

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Prof. Dr. G. Knubben-Schweizer

Untersuchungen zur Klauengesundheit bayerischer Milchkühe  
zum Zeitpunkt der Schlachtung

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

von Sebastian Weiler

aus Löbau

München 2014

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. J. Braun

Referent: Univ.-Prof. Dr. G. Knubben-Schweizer

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. Erwin Märtlbauer

Tag der Promotion: 08. Februar 2014

Meiner Familie



**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>I.</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>IX</b>
<b>II.</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>III.</b>	<b>LITERATURÜBERSICHT.....</b>	<b>3</b>
<b>1.</b>	<b>Einfluss von Lahmheit und Klauenerkrankungen auf die Milchkuh... 3</b>	
<b>2.</b>	<b>Ökonomische Bedeutung von Lahmheit und Klauenerkrankungen .... 5</b>	
<b>3.</b>	<b>Vorkommen von Klauenerkrankungen .....</b>	<b>6</b>
3.1.	Aktuelle Prävalenzuntersuchungen .....	6
3.2.	Einfluss der Laktationsnummer.....	7
3.3.	Einfluss des Laktationsstadiums.....	8
3.4.	Einfluss der Haltung .....	9
<b>4.</b>	<b>Klauenpflege .....</b>	<b>10</b>
4.1.	Positive Effekte der Klauenpflege.....	10
4.2.	Ziel der funktionellen Klauenpflege.....	11
<b>5.</b>	<b>Klauenbeurteilung.....</b>	<b>12</b>
5.1.	Kategorisierung nicht physiologischer Klauenformen.....	12
5.2.	Bewertungsschemen zur adspektorischen Beurteilung der Klauenform ...	13
<b>6.</b>	<b>Klauenvermessungen .....</b>	<b>14</b>
6.1.	Dorsalwandlänge .....	14
6.2.	Dorsalwandwinkel.....	17
6.3.	Klauenlänge .....	18
6.4.	Klauendiagonale .....	19
6.5.	Ballenhöhe und Trachtenwandhöhe .....	20
6.6.	Ballenlänge und Trachtenwandlänge .....	22
6.7.	Klauenbreite und Sohlenbreite .....	23
6.8.	Klauenhöhe.....	24
<b>IV.</b>	<b>EIGENE UNTERSUCHUNGEN .....</b>	<b>25</b>
<b>1.</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>25</b>
1.1.	Vorversuch .....	25
1.1.1.	Fragestellung .....	25
1.1.2.	Material.....	25

1.1.3.	Methoden .....	25
1.1.3.1.	Klauenmessungen .....	25
1.1.3.2.	Adspektorische Beurteilung des Klauenpflegezustandes .....	34
1.1.3.3.	Dokumentation der Klauenreheveränderungen und Klauenerkrankungen .....	34
1.1.3.4.	Durchführung der funktionellen Klauenpflege.....	34
1.2.	Hauptversuch .....	35
1.2.1.	Fragestellung.....	35
1.2.2.	Material .....	35
1.2.3.	Methoden .....	38
1.2.3.1.	Telefonische Befragung der Landwirte .....	38
1.2.3.2.	Klauenmessungen .....	38
1.2.3.3.	Adspektorische Beurteilung des Klauenpflegezustandes .....	38
1.2.3.4.	Objektivierung der adspektorischen Beurteilung des Klauenpflegezustandes .....	40
1.2.3.5.	Beurteilung der Klauenreheveränderungen .....	41
1.2.3.6.	Dokumentation der Klauenerkrankungen .....	42
1.2.3.7.	Durchführung der funktionellen Klauenpflege.....	42
1.2.3.8.	Statistische Auswertung.....	43
<b>2.</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>44</b>
2.1.	Ergebnisse des Vorversuches .....	44
2.2.	Auswertung der Angaben zu Haltung, Leistung, Produktionsrichtung, ..... Abgangsursache, Laktationsnummer, Laktationsstadium und dem ..... Klauenpflegeintervall auf Herdenebene .....	45
2.3.	Ergebnisse der Untersuchung der Unterfüße .....	50
2.3.1.	Klauenmessungen .....	50
2.3.1.1.	Klauenmaße der Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen .....	50
2.3.1.2.	Veränderung der Messwerte durch die funktionelle Klauenpflege .....	52
2.3.1.3.	Errechneter Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue.....	53
2.3.1.4.	Verhältnis der Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe .....	53
2.3.2.	Adspektorische Beurteilung des Klauenpflegezustandes .....	53
2.3.2.1.	Adspektorische Beurteilung des Klauenpflegezustandes auf Gliedmaße Ebene .....	53
2.3.2.2.	Adspektorische Beurteilung des Klauenpflegezustandes auf ..... Einzeltierebene .....	58

2.3.2.3.	Objektivierung der adspektorischen Beurteilung des Klauenpflegezustandes.....	60
2.3.2.3.1.	Länge der Dorsalwand.....	62
2.3.2.3.2.	Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares.....	63
2.3.2.3.3.	Vorhandensein einer Klauendeformation.....	65
2.3.3.	Klauenerkrankungen.....	67
2.3.3.1.	Klauenrehe.....	67
2.3.3.1.1.	Klauenreheassoziierte Sohlenhorneinblutungen .....	67
2.3.3.1.2.	Chronische Klauenreheveränderungen.....	70
2.3.3.2.	Erkrankungen des Zwischenklauenspaltes, des Kronsaums und der Klauenhaut außerhalb des Klauenschuhs .....	76
2.3.3.3.	Ballenhornfäule, Sohlengeschwüre, Doppelsohlen und Veränderungen der Weißen Linie und der Klauenwand.....	78
2.3.3.3.1.	Zusammenhänge zwischen Klauenerkrankungen .....	86
<b>V.</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>87</b>
<b>1.</b>	<b>Abgänge in der Folge einer Erkrankung von Klaue und/oder Gliedmaße .....</b>	<b>87</b>
<b>2.</b>	<b>Klauenmaße .....</b>	<b>90</b>
2.1.	Veränderung der Messwerte durch die Klauenpflege .....	90
2.2.	Vordergliedmaßen .....	92
2.3.	Hintergliedmaßen .....	94
<b>3.</b>	<b>Adspektorische Beurteilung des Klauenpflegezustandes.....</b>	<b>97</b>
3.1.	Objektivierung der adspektorischen Beurteilung des Klauenpflegezustandes.....	103
<b>4.</b>	<b>Klauenerkrankungen .....</b>	<b>105</b>
4.1.	Sohlenhorneinblutungen, chronische Klauenreheveränderungen und Doppelsohlen .....	107
4.2.	Dermatitis digitalis und Dermatitis interdigitalis .....	111
4.3.	Ballenhornfäule .....	112
4.4.	Rusterholzsches Sohlengeschwür.....	114
4.5.	Erkrankungen der Weißen Linie .....	117
<b>VI.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>120</b>

<b>VII.</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>123</b>
<b>VIII.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>125</b>
<b>IX.</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>147</b>
<b>X.</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>160</b>

**I. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

AK	Außenklaue
atyp.	atypisch
AU	Österreich
BCS	Body Condition Score
BH	Ballenhöhe
BHF	Ballenhornfäule
BL	Ballenlänge
BW	Ballenwinkel
BV	Braunvieh
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
chron.	chronisch
D	Deutschland
df	Freiheitsgrade
DFV	Deutsches Fleckvieh
DH	Deutsche Holstein
d.h.	das heißt
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DS	Doppelsohle
DSR	Deutsches Schwarzbuntes Rind
DWL	Dorsalwandlänge
DWL:BHAK	Verhältnis der Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe an der Außenklaue

---

DWL:BHIK	Verhältnis der Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe an der Innenklaue
DWW	Dorsalwandwinkel
FKP	funktionelle Klauenpflege
ggf.	gegebenenfalls
ggrd.	geringgradig
Gliedm.	Gliedmaße
GV	Gelbvieh
h	Heritabilitätskoeffizient
HF	Holstein Friesian
Hgldm.	Hintergliedmaße
hgrd.	hochgradig
HL	linke Hintergliedmaße
HR	rechte Hintergliedmaße
HS	Hornspalt
IK	Innenklaue
KB	Klauenbreite
KD	Klauendiagonale
kg	Kilogramm
KH	Klauenhöhe
KI	Konfidenzintervall
KL	Klauenlänge
KSG	Klauensohlengeschwür in atypischer Lage
LKV-Bayern in	Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung Bayern e.V.
max.	maximal

---

mgrd.	mittelgradig
MLP	Milchleistungsprüfung
mm	Millimeter
n	Anzahl
NETTODIFFBH	errechneter Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue
NRB	Norwegische Rote Rasse
OR	Odds Ratio
p	Signifikanzwert
p. p.	post partum
PLZ	Postleitzahl
Q1	unteres Quartil
Q3	oberes Quartil
$\beta$	Regressionskoeffizient B
RSG	Rusterholzsches Sohlengeschwür
Schw. H	Schwedisch Holstein
SD	Standardabweichung
SF	Standardfehler
SG	Sohlengeschwür
SLB	Schwedisch Friesian
SOD	Sohlendicke
SRB	Schwedische Rote und Weiße Rasse
SSG	Sohlenspitzenengeschwür
STG	Steingalle
TWH	Trachtenwandhöhe

TWL	Trachtenwandlänge
Vgldm.	Vordergliedmaße
VL	linke Vordergliedmaße
VR	rechte Vordergliedmaße
vs.	versus
WL	Wandläsion
WLD	Defekt der Weißen Linie
°	Grad
°C	Grad Celsius
%	Prozent

## II. EINLEITUNG

Die durch Klauenerkrankungen verursachten Lahmheiten, als Reaktion des Rindes auf die hervorgerufenen Schmerzen, sind nicht nur für wirtschaftliche Verluste verantwortlich, sondern stellen auch ein bedeutendes Animal Welfare Problem in der Milchviehhaltung dar (JANßEN et al., 2010; BRUIJNIS et al., 2012). Die enorme Schmerzhaftigkeit von Klauenerkrankungen führt beispielsweise zu längeren Liegezeiten (GALINDO und BROOM, 2002; WALKER et al., 2008b; ITO et al., 2010; BLACKIE et al., 2011), geringerer Brunstaktivität (WALKER et al., 2008b), Verringerung der Fresszeit (GALINDO und BROOM, 2002) verbunden mit einer Abnahme des BCS (WALKER et al., 2008b), einer verkürzten Schrittlänge und Verringerung der Ganggeschwindigkeit (BLACKIE et al., 2011)

Untersuchungen zeigen, dass ca. ein Drittel der Tiere in deutschen und österreichischen Milchviehherden lahm geht (DIPPEL et al., 2009; ROUHAMULLEDER et al., 2009). Über 90 % der Lahmheiten werden durch Erkrankungen der Klauen verursacht (MURRAY et al., 1996). Studien an Milchkühen und Färsen deckten Klauenerkrankungen bei 70 % bis beinahe 100% der untersuchten Tiere auf (MANSKE et al., 2002a; KOFLER et al., 2011).

Zahlreiche Untersuchungen beschreiben die durch diesen Krankheitskomplex verursachten hohen wirtschaftlichen Verluste. Wesentliche Bereiche der Milchproduktion wie Milchleistung und Fruchtbarkeit werden dadurch negativ beeinflusst (HERNANDEZ et al., 2001; HULTGREN et al., 2004; AMORY et al., 2008; MACHADO et al., 2010; ALAWNEH et al., 2012a). Ferner waren Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen in den letzten zehn Jahren für knapp 10 % der vorzeitigen Abgänge bayerischer Milchkühe verantwortlich, direkt nach Fruchtbarkeitsstörungen, Eutererkrankungen und Remontierungen aufgrund geringer Leistung ([www.lkv.bayern.de/akt/f\\_akt\\_jb.htm](http://www.lkv.bayern.de/akt/f_akt_jb.htm)). Für eine auch in Zukunft gewinnbringende Produktion ist es nötig die Nutzungsdauer der Milchkühe zu steigern. Dies verlangt auch die Reduktion der Abgänge aufgrund von Klauenerkrankungen.

Einer zwei bis dreimal jährlichen funktionellen Klauenpflege kommt, neben

optimaler Haltung und Fütterung, eine zentrale Rolle in der Bewahrung einer klauengesunden Herde zu (TOUSSAINT RAVEN, 1989; DISTL und SCHMID, 1993; HUBER et al., 2004). Das Risiko für die Milchkuh eine Klauenerkrankung zu entwickeln kann damit signifikant gesenkt werden (MANSKE et al., 2002b). Leider stellt die Durchführung der Klauenpflege eine eher unbeliebte Tätigkeit unter Landwirten dar (SEABROOK und WILKINSON, 2000). Nur in Herden mit guter Klauengesundheit ist eine wirtschaftlich sinnvolle und mit dem Tierwohl in Einklang stehende Produktion möglich.

Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit war die Erfassung des Klauenpflegezustandes bayerischer Milchkühe zum Zeitpunkt ihrer Schlachtung. Dies erfolgte adspektorisch über einen eigenständig entwickelten Beurteilungsbogen. Des Weiteren wurden alle untersuchten Klauen sowohl vor als auch nach einer funktionellen Klauenpflege vermessen. Die Stärke der Veränderung der Messwerte durch die Klauenpflege sollte eine Objektivierung des Klauenpflegezustandes ermöglichen.

Weiterhin wurde über die Erfassung des Klauenpflegezustandes das Ausmaß vernachlässigter oder falsch gepflegter Klauen unter bayerischen Milchkühen ermittelt. Auf diese Weise sollte eingeschätzt werden, inwiefern ein schlechter Klauenpflegezustand ein Grund für den hohen durch Klauenerkrankungen verursachten Anteil vorzeitigen Abgänge ist. Die Jahresabschlussberichte des LKV Bayern geben lediglich die Hauptabgangsursache der Milchkuh wieder. Milchkühe werden meist aus einer Mehrzahl verschiedener Gründe gemerzt. Daher könnten Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen häufiger als bisher beschrieben an der Entscheidung zur Abschaffung des Tieres beteiligt sein. Mittels eines Telefonates mit den Besitzern der Schlachttiere sollten alle zur Ausscheidung des Tieres führenden Gründe erfasst werden.

Ein weiterer Gegenstand der Untersuchung war die Ermittlung des Vorkommens von Klauenerkrankungen bei Kühen zum Zeitpunkt der Schlachtung. So sollten mögliche Unterschiede zu den in der Literatur angegeben Prävalenzen bei Milchkühen dokumentiert werden.

### III. LITERATURÜBERSICHT

#### 1. Einfluss von Lahmheit und Klauenerkrankungen auf die Milchkuh

Lahmheit ist die klinische Manifestation von Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen (ETTEMA und ØSTERGAARD, 2006). Dabei werden Lahmheiten bei Milchkühen in bis zu 95 % der Fälle allein durch Erkrankung der Klauen verursacht (CLARKSON et al., 1996; MURRAY et al., 1996). Insbesondere die Hintergliedmaßen und hier die beiden Außenklauen sind in der überwiegenden Zahl der Fälle betroffen und somit Auslöser der Lahmheit (MURRAY et al., 1996). Sohlengeschwüre, Doppelsohlen und Erkrankungen der Weißen Linie sind die Klauenerkrankungen, welche am häufigsten Lahmheit verursachen (MURRAY et al., 1996; MANSKE et al., 2002a)

**Tabelle 1: Lahmheitsprävalenzen**

Autor	Land	Anzahl/Art	Prävalenz (%)
BIELFELDT et al. (2005)	Schweiz	4621 Milchkühe	10
ESPEJO et al. (2006)	USA	5626 Milchkühe (HF)	24,6
BICALHO et al. (2009)	USA	501 Milchkühe (HF)	19,8 - 48,2
ROUHA-MULLEDER et al. (2009)	AU	2360 Milchkühe (HF)	36
DIPPEL et al. (2009)	D /AU	3514 Milchkühe (HF, DFV)	34
ITO et al. (2010)	Kanada	1319 Milchkühe	23,5
BARKER et al. (2010)	England	227 Milchkuhherden	36,8
FJELDAAS et al. (2011)	Norwegen	2216 norwegische Milchkühe	7,2

Klauenerkrankungen und Lahmheiten stellen bei Milchkühen, neben Erkrankungen des Euters und ungenügender Fruchtbarkeit, einen der wichtigsten Krankheitskomplexe sowie ein bedeutendes Animal Welfare Problem dar (WHAY et al., 2003; VERMUNT, 2007; JANßEN et al., 2010; BRUIJNIS et al., 2012). Untersuchungen zu Prävalenzen von

Klauenerkrankungen (Abschnitt: Literaturübersicht, Kapitel: 3.1.) und Lahmheit (**Tabelle 1**) verdeutlichen dies.

Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen stellten 2012 den vierthäufigsten Remontierungsgrund dar. Dieser Erkrankungskomplex war für 9,7 % der vorzeitigen Angänge verantwortlich ([www.lkv.bayern.de/akt/f\\_akt\\_jb.htm](http://www.lkv.bayern.de/akt/f_akt_jb.htm)).

Geht die Milchkuh lahm, ist dies ein Zeichen von Schmerz, hervorgerufen durch eine zugrunde liegende Erkrankung (O'CALLAGHAN et al., 2003). Die Schmerzempfindlichkeit dorsal am Metatarsus und Metakarpus unterschied sich bei lahmen und gesunden Kühen und Färsen. Lahme Tiere zeigten eine Schmerzsensibilisierung im Bereich der erkrankten Gliedmaße verglichen mit den gesunden Tieren. Dieser Effekt konnte auch noch vier Wochen nach der Behandlung bei diesen Tieren festgestellt werden, welche an Sohlengeschwüren und Erkrankungen der Weißen Linie litten, nicht aber bei Tieren mit Erkrankungen, wie Dermatitis digitalis und Dermatitis interdigitalis (WHAY et al., 1997; WHAY et al., 1998).

Milchkühe, die an Klauenerkrankungen leiden, zeigen Veränderungen im Gangbild wie einen gekrümmten Rücken, ruckartige Kopfbewegungen während des Gehens, kürzere Schrittlängen, ungleiche Gewichtsverteilung zwischen den Gliedmaßen und bewegen sich langsamer und weniger als gesunde Tiere (FLOWER et al., 2005; FLOWER und WEARY, 2006; BLACKIE et al., 2011). Auch andere Verhaltensweisen unterscheiden sich im Vergleich zu gesunden Herdenmitgliedern. Lahme Kühe liegen vermehrt (JUAREZ et al., 2003; ITO et al., 2010; BLACKIE et al., 2011) und häufiger außerhalb der Liegebuchten (GALINDO und BROOM, 2002). Sie verbringen weniger Zeit mit Fressen und haben einen niedrigeren BCS (GALINDO und BROOM, 2002; WALKER et al., 2008b). Sie sind meist die letzten im Melkstand (MAIN et al., 2010) und benötigen nach dem Melken die längste Zeit vom Melkstand zurück in ihre Gruppe (JUAREZ et al., 2003). Die Brunstintensität lahmer Kühe ist herabgesetzt (WALKER et al., 2008a; WALKER et al., 2008b). Solche Tiere werden weniger ausdauernd von Herdenmitgliedern besprungen und reiten auch selber weniger häufig auf Herdenmitglieder auf (WALKER et al., 2010).

Eine sofortige Behandlung auch nur geringfügig lahmer Tiere ist daher

entscheidend, um ein weiteres fortschreiten der Klauenerkrankungen und dadurch bedingter Schmerzen und Leiden für das Tier zu verhindern (LEACH et al., 2012). Häufig bleibt diese sofortige Behandlung aus (ALAWNEH et al., 2012b). Ursächlich scheint in vielen Fällen ein Mangel an Zeit oder unzureichende Ausstattung zu sein (HORSEMAN et al., 2013).

## **2. Ökonomische Bedeutung von Lahmheit und Klauenerkrankungen**

Die Kosten pro Lahmheitsfall belaufen sich auf ca. 200 Euro (ETTEMA und ØSTERGAARD, 2006). CHA et al. (2010) kalkulierten die Verluste für jedes Sohlengeschwür auf 216 US-Dollar, für jeden Fall von Dermatitis digitalis auf 133 \$ und für jeden Fall von Ballenhornfäule auf 121 US-Dollar.

Lahme Milchkühe verlassen die Herde signifikant häufiger als nicht lahme Tiere (HERNANDEZ et al., 2001). Geht die Milchkuh in der ersten Hälfte der Laktation lahm, ist die Wahrscheinlichkeit geschlachtet zu werden, doppelt so hoch wie für Herdenmitglieder, die die erste Hälfte der Laktation lahmheitsfrei durchlaufen haben (BOOTH et al., 2004). Das Risiko für Milchkühe, die an einem Sohlengeschwür oder einer Läsion der Wand leiden, in der Folgelaktation geschlachtet zu werden, ist 1,7 mal höher als für Tiere ohne diese Veränderungen (CRAMER et al., 2009; MACHADO et al., 2010).

Im Laufe einer Lahmheitsperiode verliert die Milchkuh durchschnittlich 61 kg Lebendgewicht (ALAWNEH et al., 2012a). Lahmheit und Klauenerkrankungen führen zu einer schlechteren Schlachtkörperklassifizierung und geringerem Schlachtkörpergewicht (SOGSTAD et al., 2007b).

Klauenerkrankungen beeinflussen die Reproduktionsleistung negativ (HULTGREN et al., 2004; SOGSTAD et al., 2006). Lahme Milchkühe mit Klauenerkrankungen beantworten eine Besamung nur halb so häufig mit einer Trächtigkeit wie nicht lahme Milchkühe und müssen somit häufiger besamt werden. Sie haben durchschnittlich eine um 40 Tage verlängerte Zwischenkalbezeit (HERNANDEZ et al., 2001). Geht die Milchkuh mit gesunden Klauen zum Trockenstellen ist der Besamungserfolg 1,4 mal höher als bei Milchkühen, die zum Zeitpunkt des Trockenstellens an einem

Sohlengeschwür oder einer Wandläsion leiden (MACHADO et al., 2010). Eine Lahmheitsperiode in der Laktation verursacht einen durchschnittlichen Milchverlust von 300 bis 350 kg (GREEN et al., 2002; ARCHER et al., 2010). AMORY et al. (2008) schätzten den Verlust an Milch auf 570 kg bei einer Klauenerkrankung wie dem Sohlengeschwür und auf 370 kg bei einem Defekt der Weißen Linie.

### **3. Vorkommen von Klauenerkrankungen**

#### **3.1. Aktuelle Prävalenzuntersuchungen**

PIJL und SWALVE (2006) sammelten über sechs Jahre umfangreiche Daten in Nordwestdeutschland. Sie protokollierten das Vorkommen von Klauenerkrankungen bei über 40000 Klauenpflegesitzungen bei ca. 14000 Milchkühen aus 120 Herden. In der Mehrheit der Fälle stellten sie Klauenreheveränderungen (28,5 %) und DD (18,6 %) fest. Im Nordosten Deutschlands wurden in vier Herden bei 3690 Milchkühen die Erkrankungen der Klauen während der Klauenpflege zwischen 2005 und 2008 dokumentiert. Die Krankheitshäufigkeit schwankte stark zwischen den Herden und dem Jahr der Untersuchung. DD und SG waren dabei die vorherrschenden Veränderungen (HEINZ et al., 2011). Eine Untersuchung aus Norwegen aus dem Jahr 2008 an 2709 norwegischen Roten Milchkühen aus 66 Herden zeigte, dass 52,9 % der Tiere mindestens eine Veränderung an mindestens einer Klaue der Hintergliedmaße hatte. Dabei war die am häufigsten gestellte Diagnose Ballenhornfäule, gefolgt von Einblutungen in die Sohle und in die Weiße Linie (FJELDAAS et al., 2011). Vergleichbar ist die Situation in Dänemark. Während einer Studie im Winter 2002/2003 wurden die Klauen von 6240 dänischen HF Kühe gepflegt. 59 % hatten Sohlenhorneinblutungen und bei 54 % der Tiere wurde Ballenhornfäule festgestellt (CAPION et al., 2008a). In Finnland beobachteten KUJALA et al. (2009) während einer Erhebung an 29038 Milchkühen im Jahre 2002 bei 51,3 % eine und bei 33 % mehr als eine Veränderung an den Klauen. Ende der 90er Jahre stellten MANSKE et al. (2002a) in Schweden bei 72 % der 4899 untersuchten Kühe und Färsen eine Erkrankung der Klauen fest. Die Ermittlung der Erkrankungen an den Klauen der Hintergliedmaße von 22500 überwiegend HF Milchkühen in den Niederlanden ergab bei 5,6 % ein Sohlengeschwür. Einblutungen in die Sohle

waren ebenfalls die am häufigsten vorkommenden Veränderungen (HOLZHAUER et al., 2008). Zur Untersuchung der Klauengesundheit in 290 Schweizer Milchkuhherden wurden zwischen 2001 und 2002 bei 4621 Kühen Daten während der routinemäßigen Klauenpflege gesammelt. Dabei war Ballenhornfäule, die bei 13,6 % der Tiere vorkam, die häufigste Erkrankung (BIELFELDT et al., 2005). In Österreich analysierten KOFLER et al. (2011) im Winter 2009/2010 bei 139 Färsen, überwiegend der Rasse Fleckvieh, aus neun Herden die Verteilung der Klauenerkrankungen. Sie fanden bei 98,5 % Veränderungen, welche in den meisten Fällen geringgradiger Natur waren. Am häufigsten wurden Veränderungen der Weißen Linie und Ballenhornfäule festgestellt. Die Klauen von mehr als jeder dritten Gliedmaße wiesen bei einer Untersuchung in Polen an 1330 HF Kühen aus 11 Herden zwischen 2003 und 2004 mindestens eine Veränderung auf. Über 30 % dieser Gliedmaßen waren an einem Sohlengeschwür erkrankt (OLECHNOWICZ et al., 2010b). Zwischen März 2004 und Mai 2005 wurden in Ontario (USA) die Klauen von 13530 Milchkühen aus 204 Herden gepflegt. 46,8 % der Kühe in Laufstallhaltung hatte mindestens eine Veränderung, dagegen waren es in Anbindehaltung 25,7 % (CRAMER et al., 2008).

### **3.2. Einfluss der Laktationsnummer**

Das Risiko einer Milchkuh eine bestimmte Klauenerkrankung zu entwickeln ist abhängig von der Laktationsnummer. BARKER et al. (2009) stellten eine kontinuierliche Abnahme des Risikos an DD zu erkranken mit steigender Laktationszahl fest. So war das Risiko in der fünften Laktation nur noch halb so groß wie in der ersten Laktation. Andere Studien aus Deutschland und Dänemark erbrachten ähnliche Ergebnisse (PIJL und SWALVE, 2006; ETTEMA et al., 2007). Eine Untersuchung an 725 Milchkühen in Dänemark identifizierte die zweite Laktation als diejenige mit dem höchsten Risiko für die Milchkuh an DD zu erkranken (NIELSEN et al., 2012). OBERBAUER et al. (2013) stellten fest, dass das Risiko an DD zu erkranken mit steigender Laktationszahl abnimmt.

Ähnliche Untersuchungen wurden auch für Sohlenhorneinblutungen durchgeführt. Demnach hatten erstlaktierende Kühe ein höheres Risiko diese Veränderung zu entwickeln, als Milchkühe in späteren Laktationen (SOGSTAD et al., 2005b; KUJALA et al., 2010).

In umgekehrter Weise verhält sich die Verteilung von Erkrankungen wie dem Sohlengeschwür oder Erkrankungen der Weißen Linie. Die Häufigkeit von Sohlengeschwüren steigt signifikant mit zunehmender Anzahl der Laktationen (PIJL und SWALVE, 2006; HOLZHAUER et al., 2008; SANDERS et al., 2009; OLECHNOWICZ et al., 2010b; OBERBAUER et al., 2013) und steigendem Alter (ANDERSSON und LUNDSTRÖM, 1981; FJELDAAS et al., 2007). Das Vorkommen von Defekten in der Weißen Linie nimmt ebenfalls mit steigender Zahl der Laktationen zu (PIJL und SWALVE, 2006; BARKER et al., 2009; SANDERS et al., 2009; KUJALA et al., 2010; OBERBAUER et al., 2013). ETTEMA et al. (2007) beobachteten eine Verdopplung der Prävalenz ab der zweiten Laktation im Vergleich zur ersten Laktation. Das Risiko auch an anderen Klauenerkrankungen zu leiden steigt für die Milchkuh mit zunehmender Anzahl von Laktationen (OBERBAUER et al., 2013). So nimmt mit steigender Anzahl der Laktationen die Inzidenzrate für Ballengeschwüre zu (SANDERS et al., 2009).

### **3.3. Einfluss des Laktationsstadiums**

Die Milchkuh erkrankt an den Klauen in der Mitte der Laktation, im Vergleich zu anderen Laktationsabschnitten, nicht nur häufiger sondern auch schwerer (OFFER et al., 2000).

Sohlengeschwüre wurden von BARKER et al. (2009) vermehrt zwischen dem vierten und sechsten Laktationsmonat beobachtet. VAARST et al. (1998) stellten das höchste Risiko für eine Kuh an Einblutungen der Sohle (OR: 2,0) oder an einem Sohlengeschwür (OR: 2,7) zu erkranken fest, wenn sie sich zwischen dem 60. und 120. Laktationstag befand. Dagegen ist das Risiko an einem Sohlengeschwür zu erkranken während der ersten 60 Laktationstage am geringsten (HOLZHAUER et al., 2008). Untersuchungen aus der Schweiz identifizierten den Zeitraum zwischen dem 100. und 200. Laktationstag (OR: 1,63) für den gefährlichsten Zeitabschnitt für die Milchkuh ein Sohlengeschwür zu entwickeln (BIELFELDT et al., 2005).

Erkrankungen der Weißen Linie werden vermehrt zwischen dem dritten. und vierten Laktationsmonat festgestellt (BARKER et al., 2009). BIELFELDT et al. (2005) fanden Läsionen der Weißen Linie jedoch meist im letzten Drittel der Laktation. Einblutungen in die Weiße Linie konnten vermehrt zwischen

dem dritten und sechsten Lebensmonat entdeckt werden (SOGSTAD et al., 2005b).

Auch das Auftreten von Ballenhornfäule hat sein Maximum in der Zeit zwischen dem 100. und 200. Laktationstag (BIELFELDT et al., 2005; SOGSTAD et al., 2005b). Dermatitis digitalis tritt während des ersten Drittels der Laktation seltener auf als in den letzten beiden Dritteln (NIELSEN et al., 2012). In anderen Untersuchungen stellte sich das erste Drittel der Laktation als Zeitraum mit dem höchsten Risiko an Dermatitis digitalis zu erkranken heraus (HOLZHAUER et al., 2006; CAPION et al., 2009).

### **3.4. Einfluss der Haltung**

OLECHNOWICZ et al. (2010b) stellten keinen Unterschied in der Klauengesundheit zwischen Tieren aus Anbindehaltung und Laufstallhaltung fest. Andere Studien konnten Unterschiede feststellen. In einer norwegischen Untersuchung hatten von 1118 Milchkühen in Anbindehaltung 48 % eine oder mehrere Klauenveränderungen, wohingegen 72 % der 1547 Milchkühe in Laufstallhaltung eine solche Veränderung aufwiesen. Insbesondere das Auftreten von Ballenhornfäule (8 % vs. 38 %) unterschied sich deutlich zwischen den beiden Gruppen (SOGSTAD et al., 2005a). CRAMER et al. (2008) konnten den gleichen Unterschied feststellen, jedoch waren die Prävalenzen deutlich niedriger. In dieser Studie wiesen 46,4 % der Milchkühe in Laufstallhaltung und 25,7 % der Milchkühe in Anbindehaltung mindestens eine Klauenveränderung auf.

BIELFELDT et al. (2005) hingegen stellten bei Milchkühen in Laufstallhaltung signifikant weniger Sohlengeschwüre und Ballenhornfäule fest, verglichen mit Milchkühen, die im Anbindestall gehalten wurden.

Wurden die Liege- und Standflächen im Anbindestall eingestreut oder mit einer Gummimatte versehen, verringerte sich das Risiko für die Tiere an Sohlengeschwüren, Sohlenhorneinblutungen oder Veränderungen der Weißen Linie zu erkranken signifikant (KUJALA et al., 2009; KUJALA et al., 2010).

Ein Betonspaltenboden im Laufstall verringerte das Auftreten von infektiösen Klauenerkrankungen im Gegensatz zu planbefestigten Laufflächen (SOMERS et al., 2003; FJELDAAS et al., 2011) oder Spaltenboden mit elastischen Auflagen (KREMER, 2006). Dies galt insbesondere, wenn der

Betonspaltenboden zusätzlich mit einer automatischen Entmistungsanlage ausgestattet war (SOMERS et al., 2003). Gummiauflagen in den Laufstallgängen führten zu einer Verringerung der Krankheitshäufigkeit von Sohlenhorneinblutungen, Doppelsohlen und Fissuren der Weißen Linie (FJELDAAS et al., 2011). Das Auftreten von Sohlengeschwüren wurde durch Gummiauflagen jedoch begünstigt (KREMER, 2006; FJELDAAS et al., 2011).

Weidehaltung verbesserte die Klauengesundheit einer Herde deutlich. Insbesondere verringerte sich die Häufigkeit des Auftretens von infektiösen Klauenerkrankungen (SOMERS et al., 2003; ONYIRO et al., 2008)

## **4. Klauenpflege**

### **4.1. Positive Effekte der Klauenpflege**

Die Vernachlässigung der routinemäßigen Klauenpflege stellt einen wichtigen Risikofaktor für das Auftreten von Klauenerkrankungen und Lahmheit bei Milchkühen dar (BELL et al., 2009).

Eine routinemäßige, halbjährlich durchgeführte Klauenpflege führte zur Verbesserung der Klauengesundheit der Milchkuhherde (DISTL und SCHMID, 1993; HUBER et al., 2004), so konnte eine in der Mitte der Laktation erfolgte Klauenpflege die Anzahl neuer Lahmheitsfälle bis zum Ende der Laktation um 25 % senken (HERNANDEZ et al., 2007).

In einer norwegischen Untersuchung wurde bei 52,8 % der Milchkühe in Anbindehaltung, die keine regelmäßige Klauenpflege erhielten, mindestens eine Klauenerkrankung gefunden. Im Vergleich dazu lag der Anteil dieser Milchkühe, welche einer regelmäßigen funktionellen Klauenpflege unterzogen wurden, bei 39,9 % (FJELDAAS et al., 2006).

Bereits die einmalige Unterlassung der Klauenpflege erhöhte das Risiko für die Milchkuh bis zum nächsten Pflegetermin an einem Sohlengeschwür, an einer Veränderung der Weißen Linie oder an einer Doppelsohle zu erkranken signifikant. Das Risiko bis zum nächsten halbjährlichen Pflegetermin wegen einer akuten Lahmheit behandelt werden zu müssen, verdoppelte sich (MANSKE et al., 2002b).

Die Durchführung der funktionellen Klauenpflege führte zu einer Steigerung

der Milchleistung. Milchkühe, welche zum Zeitpunkt des Trockenstellens einer funktionellen Klauenpflege unterzogen wurden, gaben in den ersten 30 Tagen der Laktation signifikant mehr Milch, als Milchkühe die keine Klauenpflege erhielten (ANDO et al., 2008). SOGSTAD et al. (2007a) konnten bei Jungkühen eine Steigerung der täglichen Milchleistung von 0,47 kg und bei Altkühen von 0,51 kg nach Klauenpflege feststellen. Eine Zunahme der Milchinhaltsstoffe wie Fett und Eiweiß konnte ebenfalls nach erfolgter Klauenpflege beobachtet werden (NISHIMORI et al., 2006).

Eine Verbesserung der Lastverteilung zwischen den beiden Klauen einer Gliedmaße und eine Verringerung des mittleren Druckes auf die Klaue wurde bei Untersuchungen an Schlachtklauen (ZEINER et al., 2007) und an Klauen lebender Rinder (VAN DER TOL et al., 2004) gezeigt.

#### **4.2. Ziel der funktionellen Klauenpflege**

Das Ziel der funktionellen Klauenpflege ist es, die Lastverteilung innerhalb einer Klaue und zwischen den Klauen einer Gliedmaße zu optimieren, um dadurch die Funktion des Hornschuhes bestmöglich zu gewährleisten, dies ist das Tragen des Körpergewichtes und der Schutz der Lederhaut (SHEARER und VAN AMSTEL, 2001). Ersteres wird durch das Abtragen eines keilförmigen Stückes Sohlenhorn ermöglicht, dabei soll an der Klauenspitze mehr Horn entfernt werden als am Ballen, so wird die Klaue aufgerichtet und der Ballen entlastet (FIEDLER et al., 2004; FIEDLER, 2012). Letzteres wird erreicht, indem die höhere und dadurch stärker in der Belastung stehende Klaue so tief wie möglich geschnitten wird und gleichzeitig an der Partnerklaue nur so wenig Horn wie möglich entfernt wird, um ein Maximum an Höhe zu gewinnen (TOUSSAINT RAVEN, 1985).

Überwucherndes und loses Horn soll entfernt werden (SHEARER und VAN AMSTEL, 2001). Scharfe Hornränder die zu Drücküberlastung der Lederhaut führen können, sollen ausgedünnt und abgetragen werden (TOUSSAINT RAVEN, 1989). In Entstehung begriffene Klauenerkrankungen können während der funktionellen Klauenpflege frühzeitig erkannt und entlastet werden. Des Weiteren stellt die funktionelle Klauenpflege die Grundlage für eine erfolgreiche Diagnostik und Therapie bereits bestehender Klauenerkrankungen dar (FIEDLER, 2012).

## 5. Klauenbeurteilung

### 5.1. Kategorisierung nicht physiologischer Klauenformen

SCHLEITER und GÜNTHER (1967) definierten die physiologische Klauenform folgendermaßen: „Unter Normalklauen versteht man Klauen, die hinsichtlich ihrer Größe und Form dem Tier entsprechen. Form und Hornbeschaffenheit weisen keine krankhaften Veränderungen auf. Der Vorderwandwinkel beträgt bei allen Klauen etwa  $50^\circ$  und das Längenverhältnis der Vorder- zur Trachtenwand ist 2:1“.

Die Vernachlässigung der Klauenpflege kann zur Bildung von Stallklauen führen (SCHLEITER und GÜNTHER, 1967). Pantoffel-, Schnabelschuh- und Scherenklauen zeichnen sich durch eine überlange Dorsalwand, mit gerader, sich überkreuzender oder nach dorsal aufgebogener Dorsalwand aus (SCHNEIDER, 1980; DISTL et al., 1982; BAUMGARTNER, 1988; SCHMID, 1990). Die Spreizklaue ist durch ein deutliches Auseinanderklaffen der beteiligten Einzelklauen charakterisiert (SCHLEITER und GÜNTHER, 1967; DISTL et al., 1982). Bock und Stelzklauen sind durch ein sich aneinander annäherndes Verhältnis von Dorsalwandhöhe und Trachtenwandhöhe gekennzeichnet (SCHLEITER und GÜNTHER, 1967; SCHMID, 1990). Roll- oder Korkenzieherklauen zeigen Überlänge und Längsachsenschneidung (DISTL et al., 1982; VAN AMSTEL und SHEARER, 2001). Die Bildung dieser Klauenform wird gering vererbt (VAN AMSTEL et al., 2002).

SCHNEIDER (1980) untersuchte die Klauenform von 527 Bullen der Rassen BV und DFV nach der Schlachtung. An der Vordergliedmaße traten bei 30 % der Tiere Veränderungen in Form einer Spreizklauenbildung auf und bei 17 % der Tiere wurden Scherenklauen festgestellt. Bei der Untersuchung der Klauen von 1000 über ein Jahr alter Schlachtrinder in Chile wurden bei 25,8 Prozent der Rinder Scherenklauen festgestellt, gefolgt von Korkenzieherklauen bei 2,8 % (MÜNZENMAYER und DELPIN, 1987). Während der Beurteilung der Klauenform von 1938 Milchkühen der Rasse DFV in Bayern, stellte BAUMGARTNER (1988) bei 13,6 % der Tiere geringgradige bis hochgradige Pantoffelklauen an den Vordergliedmaßen fest und bei jeder fünften Kuh geringgradige Scherenklauenbildung an den Innenklauen der

Vordergliedmaßen. Eine Studie an 2551 norwegischen Milchkühen fand in der Gruppe mit Laufstallhaltung auf Gummiböden und ohne Durchführung einer Klauenpflege mit 8 % die höchsten Prävalenzen von Korkenzieherklauen (FJELDAAS et al., 2006).

## **5.2. Bewertungsschemen zur adspektorischen Beurteilung der Klauenform**

Das von HUBER (1983) erarbeitete Schema zu Klauenbeurteilung beinhaltet neben der Einschätzung der Größe der Klaue im Vergleich zur Gesamtgröße des Tieres sieben weitere Parameter (Anhang 1). RUSSKE (2001) verwendete dieses Schema in abgewandelter Form (Anhang 2).

Ein weiteres Bewertungsschema beschränkte sich auf die Benotung der Klauenlänge, Trachtenhöhe und Axialkrümmung der Klauenspitze (Anhang 3) (MURRAY et al., 1994).

DALTON und STIRLING (1977) entwickelten ebenfalls ein System zur Klauenbeurteilung. Die Klauen wurden von der Seiten- und der Sohlenansicht beurteilt, es wurde der Zwischenklauenspalt und die Ausprägung der Hohlkehlung begutachtet, weiterhin wurde die Gleichförmigkeit der Klauenspitzen bewertet.

In einer aktuellen Studie aus den USA an 2499 Hinterfüßen von geschlachteten Milchkühen wurde die Höhengleichheit von Innen- und Außenklaue, die Klauenlänge, die Sohlenfläche, die Integrität der axialen Wand und die Ausprägung der Hohlkehlung beurteilt. Dabei wurden kürzlich gepflegte und offensichtlich ungepflegte Klauen miteinander verglichen. In der Gruppe der kürzlich gepflegten Klauen konnte bei 75,9 % eine Höhenungleichheit zwischen Innenklaue und Außenklaue festgestellt werden und bei 82 % der Klauen war die Hohlkehlung unzureichend angelegt (BURGI und COOK, 2008).

## 6. Klauenvermessungen

Eine große Zahl von Untersuchungen widmet sich der Vermessung der Rinderklaue. Dabei werden folgende Ziele verfolgt:

Die Bestimmung von Richtwerten für die funktionelle Klauenpflege wurde durch die Einführung einer Referenzgröße, der standardisierten Sohlendicke, ermöglicht. Mit Hilfe dieser Technik wurden die Maße der „Normalklaue“ der Hintergliedmaße und Vordergliedmaße von Jungbullern, Jungkühen sowie Milchkühen der Rasse DFV bestimmt. (NUSS und PAULUS, 2006; PAULUS und NUSS, 2006; SIGMUND et al., 2010; NUSS et al., 2011).

Zur Beurteilung des Einflusses der Fütterung auf die Klauenform bedient man sich deren Vermessung (SMIT et al., 1986; MANSON und LEAVER, 1988, 1989; DISTL und SCHMID, 1994).

Die Bodenbeschaffenheit des Stallbodens beeinflusst die Form der Klaue ebenfalls. Die Auswirkung verschiedener Bodenbeläge auf die Klaue kann mithilfe der Klauenvermessung beurteilt werden. (VERMUNT und GREENOUGH, 1996; SOMERS et al., 2005; KREMER, 2006; KREMER et al., 2007; OUWELTJES et al., 2009; TELEZHENKO et al., 2009).

In der Tierzucht verwendet man Messungen an Klauen zur objektiven Beschreibung der Klauenform (HUBER et al., 1984b; MORRIS und BAKER, 1988; DISTL, 1996; HINRICHS et al., 2003).

### 6.1. Dorsalwandlänge

In der Literatur finden sich zahlreiche Untersuchungen, bei denen die Länge der Dorsalwand der Rinderklaue bestimmt wurde. Einheitlich wird dabei die Klauenhornspitze als distaler Messpunkt angegeben. Bei der Wahl des proximalen Messpunktes gibt es unterschiedliche Angaben. Untersuchungen zur Bestimmung der „Normalklaue“ des DFV-Rindes geben für diesen Messpunkt den Übergang von der behaarten Haut zum unbehaarten Kronsaum, 1 cm abaxial vom Zwischenklauenspalt an (PAULUS und NUSS, 2006; SIGMUND, 2009). Weitere Beschreibungen des proximalen Messpunktes sind die distale Grenze des Saumhornes (HAHN et al., 1984a) sowie das proximale Ende des Klauenhornes am Übergang zur Haut des Kronsaums (HUBER et al., 1984b; SOMERS et al., 2005). Zur Bestimmung der Dorsalwandlänge kamen

unter anderem Messschieber und Stechzirkel zum Einsatz (HUBER et al., 1984a; SIGMUND, 2009).

Bei der Untersuchung der Klauen von 594 Milchkühen aus einem schwedischen Schlachthof stellten ANDERSSON und LUNDSTRÖM (1981) eine durchschnittliche Dorsalwandlänge aller acht Einzelklauen von 81 mm fest.

BAUMGARTNER (1988), der die Dorsalwandlänge von 1938 Kühen der Rasse DFV nach eigenen Angaben „in den meisten Fällen recht weit entfernt“ vom letztmaligen Klauenpflegetermin beurteilte, ermittelte Dorsalwandlängen an den vier Einzelklauen einer Körperseite zwischen 79 und 81 mm.

Wesentlich geringere Werte maß SCHMID (1990) bei 100 Milchkühen der Rassen DFV und HF sechs Monate nach der letzten funktionellen Klauenpflege. Die Länge der Dorsalwand betrug hier durchschnittlich an der Innenklaue der rechten Vordergliedmaße und der Außenklaue der rechten Hintergliedmaße 73,8 mm.

Messungen der Dorsalwandlänge aller acht Einzelklauen von Schlachttieren der Rasse DFV nach Herstellung einer definierten Sohlendicke von 5 mm an der Klauenspitze und 8 mm im Bereich des Ballen ergaben für Kühe im Durchschnitt Werte von 74,8 mm bis 78,0 mm. (PAULUS, 2004; SIGMUND, 2009). Diese 5 mm Sohlendicke an der Spitze stellen die Empfehlung zur Dickenbearbeitung der Sohle an der Klauenspitze während der funktionellen Klauenpflege dar (TOUSSAINT RAVEN, 1985). Folglich sind diese gemessenen Dorsalwandlängen Werte für die „Normalklaue“ der DFV-Kuh.

SOMERS et al. (2005) die keine Unterschiede in der Entwicklung der Dorsalwandlänge in Abhängigkeit von der Art des Bodens feststellen konnten, maßen 18 Wochen nach der letzten Klauenpflege eine durchschnittliche Dorsalwandlänge von 82 mm bei 240 HF-Milchkühen aus 12 verschiedenen Herden.

KREMER (2006) untersuchte die Dorsalwandlänge an 49 Milchkühen der Rassen DFV, HF und Kreuzungen dieser beiden Rassen in einem Laufstall sowohl vor als auch nach der Klauenpflege. Vor der Klauenpflege bewegten sich die Messwerte zwischen 86 mm und 87 mm auf Betonspaltenboden und

92 mm bis 93 mm auf Spaltenboden mit Gummiauflage. Nach der Klauenpflege wurden Dorsalwandlängen von 77 mm bis 78 mm auf Betonspaltenboden und von 80 mm bis 79 mm auf Spaltenboden mit Gummiauflage gemessen.

FJELDAAS et al. (2006) bestimmten bei 2551 norwegischen Milchkühen vor der Klauenpflege die Länge der Dorsalwand. Die Milchkühe stammten aus Anbindehaltung oder Laufstallhaltung, deren Böden mit und ohne Gummiauflage ausgestattet waren. Die Vermessung ergab Dorsalwandlängen zwischen 80 und 85 mm. Bei 362 norwegischen weiblichen Fleischrindern ergaben sich Längen der Dorsalwand von durchschnittlich 84 mm.

TELEZHENKO et al. (2009) ermittelten die Dorsalwandlängen von insgesamt 170 schwedischen Milchkühen. Je nach Art des Bodens variierten die gemessenen Werte kurz vor der nächsten halbjährigen Klauenpflege zwischen 73 mm auf Gussasphalt und 93 mm auf Spaltenboden mit Gummiauflage.

Eine Übersicht der verschiedenen Ergebnisse bei der Bestimmung der Dorsalwandlänge gibt **Tabelle 2**.

