenwinkel vergrößerte sich signifikant bei der Gummibodengruppe, gegenüber der Betonbodengruppe.

Durch die Hornhärtemessung konnte eine signifikante Erweichung der Klauen der Gummibodengruppe gegenüber der Betonbodengruppe festgestellt werden.

In der Klauengesundheit unterschieden sich beide Gruppen ebenfalls. Bei den festgesetzten Klauenpflegeterminen zeigte sich, dass die Inzidenz von Dermatitis Digitalis (DD) und Ballenhornfäule in der Gummibodengruppe deutlich höher lag. Ebenso konnte ein vermehrtes Auftreten von Rusterholzschens Sohlengeschwüren (RHSG) und Druckstellen distal des Ansatzpunkts der tiefen Beugesehne zum Zeitpunkt der zweiten Messung in dieser Gruppe festgestellt werden. Das Auftreten von reassozierten Veränderungen an der Klaue wurde in beiden Gruppen beobachtet, lag aber in der Betonbodengruppe etwas höher. Sohlenwandgeschwüre (SWG) traten zu den festgesetzten Pflege- und Messterminen in beiden Gruppen vereinzelt auf. Die Inzidenz der Limax war bei allen Messungen bei beiden Gruppen gleich.

Außerhalb der vorgegebenen Klauenpflegetermine traten bei 6 Tieren der Betonbodengruppe und bei 7 Tieren der Gummibodengruppe klinische Lahmheiten auf. Diese wurden in der Betonbodengruppe 2 x durch RHSG, 1 x durch SWG, 1 x durch Rehe, 1 x durch Limax und 1 x durch eine Phlegmona interdigitalis verursacht. Auf Gummiboden traten klinische Lahmheiten 1 x durch RHSG, 3 x durch SWG, 2 x durch Rehe und 1 x durch Limax auf.

Die Stoffwechselfparameter zeigten keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen, die sich auf die Bodenbeschaffenheit zurückführen ließen. Auch die tägliche Milchmengenerfassung zeigte keinen signifikanten Unterschied. Mit 24,59 l auf Betonboden und 24,51 l auf Gummiboden ließ sich auch kein Trend feststellen.

Die Aktivitätsmessung zeigte ein deutlich höheres Niveau der Gummibodengruppe bis zum Tag 90, das mit ausgeprägterem Brunstverhalten der Tiere auf weichem Boden gedeutet wurde. Danach glich sich das Aktivitätsniveau der Gummibodengruppe dem der Betonbodengruppe für die restliche Versuchszeit an.

Demnach lassen sich folgende Thesen aus dieser Arbeit ableiten:

- Durch den auf Gummiboden verminderten Hornabrieb kommt es zu einer progressiven Veränderung des Hornschuhs. Die Klaue wird länger, dadurch verändert sich der Ballenwinkel und es kommt zu einer Verschiebung der physiologischen Belastungsverhältnisse von der Spitze zum Ballen. Diese Entwicklung verursacht ein gehäuftes Auftreten von RHSG und Druckstellen in diesem Bereich, bei einem Klauenpflegintervall von 5 Monaten.
- Der Gummiboden verhindert nicht das Auftreten von reheassozierten Veränderungen an der Klaue.
- Die Bodenbeschaffenheit wirkt sich nicht auf den Leber- und Knochenstoffwechsel aus, auch Glukosespiegel und CK bleiben unbeeinflusst.
- Die Milchleistung der Tiere wird durch die Bodenbeschaffenheit nicht beeinflusst.
- Die Tiere haben auf Gummiboden ein höheres Aktivitätsniveau bis zur Besamung und zeigen die Brunst damit deutlicher.
- Gummiboden führt nicht zu einem generellen „mehr Laufen“ der Tiere.

Die Ergebnisse der Hornhärtemessung und die Inzidenz von Klauenerkrankungen, deren Ätiologie einen Zusammenhang mit dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens haben, sind als nicht repräsentativ zu werten, da in dieser Studie die Böden beider Gruppen 2 x täglich manuell abgeschoben wurden. Dies war auf dem Gummiboden mit erheblich größerem Kraftaufwand verbunden. Daher wurde der Gummiboden 2 x täglich komplett mit Wasser benetzt. Der Einfluss des höheren Feuchtigkeitsgehalts des Gummibodens durch das Benetzen und der Einfluss der Bodenbeschaffenheit allein, sind hier nicht zu differenzieren. In jedem Falle ist jedoch die Notwendigkeit den elastischen Boden zum täglichen Reinigen befeuchten zu müssen, unter dem Gesichtspunkt der Tiergesundheit, ein deutlicher Nachteil von elastischen Spaltenbodenauflagen.

8 Summary

Comparison of claw health, milk yield and activity in dairy cows housed on concrete slatted floor or rubber matted slatted floor

The goal of the present study was the comparison of two different types of flooring used in cattle farming facilities: concrete slatted floor (CSF) and rubber matted slatted floor (RMSF).

Study points were the development of the horn capsule of the claw, hardness of the horn, claw health, activity, metabolism and milk yield. The study population was dairy cattle in loose housing system. Population size was 49 and exclusively represented by F₁ cross bred animals of German Holsteins and German Fleckvieh. 45 cows were studied over one lactation period, 4 cows over two lactation periods. Data were collected from November 2002 until March 2005. The study was performed at the experimental farm Oberschleissheim, an institution of the Ludwig-Maximilians-University Munich, Germany.