**Tabelle 2: Dorsalwandlänge**

Autor	Rasse	Anzahl/Art	DWL (mm)
ANDERSSON und LUNDSTRÖM (1981)	SRB, SLB	594 Schlachtkühe	77,5 - 85,6
BAUMGARTNER (1988)	DFV	1938 Milchkühe	79 - 81
SCHMID (1990)	DFV, HF	100 Milchkühe	73,8
PAULUS (2004)	DFV	40 Schlachtkühe	78
SOMERS et al. (2005)	HF	240 Milchkühe	82
KREMER (2006)	DFV, HF, DFV/HF	49 Milchkühe	86 - 93
FJELDAAS et al. (2006)	NRB	2551 Milchkühe	80 - 85
FJELDAAS et al. (2007)	Fleischrinder	362 weibliche Fleischrinder	84
SIGMUND (2009)	DFV	13 Schlachtkühe	74 - 77
TELEZHENKO et al. (2009)	Schw. H.	170 Milchkühe	73 - 93

## 6.2. Dorsalwandwinkel

Der Dorsalwandwinkel ist der Winkel, den die Dorsalwand mit der Klauensohle bildet (LEUENBERGER et al., 1978; VERMUNT und GREENOUGH, 1995). Zur Bestimmung des Winkels wurden Winkelmesser benutzt (AHLSTROM et al., 1986; SCHMID, 1990; PAULUS, 2004).

Die „Normalklaue“ der DFV-Kuh zeigte Werte zwischen  $48,2^\circ$  und  $52,4^\circ$ . Dabei war der Dorsalwandwinkel an der Vordergliedmaße stets steiler als an der Hintergliedmaße, ebenso war an der Vordergliedmaße die laterale Klaue für gewöhnlich steiler gewinkelt als die mediale Klaue. Dies konnte an der Hintergliedmaße bei Altkühen nicht beobachtet werden, hier war die laterale Klaue in der Regel flacher gewinkelt (PAULUS, 2004; SIGMUND, 2009).

SCHMID (1990) stellte bei Milchkühen der Rasse DFV mit  $52,6^\circ$ , verglichen mit den Klauen bei HF-Kühen, deutlich steiler gewinkelte Klauen fest. Hier bewegten sich die Werte zwischen  $47,1^\circ$  und  $49,9^\circ$ . Verlaufsuntersuchungen zum Einfluss der Klauenpflege auf die Winkelung der Dorsalwand zeigten eine Vergrößerung des Winkels durch die Klauenpflege und eine Zuspitzung des Winkels im zeitlichen Verlauf zum nächsten Pflegetermin (KREMER, 2006). In gleicher Weise führte die Vernachlässigung der Klauenpflege zu einer Zuspitzung des Dorsalwandwinkels (MANSON und LEAVER, 1988, 1989).

BAUMGARTNER (1988) maß den Vorderwandwinkel bei knapp 2000 Fleckviehkühen im ersten Drittel der Laktation. Dabei war die Außenklaue an der Vordergliedmaße steiler gewinkelt ( $47,9^\circ$ ) als die Außenklaue an der Hintergliedmaße ( $45,9^\circ$ ). Messungen des Dorsalwandwinkels an den Hintergliedmaßen von Jungkühen vor der Klauenpflege zeigten annähernd gleiche Werte zwischen Innenklaue ( $47,4^\circ$ ) und Außenklaue ( $47^\circ$ ) (OLECHNOWICZ und JASKOWSKI, 2010).

Die Entwicklung des Dorsalwandwinkels wird auch durch die Art des Bodens beeinflusst. Die Haltung auf wenig abrasiven Böden, wie Böden mit Gummiaufgabe oder die Haltung auf der Weide (BOELLING und POLLOTT, 1998), führte zu einem signifikant flacherem Dorsalwandwinkel im Vergleich zur Haltung auf Beton- oder Gussasphaltpöden (KREMER, 2006; OUWELTJES et al., 2009; TELEZHENKO et al., 2009).

Eine Übersicht der verschiedenen Ergebnisse bei der Bestimmung des Dorsalwandwinkels gibt Tabelle 3.

**Tabelle 3: Dorsalwandwinkel**

Autor	Rasse	Anzahl/Art	DWW (°)
BAUMGARTNER (1988)	DFV	1938 Milchkühe	45,9 - 47,9
SCHMID (1990)	DFV, HF	100 Milchkühe	52,6/47,1 - 49,9
BOELLING und POLLOTT (1998)	Keine Angaben	157 Milchkühe	47 - 48
PAULUS (2004)	DFV	40 Schlachtkühe	48,2 - 49,1
KREMER (2006)	DFV, HF, DFV/HF	49 Milchkühe	43,4 - 47,5
SIGMUND (2009)	DFV	13 Schlachtkühe	51,9 - 52,4
OUWELTJES et al. (2009)	HF	72 Milchkühe	51
TELEZHENKO et al. (2009)	SH	170 Milchkühe	51 - 55
OLECHNOWICZ et al. (2010a)	HF	144 Jungkühe	47 - 47,4

### 6.3. Klauenlänge

Die Länge der Klaue wurde definiert als der Abstand zwischen der Klauenspitze und dem am weitesten nach palmar bzw. plantar reichenden Ende des Ballens (PAULUS, 2004). SIGMUND (2009) bestimmte die Klauenlänge, indem er den Messschieber beginnend von der Klauenspitze entlang der maximalen Ausdehnung der Sohlenlänge an das Ballenende anlegte. Dabei musste das hierbei gewählte Ballenende nicht mit dem am weitesten nach palmar bzw. plantar reichenden Ende des Ballens übereinstimmen. Die Länge der Klaue nimmt sowohl an der Vordergliedmaße als auch an der Hintergliedmaße mit dem Alter zu (PAULUS, 2004; SIGMUND, 2009). An der Vordergliedmaße ist die Innenklaue länger als die Außenklaue (SIGMUND, 2009). Dies gilt für die Hintergliedmaße in umgekehrter Weise (PAULUS, 2004).

**Tabelle 4** zeigt eine Übersicht der verschiedenen Ergebnisse, bei der Bestimmung der Klauenlänge.

**Tabelle 4: Klauenlänge**

Autor	Rasse/Gliedmaße	Anzahl/Art	KL (mm)
PAULUS (2004)	DFV/Hintergliedmaße	40 Schlachtkühe	136,2 - 142,8
SIGMUND (2009)	DFV/Vordergliedmaße	13 Schlachtkühe	136,4 - 140,2

#### 6.4. Klauendiagonale

BOELLING und POLLOTT (1998) halten die Klauendiagonale aufgrund der hohen Korrelation zur Dorsalwandlänge und zum Dorsalwandwinkel für den besten Parameter zur Beschreibung der Klauenform. In der Mehrzahl der Fälle wurde die Klauendiagonale als Abstand zwischen der Klauenspitze und dem Übergang von Ballenhorn zu Ballenhaut (SCHMID, 1990; DISTL und SCHMID, 1994; VERMUNT und GREENOUGH, 1995; PHILLIPS et al., 2000; SOMERS et al., 2005; OUWELTJES et al., 2009) oder dem Haaransatz (BOELLING und POLLOTT, 1998) am Ballenende definiert. Die Länge der Diagonalen wurde von RUSSKE (2001) zwischen der Klauenhornspitze und dem am weitesten kaudal gelegenen Punkt des proximalen Klauenhornansatzes der Trachtenwand gemessen. Der proximokaudale Messpunkt wurde auch als Punkt am Kronsaum am Ballenansatz beschrieben (NUESKE et al., 2003; KREMER, 2006).

Die Länge der Klauendiagonale sank signifikant durch die funktionelle Klauenpflege (PHILLIPS et al., 2000; RUSSKE, 2001; KREMER, 2006).

NUESKE et al. (2003) stellte bei Kälbern bis zum 70. Lebenstag sowohl an den Vordergliedmaßen als auch an den Hintergliedmaßen eine längere Klauendiagonale als an den lateralen Klauen fest. Untersuchungen an den Klauen der Hintergliedmaßen von 72 Jungkühen der Rasse HF zeigten umgekehrte Verhältnisse (OUWELTJES et al., 2009).

Die Klauen der Vordergliedmaßen besitzen längere Diagonalen als die der Hintergliedmaßen (SCHMID, 1990; DISTL und SCHMID, 1994; HINRICHS et al., 2003), dabei nimmt die Klauendiagonale mit steigendem Alter zu (BOELLING und POLLOTT, 1998; RUSSKE, 2001; HINRICHS et al., 2003).

Die Klauendiagonale stieg auf Gummispaltenboden signifikant schneller an als

auf Betonspaltenboden (KREMER, 2006; OUWELTJES et al., 2009), eine weitere Studie konnte keine Unterschiede in Abhängigkeit von der Art des Bodens feststellen (SOMERS et al., 2005).

In **Tabelle 5** werden die Ergebnisse verschiedener Studien zur Ermittlung der Klauendiagonale dargestellt.

**Tabelle 5: Klauendiagonale**

Autor	Rasse	Anzahl/Art	KD (mm)
SCHMID (1990)	DFV, HF	100 Milchkühe	134,5 - 144,3
DISTL und SCHMID (1994)	DSR	56 Milchkühe	130,3 - 142
BOELLING und POLLOTT (1998)	Keine Angaben	157 Milchkühe	140,1 - 152,9
PHILLIPS et al. (2000)	Verschiedene Rassen	9 Färsen	113 - 125
HINRICHS et al. (2003)	DH, Angler	878 Jungbullen	122,5 - 130,2
SOMERS et al. (2005)	HF	240 Milchkühe	136 - 138
KREMER (2006)	DFV, HF, DFV/HF	49 Milchkühe	116,1 - 128,7
OUWELTJES et al. (2009)	HF	72 Milchkühe	122 - 137

### 6.5. Ballenhöhe und Trachtenwandhöhe

Aus anatomischer Sicht beginnt der Ballen, als Teil des verhornten Klauenschuhes, am palmaren bzw. plantaren Ende des Trachtenteils. Der Trachtenteil stellt das palmare bzw. plantare Ende der Außen- und Interdigitalwand der Klauenplatte dar. Der Ballen endet als abgerundeter Wulst. Im Bereich der Sohle erstreckt sich der Ballen weit nach kranial und ist auf gesamter Länge von einem bindegewebigen Fettpolster unterlagert (NICKEL et al., 2005).

Zur Bestimmung der Ballen- und Trachtenwandhöhe wurden Messschieber (KREMER, 2006; PAULUS und NUSS, 2006; SIGMUND, 2009) sowie Spitzzirkel (SCHMID, 1990; RUSSKE, 2001) verwendet. Es wird einheitlich rechtwinklig zur Bodenfläche gemessen. Die Bodenfläche ist dabei die Verlängerung der Auftrittsfläche nach palmar bzw. plantar. Der proximale

Messpunkt zur Bestimmung der Ballenhöhe wurde als höchster Punkt des Ballens an der Grenze zur behaarten Haut angegeben (PAULUS, 2004; SIGMUND, 2009). Die Bestimmung der Trachtenwandhöhe erfolgte unter anderem vom Kronsaum, als Ansatz des Klauenhornes am Übergang der Tracht in den Ballen (RUSSKE, 2001).

Auch für die Ballenhöhe liegen Ergebnisse bei DFV-Kühen bei standardisierter Sohlendicke von 5 mm vor. An der Hintergliedmaße wurden an der medialen Klaue Durchschnittswerte von 26,5 mm und an der lateralen Klaue Durchschnittswerte von 34,1 mm gemessen, im Vergleich an der Vordergliedmaße 42,1 mm und 45,6 mm (PAULUS, 2004; SIGMUND, 2009). Andere Untersuchungen bestätigten die höheren Werte für die Ballenhöhe bzw. Trachtenwandhöhe an der Vordergliedmaße (HAHN et al., 1984b; BAUMGARTNER, 1988; DISTL und SCHMID, 1994; VERMUNT und GREENOUGH, 1996; HINRICHS et al., 2003), dieser Unterschied bestand von Geburt an (NUESKE et al., 2003).

In **Tabelle 6** werden die verschiedenen Ergebnisse der Messung der Trachtenwandhöhe dargestellt.

**Tabelle 6: Trachtenwandhöhe**

Autor	Rasse	Anzahl/Art	TWH (mm)
BAUMGARTNER (1988)	DFV	1938 Milchkühe	27,7 - 36,1
DISTL und SCHMID (1994)	DSR	56 Milchkühe	30,4 - 34,6
HINRICHS et al. (2003)	DH, Angler	878 Jungbullen	35,7 - 43,9

Es zeigten sich ebenfalls Unterschiede in der Ballenhöhe zwischen der lateralen Klaue und der medialen Klaue einer Gliedmaße. Bei der Untersuchung von 594 schwedischen Schlachtkühen zeigten die lateralen Klauen die höheren Werte sowohl an der Vordergliedmaße als auch an der Hintergliedmaße (ANDERSSON und LUNDSTRÖM, 1981). In anderen Studien konnte dieser Unterschied nur an der Hintergliedmaße gefunden werden (AHLSTROM et al., 1986; OUWELTJES et al., 2009).

**Tabelle 7** zeigt die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen zur Ermittlung der Ballenhöhe.

**Tabelle 7: Ballenhöhe**

Autor	Rasse	Anzahl/Art	BH (mm)
ANDERSSON und LUNDSTRÖM (1981)	SRB, SLB	594 Schlachtkühe	42,6 - 44,1
HAHN et al. (1984b)	HF	1051 Milchkühe	34,4 - 41,9
AHLSTROM et al. (1986)	Schwedische Rassen	119 Milchkühe	19,8 - 31
SMIT et al. (1986)	HF	81 Färsen	33 - 34
VERMUNT und GREENOUGH (1996)	HF	30 Färsen	31 - 39
PAULUS (2004)	DFV	40 Schlachtkühe	26,5 - 34,1
SOMERS et al. (2005)	HF	240 Milchkühe	40 - 50
KREMER (2006)	DFV	49 Milchkühe	59 - 70,1
SIGMUND (2009)	DFV	13 Schlachtkühe	42,1 - 45,6
OUWELTJES et al. (2009)	HF	72 Milchkühe	42,4 - 52,8
OLECHNOWICZ und JASKOWSKI (2010)	HF	144 Jungkühe	32,2 - 32,7

Die Ballenhöhe nimmt mit steigendem Abstand zum letzten Pfliegertermin zu (SOMERS et al., 2005; KREMER, 2006; OUWELTJES et al., 2009), dabei ist der Zuwachs auf Gummiböden stärker als auf Betonböden (KREMER, 2006; OUWELTJES et al., 2009).

OLECHNOWICZ und JASKOWSKI (2010) brachten eine geringe Ballenhöhe mit einer verstärkten Anfälligkeit an Dermatitis digitalis zu erkranken in Verbindung. Des Weiteren war die Ballenhöhe in Anbindehaltung deutlich geringer als in Laufstallhaltung (OLECHNOWICZ und JASKOWSKI, 2010). Diesen Unterschied bezogen auf die Art der Aufstallung konnte eine Untersuchung an 81 HF-Färsen nicht bestätigen (SMIT et al., 1986).

### 6.6. Ballenlänge und Trachtenwandlänge

Die Länge des Ballens ergibt sich aus der Entfernung vom Ende der Sohle bis zum höchsten Punkt des Ballens (PAULUS, 2004) am Übergang von Saumhorn zur behaarten Haut (SIGMUND, 2009) oder bis zum Ballenkronsaum bzw. bis zum proximalen Ende des verhornten Ballens (NUESKE et al., 2003; KREMER, 2006). RUSSKE (2001) maß die Trachtenwandlänge an der Umschlagskante von Tracht zu Ballen. Dabei ist der distale Messpunkt die Stelle an der die Klaue mit der Bodenfläche in Kontakt tritt und der proximale Messpunkt die am weitesten kaudal gelegene Stelle des Klauenhornansatzes. Hilfsmittel zur Bestimmung dieser Messwerte waren Stechzirkel und Messschieber (RUSSKE, 2001; SIGMUND, 2009).

Laterale Klauen zeigten bei der Messungen der Ballenlänge bei standardisierter Sohlendicke von 5 mm an der Klauenspitze beim DFV unabhängig von Alter, Geschlecht und Zugehörigkeit zur Vordergliedmaße oder Hintergliedmaße signifikant höhere Werte als mediale Klauen (PAULUS, 2004; SIGMUND, 2009). Diese Situation scheint am Beginn des Lebens jedoch umgekehrt zu sein (NUESKE et al., 2003). Eine Untersuchung von Rindern bis zum 6. Lebensmonat konnte keinen signifikanten Unterschied in der Ballenlänge zwischen medialen und lateralen Klauen feststellen (SCHWARZMANN, 2005).

Die Ballenlänge nimmt auf Spaltenböden mit Gummiauflage aufgrund des geringeren Abriebes wesentlich stärker zu als auf Betonspaltenböden (KREMER, 2006).

SCHMID (1990) stellte bei der 12 maligen Untersuchung von 120 mehrheitlich DFV Kühen einen Anstieg der Trachtenwandlänge bis zum nächsten Pflegetermin und eine signifikante Verkürzung durch die Klauenpflege fest, dabei ist die Trachtenwand an der Vordergliedmaße signifikant länger als an der Hintergliedmaße. Dieser Unterschied zwischen Vordergliedmaße und Hintergliedmaße wurde auch in einigen anderen Arbeiten bestätigt (HUBER, 1983; BAUMGARTNER, 1988; DISTL und SCHMID, 1994; HINRICHS et al., 2003).

#### **6.7. Klauenbreite und Sohlenbreite**

Die Bestimmung der Klauenbreite erfolgte am Übergang von Sohle zu Ballen, indem mit einem Messschieber die maximale Ausdehnung in axialer- abaxialer Richtung bestimmt wurde (ANDERSSON und LUNDSTRÖM, 1981; VERMUNT und GREENOUGH, 1995, 1996; NUESKE et al., 2003; SOMERS et al., 2005; OUWELTJES et al., 2009). FESZL (1968) übertrug den Klauenumriss auf Papier und legte ein allseitig tangierendes Rechteck um diesen Umriss. Die maximale Breite der Klaue ergab sich aus der Summe der Breite der axialen und der abaxialen Klauenhälfte.

Die Klauenbreite war an der Vordergliedmaße größer als an der Hintergliedmaße (FESZL, 1968; SCHMID, 1990; VERMUNT und GREENOUGH, 1996), ebenso war die Außenklaue stets breiter als die zur selben Gliedmaße gehörige Innenklaue (VERMUNT und GREENOUGH,

1996; OUWELTJES et al., 2009; TELEZHENKO et al., 2009). Diese Verhältnisse wurden auch schon bei Kälbern beobachtet (NUESKE et al., 2003). Die Art des Bodens hatte keinen Einfluss auf die Entwicklung und Ausprägung der Klauenbreite (SOMERS et al., 2005; KREMER, 2006; OUWELTJES et al., 2009; TELEZHENKO et al., 2009). Durch die Klauenpflege kam es zu einer kurzfristigen Verringerung der Klauenbreite (SCHMID, 1990), dies konnte KREMER (2006) nicht bestätigen. Betrachtet man die Entwicklung der Klauenbreite nach der Klauenpflege, so zeigte sich eine geringgradige Verbreiterung der Klauen im Laufe der Zeit (VERMUNT und GREENOUGH, 1996; KREMER, 2006; OUWELTJES et al., 2009). ANDERSSON und LUNDSTRÖM (1981) stellten bei der Untersuchung an ca. 600 schwedischen Schlachtkühen breitere Sohlen mit steigendem Schlachtgewicht und steigendem Alter fest.

#### **6.8. Klauenhöhe**

Die Höhe der Klaue ergibt sich aus der Entfernung zwischen der dorsalen Haut Horn-Grenze als Lotgerade zur Sohlenfläche (VERMUNT und GREENOUGH, 1995, 1996; SOMERS et al., 2005). Bei der monatlichen Untersuchung von 240 HF Kühen über die Zeit der saisonalen Aufstallung stieg die Klauenhöhe von anfangs 64 mm nach der Eingangsklauenpflege auf 69 mm am Ende der Untersuchung. Dabei hatte die Art des Bodens keinen signifikanten Einfluss auf die Ausprägung der Klauenhöhe (SOMERS et al., 2005).

## **IV. EIGENE UNTERSUCHUNGEN**

### **1. Material und Methoden**

#### **1.1. Vorversuch**

##### **1.1.1. Fragestellung**

Im Rahmen des Vorversuches sollten folgende Fragestellungen untersucht werden.

1. Ermittlung der Interrater- und Intrarater-Reliabilität der acht Kriterien zur Beurteilung des Klauenpflegezustandes.
2. Bestimmung der Messgenauigkeit von elf ausgewählten Messparametern und dadurch Identifizierung solcher, deren Messgenauigkeit unzureichend ist und welche somit aus dem Hauptversuch ausgeschlossen werden sollten.
3. Durchführbarkeit des Untersuchungsganges für jeden Unterfuß

##### **1.1.2. Material**

Für die Durchführung des Vorversuches wurden aus dem gesammelten Probenmaterial zufällig zehn Unterfüße der rechten Hintergliedmaße von zehn verschiedenen Milchkühen ausgewählt. Dabei handelte es sich um fünf Fleckviehkühe, vier Gelbviehkühe und eine Kuh der Rasse Red-Holstein. Das Alter lag zwischen 3,5 und 12,1 Jahren. Alle Tiere wurden in Schlachthof Fürstenfeldbruck geschlachtet und hatten ein Schlachtkörpergewicht zwischen 228,0 kg und 360,2 kg.

##### **1.1.3. Methoden**

###### **1.1.3.1. Klauenmessungen**

Für den Vorversuch wurden elf verschiedene, in der Literatur beschriebene Messparameter ausgewählt. Diese wurden sowohl vor der standardisierten Klauenpflege als auch nach der Klauenpflege bestimmt. Dies erfolgte jeweils durch eine dreimalige Messung. Mit Hilfe dieser dreimaligen Messung wurde anschließend die Messgenauigkeit der Messparameter über die Bestimmung der

Variationskoeffizienten ermittelt. Alle proximal an der Klaue befindlichen Messpunkte wurden mit einem wasserfesten Folienschreiber markiert, zuvor wurde der Kronsaum gründlich geschoren.

Zur Messung der Klauenmaße wurden folgende Messinstrumente verwendet.

(Abbildung 1).

- a) Mechanischer Messschieber mit verlängertem Schenkel
- b) Elektronischer Messschieber
- c) Mechanischer Gradmesser
- d) Tiefenmesser



**Abbildung 1: Verwendete Messinstrumente zur Vermessung der Klauen (von links nach rechts): elektronischer Messschieber, mechanischer Messschieber mit verlängertem Schenkel, mechanischer Gradmesser, Tiefenmesser (SIGMUND, 2009).**

Nachfolgend wird die Messmethodik der elf Messwerte, die im Vorversuch bestimmt wurden, beschrieben.

#### 1. Dorsalwandlänge

Zur Messung der Dorsalwandlänge kam ein elektronischer Messschieber zum Einsatz. Der distale Messpunkt war die Klauenspitze. Der proximale

Messpunkt war der Haaransatz direkt proximal der Dorsalwand 10 mm abaxial vom Zwischenklauenspalt. Die Vorgehensweise orientierte sich an der von PAULUS (2004) und SIGMUND (2009) (**Abbildung 2**).



**Abbildung 2: Messung der Dorsalwandlänge**

## 2. Dorsalwandwinkel

Die Messung des Dorsalwandwinkels erfolgte mit einem mechanischen Gradmesser zwischen der Dorsalwand und der Sohlenfläche. Der kürzere Schenkel des Gradmessers berührte den proximalen Markierungspunkt für die Dorsalwandlängenmessung, der längere Schenkel lag der Sohlenfläche auf. Das Messgerät wurde parallel zum Zwischenklauenspalt geführt. Wurde der proximale Markierungspunkt zur Messung der Dorsalwandlänge nicht vom Gradmesser berührt, wurde eine Verlängerungsschiene aus Aluminium mit Hilfe zweier Schrauben und Flügelmuttern an das Messinstrument angebracht. Die Vorgehensweise orientierte sich an der von PAULUS (2004) und SIGMUND (2009) (**Abbildung 3**).



**Abbildung 3: Messung des Dorsalwandwinkels mit Verlängerungsschiene**

### 3. Ballenlänge

Die Länge des Ballens wurde mit einem mechanischen Messschieber als kürzeste Verbindung zwischen dem kaudalsten Punkt der Auftrittsfläche und dem Haaransatz am proximalsten Punkt des Ballens bestimmt. Der Messschieber wurde dabei parallel zum Zwischenklauenspelt gehalten. Die Vorgehensweise orientierte sich an der von PAULUS (2004) und SIGMUND (2009) (**Abbildung 4**).



**Abbildung 4: Messung der Ballenlänge**

#### 4. Ballenhöhe

Zur Bestimmung der Ballenhöhe kam der mechanische Messschieber mit einem verlängerten Schenkel zum Einsatz. Er wurde parallel zum Zwischenklauenspalt geführt und der verlängerte Schenkel lag der Sohlenfläche auf. Der kürzere Schenkel berührte den proximalen Markierungspunkt für die Messung der Ballenlänge. Die Vorgehensweise orientierte sich an der von PAULUS (2004) und SIGMUND (2009) (**Abbildung 5**).



**Abbildung 5: Messung der Ballenhöhe**

#### 5. Klauenlänge

Die Messung der Klauenlänge erfolgte mit dem mechanischen Messschieber. Dabei berührte der eine Schenkel die Klauenspitze und der andere das plantare bzw. palmare Ende des Ballens. Die Schiene des Messschiebers lag dabei der Sohlenfläche auf und führte diagonal über diese hinweg. Die Vorgehensweise orientierte sich an der von SIGMUND (2009) (**Abbildung 6**).



**Abbildung 6: Messung der Klauenlänge**

#### 6. Klauendiagonale

Zur Bestimmung der Klauendiagonale wurde der mechanische Messschieber mit verlängertem Schenkel verwendet. Der erste Messpunkt war die Klauenspitze. Der zweite Messpunkt war der Haaransatz am plantaren bzw. plantaren Ballenende. Diese Vorgehensweise orientiert sich an BOELLING und POLLOTT (1998) und SCHMID (1990) (**Abbildung 7**)



**Abbildung 7: Messung der Klauendiagonale**

## 7. Klauenhöhe

Die Klauenhöhe wurde ebenfalls mit dem mechanischen Messschieber mit verlängertem Schenkel gemessen, in Anlehnung an VERMUNT und GREENOUGH (1996). Die Schiene des Messschiebers wurde rechtwinklig zur Auftrittsfläche geführt. Der längere Schenkel lag plan auf dieser auf. Der kürzere Schenkel berührte den markierten Messpunkt zur Bestimmung der Dorsalwandlänge (**Abbildung 8**).



**Abbildung 8: Messung der Klauenhöhe**

## 8. Klauenbreite

Die Messung der Klauenbreite erfolgte, in Anlehnung an NUESKE et al. (2003), an der breitesten Stelle der Klaue am Übergang zwischen Sohlenhorn und Ballenhorn mit dem elektronischen Messschieber. Während des Vorversuches fiel auf, dass sich die Breite der Klaue veränderte, je nachdem wie weit der Messschieber in den Zwischenklauenspalt eingeschoben wurde. Daher wurde entschieden, den Messschieber maximal in den Zwischenklauenspalt einzuführen und die Schiene des Messschiebers parallel zur Auftrittsfläche zu halten (**Abbildung 9**).



**Abbildung 9: Messung der Klauenbreite**

#### 9. Trachtenwandhöhe

Die Trachtenwandhöhe wurde gemäß RUSKE (2001) bestimmt. Zur Messung diente der mechanische Messschieber mit verlängertem Schenkel. Als proximaler Messpunkt diente der Haaransatz am Übergang vom Trachtenteil zum Ballenteil, dieser wurde vom kürzeren Schenkel berührt. Der längere Schenkel wurde plan auf die Auftrittsfläche aufgelegt, somit stand die Schiene des Messschiebers rechtwinklig zur Auftrittsfläche (**Abbildung 10**).



**Abbildung 10: Messung der Trachtenwandhöhe**

## 10. Trachtenwandlänge

Die Messung der Trachtenwandlänge wurde ebenfalls gemäß RUSKE (2001) bestimmt. Sie erfolgte entlang dem Übergang von Ballen und Tracht, dabei ist der proximale Messpunkt derselbe wie bei der Bestimmung der Trachtenwandhöhe. Der distale Messpunkt lag am distalen Ende des Überganges zwischen Ballen und Tracht (**Abbildung 11**).



**Abbildung 11: Messung der Trachtenwandlänge**

## 11. Sohlendicke an der Klauenspitze

Zur Bestimmung der Sohlendicke kam der Tiefenmesser zum Einsatz. Dazu wurde an der Spitze der Innen- und Außenklaue ein Loch in das Sohlenhorn gebohrt, das bis zur Lederhaut reichte. Verwendung dazu fand ein 15 mm starker Forstner-Bohrer. Das Bohrloch grenzte mit einem Abstand von 0 bis 5 mm an die abaxiale und axiale Weiße Linie an der Klauenspitze. Anschließend erfolgte die Messung der Sohlendicke am plantaren bzw. palmaren Ende des Bohrloches, an der Stelle an der das Sohlenhorn am dünnsten war.

Ursprünglich sollte gemäß PAULUS (2004) und SIGMUND (2009) am apikalen Rand des Bohrloches gemessen werden. Dies wurde jedoch verworfen, da das apikale Ende des Bohrloches teilweise von Wandhorn unterlagert wurde und das Einführen des Tiefenmessers unmöglich machte (**Abbildung 12**).



**Abbildung 12: Messung der Sohlendicke an der Klauenspitze**

#### **1.1.3.2. Adspektorische Beurteilung des Klauenpflegezustandes**

Der Klauenpflegezustand der zehn Unterfüße wurde wie im Hauptversuch beschrieben auf Gliedmaßenebene ermittelt. Zur Bestimmung der Interrater-Reliabilität wurde der Pflegezustand der im Vorversuch verwendeten Unterfüße durch zwei verschiedene Untersucher, unabhängig voneinander, bewertet. Die Bestimmung der Intrarater-Reliabilität erfolgte, indem diese zehn Unterfüße einen Tag später nochmals durch denselben Untersucher bewertet wurden.

#### **1.1.3.3. Dokumentation der Klauenreheveränderungen und Klauenerkrankungen**

Die Dokumentation der Klauenreheveränderungen erfolgte nach dem im Anhang 5 gezeigten Beurteilungsbogen auf Einzelklauenebene. Die Bestimmung und Dokumentation der Klauenerkrankungen erfolgte gemäß dem vom DLG Arbeitsausschuss für Klauenpflege und Klauenhygiene entwickeltem Diagnoseschlüssel auf Einzelklauenebene (Anhang 6).

#### **1.1.3.4. Durchführung der funktionellen Klauenpflege**

Die Durchführung der Klauenpflege zwischen der zweimaligen Vermessung der Klauen erfolgte wie im Hauptversuch beschrieben.

## **1.2. Hauptversuch**

### **1.2.1. Fragestellung**

1. Wie ist der Klauenpflegezustand bayerischer Milchkühe zum Zeitpunkt der Schlachtung in dieser Stichprobe?
2. Ist eine objektive Beschreibung des Klauenpflegezustandes möglich, gemessen an den Veränderungen der Klauenmaße durch die Klauenpflege?
3. Wie ist die Lokalisation und Häufigkeit von Klauenerkrankungen in dieser Stichprobe?
4. Welche Rolle spielen Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen bei der Entscheidung zur Remontierung der Milchkuh?
5. Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem Klauenpflegezustand, dem Klauengesundheitszustand, der Rasse, dem Alter und dem Schlachtkörpergewicht des Tieres?
6. Welche Zusammenhänge bestehen zu Abgangsursachen, Haltung, Laktationsnummer, Laktationsstadium und Milchleistung der Tiere?

### **1.2.2. Material**

Die für die Untersuchung benötigten Unterfüße stammten aus zwei bayerischen Schlachthöfen. Von den geschlachteten Milchkühen wurden jeweils alle vier Unterfüße gesammelt und gingen in den Hauptversuch ein. Aufgrund der unterschiedlichen Größe der Schlachthöfe unterschied sich die Auswahl der Milchkühe, welche in der vorliegenden Studie berücksichtigt wurden, zwischen den beiden Schlachthöfen.

Insgesamt wurden 120 Milchkühe in die Untersuchung aufgenommen. Davon stammten 37 aus dem kleineren Schlachthof Fürstenfeldbruck (ca. 20 bis 40 Rinder pro Woche) und 83 aus dem größeren Schlachthof Buchloe (ca. 300 bis 500 Rinder pro Tag). Im Schlachthof Buchloe wurde jede zwanzigste Milchkuh, die an dem jeweiligen Untersuchungstag geschlachtet wurde, ausgewählt. Dabei war die Reihenfolge am Schlachtband ausschlaggebend. Vor Beginn der Schlachtung wurde über einen Würfel der Startpunkt in der Schlachtkette bestimmt. Von dem so festgelegten Startpunkt aus, wurde die

Ohrmarkennummer jeder zwanzigsten Milchkuh notiert und eine Markierung am Widerrist mit einem Viehzeichenstift gesetzt. Über diese Vorgehensweise konnte eine rein zufällige Auswahl der Probestiere gewährleistet werden. Gleichzeitig wurde eine fortlaufende Untersuchungsnummer vergeben. Nach dem Absetzen des Kopfes erfolgte das Entfernen der Vordergliedmaßen. Die Vordergliedmaßen wurden direkt aus den Händen des Schlachthofpersonals entgegen genommen und mit Hilfe eines Kabelbinders, an dem ein kleines Kunststoffschildchen angebracht war, markiert. Bei den Hintergliedmaßen wurde in gleicher Weise verfahren. Die Kunststoffschildchen wurden mit der fortlaufenden Untersuchungsnummer beschriftet, einem V für Vordergliedmaße oder H für Hintergliedmaße und einem L für die linke Seite oder R für die rechte Seite der Milchkuh. Somit konnte jede Gliedmaße eindeutig zugeordnet werden. Die Schlachtbandnummer wurde anschließend dem Klassifizierenden übermittelt, der zuerst die rechte Schlachtkörperhälfte wog und anschließend das Gewicht des gesamten Schlachtkörpers bestimmte. Aus der Differenz konnte anschließend das Schlachtkörpergewicht getrennt für die linke und rechte Schlachtkörperhälfte ermittelt werden.

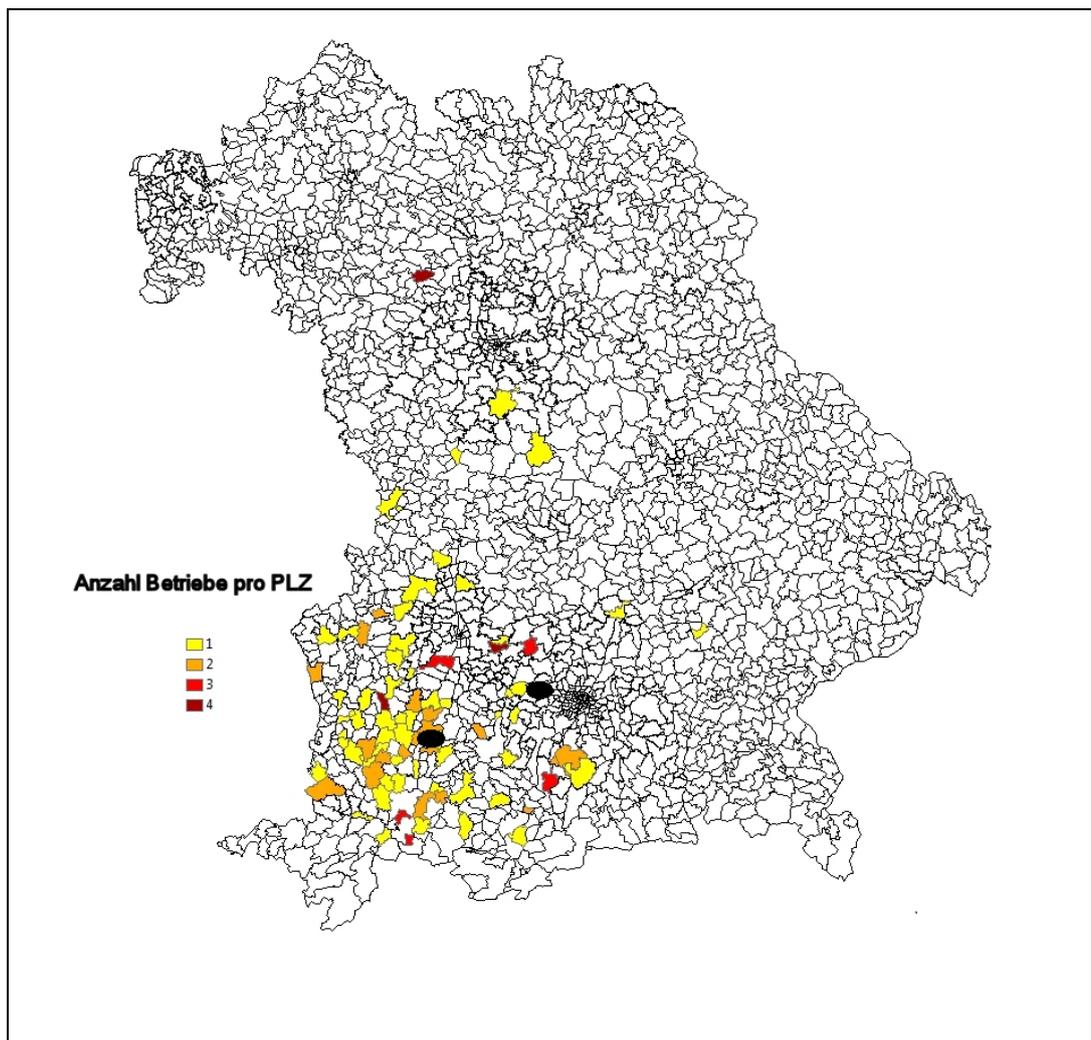
Eine Übersicht über die Probenahme gibt **Tabelle 8** und **Abbildung 13**.

**Tabelle 8: Übersicht über Zeitpunkt, Ort und Menge der gewonnenen Proben**

Schlachtdatum	Schlachthof	Anzahl beprobter Tiere
26.07.2012	Buchloe	17
02.08.2012	Buchloe	12
16.08.2012	Buchloe	14
23.08.2012	Fürstenfeldbruck	3
29.08.2012	Buchloe	6
30.08.2012	Fürstenfeldbruck	2
25.09.2012	Fürstenfeldbruck	1
04.10.2012	Fürstenfeldbruck	7
04.02.2013	Buchloe	7
13.02.2013	Buchloe	4
14.02.2013	Buchloe	10
21.02.2013	Fürstenfeldbruck	6
28.02.2013	Buchloe	13
14.03.2013	Fürstenfeldbruck	4
27.03.2013	Fürstenfeldbruck	4
11.04.2013	Fürstenfeldbruck	4
25.04.2013	Fürstenfeldbruck	4
07.05.2013	Fürstenfeldbruck	2
<b>Total</b>		<b>120</b>

Im Schlachthof Fürstenfeldbruck wurde in gleicher Weise vorgegangen, nur wurde hier, aufgrund der geringen täglichen Schlachtzahlen, jede Milchkuh die am jeweiligen Probenahmetag geschlachtet wurde, in die Untersuchung einbezogen. Die Kennzeichnung der Unterfüße und die Ermittlung des Schlachtgewichtes jeder Körperhälfte erfolgten in gleicher Art und Weise.

Im Anschluss an die Probenahme wurden die Unterfüße in die Klinik für Wiederkäuer transportiert, mit einem Hochdruckreiniger gereinigt und bis zum Zeitpunkt der Untersuchung bei mindestens minus 18 °C tiefgefroren.



**Abbildung 13: Anzahl der Betriebe je Postleitzahlkreis aus denen die untersuchten Kühe stammten, Die zwei schwarzen Kreise beschreiben die Standorte der beiden Schlachthöfe in denen die Probenahme erfolgte.**

### **1.2.3. Methoden**

#### **1.2.3.1. Telefonische Befragung der Landwirte**

Über die Ohrmarkennummer wurde im Schlachthof der ehemalige Besitzer des Tieres, sowie das Geburtsdatum ermittelt. Der jeweilige Landwirt wurde daraufhin telefonisch kontaktiert und weitere Informationen zur geschlachteten Kuh und zum landwirtschaftlichen Betrieb, gemäß dem im Anhang 7 ersichtlichen Fragebogen, eingeholt.

#### **1.2.3.2. Klauenmessungen**

Aufgrund der Ergebnisse des Vorversuches wurden folgende Messparameter in den Hauptversuch aufgenommen: Dorsalwandlänge, Dorsalwandwinkel, Klauenlänge, Klauenbreite, Ballenhöhe und Ballenlänge. Die Messungen wurden wie in der Voruntersuchung, unter Verwendung der dort beschriebenen Messinstrumente, durchgeführt.

In die Auswertungen der Klauenmaße gingen nur Klauenpaare ein, an denen keines der folgenden Ausschlusskriterien auftrat:

- a) Sohlendicke unter 5,0 mm an einer oder beiden Klauen vor oder nach der Klauenpflege
- b) Keine Möglichkeit Höhengleichheit herzustellen, ohne die Mindestsohlendicke von 5,0 mm an der Klauenspitze zu unterschreiten
- c) Starke Deformation der Klauen oder hochgradige Erkrankungen, die keine vergleichbaren Messungen erlaubten

Alle Messwerte wurden auf eine Stelle nach dem Komma aufgerundet bzw. abgerundet.

#### **1.2.3.3. Adspektorische Beurteilung des Klauenpflegezustandes**

Für die Einschätzung des Klauenpflegezustandes wurde, nach Durchsicht der Literatur zur Beurteilung und Kategorisierung von Klauen, ein Bewertungsbogen entwickelt (Anhang 4). Die Beurteilung des Klauenpflegezustandes erfolgte vor der Klauenpflege auf Unterfußebene. Folgende acht Kriterien wurden in die Bewertung einbezogen:

1. Ausprägung der Hohlkehlung
2. Vorkommen von Zerfallshorn
3. Länge der Dorsalwand
4. Höhe der Tracht
5. Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue
6. Vorkommen von Klauendeformationen
7. Vorkommen offensichtlich behandlungswürdiger Klauenerkrankungen
8. Spuren einer kürzlich erfolgten Klauenbearbeitung

Für jeden Parameter wurden, wie im Beurteilungsbogen dargestellt, Punkte vergeben und addiert. Eine Gliedmaße konnte zwischen -3 und 21 Punkte erhalten. Je höher die Punktzahl war, umso schlechter war der Klauenpflegezustand. Die Gliedmaßen sollten dann anhand ihrer Punktzahl in eine von drei Gruppen (gut, mäßig, schlecht) eingeteilt werden. Zur Festlegung der Grenzwerte zwischen den drei Gruppen wurden jeweils fünf Unterfüße von Milchkühen mit typisch gutem, mäßigem und schlechtem Pflegezustand gemäß dem Bewertungsbogen beurteilt. Aufgrund der dabei erzielten Ergebnisse wurden die drei Gruppen wie folgt festgelegt.

1. Guter Klauenpflegezustand:                   -3 Punkte bis 6 Punkte
2. Mäßiger Klauenpflegezustand:               7 Punkte bis 10 Punkte
3. Schlechter Klauenpflegezustand:           11 Punkte bis 21 Punkte

Auf Einzeltierebene wurden die Punktzahlen der vier Gliedmaßen nicht addiert. Sobald eine der vier Gliedmaßen eines Tieres einen schlechten bzw. mäßigen Klauenpflegezustand aufwies, wurde das gesamte Tier auch dieser Gruppe zugeordnet.

#### **1.2.3.4. Objektivierung der adspektorischen Beurteilung des Klauenpflegezustandes**

##### **Ausgangshypothese:**

Der Pflegezustand der Klaue ist umso schlechter, je weiter Istzustand und Sollzustand voneinander entfernt liegen. Dieser Abstand ist über die Stärke der Veränderung der Messwerte durch die Klauenpflege quantifizierbar.

Es wurde vermutet umso stärker die Klaue im Rahmen der Klauenpflege verändert werden muss, um den Normalzustand zu erreichen, umso stärker muss die Veränderung der Messwerte sein, umso stärker weichen Soll und Istzustand voneinander ab und umso schlechter ist der Klauenpflegezustand.

Die Veränderung der Messwerte wurde als Mittelwert der Veränderung der Messwerte zwischen Innenklaue und Außenklaue auf Gliedmaßenebene angegeben. Dieser Mittelwert der Veränderung der Messwerte wurde folgendermaßen gebildet: Im Anschluss an die zweimalige Messung der sechs Messparameter an jeder Einzelklaue wurde die Differenz zwischen dem Ergebnis der Messung vor der Klauenpflege und dem Ergebnis der Messung nach der Klauenpflege berechnet. Danach wurde der Mittelwert dieser beiden Ergebnisse zwischen Innenklaue und Außenklaue auf Gliedmaßenebene gebildet.

Darüber hinaus wurde das Verhältnis von Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe (DWL:BHIK und DWL:BHAK) vor der Klauenpflege bestimmt, mit der Annahme, je stärker dieses von der Norm abweicht, umso schlechter müsste der Pflegezustand der Klauen sein.

Ein weiterer Wert, der berechnet wurde, war der errechnete Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares (NETTODIFFBH). Mit Hilfe dieses Wertes sollte versucht werden den adspektorisch eingeschätzten Höhenunterschied objektiv zu beschreiben. Dieser Wert ergab sich aus der Summe der Veränderungen der Ballenhöhe in Millimetern von Innen- und Außenklaue durch die Klauenpflege.

Mit den Mittelwerten der Veränderung der Messwerte durch die Klauenpflege, dem Verhältnis von Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe an Innenklaue und

Außenklaue und dem errechneten Höhenunterschied, wurden im nächsten Schritt signifikante Zusammenhänge zu den acht Kriterien zur Beurteilung des Klauenpflegezustandes gesucht. Dies erfolgte getrennt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen. Mit Hilfe der ordinalen Regression sollten die Parameter identifiziert werden, die sowohl an den Vordergliedmaßen als auch an den Hintergliedmaßen den größten Einfluss auf die Ausprägung der acht Kriterien zur Beurteilung des Klauenpflegezustandes hatten.

Die Normalgröße der Rinderklaue unterliegt starken individuellen Schwankungen (PAULUS und NUSS, 2006; SIGMUND, 2009). Um die Stärke der Veränderung der Messwerte durch die Klauenpflege unabhängig von der tierindividuellen Klauengröße darzustellen, wurden alle Berechnungen auch mit den Mittelwerten der prozentualen Veränderung der Messwerte durch die Klauenpflege durchgeführt. Die Berechnung der Mittelwerte der prozentualen Veränderung der Messwerte erfolgte im Bezug zum Ergebnis des jeweiligen Messwertes vor der Klauenpflege.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen werden im Anhang 9 angegeben. Im Ergebnisteil werden aufgrund der besseren Anschaulichkeit die Ergebnisse der Berechnungen mit den Absolutwerten der Mittelwerte der Veränderungen der Messwerte durch die Klauenpflege dargestellt.

#### **1.2.3.5. Beurteilung der Klauenreheveränderungen**

Für die Beurteilung der Klauenreheveränderungen wurde ebenfalls nach dem Studium der Literatur ein Bewertungsbogen entwickelt (Anhang 5). Dabei erfolgte die Einschätzung auf Einzelklauenebene. Die Bewertung von Parameter 1 und 2 wurde direkt im Anschluss an die Beurteilung des Klauenpflegezustandes vorgenommen. Die Einschätzung von Parameter 3 und 4 wurde nach erfolgter Klauenpflege durchgeführt, da diese nur an einem frischen Sohlenhornanschliff eindeutig zu beurteilen waren.

Es wurden drei verschiedene Parameter zur Beurteilung von chronischen Klauenreheveränderungen untersucht:

1. Krümmung der Dorsalwand
2. Stärke der horizontalen Ringbildung
3. Verbreiterung der Weißen Linie

Für Parameter 1 bis 3 wurden jeweils 0 bis 3 Punkte vergeben und anschließend addiert. Eine Einzelklaue konnte daher maximal 9 Punkte erreichen und eine Gliedmaße somit maximal 18 Punkte. Je mehr Punkte eine Gliedmaße erreichte, umso ausgeprägter waren die chronischen Klauenreheveränderungen. Jede Gliedmaße wurde entsprechend ihrer Punktzahl in eine der folgenden vier Gruppen eingeordnet:

1. keine chron. Klauenreheveränderungen 0 bis 3 Punkte
2. geringgradige chron. Klauenreheveränderungen 4 bis 6 Punkte
3. mittelgradige chron. Klauenreheveränderungen 7 bis 10 Punkte
4. hochgradige chron. Klauenreheveränderungen > 10 Punkte

Die Bestimmung der Grenzwerte zu Abtrennung der vier Gruppen wurde, wie im Abschnitt „Eigene Untersuchungen“ Kapitel: 1.2.3.3. beschrieben, durchgeführt.

Die Punktwerte der einzelnen Gliedmaßen wurden auf Einzeltierebene nicht addiert. Zeigte ein Tier an mindestens einer Gliedmaße geringgradige, mittelgradige oder hochgradige chronische Klauenreheveränderungen, so wurde es auch dieser Gruppe zugeordnet.

Die Beurteilung des Vorhandenseins von subklinischer Klauenrehe wurde anhand eines vierten Parameters bestimmt:

#### 4. Vorkommen von Sohlenhorneinblutungen

Es wurde unterschieden zwischen Freiheit von Sohlenhorneinblutungen, geringgradigen, mittelgradigen und hochgradigen Sohlenhorneinblutungen. Eine Kuh hatte hochgradige, mittelgradige oder geringgradige subklinische Klauenrehe, sobald dieser Befund an mindestens einer Einzelklaue auftauchte.

#### **1.2.3.6. Dokumentation der Klauenerkrankungen**

Die Bestimmung und Dokumentation der Klauenerkrankungen erfolgte gemäß dem vom DLG Arbeitsausschuss für Klauenpflege und Klauenhygiene entwickeltem Diagnoseschlüssel auf Einzelklauenebene (Anhang 6).

#### **1.2.3.7. Durchführung der funktionellen Klauenpflege**

Im Anschluss an die erste Messung erfolgte die Pflege der Klauen gemäß den

Zielen der funktionellen Klauenpflege nach TOUSSAINT RAVEN (1989). Es sollte eine ebene Auftrittfläche an beiden Klauen geschaffen werden, welche rechtwinkelig zur dorsopalmaren bzw. dorsoplantaren Gliedmaßenachse steht. Des Weiteren wurde auf die Herstellung von Höhengleichheit zwischen Innen- und Außenklaue geachtet. Dies wurde bei Parallelhalten der beiden Dorsalwände kurz unterhalb des Kronsaums und Blick entlang Metatarsus bzw. Metakarpus in Richtung Ballen überprüft.

Zur Identifizierung der Weißen Linie an der Klauenspitze wurde zu Beginn an jeder Klaue eine ebene Auftrittfläche hergestellt. Anschließend wurde die Bohrung zur Bestimmung der Sohlendicke gesetzt. An deutlich angewachsenen Klauen wurde unter Berücksichtigung von Alter und Schlachtkörpergewicht vorher eine gewisse Menge Horn entfernt, bis es möglich wurde bei Orientierung an der Weißen Linie mit der Bohrung sicher die Klauenspitze zu treffen.

Im Anschluss daran wurde erstmals die Sohlendicke bestimmt. Aufgrund dieser Messung konnte die weitere Bearbeitung der Klauen an der Klaue fortgesetzt werden, deren Sohlenlederhautniveau an der Klauenspitze weiter nach distal reichte.

Unter mehrmaligem Höhenvergleich und wiederholter Messung der Sohlendicke wurde nun Höhengleichheit zwischen Innenklaue und Außenklaue hergestellt. Gleichzeitig erfolgte die Einstellung einer Sohlendicke von 5 bis 6 mm an der Klauenspitze bei der Klaue, deren Sohlenlederhautniveau weiter nach distal reichte. Die Sohlendicke der anderen Klaue ergab sich automatisch bei Herstellung von Höhengleichheit.

#### **1.2.3.8. Statistische Auswertung**

Die Datenanalyse erfolgte mit Microsoft Excel und der Statistiksoftware IBM SPSS Statistics Version 20.0. Alle Daten wurden visuell auf Normalverteilung untersucht (Box und Whisker Plots). Folgende statistische Tests kamen zur Anwendung (BORTZ und SCHUSTER, 2010):

- a) Korrelation nach Spearman
- b) Nichtparametrische Gruppenvergleiche mit Kruskal - Wallis und Mann - Whitney

- c) Häufigkeitsverteilung mit Chi-Quadrat
- d) Ordinale Regression
- e) Wilcoxon-Test
- f) Multivariable logistische Regression

Zusammenhänge zwischen verschiedenen Krankheiten bzw. Zuständen wurden mittels Chi-Quadrat und nicht parametrischen Tests (Mann-Whitney U-Test und Kruskal-Wallis-Test) untersucht. Waren mehrere Faktoren auf univariabler Ebene mit dem Auftreten einer Krankheit bzw. einem Zustand verbunden, wurde eine multivariable logistische Regression mit diesen Faktoren durchgeführt. Dabei wurde eine Rückwärts-Selektion mit Wald-Kriterien verwendet (KLEINBAUM und KLEIN, 2010). Die Ergebnisse der multivariablen Analyse wurden als Odds Ratio (OR) mit ihren 95% Konfidenzintervallen (95% KI) dargestellt.

Als statistisch signifikant wurden p-Werte  $< 0,05$  angesehen.

## 2. Ergebnisse

### 2.1. Ergebnisse des Vorversuches

In **Tabelle 9** werden die Kappa-Werte für die Kriterien zur Beurteilung des Klauenpflegezustandes zwischen zwei Untersuchern dargestellt (Interrater-Reliabilität).

**Tabelle 9: Kappa Werte ( $\kappa$ ) der acht verschiedenen Kriterien zur Beurteilung des Klauenpflegezustandes zwischen zwei Untersuchern.**

Beurteilungskriterium	$\kappa$	Beurteilung gemäß LANDIS und KOCH (1977)
1. Ausprägung der Hohlkehlung	0,194	geringe Übereinstimmung
2. Vorkommen von Zerfallshorn	0,677	gute Übereinstimmung
3. Länge der Dorsalwand	0,500	moderate Übereinstimmung
4. Höhe der Tracht	0,091	geringe Übereinstimmung
5. Höhenunterschied zwischen IK und AK	0,091	geringe Übereinstimmung
6. Vorkommen von Klauendeformationen	1,000	sehr gute Übereinstimmung
7. Vorkommen offensichtlich behandlungswürdiger Klauenerkrankungen	0,800	sehr gute Übereinstimmung
8. Spuren einer Klauenbearbeitung	1,000	sehr gute Übereinstimmung

In **Tabelle 10** werden die Kappa-Werte für die Kriterien zur Beurteilung des Klauenpflegezustandes innerhalb eines Untersuchers dargestellt (Intrarater-Reliabilität).

**Tabelle 10: Kappa Werte ( $\kappa$ ) der acht verschiedenen Kriterien zur Beurteilung des Klauenpflegezustandes innerhalb eines Untersuchers**

Beurteilungskriterium	$\kappa$	Beurteilung gemäß LANDIS und KOCH (1977)
1. Ausprägung der Hohlkehlung	0,643	gute Übereinstimmung
2. Vorkommen von Zerfallshorn	0,474	gute Übereinstimmung
3. Länge der Dorsalwand	0,778	gute Übereinstimmung
4. Höhe der Tracht	0,302	mäßige Übereinstimmung
5. Höhenunterschied zwischen IK und AK	0,273	mäßige Übereinstimmung
6. Vorkommen von Klauendeformationen	1,000	sehr gute Übereinstimmung
7. Vorkommen offensichtlich behandlungswürdiger Klauenerkrankungen	1,000	sehr gute Übereinstimmung
8. Spuren einer Klauenbearbeitung	1,000	sehr gute Übereinstimmung

Die dreimalige Messung der elf Messparameter an zehn Unterfüßen sowohl vor als auch nach der Pflege ergab die in **Tabelle 11** dargestellten Variationskoeffizienten.

**Tabelle 11: Variationskoeffizienten bestimmt nach dreimaliger Messung der elf Messparameter an den zehn Unterfüßen des Vorversuches, getrennt nach Ergebnissen vor und nach der Klauenpflege**

Zeitpunkt	DWL	DWW	KL	KD	BH	BL	TWH	TWL	KB	KH	SOD
Vorher	0,28	1,15	0,28	0,46	1,22	3,48	0,81	3,88	0,92	1,49	-
Nachher	0,33	1,13	0,19	0,4	0,69	2,97	0,51	2,64	0,59	0,81	0,56

Die folgenden sechs Messparameter mit möglichst geringem Variationskoeffizienten wurden daraufhin für die Hauptuntersuchung ausgewählt: Dorsalwandlänge, Dorsalwandwinkel, Klauenlänge, Klauenbreite, Ballenhöhe und Ballenlänge.

## **2.2. Auswertung der Angaben zu Haltung, Leistung, Produktionsrichtung, Abgangsursache, Laktationsnummer, Laktationsstadium und dem Klauenpflegeintervall auf Herdenebene**

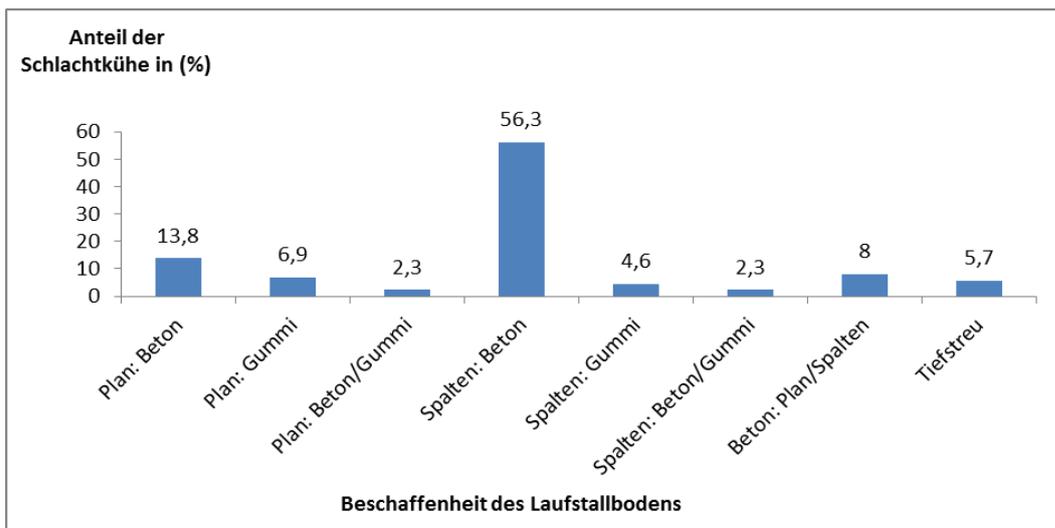
Von den 120 in die Studie eingeschlossenen geschlachteten Kühen gehörten 47,5 % der Rasse Deutschem Fleckvieh, 31,7 % der Rasse Braunvieh, 15 % der Rasse Holstein Friesian, 3,3 % der Rasse Gelbvieh, 0,8 % der Rasse Red-

Holstein an. Jeweils 0,8 % dieser Tiere waren eine Kreuzung aus Deutschem Fleckvieh mit Holstein Friesian und Deutschem Fleckvieh mit Braunvieh. Jedes der untersuchten Rinder wurde vor der Schlachtung als Milchkuh gehalten.

Die Tiere stammten aus 104 unterschiedlichen Betrieben, darunter waren 86 MLP-Betriebe. Es kamen maximal vier Tiere aus einem Betrieb.

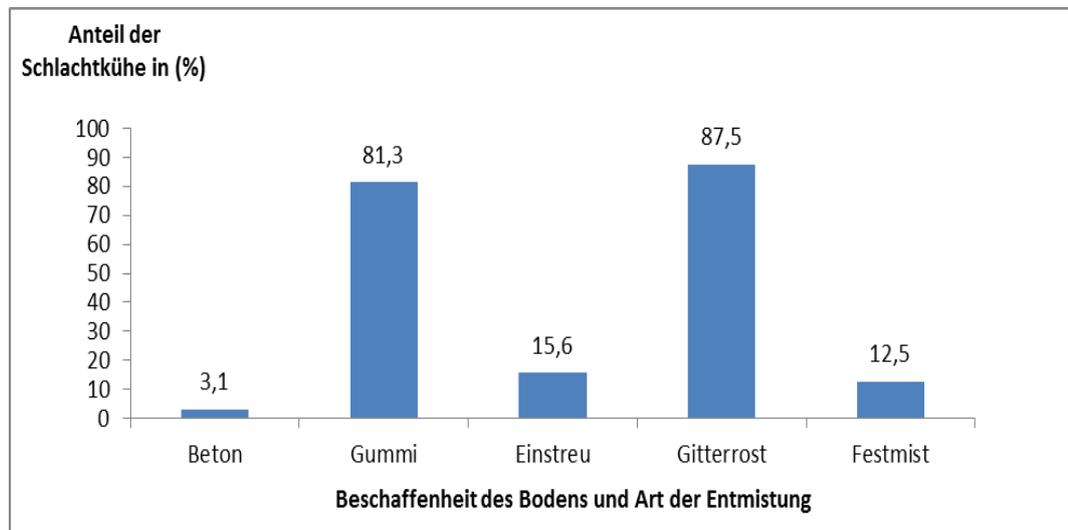
Das durchschnittliche Alter der Kühe lag bei 6,6 Jahren ( $SD = 2,9$ ) bei einem mittleren Schlachtgewicht von 305,8 kg ( $SD = 58,1$ ). Aus ökologischer Haltung stammten 31,7 % der Tiere, die anderen 68,3 % stammten aus konventioneller Haltung. Die durchschnittliche Herdenleistung in den Herkunftsbetrieben lag bei 7003 kg ( $SD = 1236,3$ ). Die Tierzahl pro Betrieb lag im Median bei 40 Tieren ( $Q1 = 28$ ;  $Q3 = 60$ ).

Von 99,2 % der untersuchten Kühe konnten Informationen zur Art der Aufstallung eingeholt werden. Von den 120 Tieren wurden 73,1 % im Laufstall gehalten, die anderen 26,9 % der geschlachteten Milchkühe stammten aus Anbindehaltung. **Abbildung 14** zeigt, wie viel Prozent der Milchkühe aus Laufstallhaltung auf den jeweils angegebenen Stallböden gehalten wurden. Von den Tieren aus Laufstallhaltung mit Liegeboxen hatten 36,6 % Hochboxen zur Verfügung, 57,3 % Tiefboxen und 6,1 % der Tiere aus Laufstallhaltung mit Liegeboxen konnten zwischen Hoch- und Tiefboxen wählen.



**Abbildung 14: Verteilung der Aufstallung der geschlachteten Milchkühe aus Laufstallhaltung nach Beschaffenheit des Bodens (n = 87)**

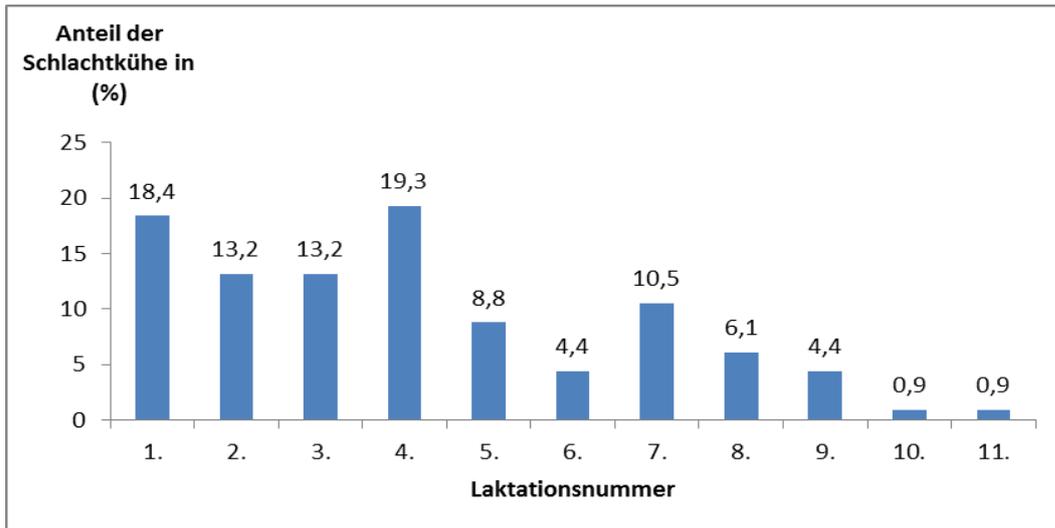
Die Aufstallung der geschlachteten Milchkühe, die aus Anbindehaltung stammten, gestaltete sich wie in **Abbildung 15** ersichtlich wird.



**Abbildung 15: Verteilung der Aufstallung der geschlachteten Milchkühe aus Anbindehaltung nach Beschaffenheit des Bodens und Art der Entmistung (n = 32)**

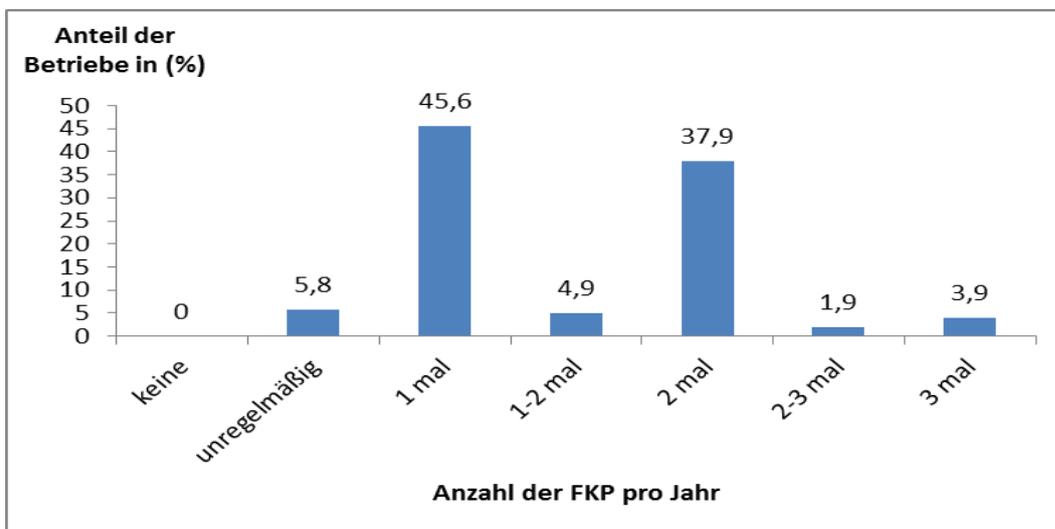
Von den untersuchten Milchkühen hatten 20,2 % der Tiere einen befestigten Auslauf zur Verfügung, welcher an das Stallgebäude grenzte. Weitere 35,2 % der Milchkühe wurden einen Teil des Jahres ganztägig oder halbtags auf der Weide gehalten.

Von 47,5 % der geschlachteten Milchkühe konnte die 305-Tages Milchleistung der letzten abgeschlossenen Laktation ermittelt werden. Sie lag durchschnittlich bei 6898 kg (SD = 1258,4). Bei 95 % der Tiere lagen Informationen zur Laktationszahl zum Zeitpunkt der Schlachtung vor, durchschnittlich waren die Tiere in der vierten Laktation (SD = 2,5). Die Schlachtung erfolgte im Mittel am 234. Laktationstag (SD = 174,8). **Abbildung 16** zeigt, welcher Anteil der Tiere sich zum Zeitpunkt der Schlachtung in welcher Laktation befand.



**Abbildung 16: Laktationsnummer der untersuchten Milchkühe (n = 114) zum Zeitpunkt der Schlachtung**

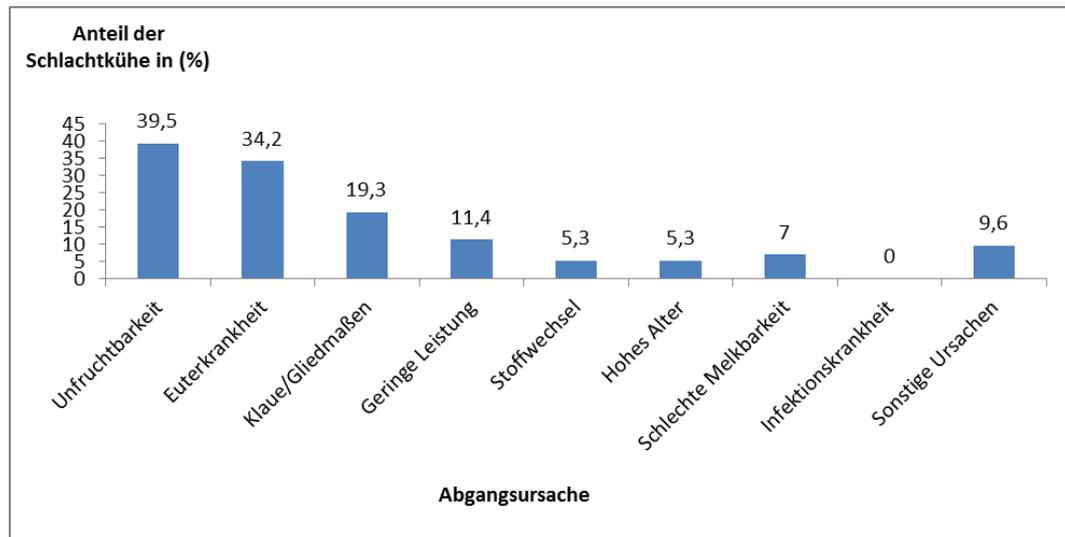
Von 99 % der befragten Landwirte konnten Angaben zur Häufigkeit der funktionellen Klauenpflege auf Herdeneben gewonnen werden (**Abbildung 17**).



**Abbildung 17: Häufigkeit der durchgeführten funktionellen Klauenpflege (FKP) pro Jahr in den befragten Betrieben (n = 113)**

Mehr als die Hälfte der Landwirte (54,8 %) führten die funktionelle Klauenpflege selbst durch, weitere 42,3 % beauftragten damit einen Klauenpfleger und 1,9 % der Landwirte ließen die Herde teilweise von einem Klauenpfleger schneiden, teilweise führten sie die Klauenpflege selbst durch.

Von 95 % der geschlachteten Milchkühe konnten die Abgangsursachen im Telefonat mit dem Landwirt ermittelt werden. Dabei waren Mehrfachnennungen möglich (**Abbildung 18**).



**Abbildung 18: Häufigkeiten der Abgangsursachen der geschlachteten Milchkühe (n = 114), Mehrfachnennung möglich**

Landwirte gaben bei 2,8 % der geschlachteten Milchkühe aus ökologischer Haltung als eine der Abgangsursachen „Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen“ an. In der Gruppe der untersuchten Tiere aus konventioneller Haltung waren es mit 26,9 % signifikant mehr ( $p = 0,003$ ).

Unter den Milchkühen, die auch aufgrund von Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen den Betrieb verlassen mussten, wurde bei 36,4 % eine Schwellung des Kronsaums festgestellt, bei 40,9 % ein Rusterholzsches Sohlengeschwür und bei 45,5 % dieser Tiere eine Läsion der Wand. Diese Erkrankungen traten bei Kühen ohne diesen Remontierungsgrund signifikant seltener auf (SK:  $p < 0,001$ , RSG:  $p = 0,001$ , WL:  $p = 0,008$ ).

Signifikant häufiger nannte der Landwirt diese Abgangsursache bei Tieren, die aus einer größeren Herde stammten (Median = 50 Tiere; Q1 = 39; Q3 = 71), im Vergleich zu Kühen mit anderen Abgangsursachen (Median = 39 Tiere; Q1 = 24; Q3 = 50;  $p = 0,010$ ). Des Weiteren waren Schlachtkühe mit dieser Abgangsursache signifikant älter (Median = 7,0 Jahre; Q1 = 5,6; Q3 = 9,2) als Tiere mit anderen Abgangsursachen (Median = 6,0 Jahre; Q1 = 4,2; Q3 = 8,1;  $p = 0,047$ ). Folglich waren in der Gruppe der untersuchten Milchkühe mit

diesem Ausscheidungsgrund auch 81,8 % in einer höheren als der dritten Laktation ( $p = 0,005$ ).

Weiterhin befanden sich Milchkühe mit dieser Abgangsursache zum Zeitpunkt der Schlachtung in einem signifikant kürzeren Abstand zur letzten Kalbung (Median = 107 Tage p. p.;  $Q1 = 48$ ;  $Q3 = 287$ ) als Tiere ohne diesen Ausscheidungsgrund (Median = 219 Tage p. p.;  $Q1 = 131$ ;  $Q3 = 366$ ;  $p = 0,021$ ).

Von den Merkmalen, die in der univariablen Analyse mit der Abgangsursache Erkrankungen der Klauen und/oder Gliedmaßen assoziiert waren, waren im multivariablen Modell nur zwei Faktoren signifikant verknüpft. Das Risiko für die Milchkuh wegen Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen gemerzt zu werden war für Tiere über der dritten Laktation und für Tiere aus konventioneller Haltung signifikant erhöht (**Tabelle 12**).

**Tabelle 12: Merkmale, die in der multivariablen Analyse signifikante Zusammenhänge zur Abgangsursache „Erkrankungen von Klauen und Gliedmaßen“ zeigten ( $\beta$  = Regressionskoeffizient B, 95 % KI = 95 % Konfidenzintervall für OR)**

Merkmal	Referenzgruppe	$\beta$	Wald	df	p	OR (95 % KI)
Produktionsrichtung: konventionell	ökologisch	2,79	6,54	1	0,011	16,24 (1,92 – 137,51)
Laktation > 3.	Laktation ≤ 3.	1,71	6,3	1	0,012	5,50 (1,45 – 20,83)
Konstante		-24,47	0	1	0,998	0

## 2.3. Ergebnisse der Untersuchung der Unterfüße

### 2.3.1. Klauenmessungen

#### 2.3.1.1. Klauenmaße der Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen

**Tabelle 13** und **Tabelle 14** zeigen die Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) der Klauenmessungen der sieben Messparameter an den Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen, unterteilt in Ergebnisse vor und nach der Durchführung der Klauenpflege. Unter Beachtung der Ausschlusskriterien gingen Daten von 222 Vordergliedmaßen und 206 Hintergliedmaßen in die Auswertung ein.

**Tabelle 13: Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) der Klauenmessungen der Innenklauen und Außenklauen der Vordergliedmaßen (n = 222) unterteilt in Ergebnisse vor und nach der Klauenpflege**

Messwert	Vordergliedmaße			
	Außenklaue		Innenklaue	
	vor Klauenpflege	nach Klauenpflege	vor Klauenpflege	nach Klauenpflege
Dorsalwandlänge (mm)	81,5	78,4	85,9	81,4
SD	9,0	5,9	9,5	5,5
Dorsalwandwinkel (°)	48	50,4	46,7	49,3
SD	5,1	3,9	50,2	3,8
Klauenlänge (mm)	146,9	143,6	152,4	147,3
SD	11,4	5,8	12,5	8,5
Klauenbreite (mm)	61,3	60,6	59	58
SD	5,0	4,7	3,7	3,3
Ballenhöhe (mm)	50,3	48,6	49,1	49,1
SD	7,2	5,7	7,2	6,4
Ballenlänge (mm)	65,7	60,9	64,1	61,9
SD	9,4	4,7	9,7	8,9
Sohlendicke (mm)	-	5,7	-	6,1
SD	-	0,7	-	1,1

Bis auf zwei Ausnahmen lagen an allen Einzelklauen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der sechs Messwerte vor und nach der Klauenpflege vor ( $p < 0,001$ ). Kein signifikanter Unterschied zwischen dem Mittelwert vor und nach der Klauenpflege wurde bei der Ballenhöhe ( $p = 0,710$ ) der Innenklaue der Vordergliedmaße und bei der Klauenbreite ( $p = 0,307$ ) der Innenklaue der Hintergliedmaße festgestellt.

Die Innenklauen der Vordergliedmaße besaßen nach der Klauenpflege eine signifikant größere Dorsalwandlänge und Klauenlänge im Vergleich zur Außenklaue ( $p < 0,001$ ). Außerdem waren sie signifikant spitzer gewinkelt und schmaler als die Außenklauen der Vordergliedmaßen ( $p < 0,001$ ).

Die Außenklauen der Hintergliedmaßen besaßen nach der Klauenpflege eine signifikant längere Dorsalwand im Vergleich zur Innenklaue der Hintergliedmaßen ( $p = 0,023$ ). Sie waren signifikant länger, breiter, höher und spitzer gewinkelt als die Innenklauen der Hintergliedmaßen ( $p < 0,001$ ). Des Weiteren besaßen sie nach der Klauenpflege die signifikant geringere Ballenlänge ( $p < 0,001$ ).

**Tabelle 14: Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) der Klauenmessungen der Innenklauen und Außenklauen der Hintergliedmaßen (n = 206) unterteilt in Ergebnisse vor und nach der Klauenpflege**

Messwert	Hintergliedmaße			
	Außenklaue		Innenklaue	
	vor Klauenpflege	nach Klauenpflege	vor Klauenpflege	nach Klauenpflege
Dorsalwandlänge (mm)	82,7	79,4	82,1	78,9
SD	8,0	4,7	7,9	5,0
Dorsalwandwinkel (°)	48,8	50,7	48,7	52,1
SD	5,0	3,8	4,7	4,2
Klauenlänge (mm)	144,7	141,5	138,1	134,8
SD	12,3	9,6	10,5	8,6
Klauenbreite (mm)	58,9	57,8	53,6	53,7
SD	4,9	4,5	3,9	3,8
Ballenhöhe (mm)	43,7	40,5	36,3	38,2
SD	8,9	7,3	7,7	7,2
Ballenlänge (mm)	54,8	49,1	50,6	54,9
SD	11,0	9,9	10,7	11,0
Sohlendicke (mm)	-	5,5	-	6,3
SD	-	0,6	-	1,2

### 2.3.1.2. Veränderung der Messwerte durch die funktionelle Klauenpflege

In **Tabelle 15** werden die durchschnittlichen Veränderungen der Messwerte und die dazugehörigen Standardabweichungen an den untersuchten Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen dargestellt.

**Tabelle 15: Durchschnittliche Veränderungen der Messwerte  $\pm$  Standardabweichung durch die Klauenpflege unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen (signifikante Unterschiede zwischen den Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen wurden fett hervorgehoben)**

Messwert	Vordergliedmaße (n = 222)	Hintergliedmaße (n = 206)	p-Wert
Dorsalwandlänge (mm)	3,9 $\pm$ 5,2	3,3 $\pm$ 4,7	0,108
Dorsalwandwinkel (°)	3,2 $\pm$ 2,5	3,3 $\pm$ 2,9	0,774
Klauenlänge (mm)	4,5 $\pm$ 5,4	3,6 $\pm$ 4,5	<b>0,007</b>
Klauenbreite (mm)	1,2 $\pm$ 0,8	1,2 $\pm$ 1,0	0,325
Ballenhöhe (mm)	3,9 $\pm$ 3,2	4,2 $\pm$ 3,5	0,252
Ballenlänge (mm)	7,8 $\pm$ 6,1	9,0 $\pm$ 6,4	<b>0,004</b>

Die durchschnittlichen prozentualen Veränderungen der Messwerte durch die Klauenpflege, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen, werden in Anhang 8 dargestellt.

### **2.3.1.3. Errechneter Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue**

Die Klauenpaare der Hintergliedmaßen wiesen im Mittel einen errechneten Höhenunterschied von 11,5 mm (SD = 11,2) auf. An der Vordergliedmaße betrug dieser durchschnittlich 4,5 mm (SD = 3,8;  $p < 0,001$ ).

### **2.3.1.4. Verhältnis der Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe**

Das durchschnittliche Verhältnis der Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe betrug an der Außenklaue der Vordergliedmaße vor der Klauenpflege 1,64:1 (SD = 0,29:1). An der Innenklaue lag es bei 1,78:1 (SD = 0,32:1;  $p < 0,001$ ). Nach der Klauenpflege betrug es 1,62:1 (SD = 0,20:1) an der Außenklaue und 1,67:1 (SD = 0,22:1) an der Innenklaue ( $p < 0,001$ ).

Die Außenklaue der Hintergliedmaße zeigte ein durchschnittliches Verhältnis der Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe vor der Klauenpflege von 1,96:1 (SD = 0,38:1). Die Innenklaue der Hintergliedmaße zeigte ein durchschnittliches Verhältnis der Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe vor der Klauenpflege von 2,35:1 (SD = 0,46:1,  $p < 0,001$ ). Vor der Klauenpflege betrug es 2,01:1 (SD = 0,39:1) an der Außenklaue und 2,13:1 (SD = 0,38:1) an der Innenklaue ( $p < 0,001$ ). Das Verhältnis der Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe ist an der Außenklaue und der Innenklaue der Vordergliedmaße signifikant geringer als an der Außenklaue und Innenklaue der Hintergliedmaße ( $p < 0,001$ ).

## **2.3.2. Adspektorische Beurteilung des Klauenpflegezustandes**

### **2.3.2.1. Adspektorische Beurteilung des Klauenpflegezustandes auf Gliedmaßezebene**

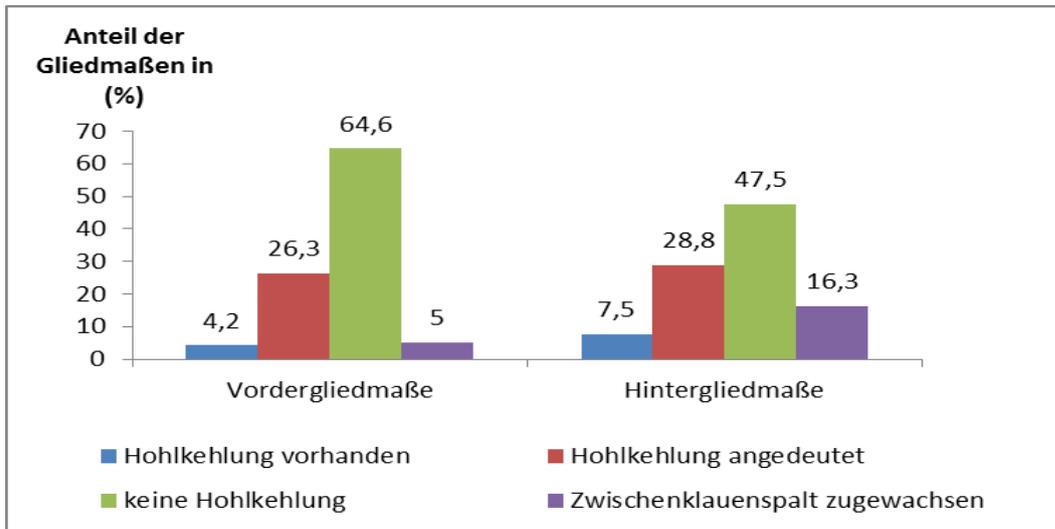
Die Beurteilung des Pflegezustandes der Klauen erfolgte gemäß dem Untersuchungsbogen anhand acht verschiedener Kriterien.

**Abbildung 19** bis **Abbildung 23** veranschaulichen die Ausprägung folgender Kriterien unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen:

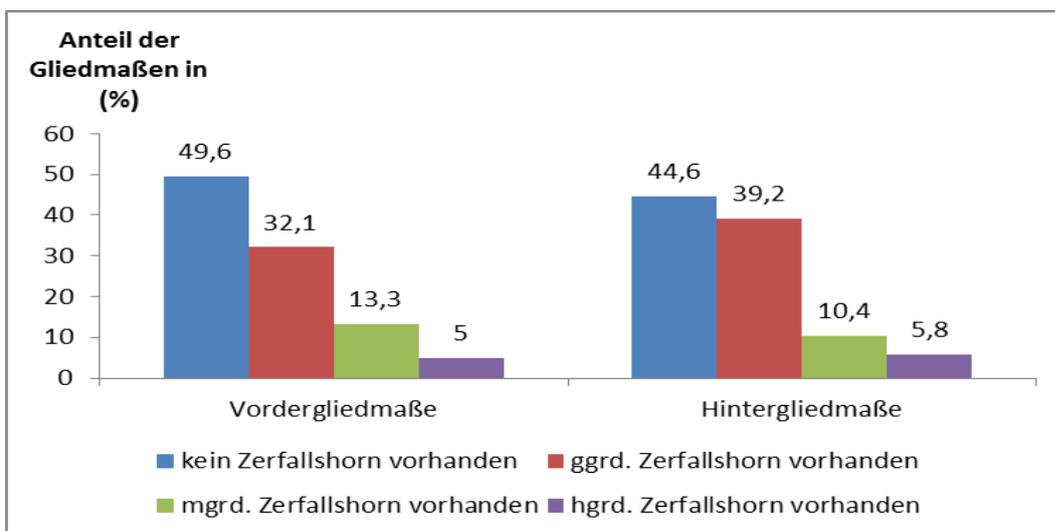
1. Ausprägung der Hohlkehlung
2. Vorkommen von Zerfallshorn
3. Länge der Dorsalwand

4. Höhe der Tracht und

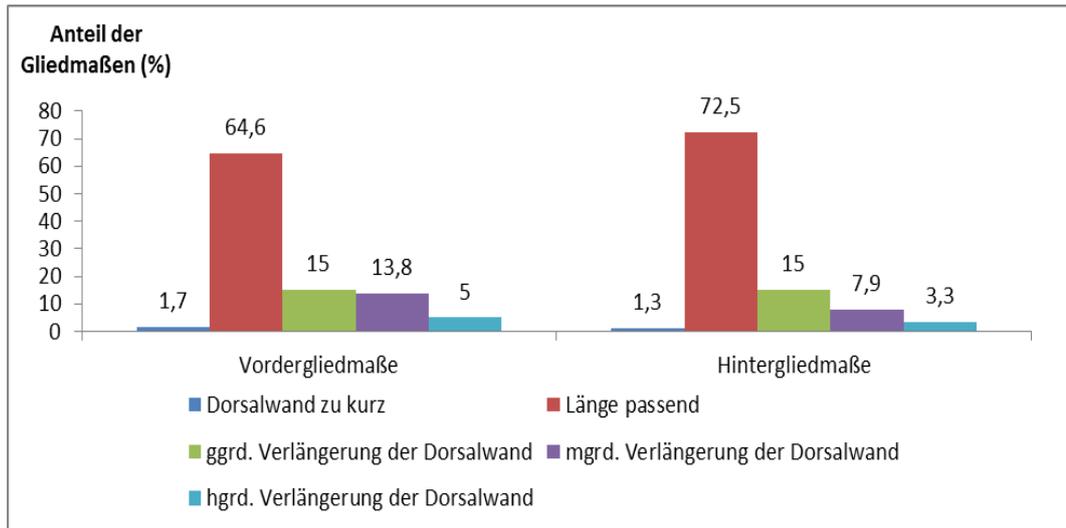
5. Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue



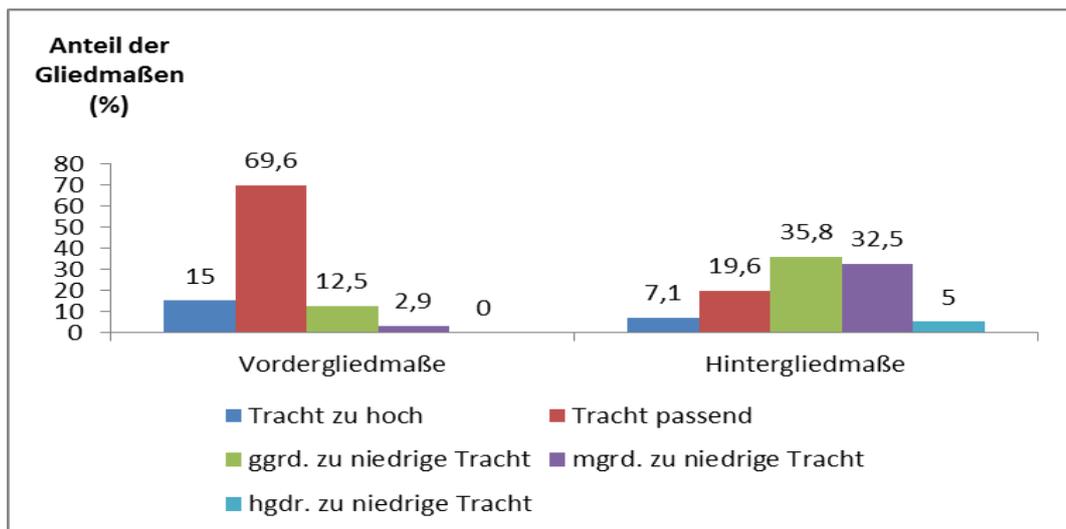
**Abbildung 19: Ausprägung der Hohlkehlung an den Klauen der 120 geschlachteten Kühe unterteilt nach Vordergliedmaßen (n = 240) und Hintergliedmaßen (n = 240)**



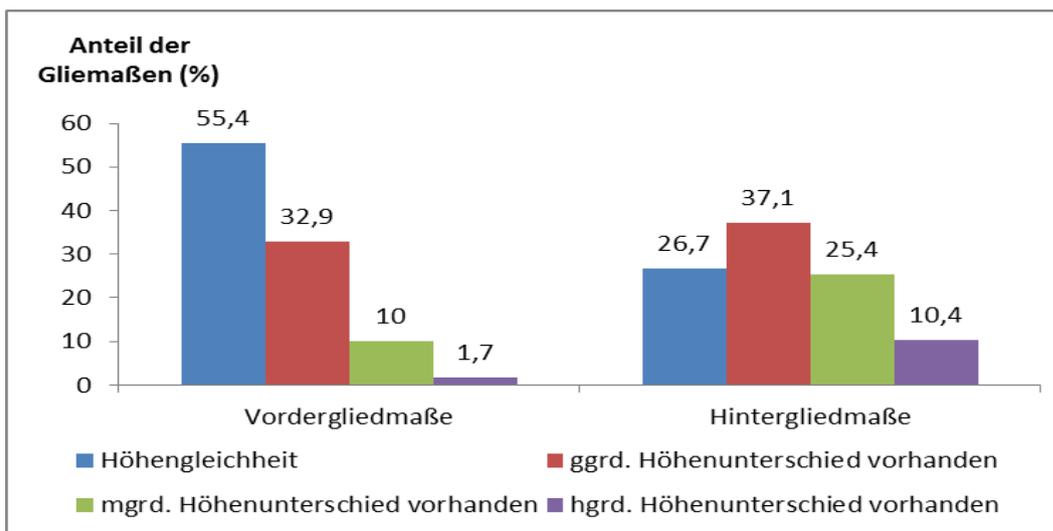
**Abbildung 20: Vorkommen von Zerfallshorn an den Klauen der 120 geschlachteten Kühe unterteilt nach Vordergliedmaßen (n = 240) und Hintergliedmaßen (n = 240) (p = 0,342)**



**Abbildung 21: Länge der Dorsalwand an den Klauen der 120 geschlachteten Kühe unterteilt nach Vordergliedmaßen (n = 240) und Hintergliedmaßen (n = 240) (p = 0,152)**



**Abbildung 22: Höhe der Tracht an den Klauen der 120 geschlachteten Kühe unterteilt nach Vordergliedmaßen (n = 240) und Hintergliedmaßen (n = 240)**



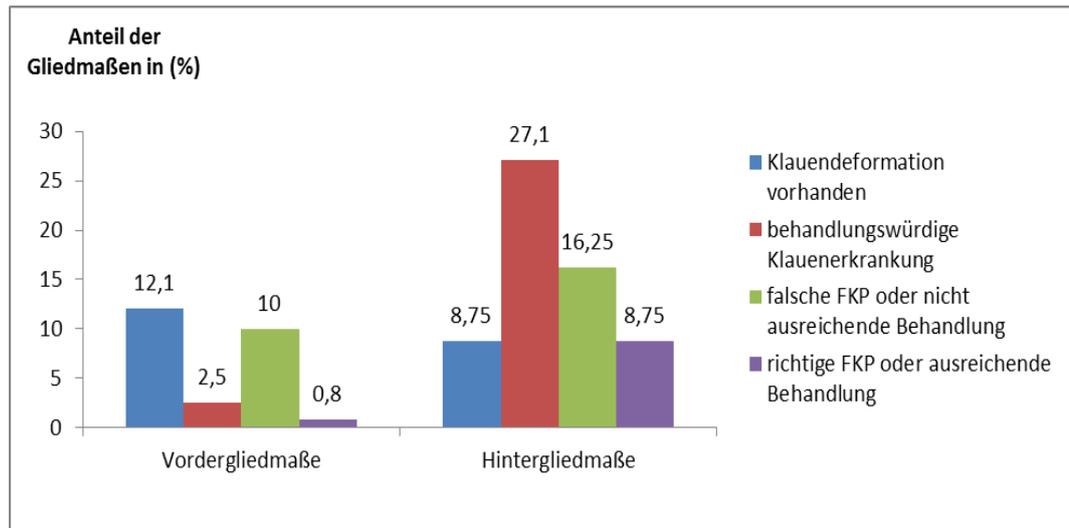
**Abbildung 23: Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares unterteilt nach Vordergliedmaßen (n = 240) und Hintergliedmaßen (n = 240) der 120 geschlachteten Kühe**

Die Hintergliedmaßen wiesen im Vergleich zu den Vordergliedmaßen den signifikant größeren Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares ( $p < 0,001$ ), signifikant häufiger zu niedrige Trachten ( $p < 0,001$ ) und die schwächer ausgebildete Hohlkehlung ( $p < 0,001$ ) auf. Außerdem stellte bei 67,8 % der 240 untersuchten Hintergliedmaßen die Außenklaue die höhere der beiden Klauen dar und bei 5,4 % war die Innenklaue die höhere der beiden Klauen ( $p = 0,001$ ). An den 240 untersuchten Vordergliedmaßen wurde in 28,3 % der Fälle die Außenklaue als die höhere Klaue identifiziert und in 17,5 % der Fälle die Innenklaue als die höhere Klaue ( $p = 0,005$ ).

**Abbildung 24** veranschaulicht die Ausprägung folgender Beurteilungskriterien unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen:

6. Vorhandensein einer Klauendeformation
7. Vorhandensein einer behandlungswürdigen Klauenerkrankung
8. Spuren einer kürzlich erfolgten Klauenbearbeitung

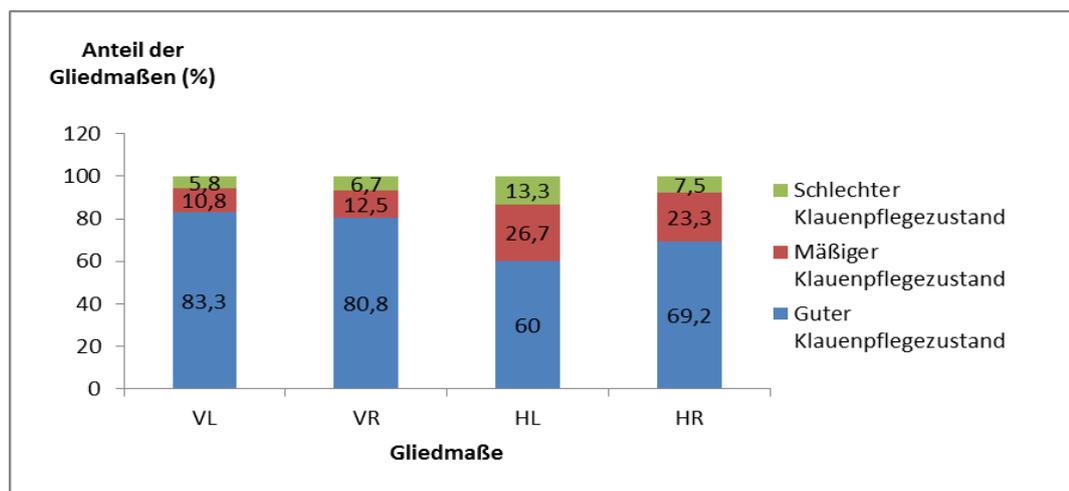
Die Hintergliedmaßen wiesen signifikant häufiger eine behandlungswürdige Klauenerkrankung und Spuren einer kürzlich erfolgten Klauenbearbeitung auf ( $p < 0,001$ ).



**Abbildung 24: Prozentualer Anteil der Vordergliedmaßen (n = 240) und Hintergliedmaßen (n = 240), die die angegebenen Kriterien erfüllten**

Eine fehlerhaft durchgeführte funktionelle Klauenpflege oder Fehler bei der Behandlung bestehender Klauenerkrankungen zeigten sich während der Untersuchung oft in einem zu starken Beschneiden des Ballens mit einhergehendem Höhenverlust, zu starkem Brechen des Tragrandes sowie unzureichendem Freilegen und Entlasten von Horndefekten und dem Anbringen von zu kurzen Klauenkothurnen.

Alle Gliedmaßen wurden unter Berücksichtigung der ermittelten Grenzwerte in drei Gruppen eingeteilt. **Abbildung 25** zeigt die Verteilung in die drei Gruppen unterteilt nach Gliedmaßen



**Abbildung 25: Anteil der untersuchten Gliedmaßen (VL/VR/HL/HR, je = n = 120) mit gutem, mäßigem und schlechtem Klauenpflegezustand**

Signifikante Unterschiede im Pflegezustand der Klauen konnten zwischen den Hintergliedmaßen und den Vordergliedmaßen festgestellt werden ( $p < 0,001$ ). So wurden 82,1 % der Vordergliedmaßen als gut bewertet, 11,7 % als mäßig und 6,3 % als schlecht. In der Gruppe der Hintergliedmaßen wurden 64,6 % als gut eingestuft. Der Pflegezustand von 25 % der Hintergliedmaßen wurde als mäßig eingeschätzt und von 10,4 % als schlecht bewertet.