The study design includes the following steps.

Claw dimensions and morphology as well as horn hardness were assessed three times during one lactation period (begin of study day 21 a. p., day 150 p.p., end of study day 305 p.p.). Standard claw trims were conducted at each assessment.

Evaluation of the claw morphology was based on the following measurements: the dorsal wall length, the diagonal of the wall, the length and the width of the sole, the length and height of the bulb and the axial wall length.

The angle in between the dorsal wall and the sole of the claw at the very tip as well as the angle in between the bulb and the sole were also recorded.

Assessment of the hardness of the horn was performed using a portable hardness testing set (type Shore D) at eight different locations on the sole of each claw.

Throughout the entire study period all animals were subjected to regular blood tests. Laboratory analysis of the samples focused on liver function tests, blood glucose, serum Creatine Kinase (CK) level and Calcium and Phosphate concentrations.

Milking in both study groups was exclusively executed utilizing an automated milking system (AMS).

The animals were tagged with activity counting devices located in a neck collar that each participating cow kept for the entire study period. The activity was recorded automatically by the AMS.

Results:

We found significant differences in the claw development between the RMSF group and the CSF group.

The RMSF group had a significantly longer dorsal wall, diagonal of the wall, sole and bulb as well as greater height of the bulb. The data demonstrated a significantly sharper angle between the dorsal wall and the sole and a wider angle of the bulb in the RMSF group.

Comparing the hardness of the horn we observed significant softening of the claws in the RMSF group in opposition to the CSF group.

Analyzing the overall health of the claws during the three scheduled claw trimming sessions, we found that the incidence of digital dermatitis and heel horn erosion was markedly higher in the RMSF group.

At the time of the second claw trimming, we observed an increased incidence of sole ulcers and pressure sores (sole haemorrhages) distal to the insertion point of the deep flexor tendon.

Laminitis was observed in both groups but with a slightly higher incidence in the CSF group. Sporadic appearance of white line disease was noted in both groups. The incidence of limax was equal in both groups at all assessment sessions.

Six cows from CSF and seven cows from the RMSF group were clinically lame at some point during the study. The individual diagnoses were sole ulcers (2), white line disease (1), laminitis (1), limax (1) and interdigital phlegmone (1) for the CSF group. In the RMSF group the reasons for lameness were sole ulcer (1), white line disease (3), laminitis (2) and limax (1).

The laboratory analysis of the blood samples revealed no difference between the two groups.

The difference in the milk yield was not significant. The daily mean of 24,59 l in the CSF group and 24,51 l in the RMSF group do not allow to derive any trend from this data.

Comparing the activity level for the initial 90 days of the study period, the animals in the RMSF group were markedly more active than the ones in the CSF group. Beyond this point in time, there were no notable differences in activity levels of the two groups.

Conclusions:

The following theses can be derived from the present study:

- Assuming a claw trim interval of five months due to reduced wear on RMSF, the claws show progressive changes in morphology. Greater length of the claw and wider angle of the bulb lead to moving the top of the load from tip to bulb resulting in high incidence of sole ulcers and pressure sores in this area.
- RMSF may not prevent occurrence of laminitis,
- RMSF has neither influence on metabolic changes in the liver or bone minerals nor in CK or blood glucose,
- RMSF does not lead to higher milk yield,
- RMSF leads to increased activity during heat,
- RMSF does not lead to increased activity or walking generally.

The results of this study regarding hornhardness and incidence of claw diseases which are etiological caused by a high moisture content of the environment are not representative because of twice a day moisturizing the RMSF to enable the staff to do the manual manure scraping on this floor. Influence of higher environmental moisture content and influence of floor conditions themselves were no more distinguishable.

9 Literaturverzeichnis

AHLSTROEM, G., G. RAL, B. BERGLUND, C. SWENSSON (1986):

Hoof and leg traits of Swedish dairy cattle I. Objective Measurements

J Vet Med A 33: 561 - 587

ALBRIGHT, J. C. (1997):

Flooring in dairy cattle facilities

Proceedings International Conference Animal Behaviour and Design of
Livestock and Poultry systems

Indianapolis, IN, April 19 – 21, 1997: 168 – 182

BAHRS, E. (2005):

Verhalten und Gesundheitsstatus von Mastbullen auf Gummispaltenboden

Inaugural-Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München

BAUER, M. (1996):

Zur Untersuchung des Blutzuckerspiegels bei gesunden ketotischen
Milchkühen

Tierarztl Umsch 51: 481 – 487

BAUMGARTNER, C. F. (1988):

Untersuchungen über Klauenmasse als Hilfsmerkmale für die Selektion
auf Klauengesundheit an Töchtergruppen von Deutschen Fleckviehbulen

Inaugural-Dissertation, Ludwig-Maximilian-Universität München

BECKER, M. (1983):

Klauenerkrankungen beim Rind

Verlag Enke, Stuttgart

BENZ, B. (2002):

Elastische Beläge für Betonspaltenböden in Liegeboxenlaufställen
Dissertation, Universität Hohenheim

BERG, J. N., C. FRANKLIN (2000):