### **2.3.2.2. Adspektorische Beurteilung des Klauenpflegezustandes auf Einzeltierebene**

Anhand der Beurteilung des Klauenpflegezustandes auf Gliedmaßenebene ergab sich folgende Gruppenbildung auf Einzeltierebene: Die Klauen aller vier Gliedmaßen von 45,8 % der untersuchten Tiere wiesen zum Zeitpunkt der Schlachtung einen guten Klauenpflegezustand auf. Die Klauen mindestens einer Gliedmaße von 34,2 % der Tiere zeigten zum Untersuchungszeitpunkt einen mäßigen Klauenpflegezustand. An den Klauen mindestens einer Gliedmaße von 20 % der geschlachteten Milchkühe wurde ein schlechter Klauenpflegezustand festgestellt. Zusammengefasst wiesen 54,2 % der untersuchten Milchkühe einen von der Norm abweichenden Klauenpflegezustand auf.

Weitere 20,8 % der geschlachteten Milchkühe litten an mindestens einer Gliedmaße an einer Klauendeformation. Eine offensichtlich behandlungswürdige Klauenerkrankung, an mindestens einer Gliedmaße zeigten 40,7 % der Tiere. Bei 20,8 % der geschlachteten Milchkühe wurde an mindestens einer Gliedmaße entweder falsche Funktionelle Klauenpflege durchgeführt oder die bestehende Klauenerkrankung wurde nicht ausreichend behandelt.

Der Pflegezustand der Klauen der 120 untersuchten Milchkühe war signifikant besser bei Tieren, die aus ökologischer Haltung stammten, die vor der Schlachtung in einem Laufstall gehalten wurden und die im Sommer die Möglichkeit zum Weidegang hatten. Des Weiteren war der Klauenpflegezustand von Tieren, die sich zum Zeitpunkt der Schlachtung in einer höheren als der zweiten Laktation befanden, signifikant schlechter als bei Milchkühen in der ersten oder zweiten Laktation. Tiere, bei denen eine Läsion der Wand oder chronische Klauenrehe gefunden wurde, wiesen ebenfalls den

signifikant schlechteren Klauenpflegezustand auf (**Tabelle 16**).

**Tabelle 16** zeigt die Verteilung der untersuchten Kühe in Abhängigkeit von ihrem Klauenpflegezustand auf die Merkmale bei denen ein signifikanter Unterschied im Pflegezustand der Klauen festgestellt wurde.

**Tabelle 16: Anteil der geschlachteten Kühe (%), unterteilt nach Klauenpflegezustand, in Abhängigkeit der Merkmale bei denen signifikante Unterschiede im Pflegezustand der Klauen gefunden wurden**

Merkmal		Klauenpflegezustand			p-Wert
		Gut	Mäßig	Schlecht	
Produktionsrichtung (n = 120)	ökologisch	55,3	44,7	0,0	0,001
	konventionell	41,5	29,3	29,3	
Weidehaltung (n = 119)	ja	59,5	35,7	4,8	0,006
	nein	39	32,5	28,6	
Haltung (n = 119)	Laufstall	54	34,5	11,5	0,001
	Anbindestall	25	31,3	43,8	
Laktation (n = 114)	1. oder 2.	66,7	27,8	5,6	0,006
	> der 2.	37,2	38,5	24,4	
Vorkommen einer Wandläsion (n = 120)	ja	24,1	55,2	20,7	0,012
	nein	52,7	27,5	19,8	
Vorkommen chronischer Klauenreheveränderungen (n = 120)	keine	75,0	19,7	8,3	0,001
	ggrd.	55,2	37,3	7,5	
	mgrd.	27,3	39,4	33,3	
	hgrd.	0,0	12,5	87,5	

Diese sechs Merkmale, die in der univariablen Analyse signifikante Zusammenhänge zum Klauenpflegezustand zeigten, wurden anschließend einer multivariablen Analyse unterzogen. Dabei wurden Kühe mit gutem Klauenpflegezustand mit Kühen mit mäßigem oder schlechtem Pflegezustand der Klauen verglichen. In **Tabelle 17** werden die Merkmale beschrieben, die in der multivariablen Analyse mit einem signifikant erhöhten Risiko für die Milchkuh verbunden waren, zum Zeitpunkt der Schlachtung einen mäßigen oder schlechten Klauenpflegezustand aufzuweisen.

**Tabelle 17: Merkmale, die in der multivariablen Analyse signifikante Zusammenhänge zum Klauenpflegezustand (gut vs. mäßig/schlecht) zeigten ( $\beta$  = Regressionskoeffizient B, 95 % KI = 95 % Konfidenzintervall für OR)**

Merkmals	Referenzgruppe	$\beta$	Wald	df	p	OR (95 % KI)
Weidehaltung: nein	ja	0,89	4,05	1	0,044	2,44 (1,02 – 5,84)
Haltung: Anbindehaltung	Laufstallhaltung	1,26	6,35	1	0,012	3,52 (1,32 – 9,36)
Laktation >2.	$\leq 2.$	0,93	4,06	1	0,044	2,54 (1,03 – 6,28)
Wandläsion vorhanden	nicht vorhanden	1,25	5,44	1	0,02	3,50 (1,22 – 10,03)
Konstante		-1,66	10,91	1	0,001	0,19

### 2.3.2.3. Objektivierung der adspektorischen Beurteilung des Klauenpflegezustandes

Mit Hilfe der ordinalen Regression wurden Zusammenhänge zwischen den Mittelwerten der Veränderung der Messwerte durch die Klauenpflege, dem errechneten Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares (NETTODIFFBH), dem Verhältnis von Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe an Innenklaue und Außenklaue (DWL:BHIK und DWL:BHAK) vor der funktionellen Klauenpflege zu den acht Kriterien zur Beschreibung des Klauenpflegezustandes gesucht.

In **Tabelle 18** werden alle signifikanten Zusammenhänge zwischen den Messparametern und den acht Kriterien zur Beurteilung des Klauenpflegezustandes getrennt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen dargestellt.

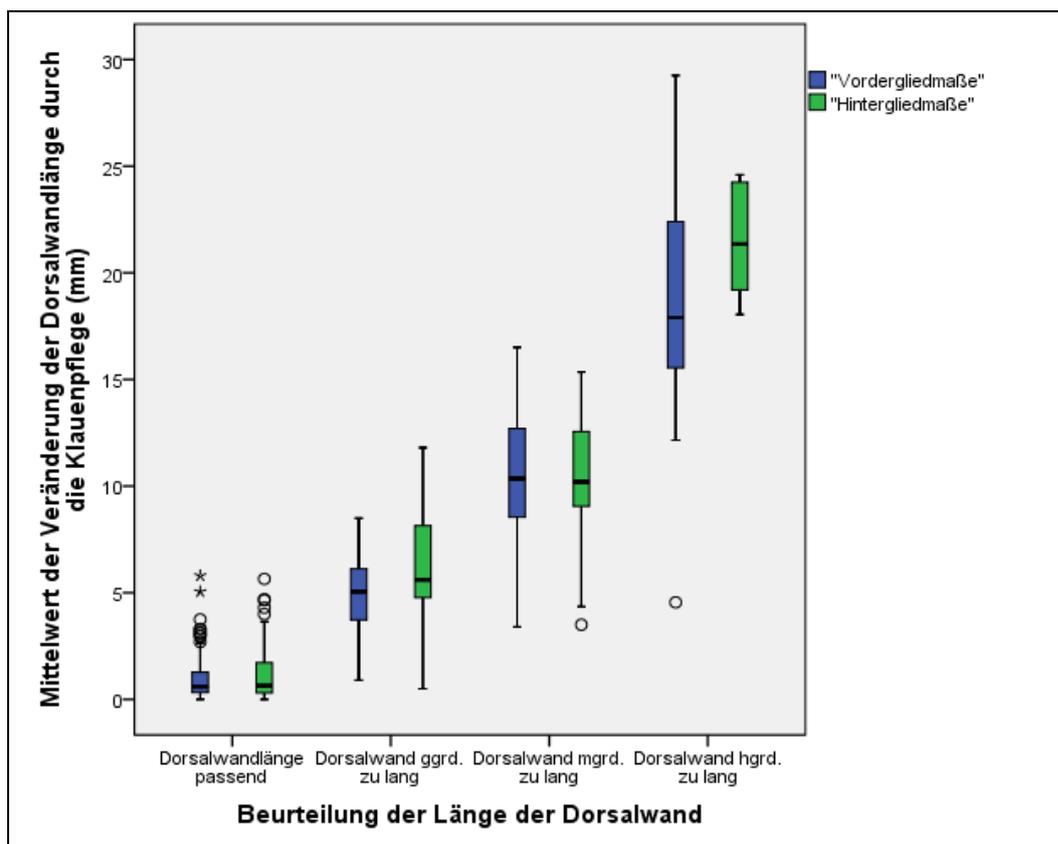
**Tabelle 18: Darstellung der signifikanten Zusammenhänge in der ordinalen Regression zwischen den Messparametern und den Kriterien zur Beurteilung des Klauenpflegezustandes an der Vordergliedmaße und Hintergliedmaße**

Kriterien zur Klauenpflegebeurteilung	Gliedmaße	Messparameter	p-Wert	Nagelkerkes Bestimmtheitsmaß
1. Ausprägung der Hohlkehlung	Vgldm.	BH	0,001	0,062
	Hgldm.	KB DWL:BHAK	0,001 0,001	0,153
2. Menge des Zerfallshorns	Vgldm.	DWL BH DWL:BHIK	0,001 0,017 0,007	0,267
	Hgldm.	KL NETTODIFFBH DWL:BHIK KB	0,001 0,001 0,001 0,010	0,354
3. Länge der Dorsalwand	Vgldm.	<b>DWL</b> KL	<b>0,001</b> 0,020	<b>0,860</b>
	Hgldm.	<b>DWL</b>	<b>0,001</b>	<b>0,809</b>
4. Höhe der Tracht	Vgldm.	BH BL	0,002 0,010	0,295
	Hgldm.	DWL:BHIK NEOTTODIFFBH	0,001 0,001	0,311
5. Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue	Vgldm.	KL <b>NETTODIFFBH</b> BL DWL:BHIK	0,004 <b>0,001</b> 0,002 0,044	<b>0,502</b>
	Hgldm.	<b>NETTODIFFBH</b>	<b>0,001</b>	<b>0,591</b>
6. Klauendeformation	Vgldm.	<b>KL</b> BL	<b>0,001</b> 0,001	<b>0,541</b>
	Hgldm.	<b>KL</b> NETTODIFFBH	<b>0,001</b> 0,002	<b>0,610</b>
7. Vorkommen behandlungswürdiger Klauenerkrankungen	Vgldm.	-	-	-
	Hgldm.	-	-	-
8. Spuren von FKP	Vgldm.	BH	0,018	0,077
	Hgldm.	DWL:BHAK	0,017	0,038

Folgende Messparameter gingen in die ordinale Regression ein: die Mittelwerte der Veränderungen der Messwerte durch die Klauenpflege, das Verhältnis zwischen Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe an Außenklaue und Innenklaue (DWL:BHIK und DWL:BHAK) und der errechnete Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares (NETTODIFFBH). Nagelkerkes Bestimmtheitsmaß gibt die Stärke des Zusammenhangs an. Das Fehlen signifikanter Zusammenhänge wurde mit „-“, gekennzeichnet. Messwerte die sowohl an den Vordergliedmaßen als auch an den Hintergliedmaßen signifikante Zusammenhänge ausreichender Stärke (Nagelkerkes Bestimmtheitsmaß > 0,4) zu den acht Kriterien der Klauenpflegebeurteilung zeigten wurden fett hervorgehoben.

### 2.3.2.3.1. Länge der Dorsalwand

Einheitlich für die Vordergliedmaße und Hintergliedmaße lässt sich der dritte Punkt des Bewertungsbogen zur Einschätzung des Klauenpflegezustandes: „Beurteilung der Länge der Dorsalwand“ über den Mittelwert der Veränderung der Dorsalwandlänge durch die Klauenpflege objektiv beschreiben. Nahm die Länge der Dorsalwand durch die standardisierte Klauenpflege stark ab, so wurde diese auch im Vorfeld der Klauenpflege als deutlich zu lang eingeschätzt ( $p < 0,001$ ) siehe dazu **Abbildung 26**.



**Abbildung 26: Mittelwerte (mm) der Veränderung der Dorsalwandlänge durch die Klauenpflege in Bezug zur subjektiven Beurteilung der Länge der Dorsalwand im Vorfeld der Klauenpflege, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen**

In **Tabelle 19** sind die Medianwerte der Mittelwerte der Veränderung der Dorsalwandlänge durch die Klauenpflege, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen, für die vier Gruppen der Beurteilung der Länge der Dorsalwand, gemäß des Bewertungsbogens zur Bestimmung des Klauenpflegezustandes, dargestellt.

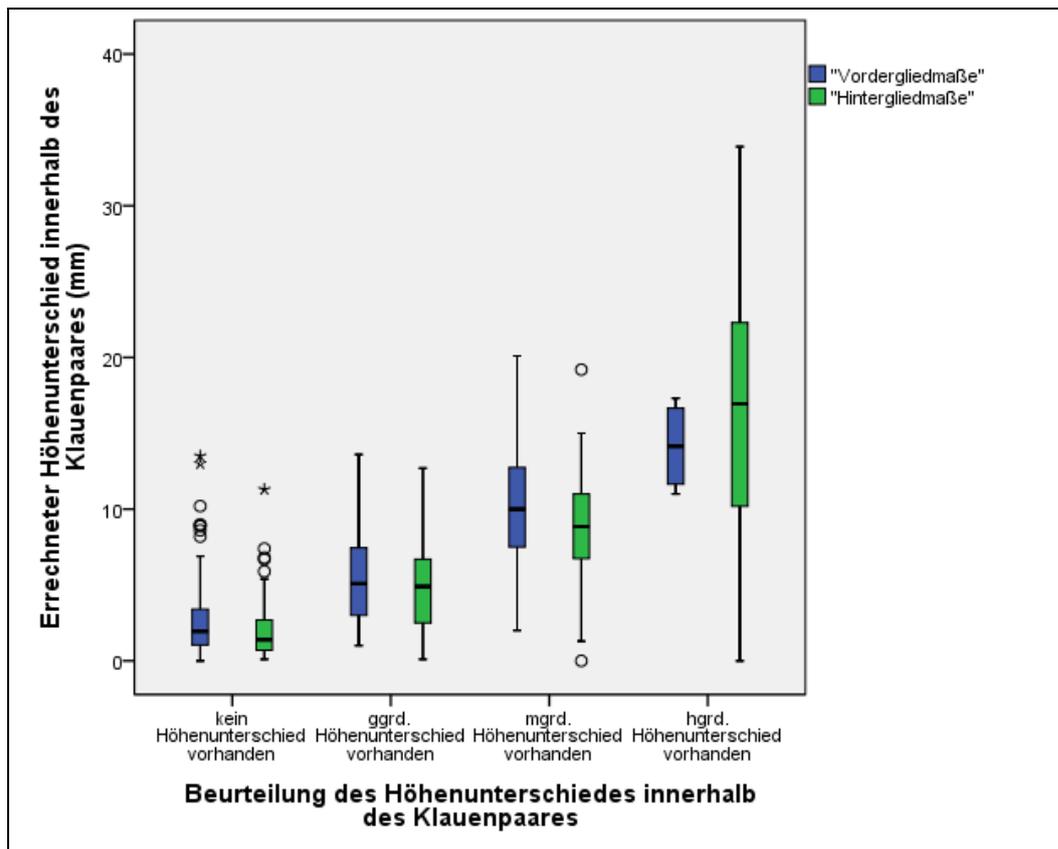
**Tabelle 19. Medianwerte sowie unteres und oberes Quartil (Q1/Q3) der Mittelwerte der Veränderung der Dorsalwandlänge durch die Klauenpflege unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaße und der im Vorfeld der Klauenpflege eingeschätzten Länge der Dorsalwand, (Angaben in mm)**

Gliedermaße	Beurteilung der Länge der Dorsalwand			
	Dorsalwandlänge passend	geringgradig zu lang	mittelgradig zu lang	hochgradig zu lang
Vgldm.	0,6 (0,3/1,3)	5,1 (3,6/6,2)	10,4 (8,3/12,7)	17,9 (14,6/22,6)
Hgldm.	0,7 (6,3/1,8)	5,6 (4,8/8,2)	10,2 (8,9/12,7)	21,4 (18,9/24,3)

Im paarweisen Vergleich der vier Beurteilungsgruppen, mit angewandter Bonferroni-Korrektur, unterschied sich der Mittelwert der Veränderung der Dorsalwandlänge durch die Klauenpflege sowohl an den Vordergliedmaßen als auch an den Hintergliedmaßen signifikant zwischen allen Beurteilungsgruppen der Länge der Dorsalwand ( $p < 0,001$ ).

#### **2.3.2.3.2. Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares**

Der fünfte Beurteilungspunkt des Bewertungsbogens zur Einschätzung des Klauenpflegezustandes: „Beurteilung des Höhenunterschiedes zwischen Innenklaue und Außenklaue“ ist an den Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen durch den errechneten Höhenunterschied in Millimetern zwischen Innen- und Außenklaue objektivierbar ( $p < 0,001$ ). Wie in **Abbildung 27** zu erkennen ist der errechnete Höhenunterschied (mm) umso größer, je stärker dieser im Vorfeld der Klauenpflege eingeschätzt wurde.



**Abbildung 27: Errechneten Höhenunterschiedes zwischen Innenklaue und Außenklaue (mm) in Bezug zur Beurteilung des Höhenunterschiedes zwischen Innenklaue und Außenklaue im Vorfeld der Klauenpflege, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen**

In **Tabelle 20** sind die Medianwerte (mm) des errechneten Höhenunterschiedes zwischen Innenklaue und Außenklaue, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen für die vier Gruppen der Beurteilung des Höhenunterschiedes innerhalb des Klauenpaares dargestellt.

**Tabelle 20: Medianwerte sowie unteres und oberes Quartil (Q1/Q3) des errechneten Höhenunterschiedes zwischen Innenklauen und Außenklauen unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen und des im Vorfeld der Klauenpflege eingeschätzten Höhenunterschiedes innerhalb des Klauenpaares, (Angaben in mm)**

Gliedermaße	Beurteilung des Höhenunterschiedes zwischen Innenklaue und Außenklaue			
	kein Höhenunterschied	geringgradiger Höhenunterschied	mittelgradiger Höhenunterschied	hochgradiger Höhenunterschied
Vgldm.	2,0 (1,0/3,4)	5,1 (3,0/7,5)	10,0 (7,1/12,8)	14,2 (11,3/17,0)
Hgldm.	1,4 (0,7/2,8)	4,9 (2,5/6,8)	8,9 (6,7/11,0)	17,0 (10,1/22,5)

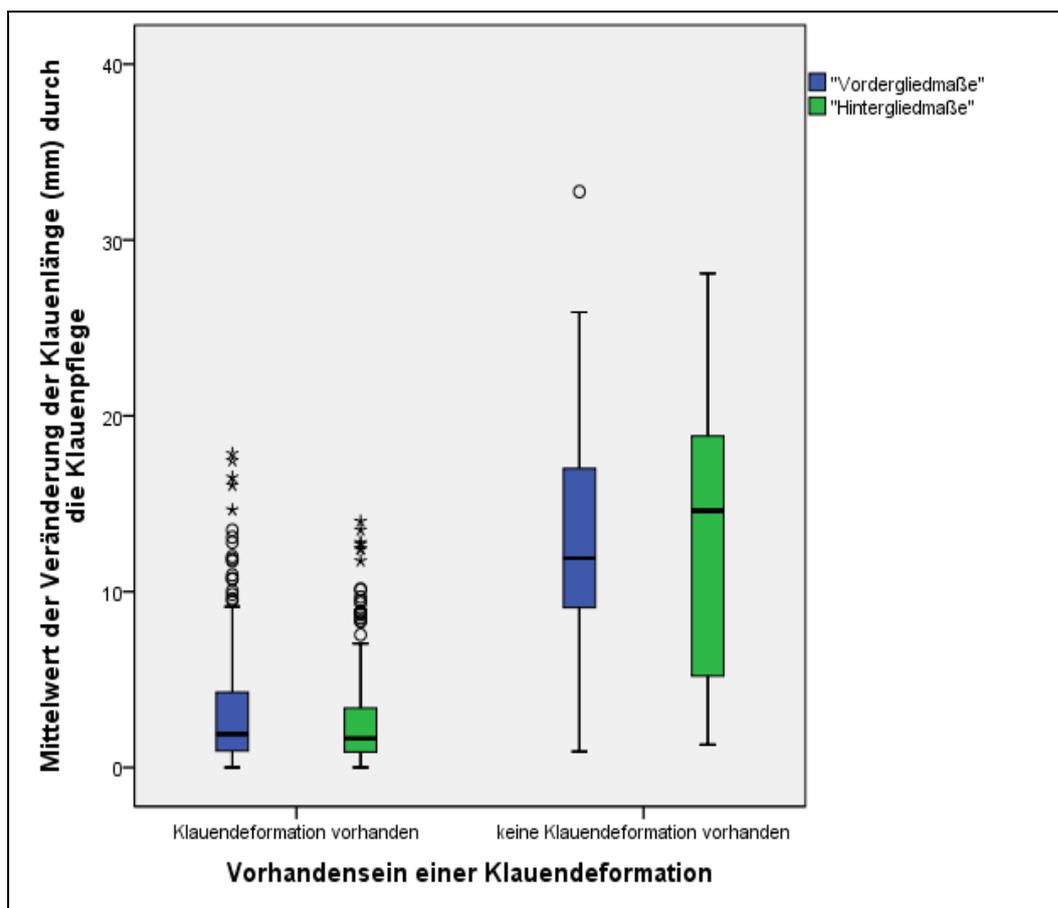
Der paarweise Vergleich der vier Beurteilungsgruppen zur Einschätzung des Höhenunterschiedes innerhalb des Klauenpaares ergab die in **Tabelle 21** dargestellten Signifikanzwerte. Der errechnete Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue in Millimetern unterschied sich sowohl an der Vordergliedmaße als auch an der Hintergliedmaße, bis auf eine Ausnahme, signifikant zwischen allen Beurteilungsgruppen zur Einschätzung des Höhenunterschiedes innerhalb des Klauenpaares. Der errechnete Höhenunterschied zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen der Beurteilungsgruppe „mittelgradiger Höhenunterschied vorhanden“ und „hochgradiger Höhenunterschied vorhanden“ an der Vordergliedmaße.

**Tabelle 21: Signifikanzwerte der paarweisen Vergleiche der vier Beurteilungsgruppen zur Einschätzung des Höhenunterschiedes innerhalb des Klauenpaares in Abhängigkeit zum errechneten Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue in Millimetern, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen (signifikante Werte fett hervorgehoben)**

Vergleich der Beurteilungsgruppen	Vordergliedmaße p-Wert	Hintergliedmaße p-Wert
kein Höhenunterschied vorhanden und geringgradiger Höhenunterschied vorhanden	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
kein Höhenunterschied vorhanden und mittelgradiger Höhenunterschied vorhanden	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
kein Höhenunterschied vorhanden und hochgradiger Höhenunterschied vorhanden	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
geringgradiger Höhenunterschied vorhanden und mittelgradiger Höhenunterschied vorhanden	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
geringgradiger Höhenunterschied vorhanden und hochgradiger Höhenunterschied vorhanden	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
mittelgradiger Höhenunterschied vorhanden und hochgradiger Höhenunterschied vorhanden	0,105	<b>0,001</b>

### 2.3.2.3.3. Vorhandensein einer Klauendeformation

Signifikante Zusammenhänge an den Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen bestehen zwischen dem Mittelwert der Veränderung der Klauenlänge durch die Klauenpflege zum sechsten Beurteilungskriterium des Bewertungsbogens zur Einschätzung des Klauenpflegezustandes: „Vorhandensein einer Klauendeformation“ ( $p < 0,001$ ). Wie in **Abbildung 28** ersichtlich wird, ist die Abnahme der Klauenlänge durch die Klauenpflege an Klauen, welche eine Klauendeformation zeigen, größer als an Klauen ohne dieses Merkmal.



**Abbildung 28: Mittelwerte (mm) der Veränderung der Klauenlänge durch die Klauenpflege in Bezug zur Beurteilung des Vorhandenseins einer Klauendeformation, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen**

In **Tabelle 22** sind die Medianwerte (mm) der Mittelwerte der Veränderung der Klauenlänge durch die Klauenpflege, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen für Klauen mit einer Klauendeformation und ohne Klauendeformation dargestellt.

**Tabelle 22: Medianwerte sowie unteres und oberes Quartil (Q1/Q3) der Mittelwerte der Veränderung der Klauenlänge durch die Klauenpflege, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen und dem Vorhandensein einer Klauendeformation, (Angaben in mm)**

Messparameter	Gliedmaße	Klauendeformation	
		nicht vorhanden	vorhanden
Klauenlänge	Vgldm.	1,9 (1,0/4,5)	11,9 (8,1/17,6)
	Hgldm.	1,7 (0,9/3,4)	14,6 (5,2/19,1)

### 2.3.3. Klauenerkrankungen

Nur drei der 120 untersuchten Tiere waren, soweit durch den Untersucher feststellbar, makroskopisch frei von Erkrankungen der Klauen.

#### 2.3.3.1. Klauenrehe

Bei der Beurteilung der Klauenrehe wurde unterschieden in Anzeichen chronischer Klauenrehe und Anzeichen subklinischer Klauenrehe. Anzeichen für akute Klauenrehe konnten nicht erfasst werden, da die zur Schlachtung angemeldeten Kühe keiner klinischen Untersuchung oder Lahmheitsuntersuchung unterzogen wurden.

##### 2.3.3.1.1. Klauenreheassoziierte Sohlenhorneinblutungen

###### 1. Klauenreheassoziierte Sohlenhorneinblutungen auf Gliedmaßenebene und Einzelklauenebene

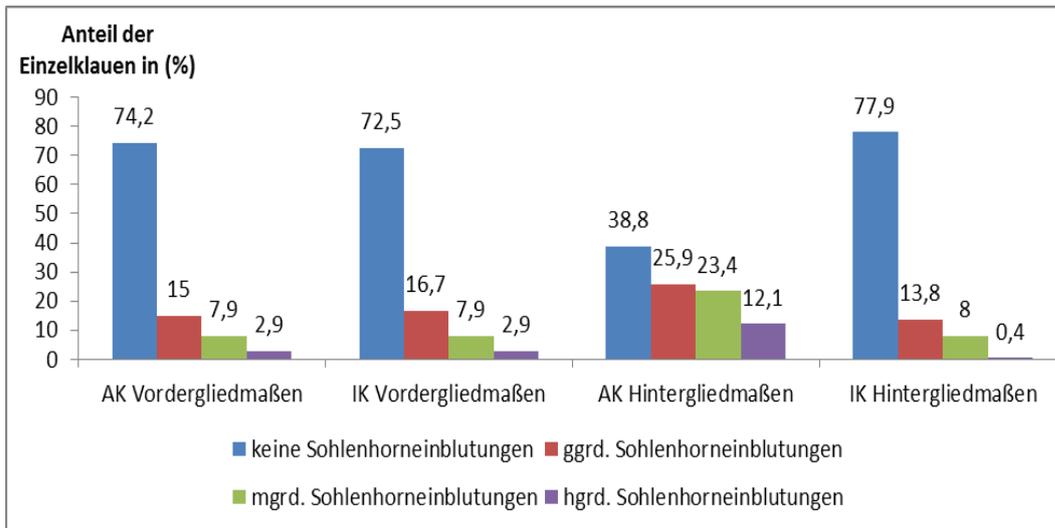
Die Vordergliedmaßen zeigten im Vergleich zu den Hintergliedmaßen signifikant weniger stark ausgeprägte Sohlenhorneinblutungen ( $p < 0,001$ ) (Tabelle 23).

**Tabelle 23: Vergleich der Stärke der Ausprägung von Sohlenhorneinblutungen zwischen den untersuchten Vordergliedmaßen (n = 240) und Hintergliedmaßen (n = 240)**

Gliedmaße	Stärke der Sohlenhorneinblutungen			
	Keine	geringgradige	Mittelgradige	hochgradige
Vgldm.	63,3 %	19,6 %	12,1 %	5,0 %
Hgldm.	33,8 %	27,1 %	26,7 %	12,5 %

**Abbildung 29** zeigt das Vorkommen und die Verteilung von Sohlenhorneinblutungen, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen, der 120 untersuchten Tiere auf Einzelklauenebene.

Die Außenklauen der Hintergliedmaßen waren signifikant stärker von Sohlenhorneinblutungen betroffen als die Innenklauen der Hintergliedmaßen ( $p < 0,001$ ).



**Abbildung 29: Anteil der Innenklauen und Außenklauen an den Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen, die keine, geringgradige, mittelgradige oder hochgradige Sohlenhorneinblutungen aufwiesen (n = 240 je Außenklaue und Innenklaue der Vordergliedmaße und Hintergliedmaße)**

## 2. Klauenreheassozierte Sohlenhorneinblutungen auf Einzeltierebene

Frei von Sohlenhorneinblutungen waren 15,8 % der Tiere. Bei 21,7 % der Milchkühe wurden nur geringgradige Sohlenhorneinblutungen festgestellt, bei weiteren 35,8 % mittelgradige und bei 26,7 % der geschlachteten Milchkühe hochgradige Sohlenhorneinblutungen an mindestens einer Einzelklaue.

Signifikante Unterschiede im Vorkommen von Sohlenhorneinblutungen wurden ermittelt. So hatten Tiere der Rasse Deutsches Fleckvieh signifikant stärkere Sohlenhorneinblutungen als Tiere der Rasse Braunvieh. Genauso wiesen Milchkühe, die unter anderem aufgrund von Klauen- oder Gliedmaßenerkrankungen den Betrieb verließen, stärkere Sohlenhorneinblutungen auf als Tiere ohne diesen Ausscheidungsgrund. Milchkühe mit einem Rusterholzschen Sohlengeschwür oder einem Klauensohlengeschwür in atypischer Lage wiesen signifikant stärkere Sohlenhorneinblutungen auf als Tiere, die diese Erkrankungen nicht zeigten (**Tabelle 24**).

**Tabelle 24: Anteil der geschlachteten Kühe (%) unterteilt in Tiere mit keinen, geringgradigen, mittelgradigen oder hochgradigen Sohlenhorneinblutungen in Abhängigkeit der Merkmale, bei denen signifikante Unterschiede zwischen diesen Gruppen gefunden wurden**

Merkmal		Sohlenhorneinblutungen				p-Wert
		keine	ggrd.	mgrd.	hgrd.	
Rasse (n = 120)	Braunvieh	28,9	26,3	18,4	26,3	0,011
	DFV	8,8	17,5	45,6	28,1	
Abgangsursache Klauen/Gliedm. (n = 114)	Ja	0,0	13,6	27,3	59,1	0,001
	nein	19,6	25	38	17,4	
RSG vorhanden (n = 120)	Ja	0,0	9,5	33,3	57,1	0,002
	Nein	19,2	25	36,4	20,2	
KSG vorhanden (n = 120)	Ja	17,0	21,4	38,4	23,2	0,007
	Nein	0,0	25,0	0,0	75,0	

Ebenfalls unterschieden sich die Schlachtkörpergewichte zwischen Kühen mit keinen (Median = 290 kg), geringgradigen (Median = 299,5 kg), mittelgradigen (Median = 319,5 kg; Q1 = 289,2 kg; Q3 = 357,5kg) und hochgradigen (Median = 262,8 kg; Q1 = 247,8 kg; Q3 = 335,0 kg) Sohlenhorneinblutungen signifikant ( $p = 0,003$ ). Im anschließenden paarweisen Vergleich, mit angewandter Bonferroni-Korrektur, waren nur die Schlachtkörpergewichte zwischen den Tiergruppen mit mittelgradigen und hochgradigen Sohlenhorneinblutungen signifikant verschieden ( $p < 0,001$ ).

Die Merkmale, die in der univariablen Analyse signifikante Zusammenhänge zur Stärke des Vorhandenseins von Sohlenhorneinblutungen zeigten, wurden anschließend einer multivariablen Analyse unterzogen. Dabei wurden Kühe mit keinen oder geringgradigen Sohlenhorneinblutungen mit Kühen die mittelgradige oder hochgradige Sohlenhorneinblutungen zeigten verglichen. Das Risiko für die Milchkuh zum Zeitpunkt der Schlachtung an mittelgradigen und hochgradigen Sohlenhorneinblutungen zu leiden, war bei Kühen der Rasse Deutsches Fleckvieh im Vergleich zu Kühen der Rasse Braunvieh signifikant erhöht. Kühe mit einem Rusterholzschon Sohlengeschwür und Tiere, die aufgrund von Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen gemerzt wurden, zeigten ein signifikant erhöhtes Risiko zum Zeitpunkt der Schlachtung mittelgradige oder hochgradige Sohlenhorneinblutungen aufzuweisen (**Tabelle 25**).

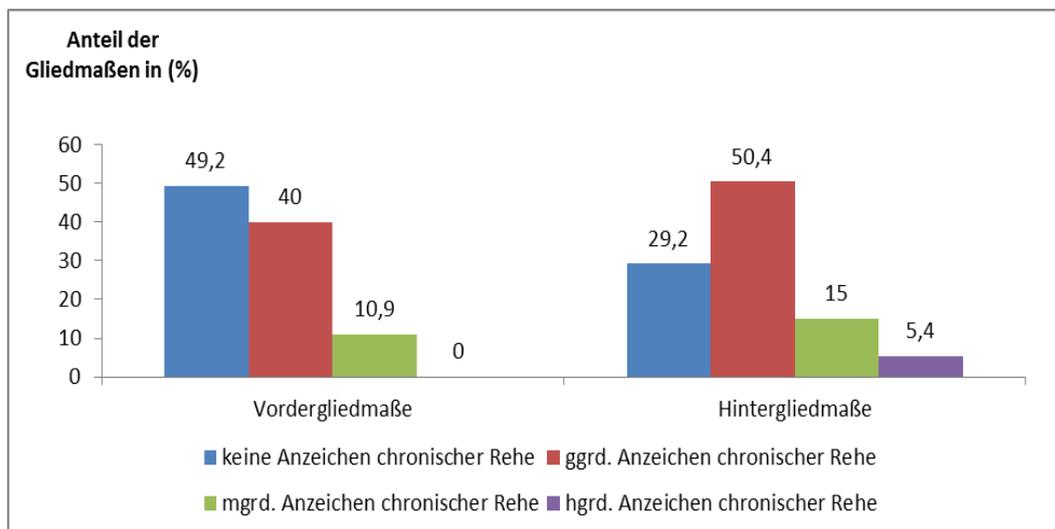
**Tabelle 25: Merkmale, die in der multivariablen Analyse signifikante Zusammenhänge zum Vorhandensein von Sohlenhorneinblutungen (keine oder ggrd. vs. mgrd. oder hgrd.) zeigten ( $\beta$  = Regressionskoeffizient B, 95 % KI = 95 % Konfidenzintervall für OR)**

Merkmal	Referenzgruppe	$\beta$	Wald	df	p	OR (95 % KI)
Rasse DFV	BV	1,78	10,55	1	0,001	6,03 (2,04 – 17,81)
RSG vorhanden	nicht vorhanden	2,97	6,68	1	0,01	19,39 (2,05 – 183,63)
Abgangsursache Klauen/Gliedm.	andere Abgangsursache	1,68	4,79	1	0,029	5,39 (1,19 – 24,33)
Konstante		-1,17	6,17	1	0,013	0,31

### 2.3.3.1.2. Chronische Klauenreheveränderungen

#### 1. Chronische Klauenrehe auf Gliedmaßen- und Einzelklauenebene

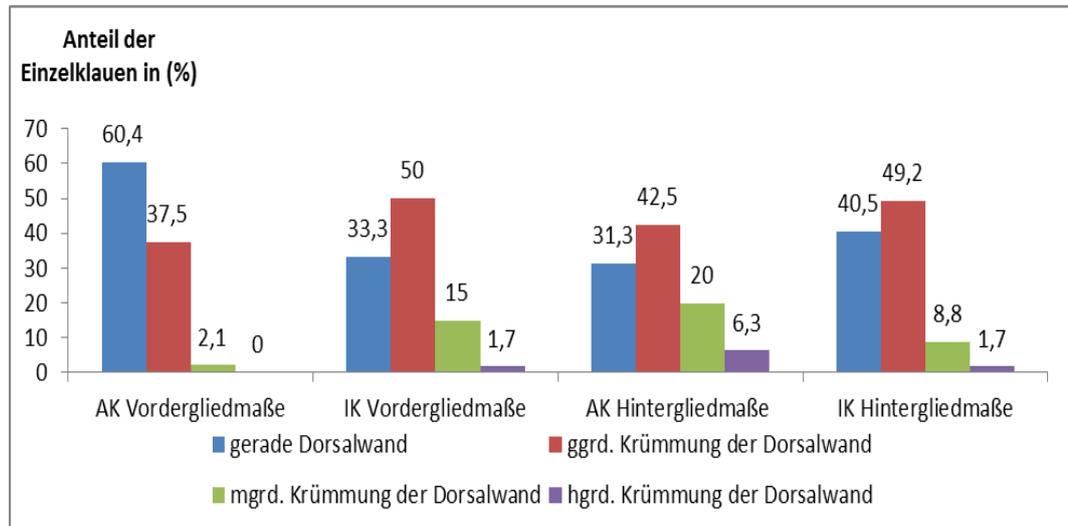
**Abbildung 30** zeigt die Verteilung in die vier verschiedenen Gruppen der chronischen Klauenreheveränderungen, unterschieden nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen. Die Hintergliedmaßen wiesen signifikant stärkere chronische Klauenreheveränderungen auf als die Vordergliedmaßen ( $p < 0,001$ ).



**Abbildung 30: Anteil der Vordergliedmaßen (n = 240) und Hintergliedmaßen (n = 240) (%) ohne und mit Anzeichen chronischer Klauenrehe**

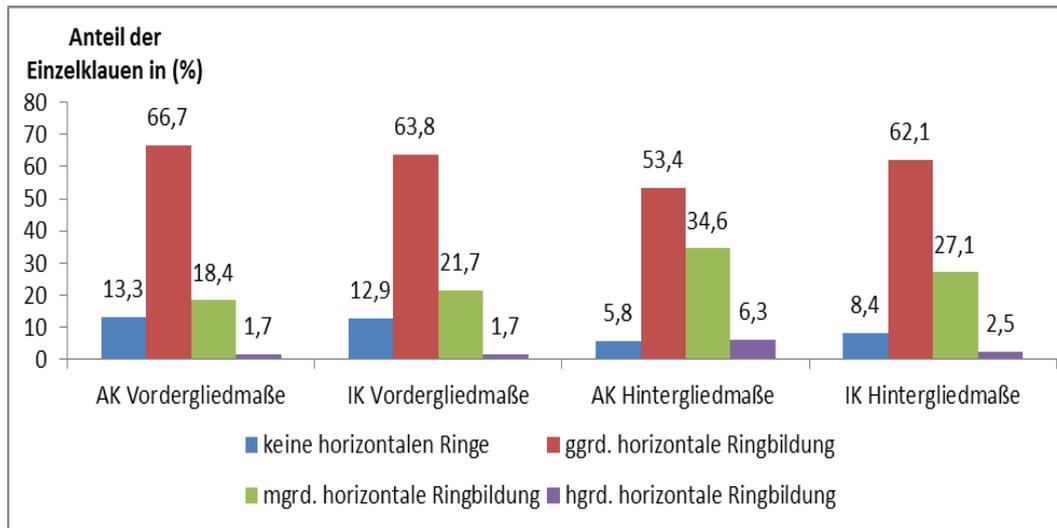
In **Abbildung 31** bis **Abbildung 33** ist die Ausprägung der drei Einzelparameter, zur Beurteilung der chronischen Klauenreheveränderungen,

untergliedert nach Schweregraden, auf Einzelklauenebene dargestellt. Dabei wurde zwischen Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen unterschieden.

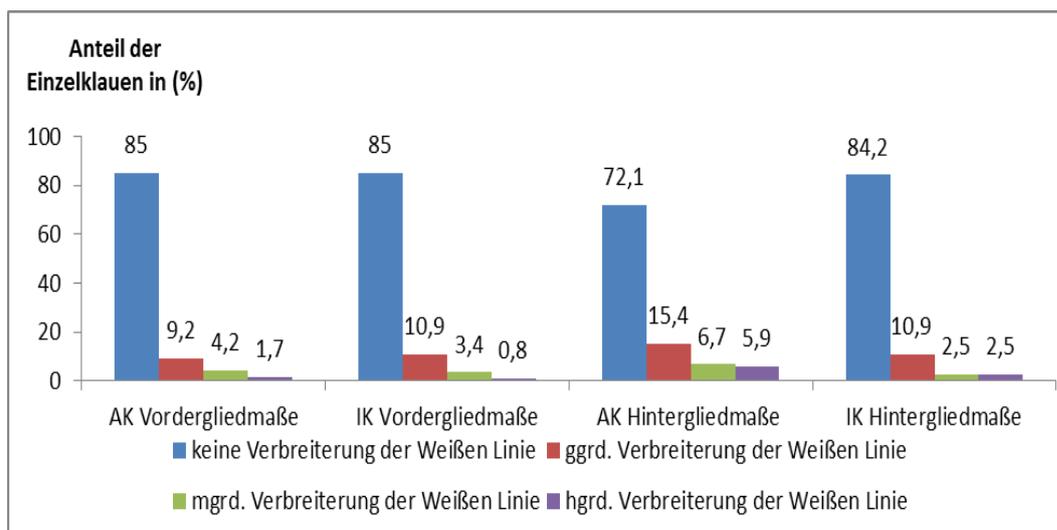


**Abbildung 31: Anteil der Innenklauen und Außenklauen in (%), unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen, die keine, eine geringgradige, mittelgradige oder hochgradige Krümmung der Dorsalwand aufwiesen (n = 240 je Außenklaue und Innenklaue der Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen)**

In vorliegender Untersuchung wurde zwischen konvexer und konkaver Krümmung unterschieden. An der Vordergliedmaße zeigten 11 % der Außenklauen und 5 % der Innenklauen eine konvexe Krümmung. An der Hintergliedmaße zeigten 10 % der Außenklauen und 43,3 % der Innenklauen eine konvexe Krümmung.



**Abbildung 32: Anteil der Innenklauen und Außenklauen (%), unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen, die keine, eine geringgradige, mittelgradige oder hochgradige horizontale Ringbildung aufwiesen (n = 240 je Außenklaue und Innenklaue der Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen)**



**Abbildung 33: Anteil der Innenklauen und Außenklauen (%), unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen, die keine, eine geringgradige, mittelgradige oder hochgradige Verbreiterung der Weißen Linie aufwiesen (n = 240 je Außenklaue und Innenklaue der Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen)**

**Tabelle 26** zeigt die Signifikanzwerte der Unterschiede zwischen den Innenklauen und den Außenklauen der Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen der drei Kriterien zur Einschätzung der chronischen Klauenreheveränderungen.

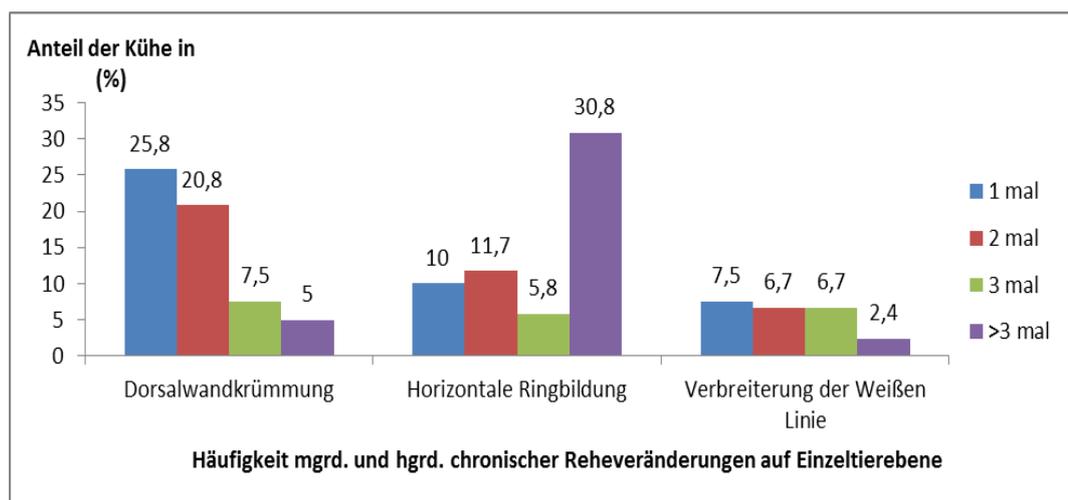
**Tabelle 26: Übersicht der Unterschiede zwischen Innenklauen und Außenklauen bezüglich der drei Kriterien zur Bewertung der chronischen Klauenreheveränderungen unterteilt nach Vordergliedmaße und Hintergliedmaße (signifikante Unterschiede wurden fett hervorgehoben)**

Kriterium zur Einschätzung der chronischen Klauenreheveränderungen	Vordergliedmaße p-Wert	Hintergliedmaße p-Wert
Krümmung der Dorsalwand	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
horizontale Ringbildung	0,840	<b>0,034</b>
Verbreiterung der Weißen Linie	0,710	<b>0,008</b>

## 2. Chronische Klauenreheveränderungen auf Einzeltierebene

Auf Einzeltierebene ergab sich folgende Einteilung. Bei 10 % der Milchkühe wurden zum Zeitpunkt der Schlachtung an keiner der vier Gliedmaßen Merkmale chronischer Klauenrehe festgestellt. Die Klauen mindestens einer Gliedmaße zeigten bei 55,8 % der untersuchten Tiere geringgradige, bei 27,5 % mittelgradige und bei 6,7 % der geschlachteten Milchkühe hochgradige chronische Klauenreheveränderungen.

**Abbildung 34** gibt eine Übersicht über die Häufigkeit des Auftretens mittelgradiger und hochgradiger chronischer Klauenreheveränderungen der untersuchten Tiere.



**Abbildung 34: Häufigkeit mittelgradiger und hochgradiger chronischer Klauenreheveränderungen auf Einzeltierebene (n = 120)**

Es bestanden signifikante Unterschiede zwischen Milchkühen mit keiner oder geringgradiger chronischer Klauenrehe und Tieren mit mittelgradiger oder hochgradiger chronischer Klauenrehe bei folgenden Merkmalen. Stärkere Zeichen chronischer Klauenrehe wurden bei Tieren der Rasse Braunvieh, bei Tieren ohne Weidegang sowie bei Tieren, die sich zum Zeitpunkt der Schlachtung in einer höheren als der zweiten Laktation befanden, festgestellt. Ebenso zeigte der Teil der geschlachteten Kühe mit einem Rusterholzschon Sohlengeschwür, einem Klauensohlengeschwür in atypischer Lage oder mit Ballenhornfäule stärkere chronische Klauenreheveränderungen, als Milchkühe ohne diese Veränderungen der Klauen. Tiere, bei denen der Landwirt als eine der Abgangsursachen Erkrankungen von Klauen oder Gliedmaßen nannte, waren stärker von chronischer Klauenrehe betroffen als Kühe mit anderen Remontierungsgründen (**Tabelle 27**).

**Tabelle 27: Anteil der geschlachteten Kühe (%), unterteilt in Tiere mit keiner oder ggrd. chronischer Klauenrehe und Tiere mit mgrd. oder hgrd. chronischer Klauenrehe in Abhängigkeit der Merkmale bei denen in der univariablen Analyse signifikante Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen gefunden wurden**

Merkmal		chronische Klauenreheveränderungen		p-Wert
		keine/ggrd.	mgrd./hgrd.	
Rasse (n = 120)	BV	42,1	57,9	0,001
	DFV	75,4	24,6	
	HF	83,3	16,7	
<hr/>				
Weidehaltung (n = 119)	Ja	83,3	16,7	0,004
	Nein	57,1	42,9	
<hr/>				
Abgangsursache: Klaue/Gliedm. (n = 114)	Ja	40,1	59,1	0,006
	Nein	71,7	28,3	
<hr/>				
Laktation (n = 114)	1. oder 2.	80,6	19,4	0,033
	> der 2.	60,3	39,7	
<hr/>				
Ballenhornfäule vorhanden (n = 120)	Ja	59,0	41,0	0,019
	Nein	81,1	18,9	
<hr/>				
RSG vorhanden (n = 120)	Ja	38,1	61,9	0,003
	Nein	71,7	28,3	
<hr/>				
KSG vorhanden (n = 120)	Ja	12,5	87,5	0,001
	Nein	69,6	30,4	

Geschlachtete Kühe mit mittel- oder hochgradiger chronischer Klauenrehe stammten signifikant häufiger aus Herden mit höherer Durchschnittsleistung (Median = 7500 kg; Q1 = 6500 kg; Q3 = 8000 kg) als Milchkühe mit keiner oder geringgradiger chronischer Klauenrehe (Median = 6500 kg; Q1 = 5640 kg; Q3 = 7850 kg;  $p = 0,015$ ). Ferner waren sie zum Zeitpunkt der Schlachtung älter ( $p = 0,02$ ). Der Median des Alters in der Gruppe mit mittel- oder hochgradiger chronischer Klauenrehe lag bei 6,4 Jahren (Q1 = 5,1; Q3 = 9,7) und in der Gruppe mit keinen oder geringgradigen chronischen Klauenreheveränderungen bei 5,8 Jahren (Q1 = 3,9; Q3 = 7,4).

Die Merkmale, die in der univariablen Analyse signifikante Zusammenhänge zur Stärke des Vorhandenseins von chronischer Klauenrehe zeigten, wurden anschließend einer multivariablen Analyse unterzogen. Dabei wurden Kühe mit keinen und geringgradigen Anzeichen chronischer Klauenrehe mit Kühen die mittelgradige und hochgradige Anzeichen chronischer Klauenrehe zeigten verglichen. Das Risiko für die Milchkuh zum Zeitpunkt der Schlachtung mittelgradige oder hochgradige chronischer Klauenrehe aufzuweisen, war bei Kühen der Rasse Deutsches Fleckvieh signifikant geringer als bei Kühen der Rasse Braunvieh. Für Tiere ohne Weidezugang, mit Ballenhornfäule und für Kühe, die aufgrund von Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen gemerzt wurden, war das Risiko zum Zeitpunkt der Schlachtung an mittelgradiger oder hochgradiger chronischer Klauenrehe zu leiden signifikant erhöht (**Tabelle 28**).

**Tabelle 28: Merkmale, die in der multivariablen Analyse Zusammenhänge zur Stärke der chronischen Klauenreheveränderungen (keine oder ggrd. vs. mgrd. oder hgrd.) zeigten ( $\beta$  = Regressionskoeffizient B, 95 % KI = 95 % Konfidenzintervall für OR)**

Merkmalsname	Referenzgruppe	$\beta$	Wald	df	p	OR (95 % KI)
Rasse			11,53	2	0,003	
DFV	BV	-2,03	11,29	1	0,001	0,13 (0,04 - 0,43)
HF	BV	-1,44	0,913	1	0,115	0,24 (0,04 - 1,42)
Weidehaltung						
Nein	ja	1,49	5,63	1	0,018	4,45 (1,30 - 15,24)
Abgangsursache Klauen/Gliedm.	andere Abgangsursache	1,56	6,36	1	0,012	4,75 (1,42 - 15,95)
Ballenhornfäule						
Vorhanden	nicht vorhanden	1,98	9,34	1	0,002	7,21 (2,03 - 25,62)
Konstante		-2,31	9,24	1	0,002	0,10

Signifikant geringere chronische Reheveränderungen wurden bei Milchkühen festgestellt, die aus ökologischer Haltung stammten ( $p < 0,001$ ). In dieser Gruppe zeigten 15,8 % keine, 78,9 % geringgradige, 5,3 % mittelgradige und kein Tier hochgradige chronische Klauenrehe. Im Teil der untersuchten Tiere aus konventioneller Haltung fielen dagegen 9,8 % der Kühe mit hochgradiger und 37,8 % der Tiere mit mittelgradiger chronischer Klauenrehe auf. Keine Anzeichen chronischer Klauenrehe zeigten 7,3 % der Rinder. Geringgradige Anzeichen chronischer Klauenrehe zeigten 45,1 % der Tiere.

### 2.3.3.2. Erkrankungen des Zwischenklauenspaltes, des Kronsaums und der Klauenhaut außerhalb des Klauenschuhs

Die Untersuchung der beiden Vordergliedmaßen und der beiden Hintergliedmaßen der 120 geschlachteten Milchkühe auf die Veränderungen: Dermatitis digitalis, Dermatitis interdigitalis, Schwellung des Kronsaums, Zwischenzehenphlegmone und Limax ergab unabhängig vom Schweregrad folgende Prävalenzen (**Tabelle 29**).

**Tabelle 29: Vorkommen von Dermatitis digitalis, Dermatitis interdigitalis, Schwellung des Kronsaums, Zwischenzehenphlegmonen und Limax der 120 untersuchten Tiere, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen und dargestellt auf Einzeltierebene in (%)**

Erkrankung	Vordergliedmaßen	Hintergliedmaßen	Einzeltierebene
Dermatitis digitalis	0,8	10	10,8
Dermatitis interdigitalis	5	3,3	7,5
Schwellung des Kronsaums	0	13,3	13,3
Zwischenzehenphlegmone	0	0	0
Limax	0,8	4,2	5

Von den untersuchten Kühen wiesen 69,2 % der Tiere keine Erkrankungen des Zwischenklauenspaltes, des Kronsaums oder der Klauenhaut außerhalb des Klauenschuhs auf.

Bei Milchkühen, bei denen eine Dermatitis digitalis festgestellt wurde, lag die letzte Kalbung zum Zeitpunkt der Schlachtung weniger lang zurück (Median: 82 Tage p. p.; Q1 = 30; Q3 = 298), als bei Tieren ohne diese Erkrankung (Median: 219 Tage p. p.; Q1 = 114; Q3 = 358;  $p = 0,034$ ).

Die Hintergliedmaßen waren signifikant häufiger von Dermatitis digitalis

( $p < 0,001$ ), einer Schwellung des Kronsaums ( $p < 0,001$ ) und einem Limax ( $p = 0,032$ ) betroffen als die Vordergliedmaßen.

Milchkühe mit einer Schwellung des Kronsaums waren signifikant älter (Median: 8,1 Jahre;  $Q1 = 6,9$ ;  $Q3 = 10,4$ ) als Tiere ohne diese Veränderung (Median: 5,9 Jahre;  $Q1 = 4,3$ ;  $Q3 = 7,7$ ;  $p = 0,001$ ). Außerdem befanden sich 93,3 % dieser Tiere zum Zeitpunkt der Schlachtung in einer höheren als der dritten Laktation ( $p = 0,001$ ). Des Weiteren stammten 81,3 % der Milchkühe mit einer Schwellung des Kronsaums aus dem ersten Probenahmezeitraum von Ende Juli 2012 bis Anfang Oktober 2012 ( $p = 0,011$ ).

Milchkühe mit einer Schwellung des Kronsaums wurden signifikant häufiger aufgrund von Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen gemerzt als Tiere ohne diese Veränderung ( $p < 0,001$ ).

Eine Schwellung des Kronsaums war signifikant mit dem Vorkommen von Wandläsionen ( $p < 0,001$ ), Steingallen ( $p = 0,008$ ), Doppelsohlen ( $p = 0,024$ ), Rusterholzschen Sohlengeschwüren ( $p = 0,003$ ) und Klauensohlengeschwüren in atypischer Lage ( $p = 0,037$ ) verbunden.

Ein steigendes Alter der Milchkuh und der vorzeitige Abgang aufgrund von Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen waren in der multivariablen Analyse mit einem signifikant erhöhten Risiko für das Tier, zum Zeitpunkt der Schlachtung an einer Schwellung des Kronsaums zu leiden, verbunden. (Tabelle 30).

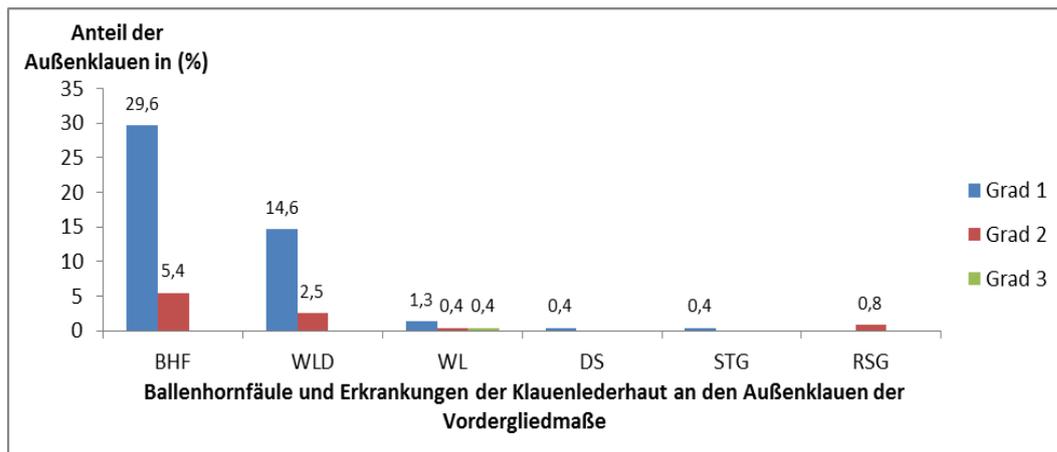
**Tabelle 30: Merkmale die in der multivariablen Analyse signifikante Zusammenhänge zum Vorkommen einer Schwellung des Kronsaums zeigten ( $\beta$  = Regressionskoeffizient B, 95 % KI = 95 % Konfidenzintervall für OR)**

Merkmals	Referenzgruppe	$\beta$	Wald	df	p	OR (95 % KI)
steigendes Alter (pro Jahr)	-	0,29	7,09	1	0,008	1,34 (1,08 – 1,65)
Abgangsursache Klauen/Gliedm.	andere Abgangsursache	1,88	8,88	1	0,003	6,56 (1,90 – 22,58)
Konstante		-4,68	20,39	1	0	0,01

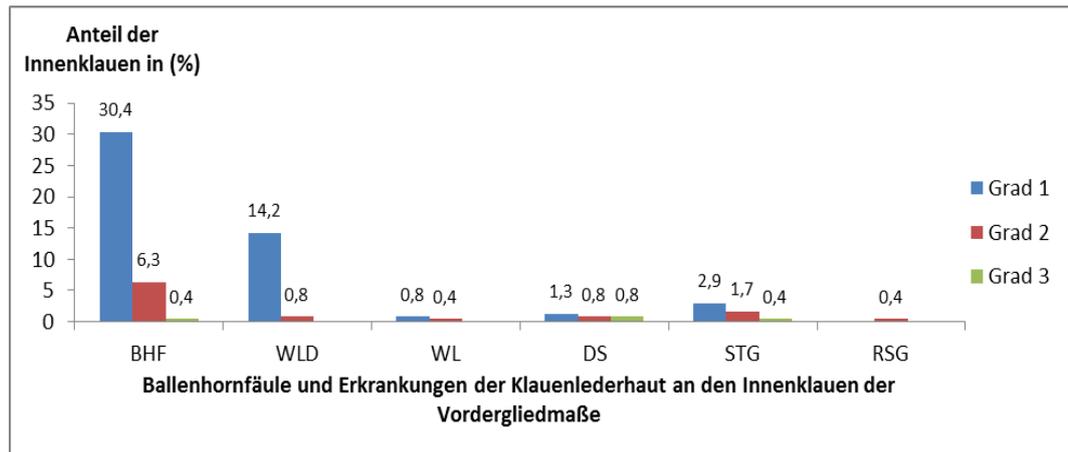
### 2.3.3.3. Ballenhornfäule, Sohlengeschwüre, Doppelsohlen und Veränderungen der Weißen Linie und der Klauenwand

1. Ballenhornfäule, Sohlengeschwüre, Doppelsohlen und Veränderungen der Weißen Linie und der Klauenwand auf Gliedmaßen- und Einzelklauenebene

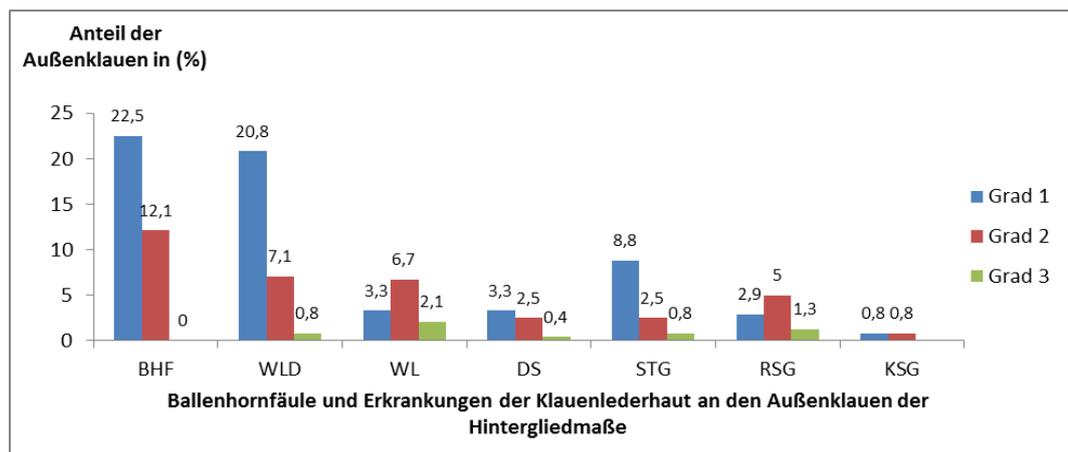
Das Vorkommen von Ballenhornfäule, Sohlengeschwüren, Doppelsohlen und Veränderungen der Weißen Linie und der Klauenwand der 120 untersuchten Tiere unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen wird in **Abbildung 35** bis **Abbildung 38** ersichtlich. Die Angaben sind getrennt nach Innenklaue und Außenklaue dargestellt und in Schweregrade untergliedert. An keiner der Klauen wurde ein Hornspalt festgestellt. An den Vordergliedmaßen wurden keine Klauensohlengeschwüre in atypischer Lage gefunden. Ein kompliziertes Sohlenspitzengeschwür wurde an der Außenklaue der rechten Hintergliedmaße eines Tieres diagnostiziert.



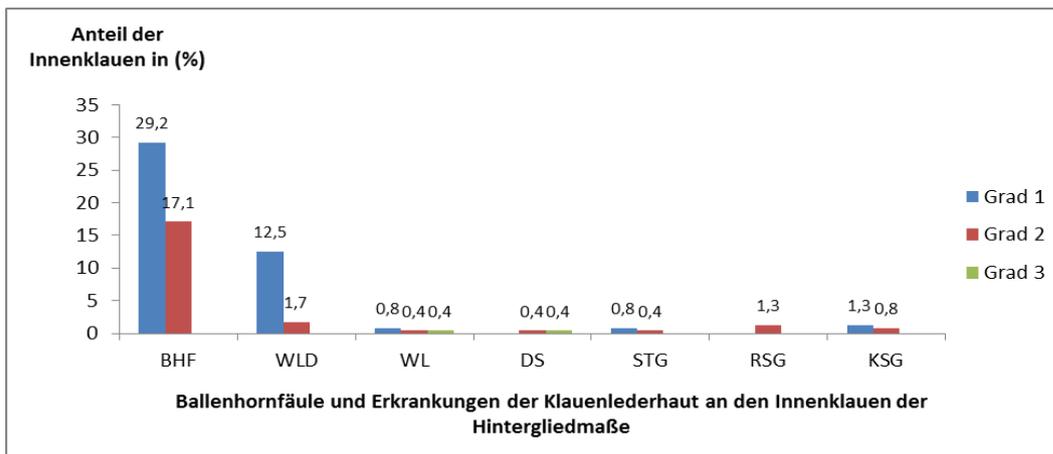
**Abbildung 35: Anteil der Außenklauen der Vordergliedmaßen mit Erkrankungen der Klauenlederhaut sowie Ballenhornfäule (Grad 1-3) der 120 untersuchten Kühe (n = 240) (BHF = Ballenhornfäule, WLD = Defekt der Weißen Linie, WL = Wandläsion, DS = Doppelsohle, RSG = Rusterholzsches Sohlengeschwür,)**



**Abbildung 36: Anteil der Innenklauen der Vordergliedmaße mit Erkrankungen der Klauenlederhaut sowie Ballenhornfäule (Grad 1-3) der 120 untersuchten Kühe (n = 240) (BHF = Ballenhornfäule, WLD = Defekt der Weißen Linie, WL = Wandläsion, DS = Doppelsohle, RSG = Rusterholzsches Sohlengeschwür,)**



**Abbildung 37: Anteil der Außenklauen der Hintergliedmaße mit Erkrankungen der Klauenlederhaut sowie Ballenhornfäule (Grad 1-3) der 120 untersuchten Kühe (n = 240) (BHF = Ballenhornfäule, WLD = Defekt der Weißen Linie, WL = Wandläsion, DS = Doppelsohle, RSG = Rusterholzsches Sohlengeschwür, KSG = Klauensohlengeschwür in atypischer Lage)**



**Abbildung 38:** Anteil der Innenklauen der Hintergliedmaßen mit Erkrankungen der Klauenlederhaut sowie Ballenhornfäule (Grad 1–3) der 120 untersuchten Kühe. (n = 240) (BHF = Ballenhornfäule, WLD = Defekt der Weißen Linie, WL = Wandläsion, DS = Doppelsohle, RSG = Rusterholzsches Sohlengeschwür, KSG = Klauensohlengeschwür in atypischer Lage)

Die Hintergliedmaßen der geschlachteten Milchkühe waren signifikant häufiger von Erkrankungen der Klauenlederhaut sowie Ballenhornfäule betroffen als die Vordergliedmaßen (**Tabelle 31**).

**Tabelle 31:** Übersicht der signifikanten Prävalenzunterschiede der Erkrankungen der Klauenlederhaut sowie Ballenhornfäule zwischen Vordergliedmaße (n = 240) und Hintergliedmaße (n = 240)

Klauenerkrankung	Vordergliedmaße	Hintergliedmaße	p-Wert
Läsion der Wand	5,8 %	21,7 %	0,001
Doppelsohle	5,8 %	14,2 %	0,031
Steingalle	9,2 %	21,7 %	0,007
Rusterholzsches Sohlengeschwür	2,5 %	15,8 %	0,001
Klauensohlengeschwür atyp. Lage	0 %	6,7 %	0,004

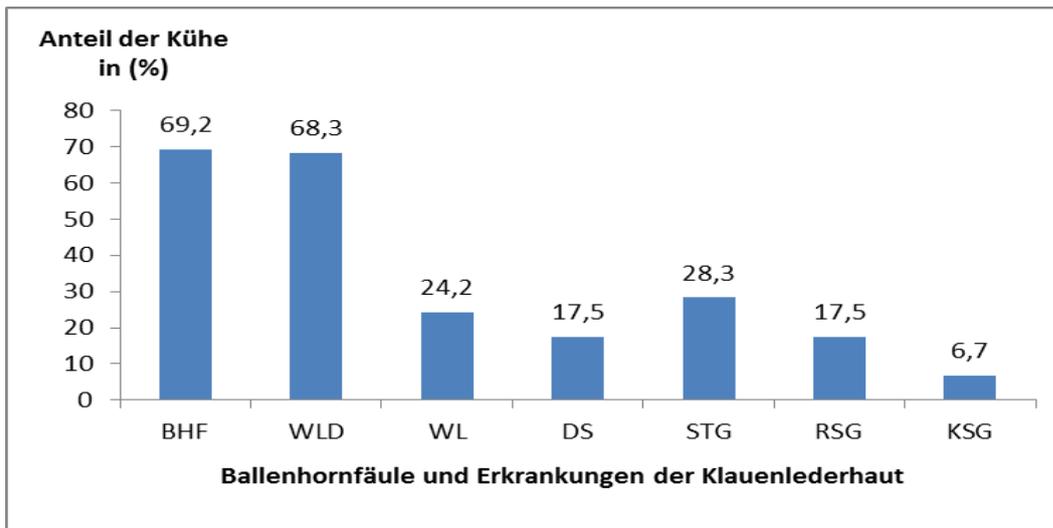
**Tabelle 32** zeigt die Unterschiede im Auftreten von Erkrankungen der Klauenlederhaut sowie Ballenhornfäule zwischen Innenklauen und Außenklauen an der Vordergliedmaße und Hintergliedmaße.

**Tabelle 32: Unterschiede zwischen den Innenklauen und Außenklauen im Vorkommen der Erkrankungen der Klauenlederhaut sowie Ballenhornfäule an der Vordergliedmaße und der Hintergliedmaße, signifikante Unterschiede fettgedruckt (n = 240)**

Klauenerkrankung	Vordergliedmaße			Hintergliedmaße		
	AK	IK	p-Wert	AK	IK	p-Wert
Ballenhornfäule	35 %	37,1 %	0,635	34,6 %	46,3 %	<b>0,009</b>
Defekt der Weißen Linie	17,1 %	15,0 %	0,534	28,8 %	14,2 %	<b>0,001</b>
Wandläsion	2,1 %	1,3 %	0,476	12,1 %	1,7 %	<b>0,001</b>
Doppelsonhle	0,4 %	2,9 %	<b>0,032</b>	6,3 %	0,8 %	<b>0,001</b>
Steingalle	0,4 %	5,0 %	<b>0,002</b>	12,1 %	1,3 %	<b>0,001</b>
Rusterholzsches Sohlengeschwür	0,8 %	0,4 %	0,562	9,2 %	1,3 %	<b>0,001</b>
Klauesohlengeschwür atypische Lage	-	-	-	1,7 %	2,1 %	0,736

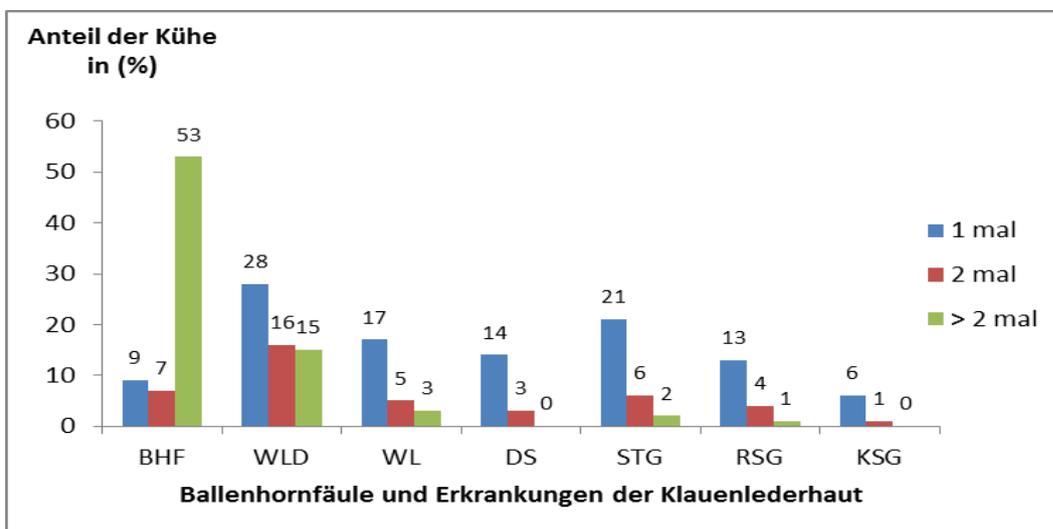
2. Ballenhornfäule, Sohlengeschwüre, Doppelsonhlen und Veränderungen der Weißen Linie und der Klauenwand auf Einzeltierebene

In **Abbildung 39** werden die Prävalenzen der Erkrankungen der Klauenlederhaut sowie Ballenhornfäule unabhängig vom Schweregrad auf Einzeltierebene dargestellt, d.h. die jeweilige Erkrankung musste an mindestens einer der acht Einzelklauen auftreten.



**Abbildung 39:** Prävalenzen der Erkrankungen der Klauenlederhaut sowie Ballenhornfäule der 120 untersuchten Kühe (BHF = Ballenhornfäule, WLD = Defekt der Weißen Linie, WL = Wandläsion, DS = Doppelsohle, RSG = Rusterholzsches Sohlengeschwür, KSG = Klauensohlengeschwür in atypischer Lage)

**Abbildung 40** zeigt die Häufigkeit der Erkrankungen der Klauenlederhaut sowie Ballenhornfäule unabhängig vom Schweregrad auf Einzeltierebene.



**Abbildung 40:** Anteil der 120 untersuchten Tiere, bei denen die jeweiligen Klauenerkrankungen einmal, zweimal oder häufiger vorgefunden wurden (BHF = Ballenhornfäule, WLD = Defekt der Weißen Linie, WL = Wandläsion, DS = Doppelsohle, RSG = Rusterholzsches Sohlengeschwür, KSG = Klauensohlengeschwür in atypischer Lage)

Bei 8,3 % der geschlachteten Milchkühe wurde eine komplizierte Klauenerkrankung festgestellt. Dazu zählten komplizierte Wandläsionen, ein

kompliziertes Sohlenspitzengeschwür und Rusterholzsche Sohlengeschwüre mit Beteiligung des Klauenbeins.

Milchkühe aus ökologischer Haltung zeigten signifikant häufiger Ballenhornfäule als Tiere aus konventioneller Haltung ( $p = 0,015$ ). In ökologischer Haltung trat diese Erkrankung bei 84,2 % der Tiere auf und in konventioneller Haltung bei 62,2 %.

Kein Tier aus ökologischer Haltung wies ein Rusterholzsches Sohlengeschwür auf, dagegen wurde bei 25,6 % der Kühe aus konventioneller Haltung eine solche Erkrankung diagnostiziert ( $p < 0,001$ ).

Weiterhin wurde ein signifikanter Unterschied im Vorkommen von Rusterholzschen Sohlengeschwüren zwischen Milchkühen, die einen Teil des Jahres Weidegang hatten und Tieren, bei denen dies nicht der Fall war, gefunden. Von den Tieren mit Weidezugang wiesen 7,1 % ein Rusterholzsches Sohlengeschwür auf, in der Gruppe der untersuchten Milchkühe ohne Weidezugang waren es 23,4 % ( $p = 0,026$ ).

Milchkühe, die ein Rusterholzsches Sohlengeschwür zeigten, waren signifikant älter ( $p = 0,032$ ) und zum Schlachtzeitpunkt häufiger in einer höheren als der zweiten Laktation ( $p = 0,022$ ). Tiere mit dieser Veränderung waren im Median 7,6 Jahre alt ( $Q1 = 5,2$ ;  $Q3 = 8,5$ ). Von den Tieren in einer höheren als der zweiten Laktation wiesen 23,1 % ein Rusterholzsches Sohlengeschwür auf. Der Teil der untersuchten Kühe ohne Rusterholzsches Sohlengeschwür war im Median 5,9 Jahre alt ( $Q1 = 4,3$ ;  $Q3 = 7,8$ ) und nur 5,3 % der Tiere in der ersten oder zweiten Laktation waren von dieser Erkrankung betroffen.

Außerdem stammten Schlachtkühe mit einem oder mehreren Rusterholzschen Sohlengeschwüren aus Herden mit höherer durchschnittlicher Laktationsleistung als Tiere ohne diese Erkrankung ( $p = 0,015$ ), der Median der durchschnittlichen Herdenleistung betrug hier 7500 kg ( $Q1 = 6812$  kg;  $Q3 = 8000$  kg) im Vergleich zu 6500 kg ( $Q1 = 5775$  kg;  $Q3 = 7880$  kg) in der Gruppe der untersuchten Tiere ohne Rusterholzsches Sohlengeschwür.

Diese Merkmale, die in der univariablen Analyse signifikante Zusammenhänge zum Vorkommen von Rusterholzschen Sohlengeschwüren zeigten, wurden anschließend einer multivariablen Analyse unterzogen. Milchkühe über der

zweiten Laktation, sowie Tiere die aufgrund von Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen den Betrieb verließen, hatten ein signifikant erhöhtes Risiko zum Zeitpunkt der Schlachtung ein Rusterholzsches Sohlengeschwür aufzuweisen. Des Weiteren nahm das Risiko für die Milchkuh zum Zeitpunkt der Schlachtung ein Rusterholzsches Sohlengeschwür aufzuweisen mit steigender Herdenmilchleistung signifikant zu (**Tabelle 33**).

**Tabelle 33: Merkmale die in der multivariablen Analyse signifikante Zusammenhänge zum Vorkommen von Rusterholzsches Sohlengeschwüren zeigten ( $\beta$  = Regressionskoeffizient B, 95 % KI = 95 % Konfidenzintervall für OR)**

Merkmal	Referenzgruppe	$\beta$	Wald	df	p	OR (95 % KI)
Laktation > 2.	Laktation $\leq$ 2.	2,22	4,30	1	0,038	9,24 (1,13 -75,70)
steigende Herdenleistung (pro kg)	-	0,001	4,43	1	0,035	1,001 (1,00 – 1,001)
Abgangsursache Klauen/Gliedm.	Andere Abgangsursache	1,17	3,95	1	0,047	3,22 (1,02 – 10,20)
Konstante		-7,31	11,94	1	0,001	0,001

Bei 4,8 % der Kühe, die sich zum Zeitpunkt der Abschaffung in der ersten Laktation befanden, wurden eine oder mehrere Steingallen diagnostiziert. Bei Tieren in der zweiten oder dritten Laktation waren es 20 % und bei Tieren in der vierten Laktation oder darüber waren es 41,3 % der untersuchten Milchkühe. Dieser Unterschied war signifikant ( $p = 0,003$ ). Milchkühe mit einer oder mehrerer Steingallen hatten zum Zeitpunkt der Schlachtung auch ein signifikant höheres Alter ( $p = 0,014$ ) (**Tabelle 35**).

Milchkühe der Rasse Deutsches Fleckvieh hatten mit 19,3 % den geringsten Anteil an Tieren mit einer oder mehrerer Steingallen, gefolgt von Kühen der Rasse Braunvieh mit 28,9 %. Unter den Tieren der Rasse Holstein Friesian hatten 55,6 % eine oder mehrere Steingallen. Dieser Unterschied war signifikant ( $p = 0,012$ ).

Im ersten Zeitraum der Probenahme von Ende Juli 2012 bis Anfang Oktober 2012 konnten signifikant mehr Steingallen festgestellt werden als im zweiten Teil der Probenahme, zwischen Februar 2013 und Anfang Mai 2013. So wurden bei 37,1 % der untersuchten Kühe aus dem ersten Zeitabschnitt eine

oder mehrere Steingallen diagnostiziert. Im Vergleich dazu zeigten nur 19 % der Tiere aus dem zweiten Zeitabschnitt diese Veränderung ( $p = 0,028$ ).

Das Schlachtkörpergewicht war mit einem Median von 314,5 kg (Q1 = 271,4 kg; Q3 = 354,8 kg) bei Tieren ohne Steingalle signifikant höher, als bei Kühen mit einer oder mehrere Steingallen ( $p = 0,002$ ). In dieser Gruppe lag das Schlachtkörpergewicht im Median bei 269 kg (Q1 = 252,5 kg; Q3 = 313,3 kg).

Merkmale, die in der univariablen Analyse signifikant mit dem Vorkommen von Steingallen verknüpft waren, wurden einer multivariablen Analyse unterzogen. Das Risiko zum Zeitpunkt der Schlachtung eine Steingalle aufzuweisen war für Kühe der Rasse HF signifikant höher als für Tiere der Rasse BV. Erhöht war es ebenfalls für Tiere die sich zum Zeitpunkt der Schlachtung in einer höheren als der dritten Laktation befanden, verglichen mit Tieren in der ersten Laktation. Das Risiko zum Zeitpunkt der Schlachtung eine Steingalle aufzuweisen, war bei Kühen mit höherem Schlachtkörpergewicht und bei Tieren die im zweiten Probenahmezeitraum ausgewählt wurden signifikant geringer (**Tabelle 34**).

**Tabelle 34: Merkmale die in der multivariablen Analyse Zusammenhänge zum Vorkommen von Steingallen zeigten ( $\beta$  = Regressionskoeffizient B, 95 % KI = 95 % Konfidenzintervall für OR)**

Merkmal	Referenzgruppe	$\beta$	Wald	df	p	OR (95 % KI)
Rasse			10,68	2	0,005	
DFV	BV	-0,09	0,02	1	0,888	0,91 (0,26 – 3,21)
HF	BV	2,77	8,87	1	0,003	16,01 (2,58 – 99,24)
höheres SKGW (pro kg)	-	-0,02	7,16	1	0,007	0,98 (0,97 – 1,00)
2. Probenahme – zeitraum	1. Probenahme - zeitraum	-1,61	6,02	1	0,014	0,2 (0,06 – 0,72)
Laktation			12,70	2	0,002	
2. und 3.	1.	2,35	3,15	1	0,076	10,47 (0,78 – 140,25)
< 3.	1.	4,17	10,03	1	0,002	64,96 (4,90 - 860,42)
Konstante		1,36	0,53	1	0,468	3,91

Kühe die an einem oder mehreren Defekten der Weißen Linie oder einer oder mehrerer Wandläsionen erkrankt waren, waren zum Zeitpunkt der Schlachtung signifikant älter als Tiere ohne diese Veränderungen ( $p = 0,031$  bzw.  $p = 0,004$ ; **Tabelle 35**).

**Tabelle 35: Altersmedian sowie unteres und oberes Quartil (Q1/Q3) zum Zeitpunkt der Schlachtung zwischen erkrankten und nicht erkrankten Tieren (WLD = Defekt der Weißen Linie, WL = Wandläsion, STG = Steingalle)**

	WLD	WL	STG
nicht erkrankt	5,3 Jahre (3,7/7,1)	5,6 Jahre (4,2/7,6)	5,7 Jahre (4,2/8,0)
Erkrankt	6,2 Jahre (5,0/8,6)	7,4 Jahre (5,9/9,6)	6,5 Jahre (5,6/10,4)

Bei 36,5 % der Kühe, die sich zum Zeitpunkt der Schlachtung in einer höheren als der dritten Laktation befanden, wurde eine Läsion der Wand festgestellt. In der Gruppe der untersuchten Milchkühe, die sich zum Schlachtzeitpunkt in der ersten, zweiten oder dritten Laktation befanden waren hingegen nur 7,8 % der Tiere von dieser Klauenerkrankung betroffen ( $p < 0,001$ ). Das Risiko der Tiere über der dritten Laktation an einer Wandläsion zu leiden war 5,7 mal höher als für Tiere in der ersten, zweiten oder dritten Laktation (OR 5,7; 95 % KI 1,8 - 18,3).

Im ersten Teil der Probenahme von Ende Juli 2012 bis Anfang Oktober 2012 wurden signifikant mehr Doppelsohlen als im zweiten Probenahmezeitraum, zwischen Februar 2013 und Anfang Mai 2013 festgestellt. So wurden bei 25,8 % der Milchkühe, die im ersten Zeitabschnitt beprobt wurden, eine oder mehrere Doppelsohlen diagnostiziert. Im Gegensatz dazu fielen im zweiten Zeitabschnitt 8,6 % der Tiere mit dieser Veränderung auf ( $p = 0,013$ ). Milchkühe die im zweiten Zeitabschnitt beprobt wurden, hatten ein signifikant geringeres Risiko an einer Doppelsohle erkrankt zu sein als Tiere aus dem ersten Probenahmezeitraum (OR = 0,25; 95 % KI: 0,08 - 0,806).

#### **2.3.3.3.1. Zusammenhänge zwischen Klauenerkrankungen**

Tiere mit einer Doppelsohle zeigten häufig gleichzeitig eine Läsion der Wand ( $p < 0,001$ ; Korrelationskoeffizient = 0,355) oder eine Steingalle ( $p = 0,001$ ; Korrelationskoeffizient = 0,294). Oft litten Tiere mit einer Läsion der Wand auch an einer Steingalle ( $p = 0,024$ ; Korrelationskoeffizient = 0,207)

Milchkühe mit Ballenhornfäule wiesen häufig ein Rusterholzsches Sohlengeschwür ( $p = 0,020$ ; Korrelationskoeffizient = 0,213) oder eine Läsion der Wand auf ( $p = 0,022$ ; Korrelationskoeffizient = 0,208).

## **V. DISKUSSION**

### **1. Abgänge in der Folge einer Erkrankung von Klaue und/oder Gliedmaße**

Von 114 der 120 untersuchten Tiere konnten die Abgangsursachen ermittelt werden. 19,3 % dieser Tiere verließen den Betrieb unter anderem aufgrund von Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen. Dies stellte den dritthäufigsten Ausscheidungsgrund dar, direkt hinter Unfruchtbarkeit und Erkrankungen des Euters. Laut den Jahresabschlussberichten (2002 bis 2012) des LKV Bayern stellten Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen mit knapp 10 % die vierthäufigste Abgangsursache, unmittelbar hinter Abgängen aufgrund von schlechter Milchleistung, dar. Die beiden wichtigsten Remontierungsgründe waren mangelhafte Fruchtbarkeit und Erkrankungen des Euters ([www.lkv.bayern.de/akt/f\\_akt\\_jb.htm](http://www.lkv.bayern.de/akt/f_akt_jb.htm)).

Das deutlich höhere Ergebnis in vorliegender Studie kommt aufgrund der Möglichkeit der Nennung mehrerer Abgangsursachen zustande. Es zeigt, dass Erkrankungen der Klauen und/oder Gliedmaßen häufiger als bisher beschrieben an der Entscheidung zur Abschaffung der Milchkuh beteiligt sind. Ebenfalls zu bedenken ist, dass Klauenerkrankungen und Lahmheit die Fruchtbarkeit und die Milchleistung negativ beeinflussen (O'CALLAGHAN, 2002). Die eigentliche Abgangsursache einiger Tiere, die aufgrund von Fruchtbarkeitsstörungen oder mangelhafter Milchleistung gemerzt worden sind, kann daher in Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen begründet liegen.

Milchkühe, die aufgrund von Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen abgingen, hatten signifikant häufiger eine Schwellung des Kronsaums, Sohlenhorneinblutungen, ein Rusterholzsches Sohlengeschwür oder eine Läsion der Wand als Tiere die aus anderen Gründen den Betrieb verließen. MURRAY et al. (1996) stellten fest, dass Sohlengeschwüre und Wandläsionen die häufigsten Lahmheitsursachen sind. Sohlengeschwüre erhöhen das Risiko einer vorzeitigen Schlachtung (CRAMER et al., 2009; MACHADO et al., 2010). Eine Schwellung des Kronsaums zeigt die Beteiligung tieferliegender Strukturen an und ist daher ein deutlicher Hinweis auf eine komplizierte

Klauenerkrankung (FIEDLER et al., 2004). Wichtig ist somit eine sofortige Untersuchung und Behandlung auch geringgradig lahm gehender Tiere. Dies erhöht die Heilungsaussichten und kann somit vor Abgängen infolge dieser Erkrankungen schützen.

Tiere aus ökologischer Haltung verließen den Betrieb signifikant seltener infolge von Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen. RUTHERFORD et al. (2009) stellten in ökologisch geführten Herden geringere Lahmheitsprävalenzen im Vergleich zu konventionell geführten Betrieben fest. Bei Tieren aus ökologischer Haltung wurden signifikant weniger Rusterholzschne Sohlengeschwüre (Abschnitt Diskussion, Kapitel 4.4.) und signifikant weniger chronische Klauenrehe (Abschnitt Diskussion, Kapitel 4.1.) gefunden. Die höhere Gesundheit der Klauen der Kühe aus ökologischer Haltung kann eine Ursache für die geringeren Abgangsraten aufgrund von Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen sein. Die höhere Klauengesundheit resultierte womöglich aus dem besseren Klauenpflegezustand der Tiere aus ökologischer Haltung. Mehrere Untersuchungen konnten den positiven Einfluss der Klauenpflege auf die Klauengesundheit belegen (DISTL und SCHMID, 1993; HUBER et al., 2004; HERNANDEZ et al., 2007). Ein weiterer Grund könnte sein, dass Tiere aus ökologischer Haltung, im Vergleich zu Tieren aus konventioneller Haltung, eher aus kleineren Herden stammten. In vorliegender Untersuchung stammten Tiere, die aufgrund einer Erkrankung von Klaue oder Gliedmaße den Betrieb verließen, signifikant häufiger aus einer größeren Herde (Median 50 Tiere) als Tiere ohne diesen Ausscheidungsgrund (Median 39 Tiere). Viele Landwirte unterschätzen die Lahmheitsprävalenzen in ihrem Betrieb. Dies konnte noch deutlicher in größeren Herden beobachtet werden (LEACH et al., 2010). Die möglicherweise schlechtere Identifizierung lahmer Kühe in größeren Herden könnte zu einer vermehrten Anzahl von komplizierten Klauenerkrankungen oder schwerer Lahmheitsfälle geführt haben und daher zu einer größeren Zahl von Abgängen aufgrund von Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen. Insbesondere wenn man berücksichtigt, dass komplizierte Klauenerkrankungen und schwere Lahmheitsfälle durch eine frühzeitige Behandlung auffälliger Tiere verhindert werden können (LEACH et al., 2012). In Fällen in denen die Klauen mehrerer Gliedmaßen erkrankt sind, kann die Identifizierung lahmer Kühe ebenfalls

erschwert sein.

Kühe die aufgrund von Erkrankungen der Klauen oder Gliedmaßen den Betrieb verließen waren signifikant älter als Tiere mit anderen Abgangsursachen und zum Zeitpunkt der Schlachtung meist in einer höheren als der dritten Laktation. Dies steht offensichtlich im Zusammenhang mit dem signifikant häufigeren Auftreten von Rusterholzschon Sohlengeschwüren und Wandläsionen bei älteren Tieren in vorliegender Untersuchung (Abschnitt Diskussion, Kapitel 4.4. und 4.5.).

Tiere, die aufgrund einer Erkrankung der Klauen oder Gliedmaßen den Betrieb verließen, befanden sich zum Zeitpunkt der Schlachtung in einem früheren Stadium der Laktation als Tiere mit anderen Abgangsursachen. Der Median lag hier bei 106 Laktationstagen im Vergleich zu 219 Laktationstagen bei Tieren ohne diesen Ausscheidungsgrund. Diese Beobachtung stimmt mit anderen Untersuchungen überein, die das höchste Risiko für die Milchkuh an einem Sohlengeschwür oder einer Wandläsion zu erkranken in der Laktationsmitte sehen (VAARST et al., 1998; BIELFELDT et al., 2005; BARKER et al., 2009; SANDERS et al., 2009).

Der Ursprung der Erkrankungen wie dem Rusterholzschon Sohlengeschwür oder Läsionen der Wand liegt zu Beginn der Laktation. Die Erkrankung tritt dann erst später klinisch in Erscheinung und führt zur Abschaffung des Tieres, wenn die Lederhaut frei liegt oder, bei einem weiteren Fortschreiten der Erkrankung, tiefere Strukturen betroffen sind. Der Zeitraum der Geburt wird durch die Erweichung der Bänder und dem dadurch bedingten Absinken des Klauenbeins als ein auslösender Faktor gesehen (LISCHER und OSSENT, 2002; MÜLLING, 2002; MAIERL, 2004). Der Zeitraum der negativen Energiebilanz und der damit verbundene Verlust von Körpersubstanz könnte ebenfalls eine Rolle in der Entstehung von Sohlengeschwüren spielen. Kühe mit einem Sohlengeschwür zeigten das dünnere Ballenfettpolster und den geringeren BCS (BICALHO et al., 2009). In vorliegender Untersuchung hatten Tiere mit einer Steingalle das signifikant geringere Schlachtkörpergewicht. Zusätzlich nimmt die Dicke des Ballenfettpolsters am Anfang der Laktation stetig bis zum 120. Laktationstag ab (BICALHO et al., 2009).

## **2. Klauenmaße**

Aufgrund der ermittelten niedrigen Variationskoeffizienten kann von einer hohen Messgenauigkeit ausgegangen werden. Dabei waren die Variationskoeffizienten der Messungen nach der Klauenpflege in der Regel niedriger als bei den Messungen vor der Klauenpflege. Dies hängt mit der besseren Identifizierbarkeit der Messpunkte an einer frisch gepflegten Klaue zusammen. Der Variationskoeffizient für die Bestimmung der Ballenlänge war mit 3,48 vor der Klauenpflege der Höchste. Dies lag an der zum Teil etwas schwierigen Identifizierbarkeit des distalen Messpunktes.

### **2.1. Veränderung der Messwerte durch die Klauenpflege**

Durch die funktionelle Klauenpflege nahmen die Dorsalwandlänge und die Klauenlänge an allen Einzelklauen ab, der Dorsalwandwinkel wurde steiler. Die Klauenbreite nahm in der Regel ebenfalls ab. Dies entspricht den Prinzipien der funktionellen Klauenpflege. Die Verringerung der Dorsalwandlänge und die Zunahme des Dorsalwandwinkels führen zu einer Optimierung der Belastungsverhältnisse innerhalb der Einzelklaue. Das Gewicht des Körpers wird dadurch vermehrt von der kranialen Sohlenhälfte und vom Tragrand aufgenommen und nicht vom relativ weichen Ballen. Die Lederhaut gegenüber dem Tuberculum flexorium kann somit wirkungsvoll vor einer Überlastung geschützt werden (TOUSSAINT RAVEN, 1989).

Die Ballenhöhe nahm an der Außenklaue der Hintergliedmaße durch die funktionelle Klauenpflege ab und an der Innenklaue der Hintergliedmaße zu. Dies ist folgendermaßen zu erklären: Der Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue in vorliegender Untersuchung betrug durchschnittlich 11,5 mm. Die Außenklaue der Hintergliedmaße war signifikant häufiger die höhere der beiden Klauen, sie musste daher Höhe verlieren. Die Innenklaue sollte dagegen an Höhe gewinnen, um das Ziel der funktionellen Klauenpflege: „Herstellung von Höhengleichheit zwischen Innenklaue und Außenklaue“ zu erreichen. Dies ermöglicht eine gleichmäßige Lastverteilung innerhalb des Klauenpaares und schützt damit vor einer Überlastung der meist höheren Außenklaue (TOUSSAINT RAVEN, 1989). Dementsprechend nahm auch die Ballenlänge an der Außenklaue der Hintergliedmaße durch die funktionelle Klauenpflege ab und an der Innenklaue

zu. Die Vergrößerung der Ballenhöhe während der funktionellen Klauenpflege führt in der Regel zu einer Verkleinerung der Auftrittfläche und umgekehrt führt eine Verringerung der Ballenhöhe zu einer Vergrößerung der Auftrittfläche. Das Ende der Auftrittfläche und daher auch der distale Messpunkt zur Bestimmung der Ballenhöhe lag dadurch weiter kranial beziehungsweise weiter kaudal. Die Ballenlänge nahm somit zu bzw. ab.

Die Ballenhöhe an der Außenklaue der Vordergliedmaße nahm ebenfalls signifikant durch die Klauenpflege ab, nur gab es hier keine Zunahme der Ballenhöhe an der Innenklaue. Ursächlich dafür ist der geringere Höhenunterschied von durchschnittlich nur 4,5 mm innerhalb des Klauenpaares und die Tatsache, dass die Höhe der Tracht der Vordergliedmaßen in vorliegender Untersuchung weniger stark verringert war als die der Hintergliedmaßen. Die Außenklaue der Vordergliedmaße war zwar häufiger die höhere Klaue, dies war jedoch weniger stark ausgeprägt als an den Hintergliedmaßen, in einigen Fällen war auch die Innenklaue die höhere der beiden Klauen. Um Höhengleichheit herzustellen reichte es daher aus die Ballenhöhe der meist höheren Außenklaue zu verringern, ohne an der Innenklaue Höhe gewinnen zu müssen.

Die Ballenlänge an der Außenklaue der Vordergliedmaße verhielt sich genau wie die Ballenlänge an der Außenklaue der Hintergliedmaße. Die Ballenlänge an der Innenklaue der Vordergliedmaße nahm jedoch um 2,2 mm ab. Dies lag daran, dass sich die Ballenhöhe nicht veränderte. Es kommt bei Bearbeitung der Sohlenfläche und Beibehaltung der Ballenhöhe aber dennoch häufig zu einer geringen Kaudalverschiebung des Endes der Auftrittfläche und damit des Messpunktes zur Bestimmung der Ballenlänge. Dies führte bei Beibehaltung der Ballenhöhe zu der geringen Abnahme der Ballenlänge.

Die geringere durchschnittliche Veränderung der Ballenlänge an der Vordergliedmaße im Vergleich zur Hintergliedmaße ist auf den geringeren Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares an der Vordergliedmaße zurückzuführen. Die Ballenhöhen mussten weniger stark verändert werden, um Höhengleichheit zu erreichen und somit fiel auch die Veränderung der Ballenlängen geringer aus.

Es wurde eine stärkere Veränderung der Klauenlänge durch die Klauenpflege

an der Vordergliedmaße im Vergleich zur Hintergliedmaße festgestellt. Die Vordergliedmaßen wiesen also eine stärkere Verlängerung der Klauen im Vergleich zu den Hintergliedmaßen auf. Es konnte auch eine Tendenz zu vermehrten Klauendeformationen an den Vordergliedmaßen festgestellt werden. Der Unterschied war jedoch nicht signifikant. Eine mögliche Ursache wäre, dass Landwirte die Vordergliedmaßen und die Hintergliedmaßen nicht immer gleichzeitig einer funktionellen Klauenpflege unterziehen oder unterziehen lassen, sondern diese teilweise auf die Klauen der Hintergliedmaßen beschränkt bleibt, da die Klauen der Hintergliedmaßen wesentlich häufiger erkranken.