Interdigital phlegmon, interdigital necrobacillosis, acute footrot of cattle:
Considerations in etiology, diagnosis and treatment
In: 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit and
3rd International Conference on Bovine Lameness, Sept. 3-7,
(Eds.: MORTELLARO, C., L. DE VECCHIS, A. BRIZZI)
Parma, Italy: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootecniche 2000:
27-30

BERGSTEN, C. (1994):

Haemorrhages of the sole horn of dairy cows as a retrospective indicator of
laminitis: an epidemiological study
Acta vet scand 35 (1): 55-66

BERGSTEN, C. (1995):

Digital disorders in dairy cattle with special reference to laminitis and heel
horn erosion: the influence of housing, management and nutrition
Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Experimental
Station, Veterinary Institute, Skara, Sweden

BERGSTEN, C. (1997):

Infectious diseases of the digits
In: Lameness in cattle, (GREENOUGH, P.R., A.D. WEAVER)
3.Ausgabe, Saunders, Philadelphia, USA

BERGSTEN, C. (2001):

Laminitis: Causes, Risk Factors, and Prevention
Proceedings, Texas Animal Nutrition Council 2001
<http://www.txanc.org/proceedings/2001/BovineLaminitis.pdf>

BERGSTEN, C. (2004):

Healthy feet requires cow comfort 24 hours

In: Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on lameness in ruminants, 11th – 13th February,

(Ed.: ZEMLJIC, B.)

Maribor, Slovenija

BERGSTEN, C., J. HULTGREN (2002):

Effects of a rubber-slat system on cleanliness, foot health, and behaviour in tied dairy cows

In: 12th International Symposium on Lameness in Ruminants, Jan. 9-13,

(Ed.: SHEARER, J. K.)

Orlando, USA

BICKERT, W. G., J. CERMAK (1997)

Housing considerations relevant to lameness of dairy cows

In: Lameness in cattle,

(Eds.: GREENOUGH, P.R., A.D. WEAVER)

3.Ausgabe, Saunders, Philadelphia, USA

BLOWEY, R. W. (1993):

Cattle Lameness and Hoofcare

Farming Press

BLOWEY, R. W., M. W. SHARP (1988):

Digital dermatitis in cattle

Vet Rec 122: 505-508

BLUM, J. W. (1992):

Physiologische Grundlagen hoher Milchleistung beim Rind

Schweiz Arch Tierheilkd 134: 213-229

BOCKISCH, F. - J. (1990):

Quantifizierungen von Interaktionen zwischen Milchkühen und deren
Haltungsumwelt als Grundlage zur Verbesserung von Stallsystemen und
ihrer ökonomischen Bewertung
Habilitationsschrift, JLU Gießen

BRADE, W. (2001):

Wichtige Verhaltenscharakteristika des Rindes
Milchpraxis 39 (3): 146 - 149

BUDRAS, K.-D., R. L. HULLINGER, W. O. SACK (1989):

Light and electron microscopy of keratinization in the laminar epidermis of
the equine hoof with reference to laminitis
Am J Vet Res 50: 1150 – 1160

BUDRAS, K.-D., B. HUSKAMP (1995):

Die Hornqualität des Pferdehufes und deren Verbesserung nach einer
orthopädischen Behandlung der Hufrehe
In: Orthopädie bei Huf- und Klautentieren (Ed.: KNESEVIC, P.F.)
Verlag Schattauer, Stuttgart

BUDRAS, K.-D., A. WÜNSCHE (2002):

Atlas der Anatomie des Rindes
Schlütersche GmbH & Co. KG, Verlag und Druckerei, Hannover

COLLICK, D. W. (1997):

Interdigital space and claw
In: Lameness in cattle, (Eds.: GREENOUGH, P.R., A.D. WEAVER)
3.Ausgabe, Saunders, Philadelphia, USA

DEMIRKAN, I. (1998):

Possible association between spirochaetes and lesions of digital dermatitis found in cattle

In: 10th International Symposium on Lameness in Ruminants

Sept. 7-10,

(Eds.: LISCHER, C., P. OSSENT)

Luzern, Schweiz: University of Zurich, 266-267

DLG PRÜFBERICHT 5404 (2004):

<http://www.dlg-test.de>

DOHOO, I. R., S. W. MARTIN (1984):

Subclinical ketosis: prevalence and associations with production and disease

Can J Comp Med 48 (1): 1-5

ENTING, H., D. KOOIJ, A. A. DIJKHUIZEN, R. B. M. HUIRNE, E. N. NOORDHUIZEN-STASSEN (1997):

Economic losses due to clinical lameness in dairy cattle

Livest Prod Sci 49: 259-67

FECHNER, O., E. CZIESIELSKI (1999):

WU-Beton im Erdreich

Festschrift zum 60.Geburtstag von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Horst Falkner,

Betonbau-Forschung, Entwicklung und Anwendung

Heft 142, Braunschweig

FIEDLER, A. (2000):

Comparative studies about the prevalence of claw diseases in tiestalls and loose-housing systems in Bavaria 1998 and 1999

In: 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit and

3rd International Conference on Bovine Lameness, Sept. 3-7,

(Eds.: MORTELLARO, C., L. DE VECCHIS, A. BRIZZI)

Parma, Italy: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootechniche: 157-9

FIEDLER, A. (2004):

Der Einfluss der Haltungsbedingungen auf die Klauengesundheit

ITB – Schwerpunktseminar des Lehr- und Versuchsgutes
Oberschleißheim, Aufbau – Seminar „Rund um die Rinderklaue“ II,
Einflüsse von Haltungsbedingungen und Fütterung auf die
Klauengesundheit

Oberschleißheim, 09.-10. Oktober 2004

FIEDLER, A., J. MAIERL, K. NUSS (2004):

Funktionelle Klauenpflege

In: Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes

(Eds.: FIEDLER, A., J. MAIERL, K. NUSS)

Schattauer Verlag, Stuttgart

FIEDLER, A., S. NÜSKE, J. MAIERL (2000):

Funktionelle Klauenpflege beim Rind

BLV Verlagsgesellschaft mbH, München

FOSTER, L. A. (1988):

Clinical ketosis

Vet Clin North Am Food Anim Pract 4 (2): 253 - 267

FRANKENA, K., K. VAN KEULEN, J. NOORDHUIZEN, E. NOORDHUIZEN-
STASSEN, J. GUNDELACH, D. DE JONG, I. SAEDT (1992):

A cross-sectional study into prevalence and risk indicators of digital
haemorrhages in female dairy calves

Prev Vet Med 14: 1-12

FREGONESI, J. A. (1999):

Production and behaviour of dairy cattle in different housing systems

Ph.D. Dissertation, Univ. London, United Kingdom

FREGONESI, J. A., J. D. LEAVER (2000):

Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in straw yard or cubicle systems

Livest Prod Sci 68: 205-216

FROHNES, A.-K. (1999):

Struktur, Verhornung und Hornqualität im Sohlen- und Ballen-Strahlsegment des Pferdehufes

Inaugural-Dissertation, Freie Universität Berlin

FÜRST, A. (1992):

Makroskopische und mikroskopische Anatomie der Rinderklaue

Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Zürich

GIRSCHEWSKI, H., J. VOIGT, B.PIATKOWSKI (1977):

Untersuchungen über Vorkommen, Erfassung und Behandlung der subklinischen Ketose bei Hochleistungskühen

Monatshefte Veterinärmedizin 32 (6): 201-203

GRAVERT, H. O., E. ROSENHAHN, U. RIEMANN, S. CAMARA (1969):

Erblichkeit der Klauenabnutzung bei Rindern

Züchtungskunde 41: 194 – 196

GREEN, L. E., V. J.HEDGES, Y. H. SCHUKKEN, R. W. BLOWEY, A. J.

PACKINGTON (2002):

The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows

J Dairy Sci 85: 2250-2256

GREENOUGH, P. R., J. J. VERMUNT, J. J. MCKINNON (1990):

Laminitis-like changes in the claws of feedlot cattle

Can Vet J 31: 202-8

GÜNTHER, M. (1988):

Klauenkrankheiten

G. Fischer Verlag, Jena, 4.Auflage

GÜNTHER, M. (1991):

Klauenkrankheiten

G. Fischer Verlag, Jena, 5.Auflage

HABERMEHL, K.-H. (1996):

Haut und Hautorgane

In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band III, Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane

(Eds.: NICKEL, R., A. SCHUMMER, E. SEIFERLE)

Verlag Paul Parey im Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin, Wien,

3. Auflage

HAHN, M. V., B. T. Mc Daniel, J. C. WILK (1984):

Genetic and environmental variation of hoof characteristics of Holstein cattle

J Dairy Sci 67: 2986 – 2998

HAHN, M. V., B. T. Mc Daniel, J. C. WILK (1984):

Rates of hoof growth and wear in Holstein cattle

J Dairy Sci 69: 2148 - 2156

HERNANDEZ, J., J. K. SHEARER, D. W. WEBB (2002):

Lameness and milk production in dairy cows

In: 12th International Symposium on Lameness in Ruminants, Jan. 9-13,

(Ed.: SHEARER, J. K.)

Orlando, USA

HOCHSTETTER, T. (1998):

Die Hornqualität der Rinderklaue unter Einfluß einer
Biotinsupplementierung

Inaugural-Dissertation, Freie Universität Berlin

HUBER, M. (1983):

Untersuchungen über Klauenparameter an Jungbullen in den bayerischen
Eigenleistungsprüfungsanstalten

Inaugural-Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München

IRPS, H. (1987):

The influence of the floor on the behaviour and lameness of beef bulls

In: Cattle housing systems, lameness and behaviour

(Eds.: WIERENGA, H. K., D. J. PETERSE)

Proceedings of a seminar on the influence of the design of housing systems
for cattle on lameness and on behaviour, held in Brussels on June 3-4,
1986 at the Commission of the European Communities

Martinus Nijhoff, Dordrecht; 73 - 86

JUNGE, W. (1983):

Klauenerkrankungen und ihre Ursachen bei Milchkühen

Dissertation, Christian-Albrechts - Universität, Kiel

KEMPKENS, K., J. BOXBERGER (1987):

Locomotion of cattle in loose housing systems

In: Cattle housing systems, lameness and behaviour

(Eds.: WIERENGA, H. K., D. J. PETERSE)

Proceedings of a seminar on the influence of the design of housing systems
for cattle on lameness and on behaviour, held in Brussels on June 3-4,
1986 at the Commission of the European Communities

Martinus Nijhoff, Dordrecht; 107 – 118

KIRCHNER, M., J. BOXBERGER (1987):