## **2.2. Vordergliedmaßen**

Die Innenklaue der Vordergliedmaße zeigte nach der Klauenpflege eine Länge von 81,4 mm, die Außenklaue eine Länge von 78,4 mm. Dieser Unterschied war signifikant. Andere Autoren berichten ebenfalls von einer signifikant längeren Innenklaue an der Vordergliedmaße (ANDERSSON und LUNDSTRÖM, 1981; NUESKE et al., 2003; SIGMUND, 2009). und SIGMUND (2009) nehmen aufgrund ihrer Ergebnisse an, die längere Dorsalwand der Innenklaue sei ein Versuch, den bestehenden knöchernen Höhenunterschied zwischen dritter und vierter Zehe auszugleichen. Die laterale Zehe ragt bei Kälbern weiter nach distal als die mediale Zehe (SCHWARZMANN et al., 2007). Die dickere Sohle an der Innenklaue vor der Klauenpflege im Vergleich zu der Außenklaue, die SIGMUND (2009) feststellte, war für ihn ebenfalls ein Indiz für den angestrebten Höhenausgleich zwischen Innenklaue und Außenklaue. In vorliegender Untersuchung war die Sohlendicke der Innenklaue nach Klauenpflege und bei hergestellter Höhengleichheit ebenfalls signifikant stärker als die der Außenklaue.

Die Klauenlänge ebenso wie die Dorsalwandlänge nach der Klauenpflege an der Innenklaue signifikant größer als an der Außenklaue. Dies stimmt mit den Ergebnissen von SIGMUND (2009) überein und passt zu den Ergebnissen der Messung der Dorsalwandlänge.

Da die Innenklaue der Vordergliedmaße während des Stehens stärker belastet wird (VAN DER TOL et al., 2002), könnte die festgestellte größere Dorsalwandlänge und Klauenlänge der Innenklaue im Vergleich zur

Außenklaue auch als Folge des Wachstumsreizes entstanden sein, den eine Mehrbelastung mit sich bringen könnte. TOUSSAINT RAVEN (1989) beschrieb diesen Zusammenhang als eine der Ursachen für die in der Regel höhere Außenklaue der Hintergliedmaße.

Die höheren Werte der Klauenlänge und der Dorsalwandlänge im Vergleich zu den Untersuchungen von SIGMUND (2009) entstehen durch die durchschnittlich größere Sohlendicke an der Klauenspitze und durch die Tatsache, dass in vorliegender Untersuchung auch Klauen mit Erkrankungen einbezogen wurden. Bei chronischer Klauenrehe kommt es zu einer Klauenbeinabsenkung. Dies muss bei der Klauenpflege berücksichtigt werden, indem die Dorsalwand länger belassen wird, um auch bei diesen Klauen eine ausreichende Sohlendicke unterhalb der Klauenspitze zu gewährleisten (SOHRT, 1999). In vorliegender Untersuchung zeigten die Außenklauen den signifikant stumpferen Dorsalwandwinkel im Vergleich zu den Innenklauen der Vordergliedmaßen. SIGMUND (2009) stellte ebenfalls an den Außenklauen den stumpferen Dorsalwandwinkel fest, jedoch war dieser Unterschied nicht signifikant. Dies könnte eine Folge des beschriebenen Unterschiedes in der Dorsalwandlänge sein. Da sich die Ballenhöhe zwischen Innenklaue und Außenklaue in vorliegender Untersuchung nicht signifikant unterschied ist, der Dorsalwandwinkel bei einer kürzeren Dorsalwandlänge stumpfer. Voraussetzung für diese Annahme ist ein paralleler Verlauf des Kronsaums.

Die Außenklaue der Vordergliedmaße war signifikant breiter als die Innenklaue der Vordergliedmaße. Auch andere Untersucher machten diese Beobachtung (ANDERSSON und LUNDSTRÖM, 1981; VERMUNT und GREENOUGH, 1996; NUESKE et al., 2003). FESZL (1968) stellte die größere Breite bei standardisierter Sohlendicke an der medialen Klaue der Vordergliedmaße fest. MUGGLI (2007) fand bei röntgenologischen Messungen ein signifikant breiteres Klauenbein an den lateralen Zehen. Möglicherweise könnte dies belastungsinduziert sein. Da die Außenklaue beim Gehen zuerst fußt (SCHMID et al., 2009) und weiter nach distal reicht als die Innenklaue (NACAMBO et al., 2007; SCHWARZMANN et al., 2007).

Keine signifikanten Unterschiede wurden in der Ballenhöhe und Ballenlänge zwischen Innenklaue und Außenklaue gefunden. SIGMUND (2009) stellte eine

höhere Ballenlänge und Ballenhöhe an der Innenklaue der Vordergliedmaße fest, dieser Unterschied war bei der Ballenlänge signifikant. Die Werte waren mit 46,6 mm bis 49 mm bei der Ballenlänge und 41,3 mm bis 42,7 mm bei der Ballenhöhe deutlich geringer als in vorliegender Untersuchung. Dies ist mit der voneinander abweichenden Durchführung der Klauenpflege zu erklären. SIGMUND (2009) legte eine weitere Bohrung in die Sohle im Bereich des Ballens an. Mit Hilfe dieser Bohrung stellte er die Sohlendicke im Bereich des Ballens auf genau 8 mm ein. In vorliegender Untersuchung wurde dies nicht vorgenommen, da es nicht Ziel war exakte Referenzwerte für die Abmessungen der „Normalklaue“ des Rindes zu bestimmen, sondern lediglich einen vergleichbaren Pflegezustand der Klauen herzustellen, daher beschränkte man sich auf die Einstellung einer einheitlichen Sohlendicke von 5 bis 6 mm an der Klauenspitze. Die Sohlendicke war im Bereich des Ballens somit vermutlich oft größer als 8 mm. Dies führte zu den höheren Werten der Ballenlänge und Ballenhöhe trotz der gleichen Messmethodik.

Vor der Klauenpflege betrug das Verhältnis der Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe 1,64:1 an der Außenklaue und 1,78:1 an der Innenklaue der Vordergliedmaße. Nach der Klauenpflege wurde an der Innenklaue ein Verhältnis der Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe von 1,62:1 an der Außenklaue und 1,67:1 an der Innenklaue ermittelt. Das optimale Verhältnis gab SIGMUND (2009) mit 1,77:1 an der Außenklaue und 1,88:1 an der Innenklaue an. Die Werte in vorliegender Untersuchung lagen vor der Klauenpflege und nach der Klauenpflege darunter. Dies liegt in erster Linie in den deutlich geringeren Werten der Ballenhöhe in der Untersuchung von SIGMUND (2009) begründet. Ursächlich dafür war wie beschrieben das unterschiedliche Vorgehen in der Klauenpflege. An der Innenklaue wurde es im Zuge der Klauenpflege enger, da die Dorsalwandlänge bei gleichbleibender Ballenhöhe abnahm.

### **2.3. Hintergliedmaßen**

An der Hintergliedmaße ragte das Sohlenlederhautniveau der Außenklaue weiter nach distal als das der Innenklaue. Dies stellte auch schon PAULUS (2004) fest. Er schlussfolgerte, die Ursache könnte in einer Hypertrophie von Hornschuh und Lederhaut der Außenklaue oder einem knöchernen Längenunterschied zwischen dritter und vierter Zehe begründet liegen

(PAULUS, 2004). Die in vorliegender Untersuchung festgestellte längere Dorsalwand der Außenklaue im Vergleich zur Innenklaue bei hergestellter Höhengleichheit und die gleichzeitig geringere Sohlendicke an der Außenklaue sprechen eher für eine Hypertrophie. Auch TOUSSAINT RAVEN (1989) vermutete, der Größenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue sei eher durch Hypertrophie bedingt. FESSL (1980) und ANDERSSON und LUNDSTRÖM (1981) ermittelten ebenfalls längere Dorsalwandlängen an den Außenklauen der Hintergliedmaßen. Dennoch ist der anatomische Höhnunterschied zwischen dritter und vierter Zehe bewiesen (NACAMBO et al., 2007; SCHWARZMANN et al., 2007). Daher scheint es möglich, dass beide Ursachen für die größere und weiter nach distal reichende Außenklaue der Hintergliedmaße verantwortlich sind. PAULUS (2004) beschrieb dies ebenfalls, da er bei gleicher Sohlendicke keine Unterschiede in der Länge der Dorsalwand zwischen Innenklaue und Außenklaue der Hintergliedmaßen feststellte und nach der Herstellung von Höhengleichheit eine deutlich geringere Dorsalwandlänge und Sohlendicke an der Außenklaue vorfand. Er stellte jedoch eine größere Innenstruktur der Außenklaue im Vergleich zu Innenklaue fest, bezogen auf die Abmessungen des Koriums.

Die Dorsalwandlänge der Außenklaue betrug nach der Klauenpflege 79,4 mm, an der Innenklaue lag sie bei 78,9 mm. Diese Werte entsprechen in etwa den Ergebnissen von FESSL (1980) und ANDERSSON und LUNDSTRÖM (1981) stellten deutlich höhere Werte fest, führten aber keine Klauenpflege durch. PAULUS (2004) ermittelte niedrigere Werte, nahm jedoch nur gesunde Klauen in die Untersuchung auf. In vorliegender Studie wurden jedoch auch Klauen mit Erkrankungen einbezogen. Dies bedingt, wie bei der Vordergliedmaße beschrieben, die größeren Werte bei der Dorsalwandlänge im Vergleich zu den Ergebnissen von PAULUS (2004).

Die Werte für die Klauenlänge ergaben genau wie in der Untersuchung von PAULUS (2004) höhere Werte an der Außenklaue und lagen in deren Größenordnung. Dieses Ergebnis unterstützt die Befunde bei der Messung der Dorsalwandlänge.

PAULUS (2004) ermittelte keine signifikanten Unterschiede im Dorsalwandwinkel zwischen Innenklaue und Außenklaue der Hintergliedmaßen, dennoch war der Winkel der Innenklaue etwas steiler. In

vorliegender Untersuchung war die Innenklaue nach der Klauenpflege signifikant steiler gewinkelt als die Außenklaue. Vor der Klauenpflege bestand kein Unterschied in der Größe des Dorsalwandwinkels. Diese Ergebnisse resultierten aus der funktionellen Klauenpflege. Die Innenklaue der Hintergliedmaße war im Vorfeld der Klauenpflege signifikant niedriger als die Außenklaue. Das Bestreben Höhengleichheit innerhalb des Klauenpaares herzustellen, musste zu einem Anstieg von Ballenhöhe und Ballenlänge an der Innenklaue führen und in Verbindung mit der Verringerung der Dorsalwandlänge zu einem stärkeren Anstieg des Dorsalwandwinkels an der Innenklaue durch die Klauenpflege als dies bei der Außenklaue der Fall war. An der Außenklaue nahm die Ballenlänge und Ballenhöhe durch die Klauenpflege ab. Dies wird auch durch die Veränderungen des Verhältnisses von Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe deutlich. Dieses Verhältnis lag an der Außenklaue etwa bei 2:1 und wurde durch die Klauenpflege fast nicht beeinflusst. An der Innenklaue wurde es im Rahmen der Klauenpflege entsprechend der Veränderungen der Ballenhöhe und der Dorsalwandlänge deutlich enger. Es lag vorher bei 2,35:1 und nachher bei 2,13:1.

Genau wie PAULUS (2004) es beschrieb, zeigt die Außenklaue in vorliegender Untersuchung die größere Ballenhöhe im Vergleich zur Innenklaue sowohl vor als auch nach der Klauenpflege. Nach der Klauenpflege ist dieser Unterschied jedoch deutlich geringer. Dies hängt mit der Herstellung von Höhengleichheit zwischen der niedrigeren Innenklaue und der höheren Außenklaue im Rahmen der Klauenpflege zusammen. Die größeren Werte der Ballenhöhe an der Außenklaue trotz hergestellter Höhengleichheit unterstützen die Annahme von TOUSSAINT RAVEN (1989), dass die Mehrbelastung der Außenklaue zu einer Hypertrophie dieser Klaue führt. Die Ballenlänge verhält sich entsprechend der Abnahme oder Zunahme der Ballenhöhe an Innenklaue und Außenklaue und zeigt in der Folge nach der Klauenpflege die höheren Werte an der Innenklaue. PAULUS (2004) ermittelte keinen Unterschied in der Ballenlänge zwischen Innenklaue und Außenklaue. Die vom Betrag höheren Werte für die Ballenhöhe, Ballenlänge und den Dorsalwandwinkel sowie die an Innenklaue und Außenklaue deutlich engeren Verhältnisse der Dorsalwandlänge zur Ballenhöhe im Vergleich zu den Ergebnissen von PAULUS (2004) hängen mit der unterschiedlichen Methodik der Klauenpflege

zusammen. Dies wurde bereits bei der Vordergliedmaße diskutiert.

Die Außenklaue der Hintergliedmaße ist signifikant breiter als die Innenklaue. Dies belegen weitere Studien (OUWELTJES et al., 2009; TELEZHENKO et al., 2009). Dies betrifft auch das Klauenbein bei Rindern MUGGLI (2007) und Wildwiederkäuern (KELLER et al., 2009). Andere Autoren stellten an der Außenklaue eine breitere Sohlenfläche fest (ANDERSSON und LUNDSTRÖM, 1981; PAULUS, 2004). Der Grund kann eine belastungsinduzierte Hypertrophie sein (TOUSSAINT RAVEN, 1989) oder anatomische Ursachen haben, vermutlich spielen beide Aspekte eine Rolle.

### **3. Adspektorische Beurteilung des Klauenpflegezustandes**

Die Mehrzahl der befragten Landwirte (88,4%) führte ein oder zweimal im Jahr eine funktionelle Klauenpflege auf Herdenebene durch, dabei wurde diese in knapp über der Hälfte der Fälle vom Landwirt selbst vorgenommen. In gut 40 % der Fälle beauftragte er damit einen Berufsklauenpfleger. Eine vom LFL Bayern in Zusammenarbeit mit dem LKV Bayern durchgeführte Umfrage in 4665 bayerischen Milchviehbetrieben zeigte, dass 35 % der Betriebe einmal im Jahr eine Klauenpflege durchführten, 14,8 % ein- bis zweimal, 23,3 % zweimal pro Jahr, 2,7 % mehr als zweimal jährlich und 24,3 % dies nicht in regelmäßigen Abständen taten (MACUHOVA et al., 2005). Mit 5,8 % gaben in vorliegender Untersuchung deutlich weniger Landwirte an eine Klauenpflege auf Herdenebene nur in unregelmäßigen Abständen durchzuführen. Möglicherweise hat sich das Bewusstsein der Wichtigkeit der funktionellen Klauenpflege für die Klauengesundheit der Milchkuh in den letzten Jahren weiter verbessert. Eine Ursache kann aber auch eine mögliche Verschlechterung der Klauengesundheit in Herden mit unregelmäßiger Klauenpflege sein, die die Anwendung der funktionellen Klauenpflege in regelmäßigen Abständen zwingend erforderlich machte. Älteren Empfehlungen zur Häufigkeit der Durchführung der Klauenpflege liegen bei ein- bis zweimal pro Jahr (TOUSSAINT RAVEN, 1989; SHEARER und VAN AMSTEL, 2001). Aktuellere Empfehlungen gehen von mindestens zweimal jährlich aus (KREMER, 2006; FIEDLER, 2012). Die erste Klauenpflege sollte um den Zeitpunkt der Zuchtreife stattfinden (KOFLER et al., 2011; FIEDLER, 2012). Korkenzieherklauen sollten alle drei bis vier Monate einer funktionellen

Klauenpflege unterzogen werden (VAN AMSTEL et al., 2002).

Verschiedene Untersuchungen stellten an Rinderklauen ein Hornwachstum zwischen 4 mm und 7,5 mm pro Monat fest. Der Abrieb lag zwischen 1,3 mm und knapp 7 mm pro Monat (VERMUNT und GREENOUGH, 1995). In vorliegender Untersuchung wurde bei ca. 70 % der untersuchten Gliedmaßen keine Hohlkehlung oder ein zugewachsener Zwischenklauenspalt festgestellt. BURGI und COOK (2008) notierten bei über 80 % der in einem Schlachthof gewonnenen Klauen mit Spuren einer Klauenbearbeitung durch Klauenmesser oder Winkelschleifer keine ausreichend ausgebildete Hohlkehlung. Ein Grund könnte ein zu langes Klauenpflegeintervall oder eine unzureichend angelegte Hohlkehlung während regelmäßiger Intervalle sein. Zu bedenken ist, dass das Horn der Hohlkehlung einem sehr geringen bis keinem Abrieb unterliegt bis es das Niveau der Sohlenfläche erreicht hat. Es hat somit das größte Nettowachstum. Daher besteht die Möglichkeit, dass es trotz Berücksichtigung der empfohlenen Pflegeintervalle und richtigem Anlegen der Hohlkehlung während der Klauenpflege zu einem recht schnellen Verschwinden der Hohlkehlung kommt. Unter Umständen könnte es daher empfehlenswert sein, zwischen zwei routinemäßigen Klauenpflegeintervallen die Hohlkehlung erneut anzulegen um die Lederhaut gegenüber dem Tuberculum flexorium zu entlasten und dem Auftreten von Rusterholzschens Sohlengeschwüren vorzubeugen.

Bei ca. 15 % der Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen wurden mittelgradige bis hochgradige Mengen von Zerfallshorn an der Sohlenfläche festgestellt. Als Zerfallshorn wurde älteres, trockenes, in Schuppen liegendes Sohlenhorn bezeichnet. Eine Verlängerung der Dorsalwand zeigten 33,8 % der Vordergliedmaßen und 26,2 % der Hintergliedmaßen. BURGI und COOK (2008) fanden bei 20 % der untersuchten Gliedmaßen mit Spuren einer Klauenbearbeitung und bei 30 % ohne diese Anzeichen eine verlängerte Dorsalwand vor. Normalerweise sollte der Abrieb und das Wachstum des Klauenhorns in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen (VERMUNT und GREENOUGH, 1995). Ist dies nicht der Fall, entweder weil der Abrieb zu gering oder das Klauenwachstum zu groß ist, kommt es zu einer Verlängerung der Klaue und einer Zunahme des Sohlenhorns. Dies sollte mit Hilfe der funktionellen Klauenpflege korrigiert werden (MAIERL, 2004). In

Fällen, in denen dies unterbleibt, kann eine verlängerte Dorsalwand zu einer Verlagerung der Belastung in Richtung Ballen (TOUSSAINT RAVEN, 1989; VAN AMSTEL und SHEARER, 2001) führen. Dies kann das Risiko für Milchkühe an Sohlengeschwüren zu erkranken erhöhen (KREMER, 2006).

37,5 % der Klauen der Hintergliedmaßen zeigten eine mittelgradig bis hochgradig zu niedrige Tracht. An den Vordergliedmaßen war dies nur in 3 % der Fälle zu beobachten. Außerdem zeigten 15 % der Vordergliedmaßen eine erhöhte Tracht und nur bei 7 % der Hintergliedmaßen war dies der Fall. SHEARER und VAN AMSTEL (2001) vermuteten, dass eine niedrige Tracht das Ergebnis unterschiedlich starken Abriebs zwischen Ballenhorn und Horn an der Klauenspitze ist. Das weichere Ballenhorn zeigt stärkeren Abrieb. Dies resultiert in einer niedrigen Tracht und eine Verlängerung der Dorsalwand. Niedrige Trachten können auch die Folge falscher Klauenpflege sein. Entscheidend bei der Erhaltung einer ausreichenden Trachtenhöhe ist die keilförmige Bearbeitung der Sohle, dabei soll an der Klauenspitze mehr Horn als im Bereich des Ballens entfernt werden (TOUSSAINT RAVEN, 1985, 1989).

Physiologischerweise ist der Ballen der Klauen der Hintergliedmaße niedriger als der der Vordergliedmaße (SIGMUND et al., 2010) Dies könnte ein Grund für den festgestellten Unterschied zwischen Vordergliedmaße und Hintergliedmaße sein. Ähnlich wie SHEARER und VAN AMSTEL (2001) die Entstehung von niedrigen Trachten erklären, könnte der Unterschied zwischen Vordergliedmaße und Hintergliedmaße auch an unterschiedlich starkem Abrieb liegen. Horn mit einem höherem Feuchtigkeitsgrad unterliegt vermehrtem Abrieb (CAMARA, 1970). Insbesondere in der Anbindehaltung sind die Klauen der Vordergliedmaßen besser vor Kot und Urin geschützt, daher trockener und sollten somit einem geringeren Abrieb als die Klauen der Hintergliedmaßen unterliegen. Dieser geringere Abrieb könnte daher mit für die höheren Trachten an den Vordergliedmaßen verantwortlich sein.

Drei Viertel der Hintergliedmaßen zeigten einen Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue. An der Vordergliedmaße taten dies nur 45 %. In der Regel war sowohl an der Vordergliedmaße als auch an der Hintergliedmaße die Außenklaue die höhere. An den Vordergliedmaßen war die Außenklaue ebenfalls signifikant öfter die höhere Klaue, jedoch war der

Unterschied nicht so deutlich wie an der Hintergliedmaße. Ferner war der Höhenunterschied an den Vordergliedmaßen zu 75 % geringgradiger Natur. BURGI und COOK (2008) stellten bei über 75 % der untersuchten Hintergliedmaßen einen Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares fest.

Die Außenklaue der Hintergliedmaße wird stärker belastet (OSSENT et al., 1987). Dafür ist der Gang des Rindes verantwortlich (SCHMID et al., 2009), außerdem der angeborene Längenunterschied zwischen dritter und vierter Zehe, der an der Hintergliedmaße stärker ausgeprägt ist als an der Vordergliedmaße (NACAMBO et al., 2007; SCHWARZMANN et al., 2007). Diese Mehrbelastung, so vermutet TOUSSAINT RAVEN (1989), führt zu einem Wachstumsreiz an der Außenklaue und resultiert so in dem festgestellten Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue. Die geringere Belastung der Innenklaue könnte zu einem geringeren Hornwachstum im Sinne einer Entlastungsatrophie führen. Dies könnte mit zur Entwicklung eines Höhenunterschiedes beitragen. Der geringere Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue an der Vordergliedmaße im Vergleich zur Hintergliedmaße und die Tatsache, dass auch die Innenklaue in einigen Fällen die höhere der beiden Klauen war, liegt vermutlich daran, dass die Verteilung der Belastung zwischen Innenklaue und Außenklaue an der Vordergliedmaße ausgeglichener ist. Belastungsmessungen zeigen, dass die Innenklauen der Vordergliedmaßen im Gehen gleichmäßig belastet werden (VAN DER TOL et al., 2003). Eine Ursache dafür könnte die federnde, bindegewebige Aufhängung der Vordergliedmaße am Rumpf sein (SIGMUND, 2009).

In vorliegender Untersuchung wurden bei 12 % der Vordergliedmaßen und 9 % der Hintergliedmaßen Klauendeformationen wie Pantoffelklauen, Scherenklauen, Schnabelschuhklauen oder Korkenzieherklauen gefunden. SCHNEIDER (1980) registrierte bei 17 % der untersuchten Tiere Scherenklauen. Während der Beurteilung der Klauenform von 1938 Milchkühen der Rasse DFV in Bayern, stellte BAUMGARTNER (1988) bei 13,6 % der Tiere geringgradige bis hochgradige Pantoffelklauen fest. Ursache ist zum großen Teil eine Vernachlässigung der regelmäßigen Klauenpflege (SCHLEITER und GÜNTHER, 1967). Bei der Entstehung von Korkenzieherklauen spielt aber auch eine geringe erbliche Komponente eine Rolle ( $h = 0,05$ ) (VAN AMSTEL und SHEARER, 2001; VAN AMSTEL et al.,

2002).

Die große Anzahl behandlungswürdiger Klauenerkrankungen und die bei 16 % der Hintergliedmaßen und 10 % der Vordergliedmaßen festgestellte fehlerhaft durchgeführte funktionelle Klauenpflege in Verbindung mit einer zum Teil nicht ausreichenden Behandlung bestehender Klauenerkrankungen lässt auf einen weiterhin vorhandenen Schulungsbedarf bei Landwirten und Klauenpflegern, bezüglich der Durchführung einer optimalen Klauenpflege und Klauenbehandlung schließen. Dies wird auch durch den hohen Anteil (54%) von Tieren deutlich, die einen von der Norm abweichenden Pflegezustand der Klauen aufwiesen. In einigen Fällen könnte die falsche Klauenpflege oder eine nicht ausreichende Behandlung bestehender Klauenerkrankungen zu einer Verkomplizierung dieser Veränderungen geführt haben, die dann zur Abschaffung des Tieres beigetragen haben dürfte. Dabei ist erwähnenswert, dass 8,3 % der Tiere eine komplizierte Klauenerkrankung zeigten.

Die Hintergliedmaßen waren, im Vergleich zu den Vordergliedmaßen, in einem signifikant schlechteren Pflegezustand. Dieser Schluss wurde zum einen aus der weniger guten Klauengesundheit der Hintergliedmaßen, die bei der Einschätzung des Pflegezustandes Berücksichtigung fand, gezogen, und zum anderen wiesen die Hintergliedmaßen, wie bereits erklärt, den wesentlich ausgeprägteren Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares auf und zeigten deutlich häufiger als die Vordergliedmaßen eine zu niedrige Tracht.

Der Teil der untersuchten Tiere, der saisonal Weidezugang hatte, zeigte den signifikant besseren Klauenpflegezustand, ebenso wie Kühe aus ökologischer Haltung, die im Vergleich zu Tieren aus konventioneller Haltung signifikant häufiger Weidegang hatten. Weidehaltung scheint der natürlichen Umwelt von Wiederkäuern am ehesten zu entsprechen, da Wiederkäuer in freier Wildbahn offensichtlich keine Klauenpflege benötigen. Untersuchungen an Schottischen Hochlandrindern zeigten, dass die Klauen dieser Tiere nach der Weideperiode zwar relativ lang waren, aber eine natürliche Hohlkehlung und eine Symmetrie zwischen Innenklaue und Außenklaue aufwiesen. Des Weiteren waren sie frei von Klauenerkrankungen. Eine Klauenpflege schien daher nicht nötig (NUSS, 2013). Diese bisher noch unveröffentlichten Ergebnisse von KOLP et al. (2013) wurden das erste Mal auf der Buiatrissima 2013 in Bern vorgestellt

(NUSS, 2013). TOUSSAINT RAVEN (1989) war der Meinung, dass die Klauen der Vordergliedmaßen bei ausreichendem Weidegang selbstpflegend sind. Ab einer gewissen Überschreitung der optimalen Dorsalwandlänge bricht diese von selbst ab, nachdem sich altes Sohlenhorn gelöst hat. Des Weiteren verhindert das Einsinken der Außenklaue der Hintergliedmaße in den Weideboden eine Mehrbelastung dieser und schützt somit wirkungsvoll vor einer belastungsinduzierten Hypertrophie und einem sich daraus entwickelnden Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares (TOUSSAINT RAVEN, 1989).

Da die Klauengesundheit bei der Einschätzung des Klauenpflegezustandes Berücksichtigung fand, resultiert der beobachtete bessere Pflegezustand der Klauen der Tiere mit Weidegang zum Teil auch aus der beschriebenen höheren Klauengesundheit der Kühe mit Weidehaltung. Weitere Untersuchungen bestätigen die bessere Klauengesundheit im Zusammenhang mit Weidehaltung (SOMERS et al., 2003; HOLZHAUER et al., 2012).

Die Klauen von Milchkühen aus Anbindehaltung zeigten den schlechteren Klauenpflegezustand. Bei gleichem Klauenpflegeintervall wie im Laufstall könnte das höhere Nettowachstum der Klauen aufgrund des geringeren Abriebes für ein schnelleres Anwachsen der Klauen verantwortlich gewesen sein und somit zu einem schlechteren Pflegezustand dieser Klauen geführt haben. Die Klauen in Anbindehaltung könnten daher von einem kürzeren Klauenpflegeintervall profitieren. Die Empfehlungen zur Häufigkeit der funktionellen Klauenpflege in Anbindehaltung liegen bei mindestens zweimal jährlich (FIEDLER, 2012). Ferner fanden FJELDAAS et al. (2006) heraus, dass die Klauengesundheit in Anbindehaltung deutlich stärker von einer regelmäßigen Klauenpflege profitierte als sie es im Laufstall tat.

Milchkühe mit einer Läsion der Wand wiesen den signifikant schlechteren Klauenpflegezustand auf. Ebenso zeigten Tiere mit steigendem Grad chronischer Klauenreheveränderungen den schlechteren Klauenpflegezustand. Wie bereits erwähnt, nahm in vorliegender Untersuchung der Klauengesundheitszustand Einfluss auf die Bewertung des Klauenpflegezustandes. Da die Klauenrehe einen wichtigen auslösenden Faktoren bei der Entstehung von Sohlengeschwüren und Läsionen der Wand darstellt (LISCHER und OSSENT, 2002; MÜLLING, 2002), könnte dies eine Ursache für den vorgefundenen schlechteren Klauenpflegezustand der Kühe

mit starken chronischen Klauenreheveränderungen sein.

Ferner ist es möglich, dass der schlechte Klauenpflegezustand ursächlich an der Ausbildung chronischer Klauenrehe und Läsionen der Wand beteiligt war. Untersuchungen belegen den positiven Effekt der Klauenpflege auf die Klauengesundheit: So kann mit Hilfe der funktionellen Klauenpflege unter anderem das Risiko für die Entstehung von Sohlenhorneinblutungen, Fissuren oder Einblutungen in die Weiße Linie gesenkt werden (MANSKE et al., 2002b; FJELDAAS et al., 2006).

Die Berücksichtigung des Vorkommens von Klauenerkrankungen bei der Bewertung des Klauenpflegezustandes ist mit für den ermittelten schlechteren Pflegezustand der Klauen der Tiere über der zweiten Laktation verantwortlich. Diese Tiere zeigten in vorliegender Untersuchung auch signifikant häufiger Rusterholzsche Sohlengeschwüre, Steingallen und Läsionen der Wand.

### **3.1. Objektivierung der adspektorischen Beurteilung des Klauenpflegezustandes**

Der Pflegezustand der Klauen wurde mit Hilfe acht verschiedener Kriterien adspektorisch eingeschätzt. Ziel war es den Klauenpflegezustand mit Hilfe von Klauenmessungen zu objektivieren. Drei Beurteilungskriterien erwiesen sich als geeignet den Pflegezustand objektiv zu beschreiben.

Die adspektorische Beurteilung der Länge der Dorsalwand korrelierte sowohl an der Vordergliedmaße als auch an der Hintergliedmaße mit der Stärke der Veränderung der Dorsalwandlänge durch die Klauenpflege. Dies bedeutet, dass sich die adspektorisch beurteilte Länge der Dorsalwand über den Mittelwert der Veränderung der Dorsalwandlänge durch die Klauenpflege objektivieren lässt.

Der im Rahmen der Beurteilung des Klauenpflegezustandes eingeschätzte Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares korrelierte an der Vordergliedmaße und an der Hintergliedmaße mit dem errechneten Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue. Damit kann der adspektorisch eingeschätzte Höhenunterschied über den errechneten Höhenunterschied objektiv beurteilt werden.

Ferner zeigten sich Zusammenhänge zwischen der Veränderung der Klauenlänge und dem Vorhandensein von Klauendeformationen. Die adspektorische Einschätzung des Vorhandenseins einer Klauendeformation kann über die Veränderung der Klauenlänge durch die Klauenpflege ebenso beschrieben werden.

Die übrigen fünf Beurteilungskriterien zeigten keine signifikanten Korrelationen ausreichender Stärke zu den Messwertveränderungen durch die Klauenpflege, zum Verhältnis von Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe an Innenklaue oder Außenklaue oder zum errechneten Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares. Dies könnte daran liegen, dass einige Beurteilungskriterien nicht durch Messwertveränderungen oder dem Verhältnis von Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe beschreibbar sind. Sie repräsentieren aber dennoch ein geeignetes Kriterium zur Einschätzung des Pflegezustandes von Rinderklauen repräsentieren.

Andererseits ist es denkbar, dass Kriterien, die sich nicht durch Messwertveränderungen beschreiben lassen, kein geeignetes Kriterium zur Beurteilung des Klauenpflegezustandes darstellen.

Ferner ist es möglich, dass die Stärke der Veränderung von Messwerten keine Einschätzung über den Pflegezustand der Klauen zulässt, da auch Klauen, an denen wenig Horn entfernt werden kann oder muss, einen schlechten Klauenpflegezustand aufweisen könnten. Abrasive Böden führen zu einer geringeren Verlängerung der Dorsalwand zwischen zwei Klauenpflegeterminen im Vergleich zu Gummiböden (KREMER et al., 2007). In diesen Fällen ist die Veränderung der Messwerte bei der Klauenpflege eher gering. Dennoch kann der Pflegebedarf durch einen zugewachsenen Zwischenklauenspalt oder einen deutlichen Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue gegeben sein.

Außerdem fiel während der Untersuchung auf, dass nicht alle Klauen durch eine einmalige funktionelle Klauenpflege in ihren Normalzustand zurück zu versetzen sind. In diesen Fällen kann die Stärke der Messwertveränderungen den Abstand von Istzustand zu Sollzustand nicht abbilden, da der Sollzustand nicht hergestellt werden konnte.

Die Berechnungen mit den Mittelwerten der prozentualen Veränderung der

Messwerte durch die Klauenpflege ergaben, bis auf eine Ausnahme, die gleichen Ergebnisse bezüglich der Objektivierung des Klauenpflegezustandes wie die Berechnung mit den Absolutwerten. Es stellte sich heraus, dass Klauen mit einer Klauendeformation signifikant stärkere prozentuale Veränderungen der Ballenlänge durch die Klauenpflege zeigten als Klauen ohne eine Deformation. Die Ursache dieses Ergebnisses ist, dass die Ausgangswerte der Ballenlänge recht geringe Beträge von 50,6 mm bis 65,7 mm annahmen. Der Wert der prozentualen Veränderung somit einen wesentlich höheren Betrag darstellt als der Absolutwert der Veränderung.

#### **4. Klauenerkrankungen**

Bei der Tatsache, dass nur drei der 120 untersuchten Tiere keine sichtbaren Erkrankungen der Klauen zeigten und 37,5 % entweder ein Sohlengeschwür oder eine Läsion der Wand aufwiesen, muss berücksichtigt werden, dass alle untersuchten Tiere Schlachtkühe waren und bei 19,3 % dieser Milchkühe Erkrankungen von Klauen oder Gliedmaßen einer Rolle bei der Entscheidung zur Abschaffung des Tieres spielten.

Erkrankungen wie Läsionen der Wand, Doppelsohlen, Steingallen und Sohlengeschwüre wurden signifikant häufiger an den Hintergliedmaßen als an den Vordergliedmaßen beobachtet. Genauso wurde dies für Schwellungen des Kronsaums festgestellt. Diese Unterschiede zwischen Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen fanden auch andere Untersucher (MURRAY et al., 1996; MANSKE et al., 2002a; CRAMER et al., 2008).

Das Vorkommen von chronischer Klauenrehe und Sohlenhorneinblutungen war an der Hintergliedmaße ebenfalls deutlich ausgeprägter. Ein gehäuftes Vorkommen von Sohlenhorneinblutungen an der Hintergliedmaße wurde auch in anderen Studien beobachtet (ANDERSSON und LUNDSTRÖM, 1981; FJELDAAS et al., 2007; CRAMER et al., 2008). ANDERSSON und LUNDSTRÖM (1981) konnten bezüglich chronischer Klauenrehe keinen signifikanten Unterschied zwischen Vorder- und Hintergliedmaße feststellen. Die Ursache für die deutlichen Unterschiede in der Erkrankungshäufigkeit zwischen der Vordergliedmaße und der Hintergliedmaße bei Milchkühen könnte die stärkere Belastung der Hintergliedmaße im Vergleich zur Vordergliedmaße sein. Das Gewicht des Euters bedingt eine Verlagerung des

Körperschwerpunktes nach kaudal (CHAPINAL et al., 2009). Des Weiteren unterscheidet sich die Aufhängung am Rumpf zwischen der Vordergliedmaße und der Hintergliedmaße. Die Vordergliedmaße ist elastisch durch Bindegewebe und Muskulatur mit dem Rumpf verbunden, die Hintergliedmaße hingegen relativ starr über ein Kugelgelenk. Die Klauen der Hintergliedmaßen könnten, im Gegensatz zur Vordergliedmaße, aber auch aufgrund ihrer anatomischen Struktur anfälliger für Klauenerkrankungen sein. SIGMUND (2009) vermutete, diese erhöhte Anfälligkeit beruhe auf dem spitzeren Dorsalwandwinkel der Hintergliedmaße. Ferner ist der angeborene Längenunterschied zwischen dritter und vierter Zehe an der Hintergliedmaße ausgeprägter als an der Vordergliedmaße (SCHWARZMANN et al., 2007). Vorliegende Untersuchung zeigt auch, dass die Außenklaue der Hintergliedmaße signifikant häufiger als die Innenklaue der Hintergliedmaße erkrankt. Diese Beobachtung deckt sich mit anderen Untersuchungen (ANDERSSON und LUNDSTRÖM, 1981; MURRAY et al., 1996). TOUSSAINT RAVEN (1985) machte die stärkere Belastung der oftmals höheren Außenklaue im Vergleich zur Innenklaue für ihre Prädisposition für Klauenerkrankungen verantwortlich. OSSENT et al. (1987) bewiesen diese Mehrbelastung mit Hilfe einer Kraft-Messplatte. BRYAN et al. (2012) stellten fest, dass Milchkühe mit geringem Höhenunterschied zwischen Innen- und Außenklaue an der Hintergliedmaße weniger häufig lahm gehen als Tiere mit größerem Höhenunterschied. Ursache für diese Mehrbelastung der Außenklaue ist zum einen der Gang des Rindes. Die Außenklaue fußt stets zuerst (SCHMID et al., 2009). Zum anderen ist dies auf den angeborenen Längenunterschied zwischen der dritten und vierten Zehe zurückzuführen (SCHWARZMANN et al., 2007).

An der Vordergliedmaße wurden ebenfalls Unterschiede in der Häufigkeit des Vorkommens von Doppelsohlen und Steingallen zwischen Innenklaue und Außenklaue gefunden. Die Innenklaue war signifikant häufiger betroffen. Die Innenklaue der Vordergliedmaße war ebenso signifikant häufiger von Sohlenhorneinblutungen und einer Krümmung der Dorsalwand betroffen. Untersuchungen zur Druckverteilung während des Stehens zeigten, dass die Innenklaue der Vordergliedmaße stärker belastet ist (VAN DER TOL et al., 2002). Obwohl die Außenklaue der Vordergliedmaße beim Gehen zuerst fußt

(SCHMID et al., 2009), ist die Druckverteilung während der Bewegung gleichmäßig zwischen Innen- und Außenklaue verteilt (VAN DER TOL et al., 2003). SIGMUND (2009) vermutete, die Mehrbelastung der Innenklaue der Vordergliedmaße während des Stehens könnte in der zehenweiten Stellung im Schultergürtelbereich begründet liegen. Außerdem nahm er an, dass die breitbeinige Stellung am Futtertisch, im Vergleich zur diagonal versetzten Gliedmaßenstellung beim Fressen auf der Weide, zu einer Lastverlagerung auf die Innenklaue führen könnte.

#### **4.1. Sohlenhorneinblutungen, chronische Klauenreheveränderungen und Doppelsohlen**

In vorliegender Untersuchung zeigten 35,8 % der Tiere mittelgradige, 26,7 % hochgradige und der restliche Teil der untersuchten Milchkühe keine oder nur geringgradige Sohlenhorneinblutungen. MAIER (2006) stellte bei 66,5 % bis 78,9 % der 839 untersuchten Milchkühe Einblutungen in das Sohlenhorn fest. Ähnliche Prävalenzen von 60 % fanden ANDERSSON und LUNDSTRÖM (1981) bei einer Untersuchung an schwedischen Schlachtkühen. SCHOPKE et al. (2013) ermittelten in einer Studie in Deutschland Prävalenzen von 57,3 %. CRAMER et al. (2008) dokumentierten ein deutlich geringeres Vorkommen von Sohlenhorneinblutungen, das zwischen 7,1 % in Anbindehaltung und 11,1 % in Laufstallhaltung lag. Auch HEINZ et al. (2011) fanden geringe Prävalenzen zwischen 8,1 % und 26,6 %. Die Ätiologie der Klauenrehe ist multifaktoriell (GREENOUGH und WEAVER, 1997). Außerdem ist die Dokumentation der Veränderungen nicht einheitlich (CRAMER et al., 2008). Dies könnten Gründe für die deutlichen Prävalenzunterschiede sein.

An einer Doppelsohle waren 17,5 % der geschlachteten Milchkühe erkrankt. KOFLER et al. (2011) untersuchten die Klauen von 139 Färsen und fanden bei 47,5 % dieser Tiere meist milde Formen einer Doppelsohle, d.h. mit einer Ausdehnung kleiner als 1,5 cm. In Dänemark stellten CAPION et al. (2008a) bei 6 % der Tiere diese Erkrankung fest. Andere Untersuchungen gaben geringere Prävalenzen von 2,8 % (FJELDAAS et al., 2011) oder 3,3 % (MANSKE et al., 2002a) an. Die deutlich voneinander abweichenden Ergebnisse könnten zum großen Teil in der unterschiedlichen Dokumentation der Erkrankung begründet liegen.

34,2 % der Klauen der untersuchten Tiere wiesen mittelgradige oder hochgradige chronische Klauenreheveränderungen auf. ANDERSSON und LUNDSTRÖM (1981) stellten bei 4,2 % der untersuchten schwedischen Schlachtkühe chronische Klauenrehe fest. KUJALA et al. (2004) dokumentierten dies zusammen mit Sohlenhorneinblutungen bei 25,9 % der Tiere. Eine Untersuchung an 22454 Kühen fand bei 3,8 % der Tiere chronische Klauenrehe (HOLZHAUER et al., 2008). Die Ergebnisse von KOFLER et al. (2011) bei österreichischen Färsen lagen mit 15,1 % etwa in der Mitte.

Tiere mit chronischen Klauenreheveränderungen und Sohlenhorneinblutungen litten signifikant häufiger an Rusterholzschon Sohlengeschwüren und Klauensohlengeschwüren in atypischer Lage. Genauso zeigten Kühe mit chronischer Klauenrehe vermehrt Ballenhornfäule. Ebenfalls wiesen Tiere mit Doppelsohlen vermehrt Steingallen und Läsionen der Wand auf. Eine Reihe von Untersuchungen bestätigten das häufig gemeinsame Auftreten dieser Erkrankungen (ANDERSSON und LUNDSTRÖM, 1981; LISCHER, 2000; MANSKE et al., 2002a; HOLZHAUER et al., 2008; KUJALA et al., 2009; KOFLER et al., 2011). Diese Ergebnisse unterstützen die Theorie einer gemeinsamen Ursache. Die Klauenrehe stellt einen wichtigen Ausgangspunkt für weitere Klauenerkrankungen dar. Durch Veränderungen an der dermal-epidermalen Grenze in der Klaue infolge der Klauenrehe, kommt es zum Absinken des Klauenbeins (OSSENT und LISCHER, 1998). Aufgrund dieser Veränderungen komprimieren Knochenvorsprünge des Klauenbeins die Lederhaut verstärkt. Sohlengeschwüre und Läsionen der Wand können entstehen (LISCHER und OSSENT, 2002; MÜLLING, 2002). Die erhöhte Anfälligkeit gegenüber Ballenhornfäule im Zuge von Klauenreheerkrankungen wird mit der Tatsache erklärbar, dass Horn, welches während einer Klauenrehephase gebildet wird, von schlechterer Qualität ist und somit auch anfälliger für Faktoren, die zur Entstehung von Ballenhornfäule führen (GREENOUGH und VERMUNT, 1991).

Der Teil der untersuchten Tiere, der chronische Klauenreheveränderungen zeigte, war signifikant älter und in einer höheren als der zweiten Laktation. FJELDAAS et al. (2007) stellten bei alten und mittelalten Schlachtrindern vermehrt Klauenreheassoziierte Erkrankungen fest. An chronischer Klauenrehe leidende Klauen zeigen typische Veränderungen, welche auf immer

wiederkehrende Rehephasen zurückzuführen sind (GREENOUGH und WEAVER, 1997; OSSENT und LISCHER, 1998). Ältere Tiere und Tiere in höheren Laktationen waren in ihrem Leben bereits öfter Risikophasen (OSSENT und LISCHER, 1998) ausgesetzt als jüngere Tiere oder Tiere in der ersten oder zweiten Laktation.

Milchkühe mit Weidezugang zeigten weniger chronische Klauenreheveränderungen als Tiere ohne diese Möglichkeit. Untersuchungen bestätigen, dass harte Laufflächen das Risiko an subklinischer Klauenrehe zu erkranken, erhöhen (BERGSTEN, 2003) und Stallböden mit Gummiauflage vor dieser Veränderung schützen (KREMER et al., 2007). Des Weiteren sind die Liegezeiten von Milchkühen auf der Weide signifikant höher als im Stall (WARD, 1994). Verlängerte Standzeiten sind mit einem erhöhten Vorkommen von Sohlenhorneinblutungen assoziiert (LEONARD et al., 1996; DIPPEL et al., 2011). Dies kann das geringere Vorkommen chronischer Klauenrehe in der Gruppe der Kühe mit Weidehaltung erklären. Genauso erklärt es auch das geringere Vorkommen von chronischer Klauenrehe in der Gruppe der Kühe aus ökologischer Haltung. Diese Tiere wurden in vorliegender Untersuchung saisonal signifikant häufiger auf der Weide gehalten.

Es wurden signifikante Rasseunterschiede im Vorkommen von chronischen Klauenreheveränderungen und im Vorkommen von Sohlenhorneinblutungen gefunden. Milchkühe der Rasse BV zeigten signifikant stärkere Anzeichen mittelgradiger oder hochgradiger chronischer Klauenrehe im Vergleich zu Tieren der Rassen DFV und HF. Im Gegensatz dazu wiesen Braunviehkühe signifikant geringere Sohlenhorneinblutungen im Vergleich zu Kühen der Rasse DFV auf. Andere Untersuchungen stellten meist bei HF Kühen die stärksten Sohlenhorneinblutungen fest (ANDERSSON und LUNDSTRÖM, 1981; VAARST et al., 1998; KUJALA et al., 2010). Die typischen Merkmale chronischer Klauenrehe spiegeln mehrere aufeinanderfolgende Klauenreheschübe wider (GREENOUGH und WEAVER, 1997). Daher sollte man annehmen, Tiere mit chronischer Klauenrehe zeigen auch stärkere Sohlenhorneinblutungen. Zwei Erklärungen der Ergebnisse sind denkbar: Zum einen kann die Diagnose von Sohlenhorneinblutungen durch die starke Pigmentation des Klauenhorns bei Braunviehkühen erschwert worden sein und daher wurde das Vorkommen von Sohlenhorneinblutungen unterschätzt. Zum

anderen könnten Anzeichen chronischer Klauenrehe noch gut sichtbar gewesen sein, obwohl der letzte Klauenreheschub schon länger zurücklag. Zum Zeitpunkt der Untersuchung waren daher keine Sohlenhorneinblutungen mehr feststellbar. Der Grund, warum Braunviehkühe in dieser Untersuchung die stärksten Anzeichen chronischer Klauenrehe zeigten, könnte daran liegen, dass kein einziges dieser Tiere aus ökologischer Haltung stammte diese Form der Haltung in vorliegender Untersuchung mit weniger chronischer Klauenrehe assoziiert waren.

Milchkühe mit hochgradigen Sohlenhorneinblutungen zeigten ein signifikant geringeres Schlachtkörpergewicht als Kühe mit mittelgradigen Sohlenhorneinblutungen. Eine Erklärung könnte sein, dass Tiere mit hochgradigen Sohlenhorneinblutungen stärker oder überhaupt lahm gehen als Tier mit mittelgradigen Sohlenhorneinblutungen. Diese Tiere hatten auch häufig ein Rusterholzsches Sohlengeschwür. Dies ist eine Erkrankung die oft für Lahmheiten verantwortlich ist (MURRAY et al., 1996). Während einer Lahmheitsperiode verliert die Milchkuh durchschnittlich ca. 60 kg Lebendgewicht (ALAWNEH et al., 2012a). Der Verlust von Körpergewicht könnte der Entwicklung von hochgradigen Sohlenhorneinblutungen aber auch zuvor gekommen sein. BICALHO et al. (2009) zeigte, Kühe mit einem geringen BCS haben das dünnere Ballenfettpolster und signifikant häufiger Sohlengeschwüre als Tiere mit höherem BCS.