Loading of the claws and the consequences for the design of slatted floor

In: Cattle housing systems, lameness and behaviour

(Eds.: WIERENGA, H. K., D. J. PETERSE)

Proceedings of a seminar on the influence of the design of housing systems for cattle on lameness and on behaviour, held in Brussels on June 3-4, 1986 at the Commission of the European Communities

Martinus Nijhoff, Dordrecht; 37 – 44

KLOOSTERMAN, P. (1997):

Claw Care

In: Lameness in cattle

(Eds.: GREENOUGH, P. R., A. D. WEAVER)

Saunders, 3rd ed. Philadelphia, USA

KOSSAIBATI, M. A., R. J. ESSLEMONT (1997):

The costs of production diseases in dairy herds in England

Vet J 154: 41-51

KRAFT, W., U.M. DÜRR, H. BOSTEDT, K. HEINRITZI (1997), a:

Leber

In: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin

(Eds.: KRAFT, W., U. M. DÜRR)

Schattauer Verlag, Stuttgart, New York, 4. Auflage

KRAFT, W., M. FÜLL, H. BOSTEDT, K. HEINRITZI (1997), b:

Klinische Endokrinologie

In: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin

(Eds.: KRAFT, W., U. M. DÜRR)

Schattauer Verlag, Stuttgart, New York, 4. Auflage

- KRAFT, W., W. KLEE, H. BOSTEDT, K. HEINRITZI (1997), c:
Skelettmuskulatur, Knochen, Kalzium-, Phosphor-,
Magnesiumstoffwechsel
In: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin
(Eds.: KRAFT, W., U. M. DÜRR)
Schattauer Verlag, Stuttgart, New York, 4. Auflage
- KREMER, P., S. NÜSKE, A. SCHOLZ, M. FÖRSTER (2004):
Influence of different floor conditions on claw development, metabolism
and milk yield in dairy cows housed in stalls with free cow traffic
In Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on
lameness in ruminants, 11th – 13th February,
(Ed.: ZEMLJIC, B.)
Maribor, Slovenija
- KROON, H. M. (1915):
Die weiße Linie am Huf
Berl Münch Tierärztl Wochenschr 51: 601 – 604
- KÜMPER, H. (1997):
Biomechanische Grundlagen einer funktionellen Klauenpflege beim Rind
Prakt Tierarzt 1997; 78: 880 – 888
- LEAN, I. J., M. L. BRUSS, R. L. BALDWIN, H. F. TROUTT (1992):
Bovine ketosis: a review. II. Biochemistry and prevention
Vet Bull 62 (1): 1 - 14
- LEUENBERGER, W., M. DOZZI, J. MARTIG (1978):
Messfehler verschiedener Methoden zur Bestimmung der Klauenbelastung
und der Klauenform beim Rind
Zbl Vet Med A 25: 837 – 844

LISCHER, C. J., P. OSSENT (2000):

Sole ulcers in dairy cattle – what's new about an old disease

In: 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit and
3rd International Conference on Bovine Lameness, Sept. 3-7,

(Eds.: MORTELLARO, C., L. DE VECCHIS, A. BRIZZI)

Parma, Italy: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootechniche 46-48

LIVESEY, C. T., T. HARRINGTON, A. M. JOHNSTON, S. A. MAY, J. A.
METCALF (1998):

The effect of diet and housing on the development of sole haemorrhages,
white line haemorrhages, and heel erosions in Holstein heifers

Anim Sci 67: 9-16

MACLEAN, C. W. (1966):

Observations on laminitis in intensive beef units

Vet Rec 78: 223-31

MAIERL, J. (2004):

Funktionelle Aspekte

In: Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes

(Eds.: FIEDLER, A., J. MAIERL, K. NUSS)

Schattauer Verlag, Stuttgart

MAIERL, J. (2004):

Muskulatur des Fußes

In: Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes

(Eds.: FIEDLER, A., J. MAIERL, K. NUSS)

Schattauer Verlag, Stuttgart

MAIERL, J. (2004):

Skelett und Gelenke des Fußes

In: Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes

(Eds.: FIEDLER, A., J. MAIERL, K. NUSS)

Schattauer Verlag, Stuttgart

MAIERL, J., C. MÜLLING (2004):

Funktionelle Anatomie

In: Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes

(Eds.: FIEDLER, A., J. MAIERL, K. NUSS)

Schattauer Verlag, Stuttgart

MANSKE, T. (2002):

Hoof lesions and lameness in Swedish dairy cattle; prevalence, risk factors, effects of claw trimming and consequences of productivity

PhD, Swedish University of Agricultural Sciences, Skara, Sweden

MANSON, F. J., J. D. LEAVER (1988):

The influence of dietary protein intake and of hoof trimming on lameness in dairy cattle

An Prod 47: 191-9

MELLENDEZ, P., J. BARTOLOME, A. DONOVAN (2002):

Relationship between lameness, ovarian cysts and fertility in Holstein cows

In: 12th International Symposium on Lameness in Ruminants, Jan. 9-13,

(Ed.: SHEARER, J. K.)

Orlando, USA

METZ, J. H. M., H. K. WIERENGA (1987):

Behavioural criteria for the design of housing systems for cattle

In: Cattle housing systems, lameness and behaviour

(Eds.: WIERENGA, H. K., D. J. PETERSE)

Proceedings of a seminar on the influence of the design of housing systems for cattle on lameness and on behaviour, held in Brussels on June 3-4, 1986 at the Commission of the European Communities

Martinus Nijhoff, Dordrecht; 14 - 27

MÜLLING, C. (1993):

Struktur, Verhornung und Hornqualität in Ballen, Sohle und Weißer Linie der Rinderklaue und ihre Bedeutung für Klauenerkrankungen

Inaugural-Dissertation, Freie Universität Berlin

NAUMANN, J., O. DIETZ, G. PRIETZ (1987):

Untersuchungen zur anorganischen Zusammensetzung und zur Stabilität von Huf- und Klauenhorn

Wien Tierärztl Monatsschr 74: 117-121

NICKEL, R., A. SCHUMMER, E. SEIFERLE (1992):

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I, Bewegungsapparat

Verlag Paul Paray, Berlin und Hamburg, 6. Auflage

NÜSKE, S. (2000):

Funktionelle Klauenpflege

In: Funktionelle Klauenpflege beim Rind

(Eds.: FIEDLER, A., S. NÜSKE, J. MAIERL)

BLV Verlagsgesellschaft mbH, München

NÜSKE, S., A. SCHOLZ, M. FÖRSTER (2004):

The claws of heifers and bulls within the first two years of their lives – a contribution of the development of the horn capsula considering different breeding lines and genders

In: Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on lameness in ruminants, 11th – 13th February,

(Ed.: ZEMLJIC, B.)

Maribor, Slovenija

NUSS, K., A. STEINER (2004):

Spezielle Diagnostik und Therapie

In: Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes

(Eds.: FIEDLER, A., J. MAIERL, K. NUSS)

Schattauer Verlag, Stuttgart

NUSSHAG, W. (1968):

Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Haustiere

S. Hirzel Verlag, Leipzig

O'CALLAGHAN-LOWE, K. A., D. Y. DOWNHAM, R. D. MURRAY, P. J. CRIPPS (2004):

Effect of lameness treatment on pain and milk production in dairy cattle

In: Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on lameness in ruminants, 11th – 13th February,

(Ed.: ZEMLJIC, B.)

Maribor, Slovenija

OSSENT, P., C. LISCHER (1998):

Bovine laminitis: The lesions and their pathogenesis

In Pract 20: 415 – 427

PARTES, N. (2004):

Einfluss von elastischen Laufflächen auf das Verhalten und die hygienischen Bedingungen bei Milchkühen
Diplomarbeit, Fachhochschule Weihenstephan

PATAN, B. (2001):

Saisonaler Einfluss auf Hornbildungsrate, Hornabrieb und Hornqualität in der Hufwand von Przewalskipferden (*Equus Ferus Przewalskii*)
Inaugural-Dissertation, Freie Universität Berlin

PELLMANN, R., S. REESE, H. BRAGULLA (1993):

Wechselwirkungen zwischen Hornstruktur und Hornqualität am Pferdehuf als Grundlage für das Verständnis von Verhornungsstörungen
Monatsh Vet Med 48: 623-630

READ, D., R. WALKER (1998):

Comparison of papillomatous digital dermatitis and digital dermatitis of cattle by histopathology and immunohistochemistry
In: 10th International Symposium on Lameness in Ruminants, Sept. 7-10,
(Eds.: LISCHER, C., P. OSSENT)
Luzern, Schweiz: University of Zurich, 268-269

READ, D., R. WALKER (1998b):

Experimental transmission of papillomatous digital dermatitis (footwarts) in dairy cattle
In: 10th International Symposium on Lameness in Ruminants, Sept. 7-10,
(Eds.: LISCHER, C., P. OSSENT)
Luzern, Schweiz: University of Zurich, 270

ROSSOW, N. (2003):

Das Glucosebeschaffungsproblem der Hochleistungskuh
<http://www.portal-rind.de/portal/artikel/detail.php?artikel=51>

ROSSOW, N. (2003b):

Fütterungsmangement der Milchkuh auf Leistung und Gesundheit in der Früh-laktation

<http://www.portal-rind.de/portal/artikel/detail.php?artikel=29>

ROSSOW, N. (2003c):

Fettmobilisationssyndrom der Milchkuh

<http://www.portal-rind.de/portal/artikel/detail.php?artikel=45>

RUSSKE, A. K. (2001):

Entwicklung von Klauenform und Klauenhorneigenschaften bei Jungrindern der Rassen Deutsche Holsteins und Deutsches Braunvieh
Inaugural-Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

RUSTERHOLZ, A. (1920):

Das spezifisch-traumatische Klauensohlengeschwür des Rindes
Schweiz Arch Tierheilk 62: 421-466

SAMEL, M., P. HEIMBERG, J. REHAGE (2005):

Growth, abrasion and hardness of claw horn and claw health of dairy cows kept on concrete or rubber mat flooring
Zweite Buiatrik-Tagung Oberschleißheim,
25.-27. Februar, Klinik für Wiederkäuer, Oberschleißheim

SCHMID, D. (1990):

Untersuchungen über Klauenmaße und Klauenkrankheiten in der Rinderherde des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim
Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München

SEIFERLE, E., J. FREWEIN (1992):

Aktiver Bewegungsapparat, Muskelsystem, Myologia

In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I, Bewegungsapparat

(Eds.: NICKEL, R., A. SCHUMMER, E. SEIFERLE)

Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 6. Auflage

SHAVER, R. (1994):

Nutrition, rumen environment and laminitis

In: 8th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit and

International Conference on Bovine Lameness, June 26-30,

(Ed.: GREENOUGH, P. R.)