In vorliegender Untersuchung wurde bei der Beurteilung der Krümmung der Dorsalwand zwischen konvexer und konkaver Krümmung unterschieden. An der Vordergliedmaße zeigten 11 % der Außenklauen und 5 % der Innenklauen eine konvexe Krümmung. An der Hintergliedmaße zeigten 10 % der Außenklauen und 43,3 % der Innenklauen eine konvexe Krümmung. Aus der Literatur sind keine Untersuchungen bekannt, die ähnliche Beobachtungen machten. Anzumerken ist, dass diese konvexen Krümmungen im Wesentlichen geringgradiger Natur waren. Eine konvexe Krümmung schien eher bei Klauen aufzutreten, die wenig oder keine chronische Rehe zeigten ( $p = 0,037$ ). Genauso wurde an Klauen, bei denen die Länge der Dorsalwand als passend eingeschätzt wurde, häufiger eine konvexe Krümmung gefunden als bei Klauen mit verlängerter Dorsalwand ( $p = 0,003$ ). Auffällig ist, dass die Innenklaue der Hintergliedmaßen prädisponiert zu sein scheint. Die geringere Stärke der

Belastung unterscheidet die Innenklaue der Hintergliedmaße von den anderen Klauen eines Tieres. An Klauenpaaren mit großem Höhenunterschied wurden häufiger Klauen mit konvexer Krümmung vorgefunden ( $p = 0,010$ ). Möglicherweise ist die konvexe Krümmung ein Zeichen einer Entlastungsatrophie.

#### **4.2. Dermatitis digitalis und Dermatitis interdigitalis**

In vorliegender Studie wurde bei 10,8 % der Tiere Dermatitis digitalis an mindestens einer Klaue festgestellt. Ein ähnlich ausgeprägtes Vorkommen von 8,6 % wurde in Österreich gefunden (KOFILER et al., 2011). HULEK et al. (2010) dokumentierten bei 12,1 % der 199 Färsen Veränderungen in Form von Dermatitis digitalis. PIJL und SWALVE (2006) fanden Prävalenzen von 20,8 %, und HEINZ et al. (2011) ermittelten, abhängig von Herde und Jahr, Vorkommen zwischen 2,3 % und 60 %. Dermatitis digitalis ist eine Infektionskrankheit, die durch eine feuchte, unhygienische Umgebung begünstigt wird. Ausbrüche werden meist in Laufstallhaltung beobachtet (GREENOUGH und WEAVER, 1997). In Abhängigkeit von Betriebshygiene und Erregerverbreitung kommen daher unterschiedliche Prävalenzen zustande. Bei der Verhinderung von Dermatitis digitalis kommt einer sauberen und hygienischen Aufstallung eine bedeutende Rolle zu (HULTGREN und BERGSTEN, 2001). Dies wird durch die in Anbindehaltung stets niedrigeren Prävalenzen, von Dermatitis digitalis im Vergleich zur Laufstallhaltung (MANSKE et al., 2002a; KUJALA et al., 2004) und die geringeren Prävalenzen dieser Erkrankung in Zusammenhang mit Weidehaltung (HAUFE et al., 2012) deutlich. Signifikant häufiger trat Dermatitis digitalis an der Hintergliedmaße auf. Diese Beobachtung wurde auch in anderen Studien gemacht (MANSKE et al., 2002a; SOGSTAD et al., 2005a; CRAMER et al., 2008). Ursache dafür ist der meist stärkere Verschmutzungsgrad der Klauen der Hintergliedmaße. Darüber hinaus ist der Ballen der Vordergliedmaße höher als der der Hintergliedmaße (PAULUS, 2004; SIGMUND et al., 2010) und somit besser vor Verschmutzungen und Bodenkontakt geschützt. Bei Kühen mit Dermatitis digitalis lag die letzte Abkalbung zum Zeitpunkt der Schlachtung signifikant weniger lang zurück als bei Tieren ohne diese Veränderung. Mehrere Autoren beschreiben ähnliche Zusammenhänge zum Laktationsstadium (HOLZHAUER et al., 2006; BARKER et al., 2009;

CAPION et al., 2009). Die Ursache für das vermehrte Auftreten dieser Erkrankung während der Hochlaktation, die auch HOLZHAUER et al. (2006) postulierten, könnte die aufgrund der höchsten Milchleistung in dieser Phase der Laktation verminderte Abwehrkraft der Milchkuh sein.

Dermatitis interdigitalis wurde bei 7,5 % der untersuchten Kühe diagnostiziert. MAIER (2006) stellte bei ca. 25 % der Herde Veränderungen in Form von Dermatitis interdigitalis fest. SCHOPKE et al. (2013) fand genau wie in der vorliegenden Untersuchung bei 7,9 % der Tiere diese Veränderung. Auch PIJL und SWALVE (2006) stellten ähnliche Prävalenzen von 10,5 % fest. Die Pathogenese der Dermatitis interdigitalis gleicht der der Dermatitis digitalis (FIEDLER et al., 2004).

#### **4.3. Ballenhornfäule**

An Ballenhornfäule waren 69,2 % der geschlachteten Milchkuhe erkrankt. Eine 2012 veröffentlichte Studie stellte in 35 Schweizer Milchkuhherden je nach Art des Stallbodens Prävalenzen von Ballenhornfäule zwischen 49 % und 67 % fest (HAUFE et al., 2012). Eine weitere Untersuchung an Milchkuhen in der Schweiz fand nur bei 13,6 % der Tiere Ballenhornfäule (BIELFELDT et al., 2005). Capion et. al. ermittelten 2008 während der Untersuchung von 6240 dänischen Holstein Friesian Milchkuhen bei 54 % Ballenhornfäule. MANSKE et al. (2002a) trafen diese Erkrankung in Schweden bei 41 % der 4899 untersuchten Milchkuhe an. Wesentlich geringere Prävalenzen von 8,3 % bzw. 8.4 % wurden in den USA bei 13560 Milchkuhen beschrieben (CRAMER et al., 2008). Auch in einer norwegischen Untersuchung an 2709 Milchkuhen lagen die Prävalenzen der Ballenhornfäule mit 18,1 % deutlich darunter (FJELDAAS et al., 2011). Unterschiede können in der Art der Dokumentation dieser Veränderungen begründet sein, so werden teilweise bereits oberflächliche Hornveränderungen dokumentiert (HAUFE et al., 2012), in anderen Untersuchungen hingegen erst V-förmige Furchen als Ballenhornfäule bewertet (FJELDAAS et al., 2011). Darüber hinaus wurden die Klauenerkrankungen in einigen Studien von den Autoren (MANSKE et al., 2002a) selbst und in anderen Untersuchungen von Berufsklauenpflegern dokumentiert (BIELFELDT et al., 2005; CRAMER et al., 2008).

In der Gruppe der geschlachteten Milchkuhe aus ökologischer Haltung wurden

signifikant mehr Tiere mit Ballenhornfäule gefunden als in der Gruppe aus konventioneller Haltung. Bei der Entstehung von Ballenhornfäule kommt einer unhygienischen und feuchten Umgebung eine wesentlich Rolle zu (GREENOUGH und WEAVER, 1997; HULTGREN und BERGSTEN, 2001; FIEDLER et al., 2004). Der stärkere Kontakt der Klauen mit dem Kot-Harn Gemisch im Laufstall im Vergleich zum Anbindestall wird als wichtige Ursache für die in dieser Haltungsform deutlich höheren Prävalenzen von Ballenhornfäule vermutet (KUJALA et al., 2004; SOGSTAD et al., 2005a). In der vorliegenden Untersuchung stammten Milchkühe aus ökologischer Haltung, im Vergleich zu denen aus konventioneller Haltung, signifikant häufiger aus einem Laufstall. Dieser Unterschied in der Art der Aufstallung könnte der Grund für die gemachte Beobachtung sein.

Weiterhin zeigten Rinder bei Weidehaltung aufgrund der meist besseren hygienischen Verhältnisse weniger Ballenhornfäule (HOLZHAUER et al., 2012). In der vorliegenden Untersuchung konnte dieser Effekt nicht bestätigt werden, im Gegenteil, Milchkühe aus ökologischer Haltung wurden saisonal signifikant häufiger auf der Weide gehalten, zeigten aber dennoch die höheren Prävalenzen von Ballenhornfäule. 66 % der Tiere aus ökologischer Haltung wurden im zweiten Probenahmezeitraum in die Untersuchung aufgenommen, das heißt im Winterhalbjahr während der Stallhaltungsperiode. Die positiven Effekte des Weidegangs auf das Vorkommen von Ballenhornfäule könnten dadurch zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht mehr nachweisbar gewesen sein.

Ferner bestanden signifikante Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Ballenhornfäule und Rusterholzschon Sohlengeschwüren. Dies wurde auch in anderen Untersuchungen festgestellt (MANSKE et al., 2002a; CAPION et al., 2009). Eine Erklärung könnte sein, dass beide Erkrankungen durch einen niedrigen Ballen begünstigt werden. So führt dieser Zustand zu einer Verlagerung der Last in Richtung Ballen und somit zu einer stärkeren Belastung der Lederhaut gegenüber dem Ansatzpunkt der tiefen Beugesehne und in der Folge zu einem vermehrten Auftreten von Rusterholzschon Sohlengeschwüren (TOUSSAINT RAVEN, 1989). Dies erhöht gleichzeitig den Kontakt des Ballenhorns mit dem Stallboden und forciert damit die Einflüsse, welche zu einer Zersetzung des Ballenhorns führen.

TOUSSAINT RAVEN (1989) vermutete, dass die Entstehung der Ballenhornfäule der Entwicklung des Rusterholzschens Sohlengeschwüres auch voraus gehen kann. Die Schwächung des Ballenhorns führt zu einer verstärkten Belastung des ballenwärtigen Teils der Sohle. Zusätzlich komprimieren tiefe Furchen und Risse die Sohlenlederhaut in diesem Teil der Klaue. Diese Folgen der Ballenhornfäule könnten daher die Entstehung von Rusterholzschens Sohlengeschwüren begünstigen.

#### **4.4. Rusterholzsches Sohlengeschwür**

Während der Untersuchung der Unterfüße der 120 Milchkühe wurde bei 17,5 % der Tiere ein Rusterholzsches Sohlengeschwür und bei 28,3% eine Steingalle diagnostiziert. In einer Studie in Sachsen an 839 Holstein Friesian Milchkühen wurden ähnliche Prävalenzen zwischen 14 % und 24 % ermittelt (MAIER, 2006). In vergleichbaren Größenordnungen lagen die Ergebnisse von HEINZ et al. (2011) bei der Untersuchung von 3690 Milchkühen. Je nach Herde und Jahr der Untersuchung lagen die Prävalenzen hier zwischen 7,8 % und 24 %. SCHOPKE et al. (2013) fanden bei 7,1 % der 1962 erstlaktierenden Milchkühe Sohlengeschwüre. KOFLER et al. (2011) untersuchten 139 Färsen auf das Vorhandensein von Klauenerkrankungen und stellten bei lediglich 1,4 % der Tiere ein Sohlengeschwür fest. Diese im Vergleich zu anderen Untersuchungen recht niedrige Prävalenz erklärten sie mit der Überlegung, dass Färsen, im Vergleich zu laktierenden Tieren, einem wesentlich geringeren metabolischen Stress ausgesetzt sind. Deutlich niedrigere Vorkommen von 6,5 % ermittelten PIJL und SWALVE (2006) in einer Langzeitstudie an 14000 Milchkühen in Norddeutschland. Das Rusterholzsches Sohlengeschwür tritt vermehrt in Anbindehaltung auf (LISCHER, 2000; NUSS, 2013). Diese Form der Aufstallung ist in Bayern noch wesentlich verbreiteter als in Norddeutschland und könnte eine Ursache für diese Prävalenzunterschiede sein. LISCHER und OSSENT (2002) nahmen an, dass Kühe in Anbindehaltung ihr Gewicht abwechselnd von der einen auf die andere Gliedmaße verlagern und dies eher zu einer Belastung der axialen Anteile der Klaue führt und es daher zu einem vermehrten Vorkommen von Rusterholzschens Sohlengeschwüren kommt. Kühe im Laufstall belasten durch das Gehen, insbesondere bei dem durch das Euter bedingten eher breitbeinigen Gang, vermehrt die abaxialen Anteile der Klaue. Dies führt zu einem

vermehrten Vorkommen von Läsionen der Wand. Ein weiterer Grund für das häufigere Vorkommen von Rusterholzschen Sohlengeschwüren in Anbindehaltung könnte das Stehen der Tiere auf Gitterrostböden sein. Dies führt eher zu punktuellen Belastungen der Klauen, die eine Kompression der Lederhaut nach sich ziehen könnten und dies könnte zur Ausbildung von Sohlengeschwüren beitragen.

Kühe aus konventioneller Haltung zeigten signifikant häufiger Rusterholzsches Sohlengeschwüre als Tiere aus ökologischer Haltung. Im Vergleich dazu stellten EMANUELSON und FALL (2007) bei 3 % der Milchkühe aus ökologischer und bei 2 % der Milchkühe aus konventioneller Haltung ein Sohlengeschwür fest. Der Grund für diese Beobachtung könnte, wie weiter oben bereits beschrieben, in der unterschiedlichen Aufstallung begründet liegen. Kühe aus konventioneller Haltung stammten in vorliegender Untersuchung, im Gegensatz zu Kühen aus ökologischer Haltung, häufiger aus Anbindehaltung. Beachten sollte man jedoch, dass einige Untersuchungen signifikant weniger Sohlengeschwüre bei Milchkühen in Anbindehaltung im Vergleich zu Tieren aus Laufstallhaltung feststellten (SOGSTAD et al., 2005b; CRAMER et al., 2008). Kühe aus konventioneller Haltung litten in vorliegender Untersuchung signifikant stärker an chronischen Klauenreheveränderungen als Tiere aus ökologischer Haltung. Dies könnte eine weitere Ursache für das vermehrte Auftreten von Rusterholzsches Sohlengeschwüren in dieser Tiergruppe sein. Nach LISCHER und OSSENT (2002) ist die Entstehung von Rusterholzsches Sohlengeschwüren, durch das Absinken des Klauenbeins, eng an das Vorkommen von Klauenrehe gekoppelt.

Milchkühe mit einem Rusterholzsches Sohlengeschwür oder chronischer Klauenrehe stammten eher aus Herden mit hoher Leistung. Herden mit hoher Milchleistung haben wahrscheinlich höhere Kraftfutter- und Proteinanteile in ihren Rationen. Das Risiko an Sohlengeschwüren zu erkranken steigt mit hohem Kraftfutter- und hohem Proteinanteil in der Ration an (MANSON und LEAVER, 1988, 1989). Hohe Kraftfuttermengen erhöhen das Risiko für subklinische Pansenazidose, die mit der Entstehung von Klauenrehe in Verbindung gebracht wird (DIRKSEN et al., 2006).

Kühe in einer höheren als der zweiten Laktation wiesen signifikant mehr Rusterholzsches Sohlengeschwüre auf und waren älter als Kühe ohne genannte

Veränderung. In gleicher Weise waren Tiere, an denen eine Steingalle diagnostiziert wurde, älter und zum Zeitpunkt der Schlachtung meist in einer höheren als der dritten Laktation. Andere Studien konnten diese Zusammenhänge bestätigen (ANDERSSON und LUNDSTRÖM, 1981; HOLZHAUER et al., 2008; BARKER et al., 2009; BICALHO et al., 2009; FJELDAAS et al., 2011). Eine Untersuchung am Klauenbein von Rindern stellte mit steigendem Alter des Tieres vermehrt Veränderungen in Form von Exostosen am Tuberculum flexorium fest (SIMON, 1963). WIDAUER (2006) fand bei der Untersuchung am Klauenbeinträger des Rindes heraus, dass dieser mit steigender Anzahl von Graviditäten an Stabilität und Zugfestigkeit verliert. Diese Tatsachen sprechen für eine steigende Anfälligkeit älterer Rinder an einem Rusterholzschon Sohlengeschwür oder an der Vorstufe davon, einer Steingalle, zu erkranken. Ferner werden ab der dritten Laktation vermehrt Kollagenfasern in das Ballenpolster eingelagert (RABER et al., 2004). Dies könnte eine weitere Ursache für die mit steigendem Alter erhöhte Anfälligkeit von Milchkühen an Sohlengeschwüren zu erkranken sein (NUSS, 2013). Milchkühe mit Weidezugang hatten signifikant weniger Rusterholzschon Sohlengeschwüre als Tiere ohne diese Möglichkeit. SOMERS et al. (2003) machten gleichsinnige Beobachtungen. Auf der Weide hat die Klaue die Möglichkeit in den Boden einzusinken. Die Last wird somit besser zwischen Innenklaue und Außenklaue verteilt und die Überlastung der Außenklaue dadurch verringert. Dies könnte die geringeren Prävalenzen in der Gruppe der untersuchten Tiere mit Weidehaltung erklären (TOUSSAINT RAVEN, 1989). Im ersten Probenahmezeitraum, zwischen Juli 2012 und Oktober 2012, wurden signifikant mehr Steingallen als im zweiten Probenahmezeitraum zwischen Februar 2013 und Mai 2013 gefunden. Ähnliche Beobachtungen im Bezug zum Sohlengeschwür kristallisierten sich in anderen Untersuchungen heraus (ENEVOLDSEN et al., 1991; HOLZHAUER et al., 2008). O'GRADY et al. (2008) stellten bei Milchkühen mit Weidehaltung ein hohes Risiko fest, eine subakute Pansenazidose (SARA) zu entwickeln. Der Teil der untersuchten Milchkühe mit Weidegang hatte in dieser Periode möglicherweise vermehrt Klauenrehschübe. Dies könnte die Ursache für die in diesem Zeitabschnitt häufiger gefundenen Steingallen und Doppelsohlen sein. Obwohl Weidehaltung die Entstehung von Rusterholzschon Sohlengeschwüren senkte, traten im ersten Probenahmezeitraum mehr Steingallen auf als im zweiten

Probenahmezeitraum. Weideboden scheint wirkungsvoll die Entstehung von Rusterholzschen Sohlengeschwüren zu verhindern. Die Mechanismen die zur Entwicklung eines Rusterholzschen Sohlengeschwüres führen können jedoch nicht vollständig unterbrochen werden. Dies wird durch die hohe Zahl von Steingallen, die während des ersten Probenahmezeitraums gefunden worden sind, deutlich. Auf der Weide oder auf dem Weg zur Weide eingetretene kleine Steine oder andere Fremdkörper, könnten ebenfalls für das vermehrte Vorkommen von Steingallen im ersten Probenahmezeitraum während der Weidehaltungsperiode verantwortlich sein.

Milchkühe der Rasse HF zeigten signifikant häufiger Steingallen als Kühe der Rassen BV und DFV. Diese Beobachtung machten auch ANDERSSON und LUNDSTRÖM (1981). Dies könnte an einer genetischen Veranlagung liegen. Die meist höhere Milchleistung der Holstein Friesian Kühe und die damit verbundene stärkere Stoffwechselbelastung könnte zu einem vermehrten Vorkommen von Klauenrehe führen und dies das Risiko zur Entwicklung von Steingallen erhöhen. Die Verbindung zwischen Klauenrehe und der Entstehung von Rusterholzschen Sohlengeschwüren wurde bereits dargestellt (LISCHER und OSSENT, 2002).

Kühe mit einem Sohlengeschwür zeigten das dünnere Ballenfettpolster und den geringeren BCS (BICALHO et al., 2009). Dies könnte eine Erklärung dafür sein, dass das Schlachtkörpergewicht der Kühe mit einer Steingalle signifikant geringer war als bei Tieren ohne diese Veränderung.

#### **4.5. Erkrankungen der Weißen Linie**

In der vorliegenden Untersuchung wurde bei 24,2 % der Tiere eine Läsion der Wand mit Beteiligung der Lederhaut oder tieferer Strukturen gefunden. Weiterhin zeigten 68,3 % der geschlachteten Milchkühe Defekte an der Weißen Linie.

In Norddeutschland stellten PIJL und SWALVE (2006) bei 13,2 % der untersuchten Milchkühe Erkrankungen der Weißen Linie fest. In Österreich fanden KOFLER et al. (2011) in 87,1 % der Fälle Veränderungen der Weißen Linie. In einer dänischen Studie wurden Prävalenzen von 6 % für Wandläsionen und 1 % für Erkrankungen der Weißen Linie angegeben (CAPION et al., 2008b). SCHOPKE et al. (2013) stellten bei 12,6 % der Tiere

Erkrankungen der Weißen Linie fest. Diese deutlichen Unterschiede in den Angaben zu Häufigkeit von Erkrankungen im Bereich der Weißen Linie könnten auf der wenig einheitlichen Nomenklatur dieser Veränderungen in der Literatur und der damit verbundenen abweichenden Dokumentation beruhen (MÜLLING, 2002).

Tiere mit einer Läsion der Wand oder Defekten der Weißen Linie waren signifikant älter und befanden sich zum Zeitpunkt der Schlachtung in einer höheren als der dritten Laktation. Verschiedene Studien bestätigten dieses Ergebnis (BIELFELDT et al., 2005; PIJL und SWALVE, 2006; ETTEMA et al., 2007; BARKER et al., 2009; BICALHO et al., 2009; KUJALA et al., 2010). Erkrankungen der Weißen Linie stehen in engem Zusammenhang zur Klauenrehe und dem damit verbundenen Absinken des Klauenbeins (GREENOUGH und WEAVER, 1997; OSSENT und LISCHER, 1998). So waren Tiere mit mittelgradiger oder hochgradiger chronischer Klauenrehe ebenfalls signifikant älter als Tiere ohne diese Veränderungen.

Ein weiterer Grund könnte sein, dass mechanische und chemische Insulte auf die Weiße Linie mit steigender Laktationszahl länger einwirken und somit häufiger zu Erkrankungen dieser Struktur führen, die aufgrund ihrer anatomischen Besonderheiten die schwächste Stelle des Klauenschuhs darstellt (MÜLLING, 2002). Auf harten Laufflächen trägt der hintere Teil der Klauen und die Klauenwand die meiste Last (TELEZHENKO et al., 2008). In diesem Teil der Klaue werden auch die meisten Läsionen der Wand beobachtet (LISCHER, 2000).

Kühe mit Wandläsionen litten häufiger an Ballenhornfäule. CAPION et al. (2009) stellten dies ebenfalls fest. Sie vermuteten, ein geschwächter Ballen erhöhe die Belastung auf die Weiße Linie im kaudoabaxialen Teil der Klaue. Ferner greifen Umwelteinflüsse, die zur Ballenhornfäule führen, in gleicher Weise auch das Klauenhorn der Weißen Linie an. Eine weitere Möglichkeit ist, dass beide Erkrankungen durch Klauenrehe begünstigt werden. Außerdem bestand ein signifikanter Zusammenhang zum Vorkommen von Steingallen, aber nicht zum Vorkommen von Rusterholzschen Sohlengeschwüren. Nach LISCHER und OSSENT (2002) ist der gemeinsame Ausgangspunkt von Wandläsionen und Rusterholzschen Sohlengeschwüren ein Absinken des Klauenbeins in der Folge des Nachlassens des axialen und abaxialen

---

Aufhängeapparates des Klauenbeins. Dies kann die Folge von Klauenrehe oder im Rahmen der Geburt stattfindender allgemeiner Erweichung der Bänder sein. Je nachdem, ob das absinkende Klauenbein eher axiale oder abaxiale Teile der Lederhaut komprimiert, entsteht vorrangig eine Wandläsion oder ein Rusterholzsches Sohlengeschwür. Da dies jedoch nicht vollkommen auf eine Seite beschränkt zu sein scheint, lässt die signifikante Korrelation zwischen Läsionen der Wand und dem Auftreten von Steingallen vermuten.

## VI. ZUSAMMENFASSUNG

### „Untersuchungen zur Klauengesundheit bayerischer Milchkühe zum Zeitpunkt der Schlachtung“

Die regelmäßige Durchführung der funktionellen Klauenpflege, sowie die Optimierung der Haltungsbedingungen, können das Vorkommen von Klauenerkrankungen bei Milchkühen wirksam senken. Schmerzen für das Tier sowie wirtschaftliche Verluste werden vermieden.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es das Vorkommen vernachlässigter oder falscher Klauenpflege bei bayerischen Milchkühen zum Zeitpunkt der Schlachtung zu ermitteln. Dazu wurde der Pflegezustand der Klauen anhand acht verschiedener Kriterien adspektorisch untersucht. Durch den Grad der Veränderung der Klauenmaße nach der Klauenpflege sollte der Klauenpflegezustand zum Zeitpunkt der Schlachtung objektiv beschrieben werden. Folgende Klauenmaße wurden vor und nach einer funktionellen Klauenpflege erhoben: die Dorsalwandlänge, der Dorsalwandwinkel, die Klauenlänge und Klauenbreite sowie die Länge und Höhe des Ballens.

An zwei bayerischen Schlachthöfen wurden alle vier Unterfüße von 120 zufällig ausgewählten bayerischen Milchkühen gesammelt. Die Probenahmen fanden an insgesamt 18 Tagen zwischen Juli und Oktober 2012 und zwischen Februar und Mai 2013 statt.

Des Weiteren erfolgte die Bestimmung des Klauengesundheitszustandes dieser Tiere. Die Einteilung und Dokumentation der Klauenerkrankungen wurde gemäß dem vom DLG Arbeitsausschuss für Klauenpflege und Klauenhygiene entwickelten Diagnoseschlüssel auf Einzelklauenebene vorgenommen. Anzeichen chronischer und subklinischer Klauenreheveränderungen wurden mit Hilfe eines Bewertungsbogens anhand vier verschiedener Kriterien protokolliert.

Um die tatsächliche Beteiligung von Klauen- und Gliedmaßenkrankungen an der Entscheidung zur Remontierung der Milchkuh zu erfassen, wurden im Telefonat mit den Besitzern der geschlachteten Tiere alle zu dieser Entscheidung beitragenden Gründe ermittelt. Außerdem wurden Informationen

zu Haltung, Produktionsrichtung, Laktationsnummer, Laktationsstadium und Milchleistung der Tiere eingeholt. Mit den im Schlachthof erhobenen Angaben zu Alter, Rasse und Schlachtkörpergewicht, sollten mögliche Zusammenhänge zum Klauenpflegezustand und zum Klauengesundheitszustand hergestellt werden.

Als Ergebnis der telefonischen Befragung ist festzuhalten, dass Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen, nach mangelhafter Fruchtbarkeit und Erkrankungen des Euters, den dritthäufigsten Ausscheidungsgrund darstellten. Knapp 20 % der Milchkühe verließen den Betrieb unter anderem aufgrund dieses Erkrankungskomplexes vorzeitig.

Zum Zeitpunkt der Schlachtung wurde bei 34 % der untersuchten Tiere ein mäßiger und bei 20 % der Tiere ein schlechter Pflegezustand der Klauen gefunden. Somit zeigten über die Hälfte der Tiere einen vernachlässigten Klauenpflegezustand. Eine objektive Beschreibung anhand von Messwertveränderungen durch die Klauenpflege gelang bei drei Beurteilungskriterien: der Länge der Dorsalwand, der Einschätzung des Höhenunterschiedes innerhalb des Klauenpaares und dem Vorhandensein einer Klauendeformation.

Nur 3 der 120 untersuchten Tiere waren, soweit durch den Untersucher feststellbar, makroskopisch frei von Klauenerkrankungen, allerdings wurde im Vorfeld der Schlachtung keine klinische Untersuchung oder Lahmheitsuntersuchung der Tiere durchgeführt. Bei 38 % der 120 untersuchten Milchkühe wurde entweder eine Läsion der Wand mit Beteiligung der Lederhaut oder ein Sohlengeschwür diagnostiziert. Eine komplizierte Klauenerkrankung wurde bei 8 % der 120 Tiere ermittelt.

Der Kontrolle und der Verbesserung der Klauengesundheit in bayerischen Milchviehbetrieben sollte verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet werden. Es muss das Bestreben sein, die negativen Folgen dieses Krankheitskomplexes auf das Wohlbefinden der Kuh sowie deren Leistungsfähigkeit zu senken. Eine Möglichkeit dies zu erreichen, besteht in einer intensiven Tierbeobachtung. Lahmheiten können frühzeitig erkannt und einer Behandlung zugeführt werden. Vermehrter Weidegang und der Wechsel von Anbindehaltung zu Laufstallhaltung stellen weitere Möglichkeiten dar, einen Beitrag zur

Verbesserung der Klauengesundheit der Milchkuh zu leisten.

## VII. SUMMARY

### **“A study on claw health in Bavarian dairy cows at the time of slaughter”**

The occurrence of claw lesions in dairy herds can be effectively reduced by regular functional claw trimming and by improvement of husbandry. The animals' pain and economic deficits can be avoided.

The aim of this study was to determine the incidence of neglected or incorrect functional claw trimming in Bavarian dairy cows at the time of slaughtering. For this purpose the condition of the claws was visually examined on the basis of eight criteria. In addition we verified the potential of the intensity in variation of the claw measurement through functional claw trimming to describe the condition of claws objectively. The following claw measurements were taken before and after trimming the claws: length of the dorsal wall, angle of the dorsal wall, length and width of the claw as well as height and length of the bulb.

We randomly selected and collected all four feet of 120 Bavarian dairy cows. Samples were taken throughout 18 days between July and October 2012 as well as between February and May 2013.

Graduation and documentation of claw diseases were undertaken according to the diagnosis code on single claw level, which was developed by “DLG working committee for claw care and claw hygiene”. Signs of chronic or subclinical laminitis were recorded on the basis of four different criteria by use of evaluation sheets.

The reason for culling was obtained from the owner by telephone, to gain knowledge on the percentage of cows that were culled due to lameness. Additionally, we obtained information on husbandry, type of production (organic or conventional), number of lactation, stage of lactation and milk yield of every cow. Along with the data from the abattoir, which included age, breed and carcass weight, we tried to find correlations to claw care condition and claw health status.

After infertility and udder diseases, lameness was the third most important reasons for slaughter. Almost 20 percent of the cows were culled prematurely

for this reason.

At time of slaughter we found moderately maintained-claw condition in 34 per cent of the cows and poorly maintained-condition in 20 percent of the cows. Hence foot trimming had been neglected in more than half of the animals. An objective description on the basis of the variation of the measured values through claw trimming was possible with following evaluation criteria: Length of the dorsal wall, the difference of the height between the two digits and the existence of a claw deformation.

Only three of 120 examined animals had been devoid of macroscopic claw lesions. However, clinical examinations or lameness examinations were not carried out before slaughter. In 38 % of the examined cows we diagnosed either a lesion in the wall, including the corium, or a sole ulcer. A complicated claw disease, involving deep structures of the foot, was found in 8 % of the 120 examined cows.

Control and improvement of claw health status in Bavarian dairy farms is still very important and should be kept in view. The aim is to reduce the negative outcome of this disease complex on the cow welfare and her effectiveness. A possibility to achieve this is to intensify the monitoring of the animals, to detect and treat lameness early. A further contribution to improve the claw health of dairy cows is to optimize husbandry. Grazing and the shift from tie-stalls to free-stalls provide further opportunities to improve the claw health of dairy cows in Bavaria.

**VIII. LITERATURVERZEICHNIS**

Ahlstrom G, Ral G, Berglund B, Swensson C. Hoof and Leg Traits of Swedish Dairy Cattle. I. Objective Measurements. Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A 1986; 33: 561-87.

Alawneh JI, Stevenson MA, Williamson NB, Lopez-Villalobos N, Otley T. The effect of clinical lameness on liveweight in a seasonally calving, pasture-fed dairy herd. Journal of Dairy Science 2012a; 95: 663-9.

Alawneh JI, Laven RA, Stevenson MA. Interval between detection of lameness by locomotion scoring and treatment for lameness: a survival analysis. The Veterinary Journal 2012b; 193: 622-5.

Amory JR, Barker ZE, Wright JL, Mason SA, Blowey RW, Green LE. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003-November 2004. Preventive Veterinary Medicine 2008; 83: 381-91.

Andersson L, Lundström K. The influence of breed, age, body weight and season on digital diseases and hoof size in dairy cows. Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A 1981; 28: 141-51.

Ando T, Annaka A, Ohtsuka H, Kohiruimaki M, Hayashi T, Hasegawa Y, Watanabe D. Effect of hoof trimming before the dry period on productive performance in perinatal dairy cows. Journal of Veterinary Medical Science 2008; 70: 95-8.

Archer SC, Green MJ, Huxley JN. Association between milk yield and serial locomotion score assessments in UK dairy cows. Journal of Dairy Science 2010; 93: 4045-53.

Barker ZE, Amory JR, Wright JL, Mason SA, Blowey RW, Green LE. Risk factors for increased rates of sole ulcers, white line disease, and digital dermatitis in dairy cattle from twenty-seven farms in England and Wales. *Journal of Dairy Science* 2009; 92: 1971-8.

Barker ZE, Leach KA, Whay HR, Bell NJ, Main DC. Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *Journal of Dairy Science* 2010; 93: 932-41.

Baumgartner C. Untersuchungen über Klauenmaße als Hilfsmerkmal für die Selektion auf Klauengesundheit an Töchtergruppen von Deutschen Fleckviehbullen. Diss. med. vet. 1988. Ludwig-Maximilians-Universität München.

Bell NJ, Bell MJ, Knowles TG, Whay HR, Main DJ, Webster AJ. The development, implementation and testing of a lameness control programme based on HACCP principles and designed for heifers on dairy farms. *The Veterinary Journal* 2009; 180: 178-88.

Bergsten C. Causes, risk factors, and prevention of laminitis and related claw lesions. *Acta Veterinaria Scandinavica. Supplementum* 2003; 98: 157-66.

Bicalho RC, Machado VS, Caixeta LS. Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. *Journal of Dairy Science* 2009; 92: 3175-84.

Bielfeldt JC, Badertscher R, Tolle KH, Krieter J. Risk factors influencing lameness and claw disorders in dairy cows. *Livestock Production Science* 2005; 95: 265-71.

Blackie N, Bleach E, Amory J, Scaife J. Impact of lameness on gait characteristics and lying behaviour of zero grazed dairy cattle in early lactation. *Applied Animal Behaviour Science* 2011; 129: 67-73.

Boelling D, Pollott GE. Locomotion, lameness, hoof and leg traits in cattle - I. Phenotypic influences and relationships. *Livestock Production Science* 1998; 54: 193-203.

Booth CJ, Warnick LD, Grohn YT, Maizon DO, Guard CL, Janssen D. Effect of lameness on culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2004; 87: 4115-22.

Bortz J, Schuster C (2010) *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Lehrbuch mit Online-Materialien*, 7 edn. Springer-Verlag GmbH, Berlin Heidelberg

Bruijnis MR, Beerda B, Hogeveen H, Stassen EN. Assessing the welfare impact of foot disorders in dairy cattle by a modeling approach. *Animal* 2012; 6: 962-70.

Bryan M, Tacoma H, Hoekstra F. The effect of hindclaw height differential and subsequent trimming on lameness in large dairy cattle herds in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal* 2012; 60: 349-55.

Burgi K, Cook N (2008) Adequacy of Trimming Procedures of Rear Feet Collected from a Slaughterhouse. In: *Proceedings of the 15th International Symposium and 7th Conference on Lameness in Ruminants*. Kuopio, Finland

Camara S. Untersuchungen über den Klauenabrieb bei Rindern. Dissertation. 1970. Agrarwissenschaftliche Fachhochschule Kiel.

Capion N, Thamsborg SM, Enevoldsen C. Prevalence of foot lesions in Danish Holstein cows. *Veterinary Record* 2008a; 163: 80-5.

Capion N, Thamsborg SM, Enevoldsen C. Conformation of hind legs and lameness in Danish Holstein heifers. *Journal of Dairy Science* 2008b; 91: 2089-97.

Capion N, Thamsborg SM, Enevoldsen C. Prevalence and severity of foot lesions in Danish Holstein heifers through first lactation. *The Veterinary Journal* 2009; 182: 50-8.

Cha E, Hertl JA, Bar D, Grohn YT. The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Preventive Veterinary Medicine* 2010; 97: 1-8.

Chapinal N, de Passille AM, Rushen J. Weight distribution and gait in dairy cattle are affected by milking and late pregnancy. *Journal of Dairy Science* 2009; 92: 581-8.

Clarkson MJ, Downham DY, Faull WB, Hughes JW, Manson FJ, Merritt JB, Murray RD, Russell WB, Sutherst JE, Ward WR. Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. *Veterinary Record* 1996; 138: 563-7.

Cramer G, Lissemore KD, Guard CL, Leslie KE, Kelton DF. Herd- and cow-level prevalence of foot lesions in Ontario dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 2008; 91: 3888-95.

Cramer G, Lissemore KD, Guard CL, Leslie KE, Kelton DF. The association between foot lesions and culling risk in Ontario Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 2009; 92: 2572-9.

Dalton DC, Stirling J. Bad Feet in Bulls. *New Zealand Journal of Agriculture* 1977; 20: 13-5.

Dippel S, Dolezal M, Brenninkmeyer C, Brinkmann J, March S, Knierim U, Winckler C. Risk factors for lameness in freestall-housed dairy cows across two breeds, farming systems, and countries. *Journal of Dairy Science* 2009; 92: 5476-86.

Dippel S, Tucker CB, Winckler C, Weary DM. Effects of behaviour on the development of claw lesions in early lactation dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 2011; 134: 16-22.

Dirksen G, Gründer HD, Stöber M (2006) *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*, 5 edn. Parey, Stuttgart

Distl O, Graf F, Kräusslich H. Genetische Variation von morphologischen, histologischen und elektrophoretischen Parametern bei Rinderklauen und deren phänotypischen und genetischen Beziehungen. *Züchtungskunde* 1982; 54: 106-23.

Distl O, Schmid D. Systematic control of claw health in cows raised in loose housing systems for the total year. *Tierärztliche Praxis* 1993; 21: 27-35.

Distl O, Schmid D. Einfluß einer Zufütterung von Biotin auf die Klauenform, -Härte und -Gesundheit bei Milchkühen. *Tierärztliche Umschau* 1994; 49: 581-8.

Distl O. Verbesserung von Gesundheit als neues züchterisches Ziel in der Selektion auf Fundamentmerkmale. *Tierärztliche Umschau* 1996; 51: 331-40.

Emanuelson U, Fall N (2007) Claw health in organic and conventional dairy herds. In: *Proceedings of the 13th International Conference on Production Diseases in Farm Animals*. Leipzig, Deutschland

Enevoldsen C, Grohn YT, Thysen I. Sole ulcers in dairy cattle: associations with season, cow characteristics, disease, and production. *Journal of Dairy Science* 1991; 74: 1284-98.

Espejo LA, Endres MI, Salfer JA. Prevalence of lameness in high-producing holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. *Journal of Dairy Science* 2006; 89: 3052-8.

Ettema JF, Østergaard S. Economic decision making on prevention and control of clinical lameness in Danish dairy herds. *Livestock Science* 2006; 102: 92-106.

Ettema JF, Capion N, Hill AE. The association of hoof lesions at claw trimming with test-day milk yield in Danish Holsteins. *Preventive Veterinary Medicine* 2007; 79: 224-43.

Fessl L. Die Normalklaue des Österreichischen Fleckvierindes Größen- und Formbestimmung und deren Bedeutung für Klauenerkrankungen und Stallbau. Habilitationsschrift. Habilitationsschrift. 1980. Veterinärmedizinische Universität Wien.

Feszl L. Biometric studies on the ground surface of bovine claws and the distribution of weight on the extremities. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A* 1968; 15: 844-60.

Fiedler A, Maierl J, Nuss K (2004) Erkrankungen der Zehen und Klauen des Rindes, 1 edn. Schattauer GmbH, Stuttgart

Fiedler A. Funktionelle Klauenpflege als Grundlage der tierärztlichen Diagnostik und Therapie. *Der Praktische Tierarzt Supplementum 1* 2012; 93: 26-36.

Fjeldaas T, Sogstad AM, Osteras O. Claw trimming routines in relation to claw lesions, claw shape and lameness in Norwegian dairy herds housed in tie stalls and free stalls. *Preventive Veterinary Medicine* 2006; 73: 255-71.

Fjeldaas T, Nafstad O, Fredriksen B, Ringdal G, Sogstad AM. Claw and limb disorders in 12 Norwegian beef-cow herds. *Acta Veterinaria Scandinavica* 2007; 49: 24.

Fjeldaas T, Sogstad AM, Osteras O. Locomotion and claw disorders in Norwegian dairy cows housed in freestalls with slatted concrete, solid concrete, or solid rubber flooring in the alleys. *Journal of Dairy Science* 2011; 94: 1243-55.

Flower FC, Sanderson DJ, Weary DM. Hoof pathologies influence kinematic measures of dairy cow gait. *Journal of Dairy Science* 2005; 88: 3166-73.

Flower FC, Weary DM. Effect of hoof pathologies on subjective assessments of dairy cow gait. *Journal of Dairy Science* 2006; 89: 139-46.

Galindo F, Broom DM. The effects of lameness on social and individual behavior of dairy cows. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 2002; 5: 193-201.

Green LE, Hedges VJ, Schukken YH, Blowey RW, Packington AJ. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2002; 85: 2250-6.

Greenough PR, Vermunt JJ. Evaluation of subclinical laminitis in a dairy herd and observations on associated nutritional and management factors. *Veterinary Record* 1991; 128: 11-7.

Greenough PR, Weaver AD (1997) *Lameness in cattle*, 3 edn. W.B. Saunders Company, Philadelphia

Hahn MV, McDaniel BT, Wilk JC. Description and Evaluation of Objective Hoof Measurements of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 1984a; 67: 229-36.

Hahn MV, McDaniel BT, Wilk JC. Genetic and environmental variation of hoof characteristics of Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 1984b; 67: 2986-98.

Haufe HC, Gygax L, Wechsler B, Stauffacher M, Friedli K. Influence of floor surface and access to pasture on claw health in dairy cows kept in cubicle housing systems. *Preventive Veterinary Medicine* 2012; 105: 85-92.

Heinz S, Kanswohl N, Romer A. Examinations on the relationship between claw health and the assessment of housing conditions based on a welfare index and critical checkpoints. *Archiv Tierzucht* 2011; 54: 227-37.

Hernandez J, Shearer JK, Webb DW. Effect of lameness on the calving-to-conception interval in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 2001; 218: 1611-4.

Hernandez JA, Garbarino EJ, Shearer JK, Risco CA, Thatcher WW. Evaluation of the efficacy of prophylactic hoof health examination and trimming during midlactation in reducing the incidence of lameness during late lactation in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 2007; 230: 89-93.

Hinrichs D, Kuhlemann TO, Stamer E, Kalm E. Genetische Analyse von Klauenmaßen aus der Eigenleistungsprüfung von Jungbullen. *Archiv Tierzucht* 2003; 46: 155-65.

Holzhauer M, Hardenberg C, Bartels CJ, Frankena K. Herd- and cow-level prevalence of digital dermatitis in the Netherlands and associated risk factors. *Journal of Dairy Science* 2006; 89: 580-8.

Holzhauer M, Hardenberg C, Bartels CJ. Herd and cow-level prevalence of sole ulcers in The Netherlands and associated-risk factors. *Preventive Veterinary Medicine* 2008; 85: 125-35.

Holzhauer M, Brummelman B, Frankena K, Lam TJ. A longitudinal study into the effect of grazing on claw disorders in female calves and young dairy cows. *The Veterinary Journal* 2012; 193: 633-8.

Horseman SV, Whay HR, Huxley JN, Bell NJ, Mason CS. A survey of the on-farm treatment of sole ulcer and white line disease in dairy cattle. *The Veterinary Journal* 2013; 197: 461-7.

Huber J, Graf F, Distl O, Kräusslich H. Messung morphologischer Klauenparameter an Jungbullen in der Eigenleistungsprüfung. *Züchtungskunde* 1984a; 55: 115-26.

Huber J, Stanek C, Troxler J. Is there a lasting effect of functional claw - trimming on claw conditions? *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 2004; 111: 343.

Huber M. Untersuchungen über Klauenparameter an Jungbullen in den bayerischen Eigenleistungsprüfungsanstalten. *Diss. med. vet.* 1983. Ludwig-Maximilians-Universität München.

Huber M, Distl O, Graf F, Kräusslich H. Die Entwicklung der Klauenform von Jungbullen im Alter von 6-12 Monaten. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A* 1984b; 31: 499-507.

Hulek M, Sommerfeld-Stur I, Kofler J. Prevalence of digital dermatitis in first lactation cows assessed at breeding cattle auctions. *The Veterinary Journal* 2010; 183: 161-5.

Hultgren J, Bergsten C. Effects of a rubber-slatted flooring system on cleanliness and foot health in tied dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine* 2001; 52: 75-89.

Hultgren J, Manske T, Bergsten C. Associations of sole ulcer at claw trimming with reproductive performance, udder health, milk yield, and culling in Swedish dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine* 2004; 62: 233-51.

Ito K, von Keyserlingk MAG, LeBlanc SJ, Weary DM. Lying behavior as an indicator of lameness in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2010; 93: 3553-60.

Janßen S, Meyer H, Starke A, Rehage J. Welfare-Problem Lahmheit bei Milchkühen-Initiative ist gefragt. *Veterinär Spiegel* 2010; 20: 134-8.

Juarez ST, Robinson PH, DePeters EJ, Price EO. Impact of lameness on behavior and productivity of lactating Holstein cows. *Applied Animal Behaviour Science* 2003; 83: 1.

Keller A, Clauss M, Muggli E, Nuss K. Even-toed but uneven in length: the digits of artiodactyls. *Zoology (Jena)* 2009; 112: 270-8.

Kleinbaum D, Klein M (2010) *Logistic Regression: A Self-Learning Text (Statistics for Biology and Health)*, 3 edn. Springer Verlag

Kofler J, Hangl A, Pesenhofer R, Landl G. Evaluation of claw health in heifers in seven dairy farms using a digital claw trimming protocol and claw data analysis system. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 2011; 124: 272-81.

Kolp E, Braun U, Weidemann E, Nuss K. Klauenabmessungen von Schottischen Hochlandrindern unter verschiedenen Haltungsbedingungen, in Vorbereitung. 2013

Kremer PV. Vergleich von Klauengesundheit, Milchleistung und Aktivität bei Kühen auf Betonspaltenboden und auf Spaltenboden mit elastischer Auflage. Diss. med. vet. 2006. Ludwig-Maximilians-Universität München.

Kremer PV, Nueske S, Scholz AM, Foerster M. Comparison of Claw Health and Milk Yield in Dairy Cows on Elastic or Concrete Flooring. *Journal of Dairy Science* 2007; 90: 4603-11.

Kujala M, Schnier C, Niemi J, Soveri T (2004) Occurrence of hoof disease in dairy cattle in Finland. In: Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants. Moribor, Slowenien

Kujala M, Dohoo IR, Laakso M, Schnier C, Soveri T. Sole ulcers in Finnish dairy cattle. Preventive Veterinary Medicine 2009; 89: 227-36.

Kujala M, Dohoo IR, Soveri T. White-line disease and haemorrhages in hooves of Finnish dairy cattle. Preventive Veterinary Medicine 2010; 94: 18-27.

Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 1977; 33: 159-74.

Leach KA, Whay HR, Maggs CM, Barker ZE, Paul ES, Bell AK, Main DC. Working towards a reduction in cattle lameness: 1. Understanding barriers to lameness control on dairy farms. Research in Veterinary Science 2010; 89: 311-7.

Leach KA, Tisdall DA, Bell NJ, Main DC, Green LE. The effects of early treatment for hindlimb lameness in dairy cows on four commercial UK farms. The Veterinary Journal 2012; 193: 626-32.

Leonard F, O'Connell J, O'Farrell K. Effect of overcrowding on claw health in first-calving Friesian heifers. British Veterinary Journal 1996; 196: 459-72.

Leuenberger W, Dozzi M, Martig J. Meßfehler verschiedener Methoden zur Bestimmung der Klauenbelastung und der Klauenform beim Rind. Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A 1978; 25: 837-44.

Lischer C. Sohlengeschwüre beim Rind - Pathogenese und Heilungsverlauf. Habilitationsschrift. 2000. Universität Zürich.

Lischer C, Ossent P (2002) Pathogenesis of sole lesions attributed to laminitis in cattle. In: Proceedings of the 12th International Symposium on Lameness in Ruminants. Orlando, Florida

LKV-Bayern: [www.lkv.bayern.de/akt/f\\_akt\\_jb.htm](http://www.lkv.bayern.de/akt/f_akt_jb.htm). Jahresabschlussberichte: 2002 bis 2012, letzter Zugriff: 10.10.2013

Machado VS, Caixeta LS, McArt JA, Bicalho RC. The effect of claw horn disruption lesions and body condition score at dry-off on survivability, reproductive performance, and milk production in the subsequent lactation. *Journal of Dairy Science* 2010; 93: 4071-8.

Macuhova J, Kilian M, Haidn B. Laufflächen und Klauenpflege in bayerischen Milchviehbetrieben. *ILT Jahresbericht* 2005: 33-4.