Banff, Canada: University of Saskatchewan 1994: 383-96

SHAVER, R. (2000):

Feed delivery and bunk management aspects of laminitis in dairy herds, fed total mixed rations

In: 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit and

3rd International Conference on Bovine Lameness, Sept. 3-7,

(Eds.: MORTELLARO, C., L. DE VECCHIS, A. BRIZZI)

Parma, Italy: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootechniche: 34-45

SOMERS, J. G. C. J., K. FRANKENA, E. N. NOORDHUIZEN-STASSEN, J. H. M. METZ (2003):

Prevalence of Claw Disorders in Dutch Dairy Cows, Exposed to Several Floor Systems

J Dairy Sci 86: 2082-2093

SOMMER, T. (1985):

Untersuchungen zur Tiergerechtigkeit praxisüblicher Gestaltung von Laufflächen für Milchvieh im Boxenlaufstall

Liz. Arbeit, Zool. Institut, Bern

STEINER, B. (2004):

Anforderungen und Lösungen für Laufflächen in Rinderställen

ITB – Schwerpunktseminar des Lehr- und Versuchsgutes
Oberschleißheim, Aufbau – Seminar „Rund um die Rinderklaue“ II,
Einflüsse von Haltungsbedingungen und Fütterung auf die
Klauengesundheit

Oberschleißheim, 09.-10. Oktober 2004

TOUSSAINT RAVEN, E. (1998):

Klauenpflege beim Rind

Universität Utrecht

VAN AMSTEL, S. (1998):

Aspects of microbiology of interdigital dermatitis in dairy cows

In: 10th International Symposium on Lameness in Ruminants, Sept. 7-10,

(Eds.: LISCHER, C., P. OSSENT)

Luzern, Schweiz: University of Zurich, 274-275

VERMUNT, J. J. (2000):

Risk factors of laminitis – an overview

In: 11th International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit and
3rd International Conference on Bovine Lameness, Sept. 3-7,

(Eds.: MORTELLARO, C., L. DE VECCHIS, A. BRIZZI)

Parma, Italy: Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootechniche: 34-45

VERMUNT, J. J., P. R. GREENOUGH (1995):

Structural characteristics of the bovine claw: Horn growth and wear, horn
hardness and claw conformation

Br Vet J 151 (2): 157-180

WANGLER, A. (2004):

Praxiserfahrungen zur Klauengesundheit

Nutztierpraxis Aktuell, Ausgabe 9, Juni 2004

http://www.ava1.de/pdf/artikel/rinder/2004_03_wangler.pdf

WARZECHA, C. (1993):

The ruminant hoof: Morphological and histochemical findings in cattle,
sheep and goat

Dissertation, Universität Zürich

WEBB, N. G., C. NILSSON (1983):

Flooring and injury – an overview

In: Farm Animal Housing and Welfare

(Eds.: BAXTER, S. H., M. R. BAXTER, J. A. C. Mc CORMICK)

Nijhoff, The Hague, 226-259

WILKENS, H. (1963):

Zur makroskopischen und mikroskopischen Morphologie der Rinderklaue
mit einem Vergleich der Architektur von Klauen- und Hufhörchen

Habilitationsschrift, Tierärztliche Hochschule Hannover

WINTZER, H. J. (1986):

Der Einfluss einer Vitamin-H-Substitution auf Wachstum und
Beschaffenheit des Hufhorns

Tierärztl Prax 14: 495-500

ZEDDIES, J., J. MUNZ, C. FUCHS (1997):

Ökonomische Aspekte des Einsatzes von Tierarzneimitteln und
tierärztlichen Behandlungen

Prakt Tierarzt 78: Heft 1, 44-51

ZEEB, K. (1987):

The influence of the housing system on locomotory activities

In: Cattle housing systems, lameness and behaviour

(Eds.: WIERENGA, H. K., D. J. PETERSE)

Proceedings of a seminar on the influence of the design of housing systems for cattle on lameness and on behaviour, held in Brussels on June 3-4, 1986 at the Commission of the European Communities

Martinus Nijhoff, Dordrecht; 101 - 106

ZIETSCHMANN, O. (1918)

Das Zehenendorgan der rezenten Säugetiere: Krallen, Nägel, Hufe

Schweiz Arch Tierheilk 60: 241-272

10 Danksagung

Mein erster Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. Martin Förster für die Überlassung dieses interessanten Themas und die Anstellung als wissenschaftliche Assistentin am Lehr- und Versuchsgut während der Anfertigung dieser Dissertation.

Frau Dr. Barbara Benz, stellvertretend für das Gummiwerk Kraiburg, danke ich herzlich für die zur Verfügung gestellten Gummimatten für den Laufstall des LVG Oberschleißheim.

Herrn Dr. Stefan Nüske möchte ich in mehrfacher Hinsicht danken. Zum einen für die optimale Betreuung und Unterstützung bei der Durchführung des praktischen Teils dieser Arbeit. Ich danke ihm auch für die kritische Durchsicht meines Manuskriptes. Der größte Dank gilt ihm für eine herausragende Teamarbeit im Rahmen des tierärztlichen Dienstes, in der er mir erst unzählige Fertigkeiten vermittelte und mir schließlich größtmögliche Selbstständigkeit erlaubte. Diese Zusammenarbeit hielt zu jeder Zeit beiderseitiger, konstruktiver Kritik stand und wird für mich unvergessen bleiben. Besonderer Dank gilt ihm schließlich noch für das Handwerkszeug der Funktionelle Klauenpflege und der Behandlung von Klauenkrankheiten, das er mir für die Zukunft mit auf den Weg gegeben hat.

Weiterer, großer Dank gilt Herrn PD Dr. Dr. Armin Scholz für die Hilfe bei allen statistischen Fragen, außerdem für die Unterstützung bei der Versuchsplanung und -durchführung, für die Durchsicht des Manuskriptes und nicht zuletzt für das zu jeder Zeit offene Ohr.

Mein nächster Dank gilt dem Techniker für den EDV Bereich Herrn Richard Bätz, nicht nur für die Hilfe bei der Durchführung der Datenanalysen sondern auch für manch aufmunterndes Wort und die Hilfe bei all den vielen „aktuellen Auswertungen“.

Ebenso möchte ich mich beim Techniker des Rinderbereichs, Herrn Thomas Böser, für die gute Zusammenarbeit und seine oft beanspruchte Hilfe bei den Klauenmessungen und Blutentnahmen bedanken.

Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. Wolfgang Klee, Vorstand der Klinik für Wiederkäuer, danke ich für die Möglichkeit der Auswertung der Serumproben in seinem Labor. In diesem Zuge danke ich auch Frau Ingrid Hartmann und Frau Christina Beyer aus dem Labor der Klinik für Wiederkäuer für die technische Durchführung der Auswertungen der Serumproben.

Ein weiterer großer Dank gilt den Melkern des LVG, Herrn Norbert Dierig, Herrn Martin Jakob und Herrn Josef Widmann, die mich durch ihre stets gewährte Hilfe bei Klauenmessungen und Blutentnahmen unterstützt haben. Ich danke auch allen anderen Angestellten und externen Doktoranden am LVG, die mir bei der Durchführung des praktischen Teils behilflich waren.

Für die gute Zusammenarbeit im Rahmen der Erfüllung des tierärztlichen Dienstes möchte ich mich bei allen Angestellten des LVGs bedanken.

Meinem Bruder, Herrn Wolf Kremer, danke ich für die Hilfe bei der Erstellung des Summarys.

Bei meinen Freunden möchte ich mich bedanken, stellvertretend sei hierfür Frau Bettina Cramer genannt, die mich nicht nur während der Zeit der Anfertigung dieser Arbeit durch aufmunternde Worte, fröhliche Stunden und auch manche Kritik begleitet haben. Außerdem danke ich ihnen für ihre Geduld und das entgegengebrachte Verständnis für die „Funkstille“ zum Ende der Erstellung dieser Arbeit.

Mein herzlichster Dank gilt meinem Lebensgefährten, Herrn Martin Zöllner, der mich zu jeder Zeit unterstützt und immer für mich da ist.

Mein tiefster Dank gilt meiner Mutter. Ihre bedingungslose Unterstützung hat mir nicht nur das Studium, sondern auch die Anfertigung dieser Dissertation ermöglicht. Ich danke ihr für die Durchsicht meines Manuskripts, aber v. a. danke ich Dir für Deine Liebe und alles, was Du mir mit auf den Weg gegeben hast.

Zum Schluss möchte ich noch jemandem danken, der v. a. gegen Ende der Anfertigung dieser Dissertation oft zu kurz gekommen ist und trotzdem immer da war und nie Vorwürfe erhoben oder Fragen nach dem Warum gestellt hat. Sie hat Tag für Tag und wenn es sein musste, auch Nacht für Nacht unter meinem Schreibtisch ausgeharrt und damit nicht nur meine Füße gewärmt... Danke Juba.

11 Lebenslauf

Prisca Valerie Kremer

Geburtsdatum: 25. Januar 1977
Geburtsort: Hürth
Eltern: Nikolaus Peter Kremer, Arzt für Allgemeinmedizin,
* 11.04.1928, † 26.06.1994
Maria Gabriele Kremer, geb. Lindenbeck, Sekretärin
* 12.05.1939
Geschwister: Wolf Peter Kremer, Arzt
* 28.02.1975
Familienstand: ledig

Schulbildung:

1983 – 1987 Besuch der Albert-Schweitzer Grundschule in Köln-
Junkersdorf
1987 – 1996 Besuch des Friedrich-Wilhelm-Gymnasiums in Köln
04. Juni 1996 Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife

Beruflicher Werdegang:

WS 1996/1997 - SS 2002 Studium der Veterinärmedizin an der Ludwig-
Maximilians-Universität München
12. April 2002 Tag der Approbation
Ab Mai 2002 Mithilfe bei der Erarbeitung des Konzeptes der
vorliegenden Arbeit
Mai 2002 - November 2002 Freiwillige Mitarbeit am Lehr- und Versuchsgut
Oberschleißheim
Seit 01.November 2002 Wissenschaftliche Angestellte, halbtags, am Lehr- und
Versuchsgut Oberschleißheim

Kontakt:

Prisca Kremer
Denninger Str. 173
81927 München
prisca.kremer@gmx.de