Maier K. Beziehungen zwischen Klauen- und Eutergesundheit bei Hochleistungsmilchkühen. Diss. med. vet. 2006. Tierärztliche Hochschule Hannover.

Maierl J. Die Aufhängung des Klauenbeins - funktionelle Anatomie und Biomechanik der Rinderklaue. *Tierärztliche Praxis Ausgabe Großtiere* 2004; 32: 239-44.

Main DCJ, Barker ZE, Leach KA, Bell NJ, Whay HR, Browne WJ. Sampling strategies for monitoring lameness in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 2010; 93: 1970-8.

Manske T, Hultgren J, Bergsten C. Prevalence and interrelationships of hoof lesions and lameness in Swedish dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine* 2002a; 54: 247-63.

Manske T, Hultgren J, Bergsten C. The effect of claw trimming on the hoof health of Swedish dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine* 2002b; 54: 113-29.

Manson FJ, Leaver JD. The influence of dietary-protein intake and hoof trimming on lameness in dairy cattle. *Animal Production* 1988; 47: 191-9.

Manson FJ, Leaver JD. The effect of concentrate-silage ratio and of hoof trimming on lameness in dairy cattle. *Animal Production* 1989; 49: 15-22.

Morris CA, Baker RL. Foot scores of the cattle 2. Relationships among measurements of the feet from slaughtered steers from eight sire groups. *New Zealand Veterinary Journal* 1988; 31: 21-35.

Muggli E. Längen- und Breitenunterschiede zwischen medialer und lateraler Zehe bei Rindern verschiedenen Alters. Röntgenologische Messungen. Diss. med. vet. 2007. Universität Zürich.

Mülling C (2002) Theories on the pathogenesis of white line disease - an anatomical perspective. In: Proceedings of the 12th International Symposium on Lameness in Ruminants. Orlando, Florida

Münzenmayer W, Delpin V. The occurrence of hoof diseases in slaughtered cattle in southern Chile. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 1987; 94: 275-7.

Murray RD, Downham DY, Merritt JR, Russell WB, Manson FJ. Observer variation in field data describing foot shape in dairy cattle. *Research in Veterinary Science* 1994; 56: 265-9.

Murray RD, Downham DY, Clarkson MJ, Faull WB, Hughes JW, Manson FJ, Merritt JB, Russell WB, Sutherst JE, Ward WR. Epidemiology of lameness in dairy cattle: Description and analysis of foot lesions. *Veterinary Record* 1996; 138: 586-91.

Nacambo S, Hassig M, Lischer C, Nuss K. Difference in the length of the medial and lateral metacarpal and metatarsal condyles in calves and cows - a post-mortem study. *Anatomia, Histologia, Embryologia* 2007; 36: 408-12.

Nickel R, Schummer A, Seiferle E (2005) *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band III Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane*, 4 edn. Parey Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG, Stuttgart

Nielsen BH, Thomsen PT, Green LE, Kaler J. A study of the dynamics of digital dermatitis in 742 lactating dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine* 2012; 104: 44-52.

Nishimori K, Okada K, Ikuta K, Aoki O, Sakai T, Yasuda J. The effects of one-time hoof trimming on blood biochemical composition, milk yield, and milk composition in dairy cows. *Journal of Veterinary Medical Science* 2006; 68: 267-70.

Nueske S, Scholz AM, Foerster M. Studies on the growth and the development of the Claw capsule in new born calves of different breeding lines using linear measurements. *Archiv Tierzucht* 2003; 46: 547-57.

Nuss K, Paulus N. Measurements of claw dimensions in cows before and after functional trimming: a post-mortem study. *The Veterinary Journal* 2006; 172: 284-92.

Nuss K, Sauter-Louis C, Sigmund B. Measurements of forelimb claw dimensions in cows using a standardised sole thickness: a post-mortem study. *The Veterinary Journal* 2011; 190: 84-9.

Nuss K (2013) Sole ulcers in cattle - the role of biomechanical factors. In: Proceedings of the ECBHM Symposium 2013/Buiatrissima 2013. . Bern, Schweiz

O'Callaghan K. Lameness and associated pain in cattle - challenging traditional perceptions. In Practice 2002; 24: 212-9.

O'Callaghan KA, Cripps PJ, Downham DY, Murray RD. Subjective and objective assessment of pain and discomfort due to lameness in dairy cattle. Animal Welfare 2003; 12: 605-10.

O'Grady L, Doherty ML, Mulligan FJ. Subacute ruminal acidosis (SARA) in grazing Irish dairy cows. The Veterinary Journal 2008; 176: 44-9.

Oberbauer AM, Berry SL, Belanger JM, McGoldrick RM, Pinos-Rodriguez JM, Famula TR. Determining the heritable component of dairy cattle foot lesions. Journal of Dairy Science 2013; 96: 605-13.

Offer JE, McNulty D, Logue DN. Observations of lameness, hoof conformation and development of lesions in dairy cattle over four lactations. Veterinary Record 2000; 147: 105-9.

Olechnowicz J, Jaskowski JM. Hoof Measurements related to locomotion scores and claw disorders on dairy primiparous cows. Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy 2010; 54: 87-92.

Olechnowicz J, Jaskowski JM, Nowak W. Effects of hind limb conformation on claw disorders in dairy primiparous cows. Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy 2010a; 54: 437-9.

Olechnowicz J, Jaskowski JM, Antosik P, Bukowska D, Urbaniak K. Claw diseases and Lameness in polish holstein friesland dairy cows. Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy 2010b; 54: 93-9.

Onyiro OM, Andrews LJ, Brotherstone S. Genetic parameters for digital dermatitis and correlations with locomotion, production, fertility traits, and longevity in Holstein-Friesian dairy cows. *Journal Dairy Science* 2008; 91: 4037-46.

Ossent P, Peterse DJ, Schamhardt HC. Distribution of load between the lateral and medial hoof of the bovine hind limb. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A* 1987; 34: 296-300.

Ossent P, Lischer J. Bovine laminitis: the lesions and their pathogenesis. In *Practice* 1998; 20: 415-27.

Ouweltjes W, Holzhauser M, van der Tol PPJ, van der Werf J. Effects of two trimming methods of dairy cattle on concrete or rubber-covered slatted floors. *Journal of Dairy Science* 2009; 92: 960-71.

Paulus N. Ermittlung von Hornschuh- und Lederhautabmessungen an den Klauen der Beckengliedmasse von Fleckviehrindern. *Diss. med. vet.* 2004. Universität Zürich.

Paulus N, Nuss K. Differences in the dimensions of the lateral and medial claws of hind limbs in young bulls. *Tierärztliche Praxis Ausgabe Großtiere* 2006; 34: 86-93.

Phillips CJ, Chiy PC, Bucktrout MJ, Collins SM, Gasson CJ, Jenkins AC, Paranhos da Costa MJ. Frictional properties of cattle hooves and their conformation after trimming. *Veterinary Record* 2000; 146: 607-9.

Pijl R, Swalve HH (2006) An analysis of claw disorders diagnosed at claw trimming. In: *Proceedings of the 14th International Symposium and 6th Conference on Lameness in Ruminants*. Colonia del Sacramento, Uruguay

Raber M, Lischer Ch J, Geyer H, Ossent P. The bovine digital cushion - a descriptive anatomical study. *The Veterinary Journal* 2004; 167: 258-64.

Rouha-Mulleder C, Iben C, Wagner E, Laaha G, Troxler J, Waiblinger S. Relative importance of factors influencing the prevalence of lameness in Austrian cubicle loose-housed dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine* 2009; 92: 123-33.

Russke AK. Entwicklung von Klauenform und Klauenhorneigenschaften bei Jungrindern der Rassen Deutsche Holsteins und Deutsches Braunvieh. Diss. med. vet. 2001. Tierärztliche Hochschule Hannover.

Rutherford KM, Langford FM, Jack MC, Sherwood L, Lawrence AB, Haskell MJ. Lameness prevalence and risk factors in organic and non-organic dairy herds in the United Kingdom. *The Veterinary Journal* 2009; 180: 95-105.

Sanders AH, Shearer JK, De Vries A. Seasonal incidence of lameness and risk factors associated with thin soles, white line disease, ulcers, and sole punctures in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 2009; 92: 3165-74.

Schleiter H, Günther M. Ein Beitrag zur Definition einiger Klauenformen des Rindes. *Monatshefte für Veterinärmedizin* 1967; 22: 886-9.

Schmid D. Untersuchungen über Klauenmaße und Klauenkrankheiten in der Rinderherde des Lehr- und Versuchsgutes Oberschleißheim. Diss. med. vet. 1990. Ludwig-Maximilians-Universität München.

Schmid T, Weishaupt MA, Meyer SW, Waldern N, Peinen K, Nuss K. High-speed cinematographic evaluation of claw-ground contact pattern of lactating cows. *The Veterinary Journal* 2009; 181: 151-7.

Schneider P. Einfluss des Vaters auf die Gliedmassenstellung und Klauenform sowie Abriebfestigkeit und Wassergehalt des Klauenhorns der Nachkommen. Diss. med. vet. 1980. Ludwig-Maximilians-Universität München.

Schopke K, Weidling S, Pijl R, Swalve HH. Relationships between bovine hoof disorders, body condition traits, and test-day yields. *Journal of Dairy Science* 2013; 96: 679-89.

Schwarzmann B. Messungen am Hornschuh, den Röhreinkondylen und den Zehenknochen bei Kälbern. Diss. med. vet. 2005. Ludwig-Maximilians-Universität München.

Schwarzmann B, Köstlin R, Nuss K. Größenunterschiede zwischen den lateralen und medialen Zehenknochen und Klauen von Kälbern. *Tierärztliche Praxis Ausgabe Großtiere* 2007; 35: 341-9.

Seabrook MF, Wilkinson JM. Stockpersons' attitudes to the husbandry of dairy cows. *Veterinary Record* 2000; 147: 157-60.

Shearer JK, van Amstel SR. Functional and corrective claw trimming. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 2001; 17: 53-72.

Sigmund B. Ermittlung von Hornschuh- und Lederhautabmessungen an den Klauen der Schultergliedmaßen von Fleckviehrindern. Diss. med. vet. 2009. Ludwig-Maximilians-Universität München.

Sigmund B, Sauter-Louis C, Feist M, Nuss K. Measures of the forelimb claws of finisher bulls - relevance for claw diseases and claw trimming. *Tierärztliche Praxis Ausgabe Großtiere* 2010; 38: 147-55.

Simon G. Untersuchungen über die altersbedingten Veränderungen des Klauenbeins. Diss. med. vet. 1963. Veterinärmedizinischen Universität Zürich.

Smit H, Verbeek B, Peterse DJ, Jansen J, McDaniel BT, Politiek RD. The effect of herd characteristics on claw disorders and claw measurements in Friesians. *Livestock Production Science* 1986; 15: 1-9.

Sogstad AM, Fjeldaas T, Osteras O, Forshell KP. Prevalence of claw lesions in Norwegian dairy cattle housed in tie stalls and free stalls. *Preventive Veterinary Medicine* 2005a; 70: 191-209.

Sogstad AM, Fjeldaas T, Osteras O. Lameness and claw lesions of the Norwegian red dairy cattle housed in free stalls in relation to environment, parity and stage of lactation. *Acta Veterinaria Scandinavica* 2005b; 46: 203-17.

Sogstad AM, Osteras O, Fjeldaas T. Bovine claw and limb disorders related to reproductive performance and production diseases. *Journal of Dairy Science* 2006; 89: 2519-28.

Sogstad AM, Osteras O, Fjeldaas T, Refsdal AO. Bovine claw and limb disorders at claw trimming related to milk yield. *Journal of Dairy Science* 2007a; 90: 749-59.

Sogstad ÅM, Østerås O, Fjeldaas T, Nafstad O. Bovine claw and limb disorders related to culling and carcass characteristics. *Livestock Science* 2007b; 106: 87-95.

Sohrt J. Ermittlung von Standardmaßen für die Klauenpflege durch Untersuchungen über die Beziehung der anatomischen Innenstruktur zum Hornschuh an Klauen der Hintergliedmaße Deutsch Schwarzbunter Rinder mit Berücksichtigung von Reheveränderungen. *Diss. med. vet.* 1999. Tierärztliche Hochschule Hannover.

Somers JG, Frankena K, Noordhuizen-Stassen EN, Metz JH. Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. *Journal of Dairy Science* 2003; 86: 2082-93.

Somers JG, Schouten WG, Frankena K, Noordhuizen-Stassen EN, Metz JH. Development of claw traits and claw lesions in dairy cows kept on different floor systems. *Journal of Dairy Science* 2005; 88: 110-20.

Telezhenko E, Bergsten C, Magnusson M, Ventorp M, Nilsson C. Effect of different flooring systems on weight and pressure distribution on claws of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2008; 91: 1874-84.

Telezhenko E, Bergsten C, Magnusson M, Nilsson C. Effect of different flooring systems on claw conformation of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2009; 92: 2625-33.

Toussaint Raven E. The principles of claw trimming. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 1985; 1: 93-107.

Toussaint Raven E (1989) *Cattle Footcare and Claw Trimming*, 2 edn. The farming press Ltd., Ipswich

Vaarst M, Hindhede J, Enevoldsen C. Sole disorders in conventionally managed and organic dairy herds using different housing systems. *Journal of Dairy Research* 1998; 65: 175-86.

van Amstel SR, Shearer JK. Abnormalities of hoof growth and development. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 2001; 17: 73-91, vi.

Van Amstel SR, Shearer JK, Frances L (2002) Application of Functional Trimming Procedures to Corkscrew Claws. In: *Proceedings of the 12th International Symposium on Lameness in Ruminants*. Orlando, Florida

van der Tol PP, Metz JH, Noordhuizen-Stassen EN, Back W, Braam CR, Weijs WA. The pressure distribution under the bovine claw during square standing on a flat substrate. *Journal of Dairy Science* 2002; 85: 1476-81.

van der Tol PP, Metz JH, Noordhuizen-Stassen EN, Back W, Braam CR, Weijts WA. The vertical ground reaction force and the pressure distribution on the claws of dairy cows while walking on a flat substrate. *Journal of Dairy Science* 2003; 86: 2875-83.

van der Tol PP, van der Beek SS, Metz JH, Noordhuizen-Stassen EN, Back W, Braam CR, Weijts WA. The effect of preventive trimming on weight bearing and force balance on the claws of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 2004; 87: 1732-8.

Vermunt JJ, Greenough PR. Structural characteristics of the bovine claw - horn growth and wear, horn hardness and claw conformation. *British Veterinary Journal* 1995; 151: 157-80.

Vermunt JJ, Greenough PR. Claw conformation of dairy heifers in two management systems. *British Veterinary Journal* 1996; 152: 321-31.

Vermunt JJ. One step closer to unravelling the pathophysiology of claw horn disruption: for the sake of the cows' welfare. *The Veterinary Journal* 2007; 174: 219-20.

Walker SL, Smith RF, Jones DN, Routly JE, Dobson H. Chronic stress, hormone profiles and estrus intensity in dairy cattle. *Hormones and Behavior* 2008a; 53: 493-501.

Walker SL, Smith RF, Routly JE, Jones DN, Morris MJ, Dobson H. Lameness, Activity Time-Budgets, and Estrus Expression in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 2008b; 91: 4552-9.

Walker SL, Smith RF, Jones DN, Routly JE, Morris MJ, Dobson H. The effect of a chronic stressor, lameness, on detailed sexual behaviour and hormonal profiles in milk and plasma of dairy cattle. *Reproduction In Domestic Animals* 2010; 45: 109-17.

Ward WR (1994) Recent studies on the epidemiology of lameness. In: Proceedings of the 8th International Symposium in Disorders of the Ruminant Digest. Banaff, Canada

Whay HR, Waterman AE, Webster AJF. Associations between locomotion, claw lesions and nociceptive threshold in dairy heifers during the peri-partum period. *The Veterinary Journal* 1997; 154: 155-61.

Whay HR, Waterman AE, Webster AJ, O'Brien JK. The influence of lesion type on the duration of hyperalgesia associated with hindlimb lameness in dairy cattle. *The Veterinary Journal* 1998; 156: 23-9.

Whay HR, Main DC, Green LE, Webster AJ. Assessment of the welfare of dairy cattle using animal-based measurements: direct observations and investigation of farm records. *Veterinary Record* 2003; 153: 197-202.

Widauer S. Biomechanische Eigenschaften des Klauenbeinträgers bei Rindern mit unterschiedlicher Laktationszahl. Diss. med. vet. 2006. Ludwig - Maximilians - Universität München.

Zeiner H, Schobesberger H, Skalicky M, Stanke C. Effect of different claw trimming methods on the pressure distribution under the bovine claw - an in vitro study. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 2007; 120: 165-72.

## IX. ANHANG

Anhang 1: Schema zur adspektorischen Beurteilung der Klauenform nach HUBER (1983).

### Beurteilung der Länge der Klauenvorderkante (von der Seite aus)



### Beurteilung der Trachtenwandhöhe



### Beurteilung der Weite des Interdigitalraumes



### Beurteilung der Seitenwandwinkelung



### Beurteilung der Krümmung der Klauenvorderkante (von der Seite aus)



### Beurteilung der Krümmung der Klauenvorderkante nach innen (von vorne)



### Beurteilung der Drehung um die Längsachse



Anhang 2: Erfassungsbogen für die adspektorische Beurteilung der Klauenform nach RUSKE (2001).

Datum:  
 Tiernummer:  
 Rasse / Standort:

Klauenschluß



vorne	1	2	3	4	5	6	7	8	9
hinten	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	geschlossen			deutlich erweitert			Spreizklaue		

Limax (ohne Abbildung)

vorne	1	2	3	4	5	6	7	8	9
hinten	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	nicht vorhanden			mittelgradig			hochgradig		

Dorsalwandkante (Beurteilung von der Seite)



vorne	1	2	3	4	5	6	7	8	9
hinten	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	gerade			deutlich gekrümmt			stark gekrümmt		

Dorsalwandkante (Beurteilung von vorne)



vorne	1	2	3	4	5	6	7	8	9
hinten	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	gerade			deutlich gekrümmt			stark gekrümmt		

Seitenwandwinkelung



vorne	1	2	3	4	5	6	7	8	9
hinten	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	sehr flach			normal			Zwangklaue		

Anhang 3: Schema zur adspektorischen Beurteilung der Klauenform nach MURRAY et al. (1994).

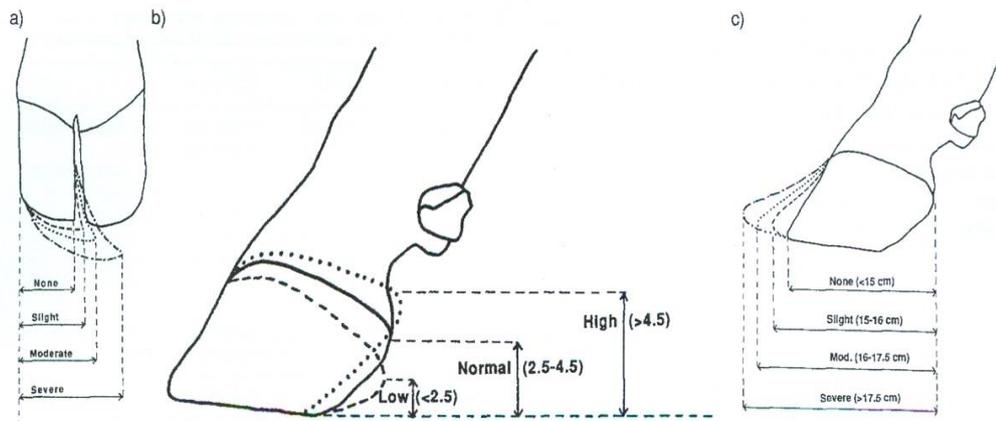


FIG 3: Diagram to show: (a) Axial wall deviation; (b) Perpendicular height of heel; and (c) Overgrowth of toe

## Anhang 4: Beurteilungsbogen zur Bestimmung des Klauenpflegezustandes

**Beurteilungsbogen Klauenpflegezustand**

1. Ausprägung der Hohlkehlung:
 

a)	Hohlkehlung vorhanden	0 Punkte
b)	Hohlkehlung angedeutet	1 Punkt
c)	keine Hohlkehlung vorhanden	2 Punkte
d)	Zwischenklauenspalt zugewachsen	3 Punkte
  
2. Vorkommen von Zerfallshorn an der Sohle
 

a)	kein Zerfallshorn vorhanden	0 Punkte
b)	wenig Zerfallshorn vorhanden	1 Punkt
c)	deutlich Zerfallshorn vorhanden	2 Punkte
d)	viel Zerfallshorn vorhanden	3 Punkte
  
3. Länge der Dorsalwand
 

a)	Länge passend	0 Punkte
b)	ggrd. zu lange Klauen	1 Punkt
c)	mgrd. zu lange Klauen	2 Punkte
d)	hgrd. zu lange Klauen	3 Punkte
e)	Dorsalwand zu kurz	1 Punkt
  
4. Höhe der Tracht
 

a)	Höhe der Tracht passend zur Klaue	0 Punkte
b)	ggrd. zu niedrige Tracht	1 Punkt
c)	mgrd. zu niedrige Tracht	2 Punkte
d)	hgrd. Zu niedrige Tracht	3 Punkte
e)	Tracht zu hoch	1 Punkt
  
5. Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue
 

a)	kein Höhenunterschied vorhanden	0 Punkte
b)	ggrd. Höhenunterschied vorhanden	1 Punkt
c)	mgrd. Höhenunterschied vorhanden	2 Punkte
d)	hgrd. Höhenunterschied vorhanden	3 Punkte
  
6. offensichtliche Klauendeformationen: Pantoffelklauen,  
Korkenzieherklauen, Schnabelschuh- oder Scherenklauen 3 Punkte
  
7. offensichtlich behandlungswürdige Klauenerkrankung vorhanden 3 Punkte
  
8. Spuren einer kürzlich erfolgten Klauenbearbeitung vorhanden
 

a)	Keine Spuren	0 Punkte
b)	Falsche FKP oder nicht ausreichende Behandlung	-1 Punkte
c)	Richtige FKP oder ausreichende FKP	-3 Punkte

Anhang 5: Beurteilungsbogen zur Dokumentation von Klauenreheveränderungen

**Beurteilungsbogen Klauenreheveränderungen**

A: Chronische Klauenreheveränderungen

1. Krümmung der Dorsalwand
  - a) gerade Dorsalwand 0 Punkte
  - b) ggrd. gekrümmte Dorsalwand 1 Punkte
  - c) mgrd. gekrümmte Dorsalwand 2 Punkte
  - d) hgrd. Gekrümmte Dorsalwand 3 Punkte
  
2. Horizontale Ringbildung
  - a) keine Ringbildung 0 Punkte
  - b) ggrd. Ringbildung 1 Punkt
  - c) mgrd. Ringbildung 2 Punkte
  - d) hgrd. Ringbildung 3 Punkte
  
3. Verbreiterung der Weißen Linie
  - a) keine Verbreiterung der Weißen Linie 0 Punkte
  - b) ggrd. Verbreiterung der Weißen Linie 1 Punkt
  - c) mgrd. Verbreiterung der Weißen Linie 2 Punkte
  - d) hgrd. Verbreiterung der Weißen Linie 3 Punkte

B: Subklinische Klauenreheveränderungen:

4. Vorkommen von Sohlenhorneinblutungen
  - a) Keine Sohlenhorneinblutungen
  - b) ggrd. Sohlenhorneinblutungen  
(vereinzelt gelbliche bis leicht rote Verfärbungen)
  - c) mgrd. Sohlenhorneinblutungen  
(ausgedehnte gelbliche bis leicht rötliche Verfärbungen)
  - d) hgrd. Sohlenhorneinblutungen  
(kräftig rote Verfärbungen)

## Anhang 6: DLG-Schlüssel zur Dokumentation der Klauenerkrankungen

	Abk.	Name	Grad 1	Grad 2	Grad 3
1	RE	<b>Klauenrehe</b>	Krümmung (Konkavität) der Dorsalwand und/ oder Verfärbung der Sohlenfläche bis zu 1/3	Krümmung (Konkavität) der Dorsalwand und/ oder Verfärbung der Sohlenfläche bis zu 2/3	Krümmung (Konkavität) der Dorsalwand und/ oder Verfärbung der Sohlenfläche bis zu 3/3
1.1	WLD	<b>Weißer Linie Defekt</b>	Zusammenhangstrennungen: dunkel gefärbte Rissen und/oder Einblutungen und/ oder ausbrechende Wandanteile		
			Ausdehnung: 1/3 der Weißen Linie	Ausdehnung: 2/3 der Weißen Linie	Ausdehnung: 3/3 der Weißen Linie
1.2	WL	<b>Wandläsion (axial/abaxial)</b>	entzündlicher Defekt bis 1,5 cm (ca. 1 ct) oberflächlich	entzündlicher Defekt bis 2,5 cm (ca. 2 €) beginnende Kanalbildung Ri. Kronsaum	entzündlicher Defekt über 2,5 cm (ca. 2 €) vermutlich tiefere Strukturen betroffen
1.3	DS	<b>Doppelte Sohle</b>	Ausdehnung: bis 1/3 der Sohlenfläche	Ausdehnung: bis 2/3 der Sohlenfläche	Ausdehnung: bis 3/3 der Sohlenfläche
2	BF	<b>Ballenhornfäule</b>	Andeutungsweise V-Furchen	V-Furchen über gesamte Klauenbreite	zusätzlich: Ballenschwellung und/ oder entzündliche Veränderung der Lederhaut
3	DID	<b>Klauenhornfäule</b>	Beläge ohne Veränderungen der Zwischenklauenhaut	Beschädigung der Zwischenklauenhaut Ausdehnung: bis 2 cm Länge	Beschädigung der Zwischenklauenhaut Ausdehnung: über 2 cm Länge
4	DD	<b>Mortellarosche Krankheit</b>	erste Anzeichen bis 1,5 cm Ø (ca. 1 ct)	1,5 cm (ca. 1 ct) bis 2,5 cm (ca. 2 €) Ø	über 2,5 cm (ca. 2 €) Ø
5	PH	<b>Phlegmone</b>			
5.1	ZP	<b>Zwischenzehenphlegmone</b>	Schwellung im Zwischenklauenspalt mit Spreizung der Klaue zusätzlich Schwellung im Ballenbereich mgl.	zusätzlich: Beschädigung der Haut	zusätzlich: nekrotische Veränderungen
5.2	SK	<b>Schwellung des Kronsaumes</b>	Schwellung ohne Verfärbung	Schwellung mit lokaler leichter rötlich/ bläulicher Verfärbung	Schwellung des gesamten Kronsaumes mit rötlich-bläulicher Verfärbung
6	SG	<b>Sohlengeschwür</b>			
6.1	STG	<b>Steingalle</b>	Druckstelle an Rusterholzstelle ohne Perforation des Sohlenhorns		
			bis 0,5 cm Ø (ca. Erbsengröße)	über 0,5 cm Ø bis 1,5 cm Ø (ca. 1 ct)	über 1,5 cm Ø (ca. 1 ct)
6.2	RSG	<b>Rusterholzsches Sohlengeschwür</b>	bis 1 cm Ø Lederhautschädigung oberflächlich	über 1 cm Ø bis 2,5 cm Ø (ca. 2 €) z.T. nekrotische Veränderungen der Lederhaut	über 2,5 cm Ø (ca. 2 €) tiefergehende nekrotische Veränderungen
6.3	SSG	<b>Sohlenspitzen-geschwür</b>	siehe RSG	siehe RSG	siehe RSG und/ oder Knochen freigelegt
6.4	KSG	<b>Klauensohlen-geschwür atyp. Lokal.</b>	siehe RSG	siehe RSG	siehe RSG
7	LI	<b>Limax</b>	ohne Spreizung	mit Spreizung	entzündet mit/ oder ohne Spreizung
8	HS	<b>Hornspalt</b>	nicht durchlaufend von Kronsaum bis Sohle nicht durchdringend bis Lederhaut = oberflächlich	durchlaufend nicht durchdringend = oberflächlich	durchdringend bis zur Lederhaut = tief
9	B/S	<b>Bes. / Sonst.</b>			

## Anhang 7: Telefonischer Fragebogen:

**Telefonischer Fragebogen**

Datum:

Ohrmarkennummer:

Fortlaufende Untersuchungsnummer:

Alter:

Schlachtkörpergewicht:

Besitzer:

**1. Informationen zum Betrieb:**

- Betriebsart:
- |                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| a) Mutterkuhhaltung | <input type="checkbox"/> |
| b) Milchviehhaltung | <input type="checkbox"/> |
| c) konventionell    | <input type="checkbox"/> |
| d) ökologisch       | <input type="checkbox"/> |

Herdengröße: \_\_\_\_\_Durchschnittliche Herdenleistung (305 Tage): \_\_\_\_\_ kg

- Haltung:
- |                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| a) Anbindehaltung   | <input type="checkbox"/> |
| b) Laufstallhaltung | <input type="checkbox"/> |
| c) Weidehaltung     | <input type="checkbox"/> |
| ganzjährig:         | <input type="checkbox"/> |
| teilweise:          | <input type="checkbox"/> |

Beschaffenheit des Stallbodens:

- |   |   |
|---|---|
| 1. Laufstall:                             | 2. Anbindehaltung:                      |
| a) planbefestigt                          | a) planbefestigt:                       |
| 1. Beton/Asphalt <input type="checkbox"/> | 1. Beton <input type="checkbox"/>       |
| 2. Gummimatten <input type="checkbox"/>   | 2. Gummimatten <input type="checkbox"/> |
|   | 3. Einstreu <input type="checkbox"/>    |
| b) Spaltenboden                           | b) Gitterrost <input type="checkbox"/>  |
| Beton <input type="checkbox"/>            | c) Festmist <input type="checkbox"/>    |
| Gummimatten <input type="checkbox"/>      |   |
| c) Tiefstreu <input type="checkbox"/>     |   |

Häufigkeit der jährlichen funktionellen Klauenpflege auf Herdenebene:

- |                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| a) unregelmäßig        | <input type="checkbox"/> |
| b) einmal              | <input type="checkbox"/> |
| c) einmal bis zweimal  | <input type="checkbox"/> |
| d) zweimal             | <input type="checkbox"/> |
| e) zweimal bis dreimal | <input type="checkbox"/> |
| f) dreimal             | <input type="checkbox"/> |

Durchführung der Klauenpflege:

- a) Landwirt
- b) professioneller Klauenpfleger
- c) Landwirt oder Klauenpfleger

**2. Informationen zur Milchkuh:**Abgangsursachen:

- a) Unfruchtbarkeit
- b) Eutergesundheit
- c) geringe Leistung
- d) Klauenerkrankungen
- e) Alter
- f) schlechte Melkbarkeit
- g) Stoffwechselerkrankung
- h) Infektionskrankheit
- i) sonstige Ursachen

305 Tage Leistung der letzten abgeschlossenen Laktation: \_\_\_\_\_ kg

Laktationsnummer: \_\_\_\_\_

Datum der letzten Kalbung: \_\_\_\_\_

Anhang 8: Stärke der prozentualen Veränderung der Messwerte durch die Klauenpflege

**Tabelle 36: Durchschnittliche prozentuale Veränderung der Messwerte  $\pm$  Standardabweichung durch die Klauenpflege unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen, signifikante Unterschiede zwischen Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen wurden fett hervorgehoben, Angaben in (%)**

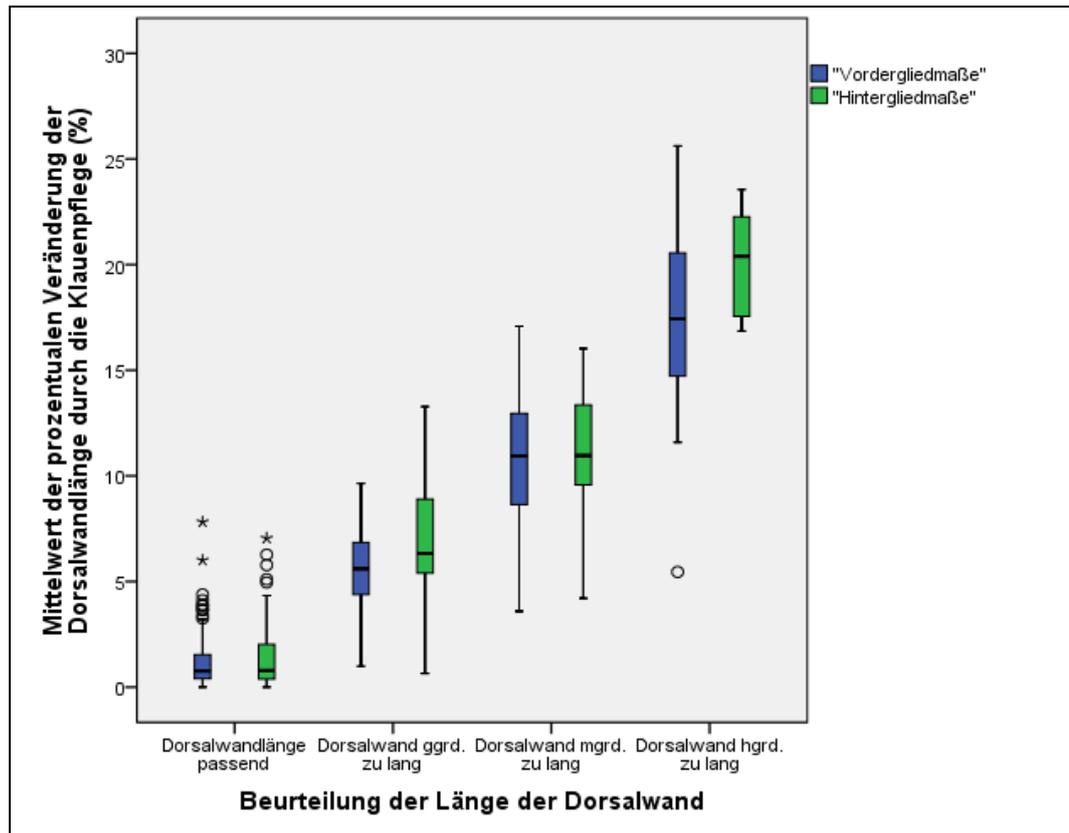
Messwert	Vordergliedmaße (n = 222)	Hintergliedmaße (n = 206)	p-Wert
Dorsalwandlänge	4,2 $\pm$ 5,1	3,6 $\pm$ 4,7	<b>0,122</b>
Dorsalwandwinkel	7,2 $\pm$ 6,5	7,2 $\pm$ 7,2	0,551
Klauenlänge	2,9 $\pm$ 3,1	2,3 $\pm$ 2,7	<b>0,036</b>
Klauenbreite	2,0 $\pm$ 1,3	2,1 $\pm$ 1,7	0,843
Ballenhöhe	7,72 $\pm$ 6,44	10,1 $\pm$ 8,6	<b>0,001</b>
Ballenlänge	17,3 $\pm$ 13,9	17,3 $\pm$ 13,9	<b>0,001</b>

Anhang 9: Ergebnisse der Berechnungen zur Objektivierung des Klauenpflegezustandes mit den Mittelwerten der prozentualen Veränderung der Messwerte durch die Klauenpflege

**Tabelle 37: Darstellung der signifikanten Zusammenhänge in der ordinalen Regression zwischen den Messparametern und den Kriterien zur Beurteilung des Klauenpflegezustandes an der Vordergliedmaße und Hintergliedmaße**

Kriterien zur Klauenpflegebeurteilung	Gliedmaße	Messparameter	p-Wert	Nagelkerkes Bestimmtheitsmaß
1. Ausprägung der Hohlkehlung	Vgldm.	BL KB	0,038 0,037	0,064
	Hgldm.	KB DWLBHAK	0,001 0,001	0,140
2. Menge des Zerfallshorns	Vgldm.	DWL BL DWLBHIK	0,001 0,014 0,001	0,256
	Hgldm.	DWL NETTODIFFBH DWLBHIK	0,001 0,001 0,001	0,322
3. Länge der Dorsalwand	Vgldm.	<b>DWL</b> KL KB	<b>0,001</b> 0,011 0,024	<b>0,854</b>
	Hgldm.	<b>DWL</b>	<b>0,001</b>	0,799
4. Höhe der Tracht	Vgldm.	BH DWLBHAK	0,001 0,042	0,206
	Hgldm.	DWLBHIK NEOTTODIFFBH	0,001 0,001	0,311
5. Höhenunterschied zwischen Innenklaue und Außenklaue	Vgldm.	KL <b>NETTODIFFBH</b> BL DWL:BHIK	0,016 <b>0,001</b> 0,003 0,003	<b>0,499</b>
	Hgldm.	<b>NETTODIFFBH</b>	<b>0,001</b>	<b>0,591</b>
6. Klauendeformation	Vgldm.	<b>KL</b> <b>BL</b>	<b>0,001</b> <b>0,001</b>	<b>0,535</b>
	Hgldm.	<b>KL</b> NETTODIFFBH <b>BL</b> BH	<b>0,001</b> 0,002 <b>0,014</b> 0,033	<b>0,647</b>
7. Vorkommen behandlungswürdiger Klauenerkrankungen	Vgldm.	-	-	-
	Hgldm.	DWW KL BL	0,003 0,033 0,047	0,077
8. Spuren von FKP	Vgldm.	BH	0,013	0,083
	Hgldm.	KL DWLBHAK	0,072 0,008	0,064

Folgende Messparameter gingen in die ordinale Regression ein: die Mittelwerte der prozentualen Veränderungen der Messwerte durch die Klauenpflege, das Verhältnis zwischen Dorsalwandlänge zu Ballenhöhe an Außenklaue und Innenklaue (DWL:BHIK und DWL:BHAK) und der errechnete Höhenunterschied innerhalb des Klauenpaares (NETTODIFFBH). Nagelkerkes Bestimmtheitsmaß gibt die Stärke des Zusammenhangs an. Das Fehlen signifikanter Zusammenhänge wurde mit „-“, gekennzeichnet. Messwerte die sowohl an den Vordergliedmaßen als auch an den Hintergliedmaßen signifikante Zusammenhänge ausreichender Stärke (Nagelkerkes Bestimmtheitsmaß > 0,4) zu den acht Kriterien der Klauenpflegebeurteilung zeigten wurden fett hervorgehoben.



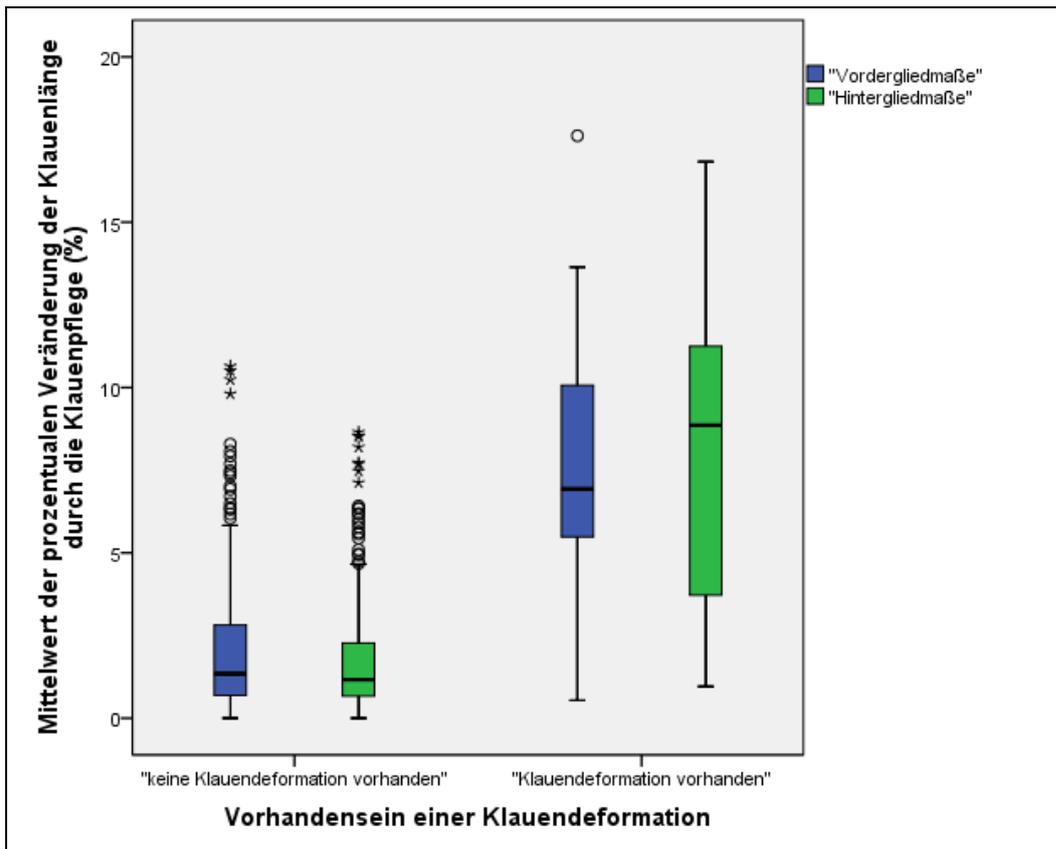
**Abbildung 41: Mittelwerte der prozentualen Veränderung der Dorsalwandlänge durch die Klauenpflege in Bezug zur subjektiven Beurteilung der Länge der Dorsalwand im Vorfeld der Klauenpflege, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen (Angaben in %)**

**Tabelle 38: Signifikanzwerte der paarweisen Vergleiche der vier Beurteilungsgruppen zur Beschreibung der Verlängerung der Dorsalwand in Bezug zum Mittelwert der prozentualen Veränderung der Dorsalwandlänge durch die Klauenpflege, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen (signifikante Werte fett hervorgehoben)**

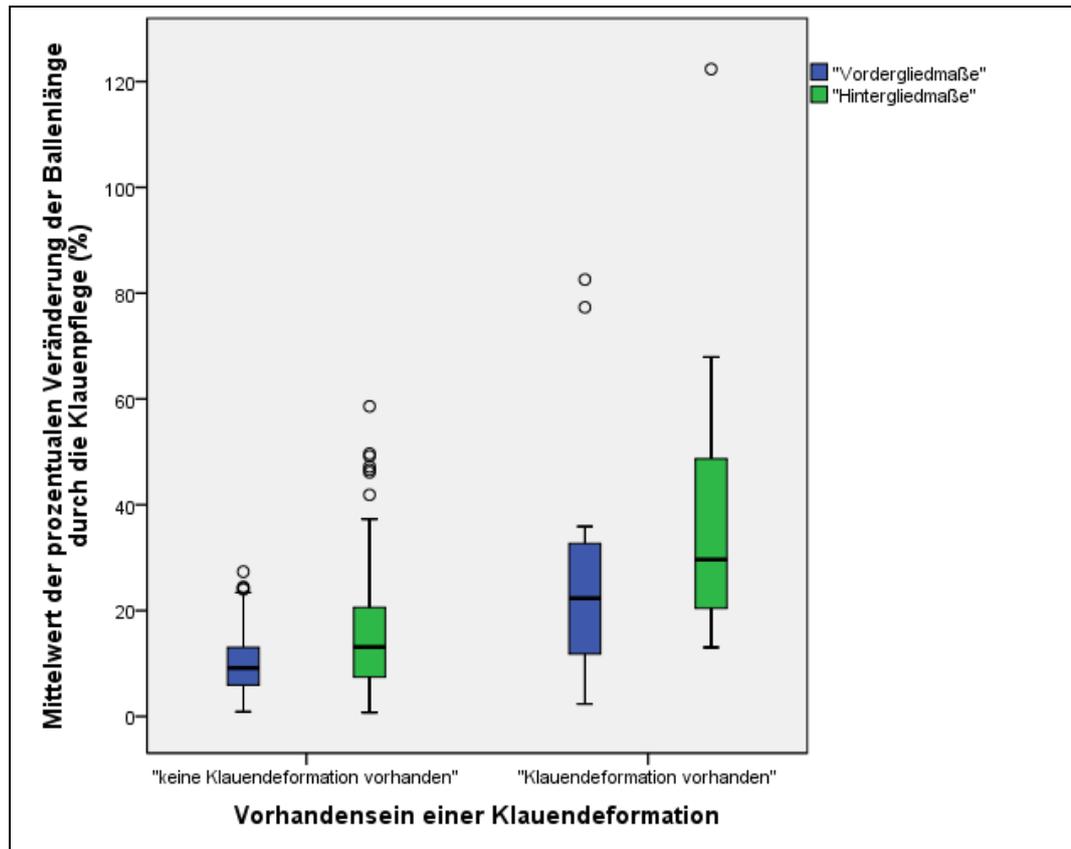
Beurteilungsgruppen	Vordergliedmaße p - Wert	Hintergliedmaße p - Wert
Dorsalwandlänge passend und Dorsalwandlänge geringgradig zu lang	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
Dorsalwandlänge passend und Dorsalwandlänge mittelgradig zu lang	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
Dorsalwandlänge passen und Dorsalwandlänge hochgradig zu lang	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
Dorsalwandlänge geringgradig zu lang und Dorsalwandlänge mittelgradig zu lang	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
Dorsalwandlänge geringgradig zu lang und Dorsalwandlänge hochgradig zu lang	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
Dorsalwandlänge mittelgradig zu lang und Dorsalwandlänge hochgradig. zu lang	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>

**Tabelle 39. Medianwerte sowie unteres und oberes Quartil (Q1/Q3) der Mittelwerte der prozentualen Veränderung der Dorsalwand durch die Klauenpflege unterteilt nach Gliedmaßen und der im Vorfeld der Klauenpflege eingeschätzten Länge der Dorsalwand, Angaben in (%)**

Gliedermaße	Beurteilung der Länge der Dorsalwand			
	Passend	ggrd. zu lang	mgrd. zu lang	hgrd. zu lang
Vgldm.	0,8 (0,4/1,5)	5,6 (4,4/6,8)	10,9 (8,6/13,0)	17,4 (14,7/20,6)
Hgldm.	0,8 (0,4/2,1)	6,3 (5,3/9,1)	11 (9,3/13,4)	20,4 (17,4/22,6)



**Abbildung 42: Mittelwerte der prozentualen Veränderung der Klauenlänge durch die Klauenpflege in Bezug zur Beurteilung des Vorhandenseins einer Klauendeformation, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen (Angaben in %)**



**Abbildung 43: Mittelwerte der prozentualen Veränderung der Ballenlänge durch die Klauenpflege in Bezug zur Beurteilung des Vorhandenseins einer Klauendeformation, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen (Angaben in %)**

**Tabelle 40: Medianwerte sowie unteres und oberes Quartil (Q1/Q3) der Mittelwerte der prozentualen Veränderung der Klauenlänge durch die Klauenpflege, unterteilt nach Vordergliedmaßen und Hintergliedmaßen und dem Vorhandensein einer Klauendeformation, Angaben in Prozent**

Messparameter	Gliedmaße	Klauendeformation	
		nicht vorhanden	vorhanden
Klauenlänge	Vgldm.	1,3 (0,7/2,9)	6,9 (5,2/10,6)
	Hgldm.	1,2 (0,7/2,3)	8,9 (3,6/11,3)
Ballenlänge	Vgldm.	9,1 (5,9/13,3)	22,4 (10,8/33,0)
	Hgldm.	13,1 (7,4/20,7)	29,6 (20,3/49,6)

## **X. DANKSAGUNG**

Frau Prof. Dr. G. Knubben-Schweizer danke ich für die Möglichkeit zur Bearbeitung des Themas, für die Korrektur der Arbeit und die wertvollen Hinweise.

Mein Dank gilt Frau Dr. M. Feist für die Betreuung der Arbeit. Vielen Dank für die vielen wichtigen Ratschläge und die anregenden Diskussionen, die sehr zum Gelingen beigetragen haben.

Ebenfalls möchte ich mich herzlichst bei Frau Dr. C. Sauter-Louis für die großzügige Anleitung und stets gewährte Hilfe bei der statistischen Auswertung sowie ihren Optimismus bedanken.

Besonders möchte ich mich bei Harald Kyri für die Möglichkeit der Probenahme am Schlachthof Buchloe und die vielen interessanten Gespräche auch abseits fachlicher Themen bedanken.

Ebenso gilt mein Dank dem Team vom Schlachthof Fürstfeldbruck. Ich habe mich stets sehr willkommen gefühlt.

Es sei auch allen Tierbesitzern für ihre Zeit und ihre bereitwillige Auskunft gedankt.

Ich bedanke mich ebenso bei allen Mitarbeitern der Klinik für Wiederkäuer. Es war eine sehr lehrreiche und schöne Zeit, in einer stets familiären Atmosphäre.

Den Doktoranden der Klinik sei ebenfalls herzlichst gedankt. Wir waren ein super Team. Ich werde die Zeit mit euch sehr vermissen.

Schließlich danke ich Lisa, Freddy, und Friedrich für ihre Ratschläge und die Hilfe bei der Korrektur.